


**МОЛОДЕЖЬ И НАУКА:
АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ
И ПРИКЛАДНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ**

Часть 1

Материалы VI Всероссийской национальной
научной конференции молодых учёных
Комсомольск-на-Амуре, 10-14 апреля 2023 г.



Комсомольск-на-Амуре
2023

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Комсомольский-на-Амуре государственный университет»

**МОЛОДЕЖЬ И НАУКА:
АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ
И ПРИКЛАДНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ**

Часть 1

Материалы VI Всероссийской национальной научной конференции
молодых учёных
Комсомольск-на-Амуре, 10-14 апреля 2023 г.

Комсомольск-на-Амуре
2023

УДК 001
ББК 95.4
Н346

Рецензент – В. М. Козин, главный научный сотрудник,
доктор технических наук, профессор
(Институт машиноведения и металлургии, ХФИЦ ДВО РАН)

**Молодежь и наука: актуальные проблемы фундаментальных
Н346 и прикладных исследований:** материалы VI Всерос. нац. науч.
конф. молодых учёных, Комсомольск-на-Амуре, 10-14 апреля
2023 г.: в 3 ч. / А. В. Космынин, А. В. Ахметова, Т. Н. Шелковникова
– Комсомольск-на-Амуре: ФГБОУ ВО «КнАГУ», 2023. – Ч.1. - 603 с.

ISBN 978-5-7765-1483-8 (Ч.1)
ISBN 978-5-7765-1489-0

Материалы сборника посвящены актуальным проблемам развития науки и техники.

Приводимые материалы могут быть полезны преподавателям вузов, руководителям предприятий, а также студентам и аспирантам.

Материалы публикуются в авторской редакции. За содержание и достоверность статей ответственность несут авторы. Мнение редакции может не совпадать с мнением авторов статей. При использовании и заимствовании материалов ссылка на издание обязательна.

УДК 001
ББК 95.4

ISBN 978-5-7765-1483-8 (Ч. 1)
ISBN 978-5-7765-1489-0

© ФГБОУ ВО «КнАГУ», 2023

СЕКЦИЯ 1

МАШИНОСТРОЕНИЕ И МЕТАЛЛУРГИЯ

УДК 621

Андрианов Иван Константинович, кандидат технических наук, доцент кафедры «Авиастроение», Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Andrianov Ivan Konstantinovich, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, «Aircraft industry», Komsomolsk-na-Amure State University

Гринкруг Мирон Соломонович, кандидат технических наук, доцент кафедры «Тепловые энергетические установки», Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Grinkrug Miron Solomonovich, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, «Thermal power plants», Komsomolsk-na-Amure State University

Кара Балли Мохамад, аспирант, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Kara Balli Mohamad, postgraduate, Komsomolsk-na-Amure State University

Чепурнова Елена Константиновна, студент, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Chepurnova Elena Konstantinovna, student, Komsomolsk-na-Amure State University

РАСЧЕТ ДАВЛЕНИЯ ВНУТРИ ОБОЛОЧЕК СИСТЕМЫ ОБНАРУЖЕНИЯ ПОВРЕЖДЕНИЙ ЛОПАТОК ТУРБИН В УСЛОВИЯХ НЕСТАЦИОНАРНОСТИ

CALCULATION OF PRESSURE INSIDE THE SHELLS OF THE TURBINE BLADE DAMAGE DETECTION SYSTEM UNDER NON-STATIONARY CONDITIONS

Аннотация. Исследование посвящено построению математической модели и расчета неравномерного давления внутри оболочки капсулы для системы обнаружения повреждений лопаток турбин. Модель учитывает нестационарные условия работы турбинной лопатки. Внутреннее давление в капсуле зависит от действия центробежных растягивающих сил.

Abstract. The study is devoted to the construction of a mathematical model and calculation of uneven pressure inside the capsule shell for the turbine blade damage detection system. The model takes into account the non-stationary operating conditions of the turbine blade. The internal pressure in the capsule depends on the action of centrifugal tensile forces.

Ключевые слова: внутреннее давление, оболочка, центробежные силы, турбинная лопатка.

Key words: internal pressure, shell, centrifugal forces, turbine blade.

Введение

В исследовании рассмотрена задача расчета внутреннего давления внутри капсул с газовой смесью в системе обнаружения трещин лопаток турбин при нестационарных условиях. Согласно разработке [1] с целью обнаружения повреждений лопаток газовых турбин в нестационарных условиях в тело лопатки при проектировании размещаются капсулы с ионизирующим веществом. Поскольку турбинные лопатки находятся под воздействием повышенных температур, внутри капсул создается давление от действия газовой смеси. Ввиду вращения турбинных лопаток давление газовой смеси внутри капсулы оказывается неравномерным, поскольку на нее оказывают действие центробежные силы. Таким образом, требуется оценить изменение давления внутри капсулы в нестационарных условиях. Вопросы оценки давления внутри цилиндрической оболочки рассмотрены при стационарных условиях в трудах [2-5]

При стационарных условиях давление газовой смеси в капсуле определяется согласно уравнению Менделеева-Клапейрона:

$$p = \frac{\rho}{M} RT = \text{const}, \quad (1)$$

где M – молярная масса газовой смеси, R – универсальная газовая постоянная, T – температура, ρ – плотность, p – давление.

Масса газовой смеси считается известной:

$$m = \int_{r_1}^{r_2} \rho S dr, \quad (2)$$

где r_1 – расстояние от оси до нижнего основания капсулы, r_2 – расстояние от оси до верхнего основания капсулы, S – площадь основания капсулы, r – радиальная координата.

При вращении турбинной лопатки в условиях нестационарности на газовую смесь будут действовать центробежные силы, тогда внутреннее давление будет являться функцией радиальной координаты и времени $p = p(r, t)$. Выделим элемент газовой смеси в цилиндрической капсуле и рассмотрим давление на гранях этого элемента:

$$dp = \omega^2(t) p r dr, \quad (3)$$

где $\omega = \omega(t)$ – угловая скорость вращения, t – время.

На основании соотношений (1) и (3), исключим плотность из (1), тогда

$$\frac{dp}{p} = \frac{\omega^2(t) M}{RT} r dr. \quad (4)$$

Интегрируя соотношение (4) с учетом условия для массы газовой смеси (2), получим зависимость для давления газовой смеси:

$$p(r, t) = \frac{\exp\left(\frac{\omega^2(t) M r^2}{2RT}\right) m RT}{SM \int_{r_1}^{r_2} \exp\left(\frac{\omega^2(t) M r^2}{2RT}\right) dr}. \quad (5)$$

Заключение

Соотношение (5) позволяет рассчитать неравномерное давление внутри капсулы и его изменение с течением времени при вращении турбинной лопатки.

Благодарности

Научное исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 22-79-10114 «Разработка системы диагностирования повреждений турбинных лопаток и способа оптимизации теплоотвода в условиях термической усталости» (<https://rscf.ru/project/22-79-10114/>).

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Гринкруг, М. С. Система повышения безопасности авиационных газотурбинных двигателей во время эксплуатации / М. С. Гринкруг, К. Б. Мохамад, Н. А. Новгородов // Наука, инновации и технологии: от идей к внедрению : Материалы II Международной научно-практической конференции молодых ученых, Комсомольск-на-Амуре, 14–18 ноября 2022 года / Редколлегия: А.В. Космынин (отв. ред.) [и др.]. Том Часть 2. – Комсомольск-на-Амуре: Комсомольский-на-Амуре государственный университет, 2022. – С. 197-199.

2. Феоктистов, С. И. Определение несущей способности толстостенных осесимметричных оболочек, нагруженных внутренним давлением / С. И. Феоктистов, И. К. Андрианов // Ученые записки Комсомольского-на-Амуре государственного технического университета. – 2021. – № 7(55). – С. 18-25. – DOI 10.17084/20764359-2021-55-18.

3. Андрианов, И. К. Большие деформации нестесненной тонкостенной цилиндрической оболочки нагруженной внутренним давлением / И. К. Андрианов, С. И. Феоктистов // Региональная Россия: история и современность : Материалы IV Всероссийской (национальной) научно-практической конференции, Комсомольск-на-Амуре, 10 декабря 2021 года. – Комсомольск-на-Амуре: Амурский гуманитарно-педагогический государственный университет, 2021. – С. 11-16.

4. Феоктистов, С. И. Моделирование напряжённо-деформированного состояния толстостенных цилиндрических оболочек с учётом физической нелинейности материала / С. И. Феоктистов, И. К. Андрианов, Х. Лин // Ученые записки Комсомольского-на-Амуре государственного технического университета. – 2022. – № 3(59). – С. 12-20. – DOI 10.17084/20764359-2022-59-12.

5. Петров, Н. И. О потере устойчивости толстостенной трубы из идеального упругопластического материала под действием внутреннего давления / Н. И. Петров // Современные проблемы теории машин. – 2014. – № 2. – С. 178-182.

УДК 621.791-754.6

Арчаков Беслан Магомет-Баширович, студент; Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Archakov Beslan Magomet-Bashirovich student, Komsomolsk-na-Amure State University

Бахматов Павел Вячеславович, кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой «Технология сварочного и металлургического производства имени В.И. Муравьева», Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Bakhmatov Pavel Vyacheslavovich, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, Head of the Department "Technology of Welding and Metallurgical Production named after V.I. Muravyev", Komsomolsk-na-Amure State University

ВЛИЯНИЕ УГЛА ЗАТОЧКИ ВОЛЬФРАМОВОГО ЭЛЕКТРОДА НА ШИРИНУ ШВА

INFLUENCE OF THE SHARPENING ANGLE OF THE TUNGSTEN ELECTRODE ON THE SEAM WIDTH

Аннотация. Приведены результаты эксперимента по влиянию угла заточки вольфрамового электрода при аргонодуговой наплавке кольцевых валиков на поверхность трубы из нержавеющей стали. Заточку рабочих торцов электродов выполняли на машинке КЕДР TIG-40 с интервалом 15 градусов от 15 до 120 градусов. Для всех углов заточки среднее значение ширины лицевой части шва составила 2.6 мм. Наиболее стабильные параметры шва при угле заточки 30°.

Abstract. The results of an experiment on the influence of the sharpening angle of a tungsten electrode during argon arc surfacing of annular rollers on the surface of a stainless steel pipe are presented. Sharpening of the working ends of the electrodes was performed on a КЕДР TIG-40 machine with an interval of 15 degrees from 15 to 120 degrees. For all sharpening angles, the average width of the front part of the seam was 2.6 mm. The most stable seam parameters at a sharpening angle of 30°.

Ключевые слова: вольфрамовый электрод, заточка электрода, сварной шов, сварка, аргонодуговая сварка.

Key words: tungsten electrode, electrode sharpening, weld, welding, argon arc welding.

Введение

В ходе анализа литературных источников [1, 2] установлено, что существуют большие различия во взглядах разных исследователей в подходах к выбору марки, диаметру и углу заточки вольфрамовых электродов и обеспечению стабильности геометрических параметров швов при их длительной работе. Рекомендуемые параметры электродов по различным нормативным документам слабо согласуются друг с другом. Известно [3], что заточка электрода на острый угол (15-30°) приводит к уменьшению ширины шва, а при возрастании угла заточки до 90° ширина шва увеличивается. Но в процессе орбитальной сварки замкнутой системы – стыковых соединений труб, как поворотных, так и неповоротных) при теплонасыщении периметра зоны термического влияния ЗТВ параметр ширины шва становится нестабильным от начала до конца соеди-

нения. Поэтому, целью работы стало определение влияние угла заточки вольфрамового электрода и теплонасыщение ЗТВ на величину ширины шва стыковых соединений труб при прочих равных условиях.

Основная часть

Сварка труб выполнялась на роботизированном комплексе, разработанном на кафедре ТСМП им. В.И. Муравьева, снабженном вращателем, сварочным источником питания MinarcTig Evo 200MLPc горелкой ТТС 220, снабженной газовой линзой штативом для горелки, системой программного управления. Сварка велась на постоянном токе обратной полярности.

Круговое дуговое воздействие на поверхность трубы из стали 12Х18Н10Т, диаметром 50 мм и толщиной стенки 1 мм, вели от начала до конца без остановок с постоянной скоростью 150 мм/мин и силой сварочного тока 30А, с заходом валика на начало 2-3 мм. В сварочную горелку подавался защитный газ – аргон с расходом 10л/мин; во внутреннюю полость трубы поддувался азот с расходом 7 л/мин при этом оба конца трубы были закрыты силиконовыми заглушками с входным и выходным отверстием, соответственно для ввода защитного газа и выхода из сформированного внутрикамерного пространства с целью стабилизации внутреннего давления в нем.

Заточку торцов электродов WP (ЭВЧ), диаметром 2,4 мм, осуществляли на машинке для заточки вольфрамовых электродов КЕДР TIG-40 на 15, 30, 45, 60, 75, 90, 105, 120 градусов.

Вылет электрода во всех опытах соответствовал 10 мм, дуговой зазор между электродом и деталью устанавливался шаблоном и составлял 2 мм, угол положения горелки относительно вертикальной оси трубы составлял 90°.

Для стабильности результатов эксперимента после сварки каждого участка делалась временная выдержка для охлаждения образца до комнатной температуры.

Измерение ширины шва производили при помощи десятикратной измерительной лупы L11 соответствующей требованиям ГОСТ 25706-83 и инструкции по визуальному и измерительному контролю СТО 9701105632-003-2021, с лицевой и обратной стороны шва.

После проведения опытов получено 8 валиков (рисунок 1). Для проведения замеров ширины шва внутри трубы (корневая часть валика) труба распиlena на четыре сегмента в продольном направлении перпендикулярно валикам. При этом в секторе 1 (рисунок 1, б) наблюдаются точки начала шва. При определении ширины шва каждого валика они являлись начальной и конечной точкой измерения. Измерения ширины шва производились в направлении сварки с шагом 15 мм.

Использование газовой линзы существенно улучшает обдув металла лицевой части шва аргоном через горелку, придавая ее поверхности красно-буроватый оттенок.

Как видно из рисунка 1, б второй валик в корневой части имеет окисление первичных кристаллитов (ежики), связанные с отсутствием надежной газовой защиты в поддуве. После подачи газа в поддув все исправилось. При поддуве азота во внутреннюю полость трубы металл корневого валика приобретает гладкую золотистую поверхность.

а)



б)



Рисунок 1 – Вид полученных валиков с лицевой (а) и обратной стороны (б)

На рисунке 2 показана изменение ширины шва по всей длине окружности с лицевой и обратной стороны валиков.

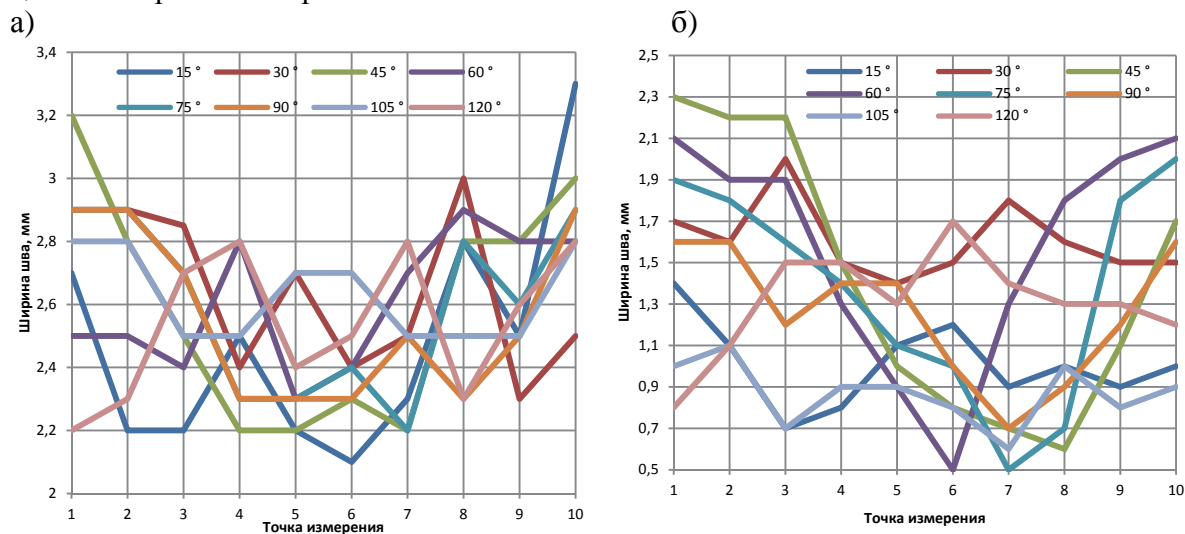


Рисунок 2 – Изменение ширины шва с лицевой (а) и обратной (б) стороны валика

При измерении ширины шва выявлено, что значения по всей длине неравномерные: как с лицевой, так и с обратной стороны валика наблюдается первоначальное и конечное возрастание ширины, в центре длины снижение. Такой эффект можно объяснить первоначальной задержкой робота на движение при дуговом воздействии источника для создания нужного размера сварочной ванны [4]. Дальнейшее перемещение сварочной ванны по относительно холодной детали оказывает сжимающее действие для ширины шва, а при достижении середины длины шва зона термического влияния теплонасыщается и ширина шва возрастает.

Интересно, что независимо от угла заточки среднее значение ширины лицевой части шва составило 2,6 мм, а для обратной части валика минимальное значение 15° и 105° (0,9-1,0 мм), среднее 45°, 75°, 90°, 120° (1,3-1,4 мм), максимальное 30° и 60° (1,6 мм). Наиболее стабильные параметры ширины шва с обеих сторон, дает применение угла заточки рабочего торца электрода 30°.

Закключение

Для лицевой стороны валика установлена независимость ширина шва от угла заточки электрода и для диаметра 2,4 мм она составляет 2,6 мм. Наибольшее влияние угол заточки оказывает на ширину корневой части валика, а, следовательно, на форму сварочной ванны и на процессы кристаллизации с взаимным расположением кристаллитов относительно линий сплавления и величину остаточных напряжений связанных с этим явлением [5].

Благодарности. Научно-исследовательские работы выполнены за счёт средств ФГБОУ ВО «Комсомольский-на-Амуре государственный университет» (грант № ВН001/2020).

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Влияние геометрии лантанированного вольфрамового катода на стабильность глубины проплавления при сварке в аргоне / В. В. Атрощенко, В. М. Бычков, А. М. Фридлянд [и др.] // Сварочное производство. – 2012. – № 2. – С. 29-33.
2. Технология электросварочных и газосварочных работ: учебник для студ. учреждений сред. проф. образования. В. В. Овчинников. – 7-е изд., стер. Москва : Издательский центр «Академия», 2016. – 272 с.
3. Атаманюк, В. И. Разработка путей и средств повышения стабильности формирования швов при сварке неплавящимся электродом : специальность 05.03.06 : автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук / Атаманюк Василий Иванович. – Волгоград, 2008. – 18 с.

4. Щекин В. А. Технологические основы сварки плавлением : учеб. пособие для вузов. - Изд. 2-е, перераб. / В. А. Щекин – Ростов н/Д. : Феникс, 2009. – 345 с.

5. Теория сварочных процессов (2-е издание) / В. М. Неровный, А. В. Коновалов, Б. Ф. Якушин [и др.]. – Москва : Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана, 2016. – 704 с.

УДК 378

Ашурализода Амир Нуриддин, студент, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Ashuralizoda Amir Nuriddin, student, Komsomolsk-na-Amure State University

Кравченко Елена Геннадьевна, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры «Машиностроение», Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Kravchenko Elena Gennadyevna, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Mechanical Engineering Department, Komsomolsk-na-Amure State University

ПОРЯДОК ПРОВЕДЕНИЯ ОЦЕНКИ ПОДГОТОВКИ ИНЖЕНЕРНЫХ КАДРОВ К ИННОВАЦИОННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

THE PROCEDURE FOR EVALUATING THE TRAINING OF ENGINEERING PERSONNEL FOR INNOVATION

Аннотация. В представленном исследовании разработан проект методики оценки качества подготовки инженерных кадров к инновационной деятельности, позволяющий получать объективную информацию об уровне компетентности студентов. Это, в свою очередь, дает возможность выявить потенциал студентов и создавать системы их подготовки к инновационной деятельности. В результате применения данной методики можно разработать основанные на фактах рекомендации по областям применения компетенций для повышения эффективности деятельности инженерных кадров.

Abstract. In the presented study, a draft methodology for assessing the quality of training of engineering personnel for innovation activities has been developed, which allows obtaining objective information about the level of competence of students. This, in turn, makes it possible to identify the potential of students and create systems for their preparation for innovation. As a result of the application of this methodology, it is possible to develop recommendations based on facts regarding the areas of application of competencies to improve the activities of engineering personnel.

Ключевые слова: инженерные кадры, компетенция, инновационная деятельность, образовательная программа, студент.

Key word: engineering personnel, competence, innovation activity, educational program, student.

Введение

Инженерно-технические специалисты, востребованные в инновационной экономике России, должны обладать определенными компетенциями в этой области деятельности. В целях повышения уровня качества инженерного образования нужно разработать процедуры, обеспечивающие формирование инновационных компетенций выпускников и оценивающие сформированность составляющих их качеств.

В этой связи, необходимо оперативно получать объективную информацию об уровне компетентности студентов и оценивать соответствие деятельности инженерных

кадров предъявляемым требованиям, на основе чего создать системы подготовки и выявить потенциал студентов.

Целью данного исследования является разработка методики проведения оценки подготовки инженерных кадров к инновационной деятельности, позволяющей интегрировать ее с системами управления ВУЗов, осуществлять подбор персонала и разрабатывать рекомендации по улучшению их уровня, определять сильные и слабые стороны в системе высшего профессионального образования.

Основная часть

Исходными данными разработки были: учебный план и результаты промежуточной аттестации студентов (использовались оценки промежуточной аттестации – промежуточные оценки (ПО) и ряд оценочных коэффициентов) [1]. Чтобы выработать базовый механизм оценивания, определялся коэффициент развития компетенций, реализуемых в определенных дисциплинах в течении одного семестра. По аналогии определялись коэффициенты для всех семестров. Цель: количественно определить характеристики, демонстрирующие уровень освоения студентом компетенций, отвечающих требованиям ФГОС (федерального государственного образовательного стандарта) или требованиям работодателя.

В соответствии с ФГОС дисциплины учебного плана реализуют: универсальные (УК), общепрофессиональные (ОПК) и профессиональные (ПК) компетенции, которые формируются в рамках освоения конкретной дисциплины. В разрабатываемой методике каждая дисциплина обладает собственным весовым коэффициентом. Он оценивается таким показателем, как трудоемкость T , отведенных на дисциплину (выражается в часах).

Коэффициент средней оценки студента по конкретной дисциплине в одном семестре рассчитываем по формуле:

$$R = \sum_{i=1}^n \frac{R_i}{n},$$

где n – количество оценок студента в течение данного семестра;

R_i – оценки по дисциплине D .

В соответствии с учебным планом определяем весовой коэффициент дисциплины по семестрам, основываясь на форму ее аттестации (зачет, итоговая оценка, экзамен, курсовая работа/проект и т. д.) и номера семестра.

Для оценивания конкретных (инновационных) компетенций следующим этапом рассчитываем коэффициент уровня освоения компетенций с промежуточным определением τ – коэффициента промежуточной аттестации. Коэффициент промежуточной аттестации определяется формой промежуточной аттестации по дисциплине, принимаем: незачет – $\tau_1 = 0$ или зачет – $\tau_1 = 1$. В случае многосеместровой дисциплины: если в следующем семестре по рассматриваемой дисциплине D стоит экзамен, то τ_2 принимается равной полученной оценке на экзамене.

Для оценки уровня освоения компетенций λ применяется компетентностная модель выпускника вуза [2, 3], в основе которой лежит 6 уровней освоения компетенций с прописанными способами их достижения, отражающие последовательность повышения уровня глубины знаний (табл.1).

Таблица 1 – Уровни освоения компетенций

Уровень (λ)	Уровень глубины освоения компетенций
1	Формирование знания
2	Формирование понимания
3	Способность применения
4	Способность осуществлять анализ
5	Способность осуществлять синтез
6	Способность оценивать

В таблице 1 уровни успеваемости распределены по семестрам. В первом уровне освоения компетенции ($\lambda = 1$) реализуются изученные в первом и втором семестрах дисциплины D. На государственном экзамене по своей специальности студенты достигают шестой уровень ($\lambda = 6$). Уровни 2-4 распределяются между дисциплинами, изученными соответственно в 3 – 8 семестрах (на втором – четвертом курсах).

На основе определенного выше коэффициента τ и распределения уровня освоения компетенций по дисциплинам λ (в модели используется условное распределение, варьирующееся в зависимости от учебного плана ВУЗа), оцениваются конкретные компетенции из перечня УК, ОПК и ПК, представленного во ФГОС.

Коэффициент развития конкретной компетенции определяется для каждого студента в процессе его обучения:

$$W = \frac{\sum_{j=1}^k T_j R_j \tau_j \lambda_j}{\sum_{j=1}^k T_j \lambda_j},$$

где k – количество семестров, в которых преподается одна конкретная дисциплина.

Разработанная методика позволяет соотносить развитие той или иной компетенции с конкретными дисциплинами в процессе получения высшего образования путем последовательного применения W для каждой дисциплины учебного плана, в котором должна быть сформирована рассматриваемая компетенция. Чем выше балл, тем лучше сформированы компетенции студента.

Общая оценка уровня компетентности студента в инновационной деятельности определяется по формуле:

$$K = \frac{1}{L} \sum_{i=1}^L W_i,$$

где L – число инновационных компетенций.

Оценивая связь между развитием компетенций и дисциплинами, преподаваемыми в каждом семестре, можно проанализировать, как развивались конкретные компетенции студентов в процессе обучения, и какие дисциплины привели к большему или меньшему становлению компетенций.

В результате подсчета баллов уровень инновационной компетентности студентов ВУЗа оценивается путем введения специальных оценочных шкал, соответствующих уровням сформированности компетенций: пороговому, продвинутому и креативному (таблица 2) [4, 5].

Таблица 1 – Соотношение баллов и соответствующей степени сформированности инновационных компетенций

Баллы	Степень сформированности инновационных компетенций	
	Уровень инновационной компетентности студента	Характеристика инновационной компетентности выпускника
11-16	Пороговый	Студент частично готов к инновационной деятельности, но необходим контроль за его действиями и принимаемыми решениями в области инноватики со стороны третьих лиц.
17-23	Продвинутый	Студент готов к инновационной деятельности, однако нуждается в повышении квалификации по отдельным вопросам в процессе принятия инновационных решений, для чего имеются необходимая когнитивная база и способности
24-33	Креативный	Высокая степень готовности студента к инновационной деятельности; способность самостоятельно решать инновационные задачи в сфере компетенций своей профессиональной деятельности

Заключение

Предлагаемая методика позволяет работодателям осуществлять подбор технического персонала путем оценки выпускников вузов в соответствии с требованиями профессиональных стандартов в инновационной сфере. Отличительной особенностью методики является то, что объективная оценка сформированных компетенций позволяет выявить сильные и слабые стороны системы высшего профессионального образования и разработать меры по повышению уровня компетентности выпускников. Внедрение разработанной методики, ее интеграция в системы управления высшими учебными заведениями позволит оптимально оценивать компетенции студентов, а работодателям подбирать персонал на основе своих квалификационных требований.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Владимиров, А. И. Об инженерно-техническом образовании / А. И. Владимиров – М.: «Издательский дом Недра», 2011. – 81 с.
2. Палюх, Б. В. Диагностика качества инженерного образования в вузе / Б. В. Палюх, С. В. Большаков – М.: Тверской государственный технический университет, 2012. – 3 с.1.
3. Алисултанова Э. Д. Компетентностный подход в инженерном образовании / Э. Д. Алисултанова – М.: Академия естествознания, 2010. – 184 с.
4. Князева А. Н. Инновационное инженерное образование в городе / А. Н. Князева, В. Е. Волков. – М.: "RELGA", 2006. – 140 с.
5. Маховикива Г. А. Инновационный менеджмент / Г.А. Маховикова, Н. Ф. Ефимова. – М.: ЭКСМО, 2011. – 260 с.

УДК 621.791.14

Бондаревский Дмитрий Михайлович, студент, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Bondarevsky Dmitry Mikhailovich, student, Komsomolsk-na-Amure State University

Бахматов Павел Вячеславович, кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой «Технология сварочного и металлургического производства имени В.И. Муравьева», Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Bakhmatov Pavel Vyacheslavovich, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, Head of the Department "Technology of Welding and Metallurgical Production named after V.I. Muravyev", Komsomolsk-na-Amure State University

МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕПЛООВОГО ПРОЦЕССА РОТАЦИОННОЙ СВАРКИ ТРЕНИЕМ КОНСТРУКЦИОННОЙ СТАЛИ И ТВЕРДОГО СПЛАВА

SIMULATION OF THE THERMAL PROCESS OF ROTATIONAL FRICTION WELDING OF STRUCTURAL STEEL AND HARD ALLOY

Аннотация. В данной работе проведен расчет распределения температуры от контактной зоны на протяжении всей длины к хвостовику заготовок из конструкционной стали 30ХГСА и твердого сплава ВК8 диаметром 12 мм при ротационной сварке трением. Математическим моделированием установлена возможность ротационной сварки трением сплавов 30ХГСА и ВК8.

Abstract. In this paper, the calculation of the temperature distribution from the contact zone throughout the entire length to the shank of workpieces made of 30HGSA structural steel and VK8 hard alloy with a diameter of 12 mm during rotational friction welding is carried out.

Mathematical modeling has established the possibility of rotational friction welding of alloys 30HGSA and VK8.

Ключевые слова: ротационная сварка трением, конструкционная сталь, твердый сплав, заготовка, расчет, температура, место стыка.

Key words: rotary friction welding, structural steel, hard alloy, billet, calculation, temperature, joint location.

Введение

Ротационная сварка трением является одним из наиболее эффективных методов сварки конструкционной стали и твердого сплава. Этот метод основан на использовании трения для создания сварного шва, и может применяться для сварки материалов с отличными свойствами, которые невозможно сварить другими методами сварки.

Основная часть

Процесс при ротационной сварке трением термический и деформационный проходящий в стыке и около стыковой зоне [1, 2]. Сначала детали нагревают при помощи сил трения и осевого давления во время вращения одной из деталей, и их общего времени нагрева в месте сварки, затем происходит мгновенная остановка вращающейся детали. Далее наступает процесс проковки с увеличением осевого давления, превышающего от полутора до двух с половиной раз давление в процессе нагрева. Поэтому наиболее важными параметрами процесса ротационной сварки трением для получения надежного сварного соединения являются: давление и время проковки, оказывающие влияние на температурное поле. Отсюда следует, что при моделировании процесса ротационной сварки трением нужен расчет температуры. Процесс ротационной сварки трением проходит в три этапа:

1. Нагрев, при помощи давления, вращения и сил трения с присутствием источника энергии в стыке деталей.
2. Промежуточный, когда вращение останавливается, а давление увеличивается до заданного в проковке и часть металла выходит в грат.
3. Проковка, отсутствие вращения, сил трения и остановкой линейного давления происходит процесс сварки.

Далее необходимо произвести расчет температуры о совместимости данных материалов, конструкционной стали 30ХГСА и твердого сплава ВК8 [3], которые нужно соединить методом ротационной сварки трением. Данные для всех расчетов взяты у автора [4] и занесены в таблицу 1, длина заготовки конструкционной стали 100 мм, а твердого сплава 50 мм, диаметр обеих деталей 12 мм. Расчет произведен по формуле (1), на рисунке 1, показано распределение температуры от стыка к хвостовику заготовок.

Таблица 1 – Данные для расчета распределения температуры

30ХГСА	ВК8	Координаты распределения температуры
$\Phi_1 = 0,19$	$\Phi_1 = 0,35$	$X_1 = 22,5$
$\Phi_2 = 0,18$	$\Phi_2 = 0,34$	$X_2 = 17,5$
$\Phi_3 = 0,17$	$\Phi_3 = 0,33$	$X_3 = 12,5$
$\Phi_4 = 0,16$	$\Phi_4 = 0,32$	$X_4 = 7,5$
$\Phi_5 = 0,15$	$\Phi_5 = 0,31$	$X_5 = 2,5$

$$T(x, t) = \frac{T_0}{2} \left[\Phi \left(\frac{x+l}{\sqrt{4at}} \right) - \Phi \left(\frac{x-l}{\sqrt{4at}} \right) \right], \quad (1)$$

где T_0 - начальная температура стержня;
 Φ – функция интеграла вероятности;
 x – линейное распределение температуры;

l – длина стержня;
 a – теплопроводность в секунду;
 t – киловатт в секунду.

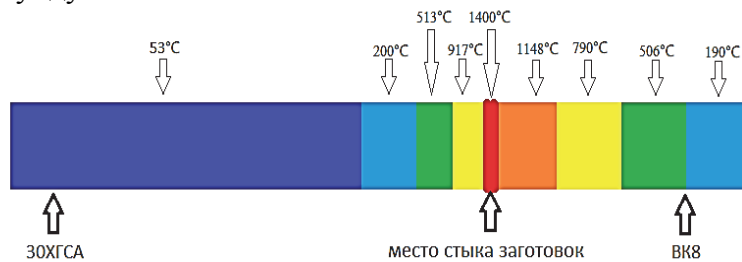


Рисунок 1 – Распределение температуры от стыка при ротационной сварке трением
 Расчет для 30ХГСА:

$$T(x, t) = \frac{24}{2} \left[0,19 \left(\frac{81,5 + 22,5}{\sqrt{4 * 0,1 * 0,1}} \right) - 0,19 \left(\frac{81,5 - 22,5}{\sqrt{4 * 0,1 * 0,1}} \right) \right] = 1410 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$T(x, t) = \frac{24}{2} \left[0,18 \left(\frac{54,5 + 17,5}{\sqrt{4 * 0,1 * 0,1}} \right) - 0,18 \left(\frac{54,5 - 17,5}{\sqrt{4 * 0,1 * 0,1}} \right) \right] = 917 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$T(x, t) = \frac{24}{2} \left[0,17 \left(\frac{30,5 + 12,5}{\sqrt{4 * 0,1 * 0,1}} \right) - 0,17 \left(\frac{30,5 - 12,5}{\sqrt{4 * 0,1 * 0,1}} \right) \right] = 513 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$T(x, t) = \frac{24}{2} \left[0,16 \left(\frac{10,5 + 7,5}{\sqrt{4 * 0,1 * 0,1}} \right) - 0,16 \left(\frac{10,5 - 7,5}{\sqrt{4 * 0,1 * 0,1}} \right) \right] = 200 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$T(x, t) = \frac{24}{2} \left[0,15 \left(\frac{3,5 + 2,5}{\sqrt{4 * 0,1 * 0,1}} \right) - 0,15 \left(\frac{3,5 - 2,5}{\sqrt{4 * 0,1 * 0,1}} \right) \right] = 53 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Расчет для ВК8:

$$T(x, t) = \frac{24}{2} \left[0,35 \left(\frac{27,5 + 22,5}{\sqrt{4 * 0,1 * 0,1}} \right) - 0,35 \left(\frac{27,5 - 22,5}{\sqrt{4 * 0,1 * 0,1}} \right) \right] = 1417 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$T(x, t) = \frac{24}{2} \left[0,34 \left(\frac{24,5 + 17,5}{\sqrt{4 * 0,1 * 0,1}} \right) - 0,34 \left(\frac{24,5 - 17,5}{\sqrt{4 * 0,1 * 0,1}} \right) \right] = 1148 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$T(x, t) = \frac{24}{2} \left[0,33 \left(\frac{17,5 + 12,5}{\sqrt{4 * 0,1 * 0,1}} \right) - 0,33 \left(\frac{17,5 - 12,5}{\sqrt{4 * 0,1 * 0,1}} \right) \right] = 790 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$T(x, t) = \frac{24}{2} \left[0,32 \left(\frac{12,5 + 7,5}{\sqrt{4 * 0,1 * 0,1}} \right) - 0,32 \left(\frac{12,5 - 7,5}{\sqrt{4 * 0,1 * 0,1}} \right) \right] = 506 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$T(x, t) = \frac{24}{2} \left[0,31 \left(\frac{12,5 + 2,5}{\sqrt{4 * 0,1 * 0,1}} \right) - 0,31 \left(\frac{12,5 - 2,5}{\sqrt{4 * 0,1 * 0,1}} \right) \right] = 192 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Заключение

В данной работе произведен расчет температуры свариваемых заготовок конструкционной стали 30ХГСА и твердого сплава ВК8 и стало ясно, что эти заготовки теоретически могут быть сварены методом ротационной сварки трением [5], даже если имеют разную теплопроводность и физические свойства, при их сварке между собой они нагреваются до температуры около 1400°C и становятся пластичны, что способствует их свариванию данным методом.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Лебедев В. К., Черненко И. А., Михальски Р. и др. Сварка трением: Справочник. – Ленинград : Машиностроение. 1987. С. 27-42.
2. Вилль, В. И Сварка металлов трением / В. И. Вилль. – Москва : изд-во «Машиностроение», 1970. – 176 с.

3. Оспенникова, О. Г. Стратегия развития жаропрочных сплавов и сталей специального назначения, защитных и теплозащитных покрытий / О. Г. Оспенникова // Авиационные материалы и технологии. – 2012. – № 5. – С. 19-36.

4. Рыкалин, Н. Н. Расчеты тепловых процессов при сварке / Н. Н. Рыкалин. – Москва : МАШГИЗ, 1951. – 296 с.

5. Теория сварочных процессов (2-е издание) / В. М. Неровный, А. В. Коновалов, Б. Ф. Якушин [и др.]. – Москва : Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана, 2016. – 704 с. – ISBN 978-5-7038-4543-1.

УДК 621.83

Ванаг Елизавета Дмитриевна, студент, Калининградский государственный технический университет

Vanag Elizaveta Dmitrievna, student, Kaliningrad State Technical University

Середа Наталья Александровна, кандидат технических наук, доцент кафедры теории механизмов и машин и деталей машин, Калининградский государственный технический университет

Sereda Natalya Alexandrovna, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor of the Department of Theory of Mechanisms and Machines and Machine Parts, Kaliningrad State Technical University

МИНИМАЛЬНЫЙ УГОЛ ПЕРЕДАЧИ КОРОМЫСЛОВЫХ МЕХАНИЗМОВ СЕМЕЙСТВА ККМ-30°: ОЦЕНКА ТОЧНОСТИ

MINIMUM TRANSMISSION ANGLE OF CRANK-ROCKER MECHANISMS OF THE SAME FAMILY: ACCURACY ASSESSMENT

Аннотация. В статье объектом исследования является коромысловый механизм, относящийся к семейству с условным обозначением ККМ-30°. Приведена формула для определения угла передачи механизма такого семейства. По упомянутой формуле можно установить минимальные значения угла передачи за цикл работы коромыслового механизма. Используя метод оценки точности механизма по Н. Г. Бруевичу, получено выражение, позволяющее определить максимальную ошибку в значениях минимального угла передачи. Последнее позволяет оценить точность исследуемого механизма.

Abstract. In the article, the object of research is a rocker mechanism. It belongs to a well-known family. The formula for determining the transmission angle of a mechanism of this family is given. Using this formula, you can set the minimum values of the transmission angle. They will be obtained during the operation cycle of the rocker mechanism. The method of estimating the accuracy of the mechanism according to N. G. Bruevich is used. A new expression is obtained. It allows you to determine the maximum error in the values of the minimum transmission angle. This allows us to evaluate the accuracy of the mechanism under study.

Ключевые слова: коромысловый механизм, угол передачи, минимальное значение, точность механизма, максимальная ошибка.

Key words: rocker mechanism, transmission angle, minimum value, mechanism accuracy, maximum error.

Введение

В настоящей статье в качестве объекта исследования выбран кривошипно-коромысловый механизм известного семейства с условным обозначением ККМ-30° [1]. Положение такого механизма, при котором угол поворота кривошипа равен 30°, совпадает с положением максимума его силовой работоспособности ($\mu_{max} = 90^\circ$). Такие механизмы

пригодны для использования в технологических машинах с качающимся звеном, несущим рабочий орган [2 – 6]. В этом случае характер изменения технологической нагрузки, действующей на звено, связанное с рабочим органом, – комбинированный [1].

Цель работы – получить выражение для определения максимальной ошибки в значениях минимального угла передачи, продемонстрировать аналитически возможность определения фактического значения минимального угла передачи. Оценка точности механизма является актуальной задачей, так как способствует рациональному выбору класса точности при изготовлении его деталей.

Основная часть

Известна формула, применяемая для определения числовых значений минимального угла передачи [1]. Названный угол представлен в функции трех геометрических параметров, а именно: относительных длин кривошипа λ_1 , шатуна λ_2 и коромысла λ_3 .

$$\mu_{min} = \arccos\left(\frac{\lambda_1 \left[1 + \frac{\sqrt{3}}{2}\right]}{\lambda_2 \lambda_3}\right). \quad (1)$$

В таблицу 1 сведены этапы математической обработки зависимости (1), выполненные по методу Н. Г. Бруевича [4].

Таблица 1 – Этапы определения ошибки в значениях минимального угла передачи

Этапы анализа	Математическая запись	Номер формулы
1. Представим неявный вид функции (1)	$\mu_{min} = f(\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3)$	(2)
2. Полный дифференциал функции	$d\mu_{min} = \frac{\partial \mu_{min}}{\partial \lambda_1} \cdot d\lambda_1 + \frac{\partial \mu_{min}}{\partial \lambda_2} \cdot d\lambda_2 + \frac{\partial \mu_{min}}{\partial \lambda_3} \cdot d\lambda_3$	(3)
3. Введем в формулу (3) первичные ошибки	$d\mu_{min} = \frac{\partial \mu_{min}}{\partial \lambda_1} \cdot \Delta\lambda_1 + \frac{\partial \mu_{min}}{\partial \lambda_2} \cdot \Delta\lambda_2 + \frac{\partial \mu_{min}}{\partial \lambda_3} \cdot \Delta\lambda_3$	(4)
4. Частные производные имеют вид	$\frac{\partial \mu_{min}}{\partial \lambda_1} = \frac{1 + \frac{\sqrt{3}}{2}}{\lambda_2 \cdot \lambda_3 \cdot \sqrt{1 - \left(\frac{\lambda_1 \cdot \left[1 + \frac{\sqrt{3}}{2}\right]}{\lambda_2 \cdot \lambda_3}\right)^2}};$ $\frac{\partial \mu_{min}}{\partial \lambda_2} = - \frac{\lambda_1 \cdot \left[1 + \frac{\sqrt{3}}{2}\right]}{\lambda_3 \cdot \sqrt{1 - \left(\frac{\lambda_1 \cdot \left[1 + \frac{\sqrt{3}}{2}\right]}{\lambda_2 \cdot \lambda_3}\right)^2}} \cdot \lambda_2^2;$ $\frac{\partial \mu_{min}}{\partial \lambda_3} = - \frac{\lambda_1 \cdot \left[1 + \frac{\sqrt{3}}{2}\right]}{\lambda_2 \cdot \sqrt{1 - \left(\frac{\lambda_1 \cdot \left[1 + \frac{\sqrt{3}}{2}\right]}{\lambda_2 \cdot \lambda_3}\right)^2}} \cdot \lambda_3^2.$	
5. Ошибка в определении минимального угла передачи движения	$\Delta\mu_{min} = \frac{K_2}{K_1 \cdot \sqrt{1 - \theta^2}} \cdot \Delta\lambda_1 - \frac{\lambda_1 \cdot K_2}{K_1 \cdot \lambda_2 \cdot \sqrt{1 - \theta^2}} \cdot \Delta\lambda_2$ $- \frac{\lambda_1 \cdot K_2}{K_1 \cdot \lambda_3 \cdot \sqrt{1 - \theta^2}} \cdot \Delta\lambda_3$	

В таблице 1 приняты следующие обозначения:

$$K_1 = \lambda_2 \cdot \lambda_3; K_2 = 1 + \frac{\sqrt{3}}{2}; \theta = \frac{\lambda_1 \cdot \left[1 + \frac{\sqrt{3}}{2}\right]}{\lambda_2 \cdot \lambda_3}.$$

Для кривошипно-коромыслового механизма семейства с условным обозначением ККМ-30° можно установить фактическое значение угла μ_{min}

$$\mu_{min}^{\text{факт}} = \mu_{min} \pm \Delta\mu_{min},$$

где μ_{min} – минимальный угол передачи, определяемый по зависимости (1); $\Delta\mu_{min}$ – максимальная ошибка в значениях угла μ_{min} , рассчитанная по пункту 5 таблицы 1.

Заключение

В настоящей статье исследован кривошипно-коромысловый механизм известного семейства с условным обозначением ККМ-30°. Такой механизм используется в технологических машинах с качающимся выходным звеном. Это звено связано с рабочим органом машины. Оценивалась точность механизма по методу Н. Г. Бруевича. Получено выражение для определения максимальной ошибки в числовых значениях угла μ_{min} . Аналитически показана возможность определения фактического значения минимального угла передачи.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Середа, Н. А. Семейство кривошипно-коромысловых механизмов с максимумом угла передачи при угле поворота кривошипа, равном 30° / Н. А. Середа // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2016. – Т. 18, – № 1(2). – С. 202-295.

2. Семенов, М. В. Структура механизмов / М. В. Семенов. – М.: Государственное издательство физ.-мат. литературы, 1959. – 283 с.

3. Ольховский, И. И. Курс теоретической механики для физиков / И. И. Ольховский. – М.: Изд-во Московского университета, 1974. – 569 с.

4. Бруевич, Н. Г. О точности механизмов / Н. Г. Бруевич. – М.: Изд-во Академии наук СССР, 1941. – 53 с.

5. Патент на изобретение № 2176592 С1 Российская Федерация, МПК В25J 18/04. Устройство типа «Рука» для передачи изделий: № 2000120806/02; заявл. 02.08.2000; опубл. 10.12.2001 / А. С. Горлатов; заявитель Калининградский государственный технический университет.

6. Патент на изобретение № 2154569 С1 Российская Федерация, МПК В25J 18/04. Устройство типа «Рука» для передачи изделий: № 99115407/02; заявл. 14.07.1999; опубл. 20.08.2000 / А. С. Горлатов; заявитель Калининградский государственный технический университет.

УДК 621.9.05

Гарбар Владимир Константинович, студент, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Garbar Vladimir Konstantinovich, student of Komsomolsk-na-Amure State University

Кравченко Елена Геннадьевна, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры «Машиностроение», Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Kravchenko Elena Gennadyevna, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Mechanical Engineering Department, Komsomolsk-na-Amure State University

РАЗРАБОТКА СХЕМЫ ПОВЕРОЧНОЙ УСТАНОВКИ ДЛЯ КОНТРОЛЯ РАСХОДА ВОДЫ МЕТОДОМ ИЗМЕРЕНИЯ ОБЪЕМА

DEVELOPMENT OF A CALIBRATION UNIT SCHEME FOR MONITORING WATER CONSUMPTION BY VOLUME MEASUREMENT

Аннотация. Анализ существующих типов переносных проливных установок для контроля расхода воды выявил ряд проблем, связанных с недостаточной точностью и уровнем автоматизации процесса их поверки и выбором счетчиков воды с оптимальными

ми эксплуатационными характеристиками. В этой связи была разработана схема поверочной установки для контроля расхода воды методом измерения объема, реализующая бездемонтажный комплекс решений по автоматическому измерению и поверке средств учета воды, отвечающая нормативным требованиям точности процедуры поверки.

Abstract. An analysis of the existing types of portable pouring installations for monitoring water flow revealed a number of problems associated with insufficient accuracy and the level of automation of the process of their verification and the choice of water meters with optimal performance characteristics. In this regard, a calibration installation scheme was developed for monitoring water flow by volume measurement, which implements a non-dismantling complex of solutions for automatic measurement and verification of water meters, which meets the regulatory requirements for the accuracy of the verification procedure.

Ключевые слова: поверка, переносная проливная установка, счетчик, метрологическое обеспечение, метод поверки, схема установки.

Key words: verification, portable torrential installation, meter, metrological support, verification method, installation diagram.

Введение

Как показывает практика, из всего объема потребляемой воды 74 % составляет полезное водопотребление, а 26 % – потери. Поэтому, наиболее эффективным средством борьбы с потерями воды, является учет воды, подаваемой потребителям. В настоящее время на российском рынке представлен широкий выбор счетчиков расхода воды, часть из которых выполнена по удешевленной технологии, поэтому имеет изначально невысокую, но минимально законодательно допустимую точность, однако быстро теряет ее в первые месяцы работы. А между тем, разрегулирование точности приводит к существенным проблемам учета воды. Таким образом, актуальной становится задача разработки переносных проливных установок, позволяющих снизить стоимость и время поверки и повысить ее точность.

В этой связи целью работы стала разработка поверочной установки для контроля расхода воды, основанная на применении научно-практических подходов к созданию мобильных установок приборов учета воды на современной аппаратной базе и с учетом современного метрологического законодательства.

Основная часть

В соответствии с требованиями ГОСТ Р 8.1012-2022 «Государственная система обеспечения единства измерений. Счетчики воды. Методика поверки» [1] для поверки может быть использована портативная водомерная установка с эталонным средством измерения (СИ). Менее трудоемким в плане практического применения является метод измерения объема. Суть данного метода заключается в сличении показаний поверяемого счетчика с показаниями эталонного СИ для нескольких режимов работы (расходах воды) при заданных параметрах окружающей среды.

Согласно ПР 50.2.006-94 «ГСИ. Порядок проведения поверки средств измерений» [2] для вычисления среднеинтегральной погрешности крыльчатых водосчетчиков необходимо произвести контрольные измерения на пяти значениях поверочных расходов (рисунок 1).

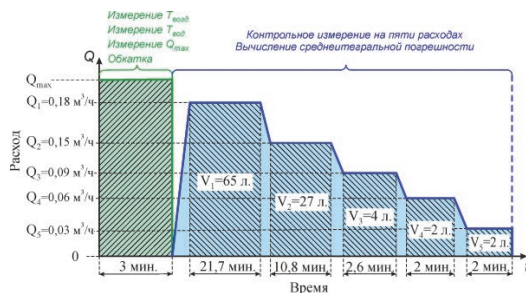


Рисунок 1 – Схема пролива воды при поверке счетчиков воды с диаметром условного прохода $D_y = 15$ мм методом измерения объема

Алгоритм поверки счетчиков воды методом измерения объема можно представить в виде следующей последовательности [3] (рисунок 2):

1 Измерение параметров среды: измерение температуры воздуха $T_{\text{возд}}$ и температуры воды $T_{\text{вод}}$.

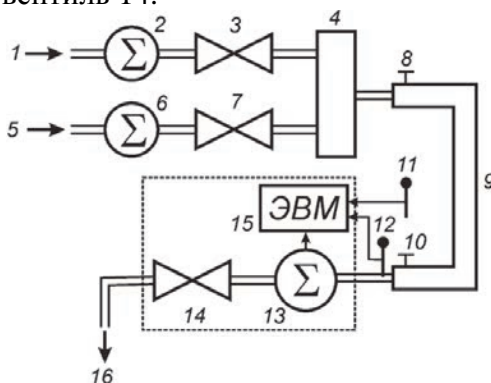
2 Обкатка: пролив через поверяемый водосчетчик максимального расхода воды Q_{max} в течении времени t , не меньшего 180 с.

3 Контрольное измерение: пролив через поверяемый и эталонный водосчетчики пяти контрольных объемов воды V_1, V_2, V_3, V_4 и V_5 при расходах, соответственно Q_1, Q_2, Q_3, Q_4 и Q_5 .

4 Определение погрешности: сличение показаний поверяемого счетчика $V_{\text{п}}$ и эталонного $V_{\text{э}}$, вычисление погрешности δ .

Для реализации указанного алгоритма поверки приборов учета воды была спроектирована установка, структурная схема которой показана на рисунке 2. Основными элементами этой установки являются эталонный счетчик 13, кран регулировки расхода воды 14 и вычислительное устройство 15. Вспомогательными элементами являются гибкий шланг 9 и хомуты обжатия шлангов 8, 10.

Вода горячего и холодного водоснабжения подается в установку через поверяемые счетчики 2 и 6, краны 3 и 7 и смеситель 4 по гибкому шлангу 9, зафиксированному на штуцерах смесителя и поверочной установки хомутами 8 и 10. Реальный расход воды через поверочную установку определяется с помощью эталонного счетчика воды 13 и вычислительного устройства 15. Вода из установки сливается в систему канализации 16 через регулировочный вентиль 14.



- 1 – вход холодной воды; 2 - счетчик холодной воды; 3 – кран холодной воды;
 4 – смеситель; 5 – вход горячей воды; 6 – счетчик горячей воды; 7 - кран горячей воды;
 9 – гибкий шланг; 8, 10 – хомуты обжатия шланга; 11, 12 – термометры;
 13 – эталонный счетчик воды; 14 – вентиль регулирования расхода;
 15 – вычислительное устройство; 16 – слив

Рисунок 2 – Схема поверочной установки

Сравнив метрологические и технические характеристики ультразвуковых расходомеров различных фирм-изготовителей, был выбран наиболее подходящий расходомер, который будет использоваться в качестве эталонного счетчика: ультразвуковой расходомер-счетчик жидкости КАРАТ-РС-20. Являясь накладным расходомером, он обладает следующими преимуществами:

- нет необходимости встраивать расходомерный участок в трубу;
- исключена потеря давления на расходомерном участке;
- датчики расхода не погружены в измеряемую среду, а значит, исключено их загрязнение и образование на них осадка;
- возможность использования там, где нежелательно вторгаться в измеряемую среду.

Пределы допускаемой относительной погрешности при измерении объема по импульсным сигналам и индикатору не превышают:

- $\delta_{1\text{Э}} = 1,0\%$ – при расходах от $Q_{\text{перех}}$ до Q_{max}

- $\delta_{2Э} = 3,0 \%$ – при расходах от Q_{\min} до $Q_{\text{перех}}$

Так как пределы погрешностей $\delta_{1Э}$ и $\delta_{2Э}$ меньше соответствующих максимальных погрешностей, установленных для водосчетчиков в ГОСТ Р 50601-93 [4]: $\delta_1 = 2,0 \%$ и $\delta_2 = 5,0 \%$ практически в 2 раза, то согласно ГОСТ Р 8.596-2002 [5] прибор Карат-РС-20 может быть использован в качестве измерительного канала проектируемых измерительных.

Заключение

Была разработана схема поверочной установки, реализующая комплекс решений по измерению и поверке средств учета воды без демонтажа оборудования, отвечающий всем современным требованиям и обладающая следующими преимуществами: применение в качестве эталонного средства измерения ультразвукового расходомера, повышающего точность измерений; использование простого для понимания программного обеспечения, ускоряющего процедуру поверки; уменьшенные габариты и вес установки, повышающие ее мобильность; возможность подключения к поверочной проливной установке, измеряющей массовым методом, повышающая ее универсальность.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. ГОСТ Р 8.1012-2022. Государственная система обеспечения единства измерений. Счетчики воды. Методика поверки. – Введ. 2022-11-01. – М.: Из-во стандартов, 2022. – 12 с.
2. ПР 50.2.006-94. ГСИ. Порядок проведения поверки средств измерений. – Введ. 1994-01-01. – М.: Госстандарт России : Изд-во стандартов, 1994. – 7 с.
3. Приказ Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 7 февраля 2018 г. N 256 "Об утверждении Государственной поверочной схемы для средств измерений массы и объема жидкости в потоке, объема жидкости и вместимости при статических измерениях, массового и объемного расходов жидкости". – 27 марта 2018.
4. ГОСТ Р 50601-93. Счетчики питьевой воды крыльчатые. Общие технические условия. – Введ. 1995-01-01. – М.: Из-во стандартов, 1994. – 14 с.
5. ГОСТ Р 8.596-2002. Государственная система обеспечения единства измерений. Метрологическое обеспечение измерительных систем. Основные положения. – Введ. 2003-03-01. – М.: Стандартинформ, 2008. – 12 с.

УДК 621.9.05

Гарбар Дарья Олеговна, студент, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Garbar Daria Olegovna, student of Komsomolsk-na-Amure State University

Кравченко Елена Геннадьевна, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры «машиностроение», Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Kravchenko Elena Gennadyevna, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Mechanical Engineering Department, Komsomolsk-na-Amure State University

РАЗРАБОТКА СХЕМЫ ПОВЕРОЧНОЙ УСТАНОВКИ ДЛЯ КОНТРОЛЯ РАСХОДА ВОДЫ МАССОВЫМ МЕТОДОМ

DEVELOPMENT OF INSTALLATION DIAGRAM FOR WATER FLOW CONTROL BY MASS METHOD

Аннотация. Массовый метод контроля расхода воды служит дополнительным арбитражным средством при разрешении споров между организацией, проводящей поверку и лицом, эксплуатирующим поверяемый счетчик воды. Во всех существующих типах пе-

реносных установок, которые основываются на двух методах контроля расхода жидкости, четко не описан массовый метод. В данном исследовании разработана схема переносной проливной установки, основанная на массовом методе.

Abstract. The mass method of water flow control serves as an additional arbitrage in the settlement of disputes between the organization, conducting verification and the person operating the verified water meter. All existing types of portable plants, which are based on two methods for controlling fluid flow, do not clearly describe the mass method. This study has developed a portable verification scheme based on a mass method.

Ключевые слова: поверка, переносная проливная установка, счетчик, метрологическое обеспечение, метод поверки, схема установки.

Key words: verification, portable torrential installation, meter, metrological support, verification method, installation diagram.

Введение

До недавнего времени поверка водосчетчиков осуществлялась на дорогостоящих и энергоемких стационарных установках. Естественно, что стоимость поверки водосчетчиков на таких установках сравнима со стоимостью самих приборов. Помимо этого, потребитель несет еще дополнительные затраты на последующий вызов представителя водоснабжающей организации для опломбирования счетчика на трубопроводе (что, впрочем, необходимо и при установке нового прибора). Немаловажно и то, что на время поверки водосчетчиков (1–2 недели в зависимости от загрузки поверочной установки) владелец прибора должен либо отказаться от потребления воды в этот период, либо установить вместо снятого водосчетчика специальную вставку для герметизации участка. И, наконец, следует учесть и то, что не все могут самостоятельно снять водосчетчик с трубопровода и поставить обратно.

В связи со сказанным возникла необходимость в разработке переносной проливной установки массовым методом, мобильность и малые габариты которой позволяют ускорить и упростить процесс поверки счетчиков расхода воды с требуемой точностью на месте их эксплуатации, избегая демонтажа оборудования.

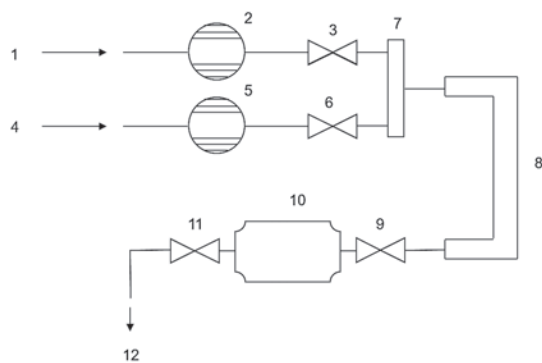
Основная часть

Проливная поверочная установка (ППУ) – устройство (эталон), предназначенное для поверки и регулировки счетчиков жидкости. По принципу действия установки могут быть объемные и объемно-массовые, по назначению – производственные и сервисные. Как любое средство измерения, проливная установка должна иметь сертификат Росстандарта РФ, должна быть внесена в Госреестр средств измерений РФ (как серийное или единичное изделие), иметь действующее свидетельство о поверке [1, 2].

Метрологический анализ существующего оборудования для контроля воды, основанного как на объемном, так и на объемно-массовом методах контроля расхода жидкости, позволил выявить основные критерии для его выбора: диаметр условного прохода, диапазон поверочных расходов, диапазон рабочих температур и погрешность. На основе оптимального подбора указанных параметров в соответствии с [3-5] разработана проливная поверочная установка, функциональная схема которой представлена на рисунке 1.

Устройство и принцип работы ППУ

Принцип работы ППУ основан на прямом сравнении результатов измерений массы воды в количестве 5 замеров на платформе весов 10. При поверке счетчика воды у потребителя, подводный шланг 8 гидравлического участка установки подключается к трубопроводу 1, 4 с поверяемым счетчиком воды 2, 5. Регулировка расхода и управление процессом измерения осуществляется запорной и регулирующей арматурой 9, 11, установленной на измерительном участке.



- 1 – вход холодной воды; 2 – счетчик холодной воды;
 3 – кран холодной воды; 4 – вход горячей воды; 5 – счетчик горячей воды;
 6 – кран горячей воды; 7 – смеситель; 8 – гибкий шланг;
 9, 11 – кран шаровый; 10 – весы с емкостью; 12 – слив

Рисунок 1 – Схема поверочной установки

Процесс взвешивания пятью замераи осуществляется в следующей последовательности:

1. Открыть кран 9, а затем кран холодной воды 3 (горячей воды 6).
2. Заполнить емкости. Наблюдать по табло весов отсчет массы воды поверяемого счетчика.
3. Остановить счет. Перекрыть кран 9, затем перекрыть кран холодной (горячей воды);
4. Сравнить результат наполненности с отметкой внутри тары (по штриховым линиям).
5. Записать результат измерения в протокол о проведении поверки.
6. Опустошить тару с помощью крана 11, затем перекрыть его.

Данные о массе (массовом расходе), взвешенной в емкости установленной на платформе ППУ, считываются на дисплее весов и поступают на персональный компьютер. Информация с поверяемого счетчика воды считывается визуально. Результаты измерений отображаются на ПК, сохраняются в базе данных и могут быть выведены на принтер в виде протокола поверки.

Конструктивно установка может быть выполнена в переносном корпусе, в котором размещены ее функциональные части и принадлежности. Питание установки может осуществляться от аккумуляторной батареи 7 В.

Гидравлический участок состоит из: шланга резинового 8 для соединения крана водопроводного 3, 6 и емкости, установленной на весах установки 10; запорного крана 9, предназначенного для перекрытия расхода и управления измерениями, выполняемыми с остановкой потока; гайки накидной, предназначенных для присоединения шланга резинового 8 и емкости 10.

Заключение

Разработанная переносная поверочная установка позволяет уменьшить погрешность измерения расхода, уменьшить время проведения поверки. В целом, малое электропотребление, низкий уровень шума и вибрации, а также отсутствие потребности в отдельных системах водоснабжения и канализации позволяет поверять счетчики прямо на месте без демонтажа последних с трубопроводом, что существенно повышает преимущества данной поверочной установки для потребителя.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Российская Федерация. Законы. Об обеспечении единства измерений: Федеральный закон № 102-ФЗ : [принят Государственной Думой 11 ноября 2009 года : одобрен Советом Федерации 18 ноября 2009 года] // Собрание законодательства РФ. – 2008.

2. Российская Федерация. Законы. Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации: Федеральный закон № 261-ФЗ : [принят Государственной Думой 11 ноября 2009 года : одобрен Советом Федерации 18 ноября 2009 года] // Собрание законодательства РФ. – 2008.

3. ПР 50.2.006-94. ГСИ. Порядок проведения поверки средств измерений. – Введ. 1994-01-01. – М.: Госстандарт России : Изд-во стандартов, 1994. – 7 с.

4. Приказ Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 7 февраля 2018 г. N 256 "Об утверждении Государственной поверочной схемы для средств измерений массы и объема жидкости в потоке, объема жидкости и вместимости при статических измерениях, массового и объемного расходов жидкости". – 27 марта 2018.

ГОСТ 8.156-83. Счетчики холодной воды. Методы и средства поверки. – Введ. 1985-07-01. – М. : Госстандарт Союза ССР : Издательство стандартов, 1986. – II, 30 с.

УДК 331.45:621-05

Голубева Елена Борисовна, аспирант, Тверской государственный технический университет

Golubeva Elena Borisovna, graduate student, Tver State Technical University

АНАЛИЗ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ТРАВМАТИЗМА В РАБОТЕ ФРЕЗЕРОВЩИКА МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

ANALYSIS OF INDUSTRIAL INJURIES IN THE WORK OF A MILLING MACHINE-BUILDING ENTERPRISE

Аннотация. В данной статье описываются функции и условия работы квалифицированного фрезеровщика. Анализируются несчастные случаи в работе представителя данной профессии, описывается эргономическая оценка рабочих мест, оценка профессиональных рисков, рациональная организация рабочего места по системе 5С. Также рассказывается о важности качественного производственного обучения.

Abstract. This article describes the functions and working conditions of a qualified milling machine. The accidents in the work of a representative of this profession are analyzed, the ergonomic assessment of workplaces, the assessment of occupational risks, the rational organization of the workplace according to the 5S system are described. It also tells about the importance of high-quality industrial training.

Ключевые слова: фрезеровщик, травма, станок, эргономика, бережливое производство.
Key words: milling machine, trauma, machine, ergonomics, lean manufacturing.

Введение

Машиностроительная отрасль в России постоянно развивается. Для предприятий имеет большое значение формирование надежных и привлекательных рабочих мест. Это сохранит имеющихся специалистов и привлечет новых. Чем больше внимания уделяется охране труда, тем продолжительнее трудовая деятельность работников и тем привлекательнее становятся профессии машиностроителей для молодых людей. Дополнительная опасность появляется, когда предприятие выполняет большое количество заказов. Также к рискам для здоровья относятся тяжесть трудового процесса, физические и психологические нагрузки, сложность заданий, нехватка времени. Существует много неэргономичных видов работы, например, поднятие и перенос грузов, работа в неудобной позе. Производственный травматизм часто сопровождается тяжелыми по-

следствиями. Благодаря применению новых технологий поднимаются требования к рабочим местам и снижается опасность несчастного случая.

Цель данной статьи – проанализировать несчастные случаи и дать рекомендации по проведению эргономической оценки рабочих мест.

Основная часть

Одна из операций в машиностроении – фрезерование. Квалифицированный фрезеровщик – ценный работник для машиностроительного завода. Фрезеровщик 6 разряда по Единому тарифно-квалификационному справочнику должен уметь фрезеровать сложные экспериментальные и дорогостоящие детали и инструмент по 1 – 5 категориям, имеющие несколько сопрягаемых с криволинейными цилиндрическими поверхностями, с труднодоступными для обработки и измерений местами, с применением универсального и специального режущего инструмента и оптических устройств; фрезеровать сложные крупногабаритные детали, узлы, тонкостенные длинные детали, подверженные короблению и деформации на уникальных фрезерных станках различных конструкций. Оборудование, используемое при работе фрезеровщика, за несколько десятилетий значительно усовершенствовалось. В настоящее время при изготовлении деталей, содержащих поверхности свободной формы, широко используются многоцелевые пятикоординатные станки с числовым программным управлением [1].

В данной статье рассмотрены несчастные случаи, которые произошли с фрезеровщиками в процессе их трудовой деятельности.

Случай 1. Фрезеровщик производил подготовительную операцию перед фрезерованием шлица на осевой гайке, для чего, согласно технологическому процессу, снимал заусенец с первой нитки резьбы, используя при этом самодельный шабер, изготовленный из метчика. Во время обработки гайки шабер сорвался и ударил фрезеровщика по левой руке, которой он придерживал обрабатываемую гайку, вследствие чего пострадавший получил травму – рваную рану левой кисти.

Причиной данного несчастного случая послужило производство работ ручным инструментом для снятия заусенца с резьбы гайки, не прописанным в технологическом процессе и несогласованным с отделом охраны труда. Для предотвращения подобных несчастных случаев, необходимо спроектировать и изготовить шабер для снятия заусенца на гайке, внести сведения о нем в технологический процесс. А также провести ревизию ручного инструмента и «незаконенные» технической документацией изъять.

Случай 2. Фрезеровщик по заданию мастера производил опиловку боковины мягкой мебели на фрезерном станке. Во время опиловки очередной боковины припуск отхода остался в рабочей зоне, что помешало дальнейшей обработке узла. Фрезеровщик решил удалить его и не применив для этого специальное приспособление, которое лежало на рабочем месте, ввел палец в зону вращения фрезы, вследствие чего фрезеровщик получил рубленую рану второго пальца левой кисти.

Причиной данного несчастного случая явился недостаточный надзор за соблюдением техники безопасности. Чтобы избежать в дальнейшем таких несчастных случаев, можно внести изменения в конструкцию станка, закрыв кожухом зону вращения фрезы, чтобы удалить отходы можно было только приспособлением, но не пальцем.

Случай 3. Фрезеровщик производил фрезеровку шлица гайки на фрезерном станке. Масса гайки 4 кг. Готовую продукцию откручивают одной рукой с оправки, а другой поддерживают снизу. Отфрезеровав очередную гайку, он стал снимать ее с оправки. Гайки обрабатываются с охлаждением эмульсией и во время снятия скользкие. Снятая с оправки гайка выскользнула из поддерживаемой ее снизу руки и упала на стол станка, ударив при этом фрезеровщика по правой кисти. В результате чего он получил травму – ушиб пальца правой кисти.

Причиной данного несчастного случая стало отсутствие в технологическом процессе приемов безопасного снятия гаек с оправки после обработки их на фрезерном станке.

Для организации безопасных и удобных рабочих мест на предприятиях необходимо проводить эргономическую оценку рабочих мест. При оценке учитывать следующие параметры:

- суммарный вес перемещаемого и поднимаемого вручную груза;
- разовое поднятие и перемещение груза вручную при чередовании с другой работой и постоянно в течение смены;
- перемещения за смену, рабочая поза стоя;
- статические усилия с учетом нагрузки две руки или с участием мышц, корпуса и ног;
- перемещение грузов без отрыва от пола или от любой рабочей поверхности вручную без вспомогательных средств;
- масса ручного инструмента;
- стереотипные движения, неудобная и/или фиксированная поза;
- вынужденная поза;
- работа на высоте (обеспечение организационной оснасткой, системами обеспечения безопасности);
- наклоны корпуса при угле наклона более 30°;
- размеры рабочей поверхности (они должны соответствовать нормативным значениям);
- соответствие проездов при движении транспорта;
- уровень загрязнения на рабочем месте;
- выступающие детали (или тары с деталями), острые кромки, неровности пола, приямки, выступы и коммуникации, стесняющие движения работника;
- расположение деталей, изделий, заготовок, технологической оснастки на удобной высоте;
- соответствие освещенности рабочей поверхности нормативным значениям;
- равномерность местного освещения рабочего места;
- защита от сквозняков, уровень шума.

По результатам эргономической оценки необходимо составить план мероприятий, улучшающих эргономику рабочего места. Привлекательность рабочих мест – это одно из важнейших конкурентных преимуществ любой компании. Также необходимо обращать внимание на то, что данная характеристика рабочих мест не является постоянной и зависит от условий, в которых работает организация [2].

Также очень полезным для предприятия станет внедрение системы 5С (рациональная организация рабочего места) – это аспект Бережливого производства. Эффективным является фиксирование на фото состояние рабочего места «до» и «после». Многие мировые компании с успехом применяют систему «5С» в своей работе, даже не внедряя остальные инструменты бережливого производства. С 2016 г. в России действует «ГОСТ Р 56906-2016. Национальный стандарт Российской Федерации. Бережливое производство. Организация рабочего пространства (5S)» [3].

Руководство компании, чтобы повысить потенциал человеческих ресурсов, прежде всего, должно задействовать такой важнейший инструмент как обучение персонала [4]. Основной дискретной единицей учебно-производственной деятельности является операция, которая характеризуется применением определенных средств и способов работы [5].

Заключение

Под понятием «охрана труда» подразумевается предотвращение несчастных случаев, избежание связанных с работой опасностей для здоровья. Эргономические ме-

роприятия позволяют снизить тяжесть трудового процесса: нагрузку на опорно-двигательный аппарат и функциональные системы организма работника, обеспечивающие его деятельность - сердечно-сосудистую, дыхательную и другие.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Пономарев Б.Б., Нгуен Хьен Ши Исследования динамики процесса пятикоординатного концевой фрезерования// Вестник БГТУ имени В.Г. Шухова. – 2019. - № 7. С. 108 – 119 .
 2. Погосян А.Э., Кормилицын К.О., Боркова Е.А. Формирование привлекательности рабочих мест в условиях цифровой экономики// Креативная экономика. – 2020. – Том 14, Номер 7. – С. 1207 – 1220.
 3. Аллачева Е.А., Жевнов Д.А., Коханенко Д.В., Жданова Е.М. Повышение производительности труда с помощью инструментов организации эффективного рабочего пространства «5С» // Фундаментальные исследования. – 2019. – № 4. – С. 12-18;
 4. Таппасханова Е.О. Обучение персонала – важнейшее направление управления кадрами в современной организации/ Е.О. Таппасханова, З.А. Зумакулова, Ф.Р. Бисчекова и др.// Международный научно-исследовательский журнал. – 2020. - № 11 (101). – С. 115 – 120.
- Маркова С.М., Наркозиев А.К. Производственное обучение как составная часть профессиональной подготовки будущих рабочих// Вестник Мининского университета. – 2018. - № 1 (22).

УДК 631.354

Даманский Роман Викторович, кандидат технических наук, научный сотрудник, ФГБНУ «Омский аграрный научный центр»

Damanskij Roman Viktorovich., Candidate of Engineering Sciences, Researcher Omsk Agrarian Scientific Center

Кем Александр Александрович, кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник ФГБНУ «Омский аграрный научный центр»

Kem Alexander Alexandrovich., Candidate of Engineering Sciences, Leading Researcher Omsk Agrarian Scientific Center

Михальцов Евгений Михайлович, кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник ФГБНУ «Омский аграрный научный центр»

Mikhaltsov Evgeny Mikhailovich., Candidate of Engineering Sciences, Leading Researcher Omsk Agrarian Scientific Center

Шмидт Андрей Николаевич, научный сотрудник ФГБНУ «Омский аграрный научный центр»

Shmidt Andrey Nikolaevich., researcher Omsk Agrarian Scientific Center

ТЕОРИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА РАБОТЫ ОДНОБАРАБАННОЙ ЖАТКИ ОЧЁСЫВАЮЩЕГО ТИПА

THEORY OF THE TECHNOLOGICAL PROCESS OF OPERATION OF A SINGLE-DRUM HEADER OF THE SKILLER TYPE

Аннотация. В статье приведено теоретическое обоснование технологических параметров работы очёсывающей жатки. Установлены факторы, влияющие на качество выполнения процесса очёса указанным типом жатки. Приведены зависимости, позволяющие обеспечить высокую эффективность процесса очёса. Показано, что для высокой эффективности процесса очёса следует учитывать условия возделывания культуры, их высоту и степень созревания.

Abstract. The article provides a theoretical justification for the technological parameters of the stripping header. The factors influencing the quality of the stripping process by the specified type of harvester have been established. Dependences are given that allow to ensure high efficiency of the noiling process. The above conclusion is that for the high efficiency of the stripping process, the conditions for growing crops, their height and degree of maturation should be taken into account.

Ключевые слова: жатка, комбайн, очёсывающий барабан, обтекатель, гребёнки.

Key words: reaper, combine, stripping drum, fairing, combs.

Введение

Эффективность уборки зерновых культур зависит от множества факторов (погодные условия, степень созревания культуры) [1, 2].

Предприятия агропромышленного комплекса (АПК), приобретая новую технику, рассчитывают на высокое качество и эффективность работы. Однако, новое оборудование после транспортировки и подготовки к эксплуатации, требует выполнения настройки регулировочных параметров [3, 4].

Жатки для зерноуборочных комбайнов очёсывающего типа имеют ряд параметров, влияющих на качество и чистоту уборки материала. С целью получения более качественной оптимизации очёсывающей жатки при уборке, необходимо провести теоретическое обоснование рабочего процесса, что позволит получить качественную связь между регулировочными параметрами рабочих органов жатки, типов выращиваемой культуры и скоростью движения зерноуборочного комбайна. При этом следует учитывать ряд факторов: условия возделывания, высота и степень созревания выращиваемой культуры. Возникает необходимость в установлении средней длины стебля культуры для выбора высоты очёсывающего ротора [5, 6].

Материалы и методы исследования

К основным параметрам жатки очёсывающего типа относятся: диаметр $D_{бр}$ и частота вращения $\omega_{бр}$ очёсывающего барабана, и тип рабочих элементов барабана (гребёнок), которые подбираются для определённых видов культур и условий уборки. Теоретическое обоснование процесса уборки указанным типом жатки позволит оптимизировать частоту вращения барабана, подобрать оптимальную скорость движения комбайна при уборке в зависимости от диаметра барабана и углов вначале γ_n и в окончании γ_k процесса очёса. При выполнении регулировочных работ жатки, зазор между обтекателем и ротором должен быть минимальным, угол в начале процесса очёса γ_n должен быть [7, 8, 9]:

$$\gamma_n \geq 90^\circ - (2,7\mu - \varphi^2), \quad (1)$$

где μ – угол, при котором происходит контакт гребёнок со стеблем, град;

φ – угол при котором происходит наклон стебля от вертикальной линии, град;

γ_n – угол при котором происходит начало процесса очёса, град.

Значение угла, при котором происходит захват гребёнками стеблей и начала снятия зерновой массы (угол захвата γ_k) можно определить:

$$\gamma_k \geq 90^\circ - (3\mu + \varphi^2) \quad (2)$$

Полный зацеп гребёнками зерновых колосьев произойдёт за время t и расстояние, пройденное комбайном S [10].

Эти условия позволяют снизить уровень забивания стеблей зерновой культуры в зазоре между боковыми поверхностями гребёнки t_n [11] (рисунок 1). Согласно принципиальной схеме процесса очёса и зависимостям (1 и 2) следует, что высокая эффективность процесса очёса достигается при соблюдении условия, когда угол I_δ , при котором происходит взаимодействие гребёнок с зерновыми колосьями на стебле, должен превышать значение угла участка пространственного расположения зерновых колосьев (рисунок 1) [10, 11].

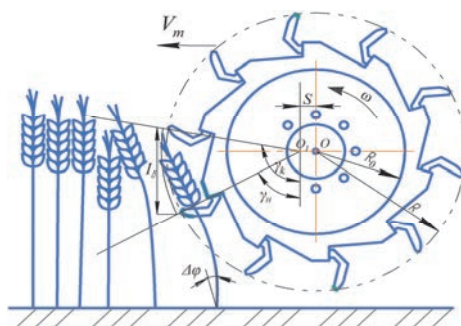


Рисунок 1 – Принципиальная схема процесса очёса барабаном

Результаты и обсуждение

Проведенное теоретическое исследование процесса очёса барабаном очёсывающей жатки позволило установить номинальный радиус очёсывающего ротора R_0 [3,8]:

$$R_0 = \frac{I_3}{\cos\gamma_n + \sin\gamma_k}, \quad (3)$$

где I_3 – угол участка пространственного расположения зерновых колосьев, м;
 R_0 – радиус очёсывающего ротора, м.

Значения величин угла начала процесса очёса γ_n , и угла завершения процесса очёса γ_k , и значение участка зерновой массы I_3 , позволили рассчитать с учётом радиуса R_0 очёса, и получить следующие значения:

- угол в начале процесса очёса $\gamma_n = 23^\circ$;
- угол в завершении процесса очёса $\gamma_k = 102^\circ$;
- радиус очёсывающего ротора $R_0 = 0,31$ м.

При расчёте средней оптимальной высоты очёсывающего ротора учитывалась средняя высота пространственного расположения зерновых колосьев I_3 на стеблях.

Полученные значения при теоретическом обосновании процесса очёса однобарабанной жатки, позволили отметить важные условия и определить оптимальные параметры для повышения качества процесса очёса, что в дальнейшем обеспечит возможность выполнять регулировочные работы по настройке и оптимизации рабочих органов очёсывающей жатки.

Заключение

При оценке эффективности выполнения процесса очёса указанного типа жаткой, следует учитывать условия возделывания культуры, высоту и степень созревания выращиваемой культуры.

Высокое качество процесса очёса достигается при условии:

- значение угла в начале процесса очёса γ_n должно составлять 23° ;
- значение угла в завершении процесса очёса $\gamma_k = 102^\circ$;
- значение радиуса очёсывающего ротора $R_0 = 0,28-0,31$ м.

Условие, при котором угол захвата очёсывающими гребёнками больше угла участка очёса зернового колоса на стебле обеспечивает сравнительно больший процент снятия зернового материала.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Возделывание пшеницы в зависимости от способа посева и внесения азотных удобрений / М. С. Чекусов, А. А. Кем, Е. М. Михальцов [и др.] // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. – 2022. – Т. 52, № 1. – С. 90-99. – DOI 10.26898/0370-8799-2022-1-10.
2. Керученко, Л. С. Факторы, определяющие износ заборного сопряжения распылителя форсунки дизельного двигателя / Л. С. Керученко, И. В. Веретено, Р. В. Даманский // Вестник Омского государственного аграрного университета. – 2016. – № 2(22). – С. 222-227.
3. Михальцов, Е. М. О целесообразности апробации системы точного земледелия в условиях опытно-производственных хозяйств / Е. М. Михальцов, Р. В. Да-

манский, А. Н. Шмидт // Информационные технологии, системы и приборы в АПК. АГРОИНФО-2021 : Материалы 8-й Международной научно-практической конференции, р.п. Краснообск, 21–22 октября 2021 года / под ред. В.В. Альта. – Новосибирск - Краснообск: Сибирский федеральный научный центр агроботехнологий Российской академии наук, 2021. – С. 304-305. – DOI 10.26898/agroinfo-2021-304-305.

4. Керученко, Л. С. Влияние добавок рапсового масла на противоизносные свойства дизельного топлива / Л. С. Керученко, Р. В. Даманский // Инновационные технологии в АПК, как фактор развития науки в современных условиях : сборник Всероссийской (национальной) научно-практической конференции, Омск, 29 ноября 2019 года. – Омск: Омский государственный аграрный университет имени П.А. Столыпина, 2019. – С. 145-149.

5. Тракторы и комбайны в сельском хозяйстве Омской области / М. С. Чекусов, Е. М. Михальцов, А. А. Кем [и др.] // Вестник Омского государственного аграрного университета. – 2021. – № 4(44). – С. 251-260. – DOI 10.48136/2222-0364_2021_4_251.

6. Керученко, Л. С. Изменение зазора в запорном сопряжении распылителя форсунки двигателя / Л. С. Керученко, Т. Ю. Гурин, Р. В. Даманский // . – 2017. – № 11. – С. 36-37.

7. Михальцов, Е. М. О повышении эффективности эксплуатации тракторов в сельском хозяйстве / Е. М. Михальцов, Р. В. Даманский // Перспективные технологии в аграрном производстве: человек, "цифра", окружающая среда (AgroProd 2021) : Материалы международной научно-практической конференции, Омск, 28 июля 2021 года. – Омск: Омский государственный аграрный университет имени П.А. Столыпина, 2021. – С. 317-321.

8. Keruchenko, L. S. Improvement of antiwear properties of diesel fuels by compounding with additive based on tall and linseed oil / L. S. Keruchenko, R. V. Damanskiy // International Journal of Engineering and Advanced Technology. – 2019. – Vol. 8, No. 5. – P. 2174-2177.

9. Даманский, Р. В. Влияние добавки растительных масел в дизельное топливо на закоксовываемость распылителей форсунок / Р. В. Даманский, Л. С. Керученко // Состояние и инновации технического сервиса машин и оборудования : Материалы X региональной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, посвященной памяти доцента М.А. Анфиногенова, Новосибирск, 12–13 ноября 2018 года. – Новосибирск: Новосибирский государственный аграрный университет, 2018. – С. 80-85.

10. Даманский, Р. В. Разноглубинная обработка почвы в засушливых регионах / Р. В. Даманский, М. С. Чекусов, Е. М. Михальцов // Инновационные технологии в земледелии и растениеводстве : Сборник научных статей, посвященный 70-летию доктора сельскохозяйственных наук Юшкевича Леонида Витальевича, Омск, 25 октября 2022 года. – Омск: Федеральное государственное бюджетное научное учреждение "Омский аграрный научный центр", 2022. – С. 257-262.

11. Формирование технологических условий орудий для разуплотнения почвы / Р. В. Даманский, М. С. Чекусов, А. А. Кем [и др.] // Вестник Омского государственного аграрного университета. – 2022. – № 2(46). – С. 138-144. – DOI 10.48136/2222-0364_2022_2_138.

УДК 620.193.197

Зинченко Данил Дмитриевич, студент, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Zinchenko Danil Dmitrievich, student, Komsomolsk-na-Amure State University

Лиманкин Владимир Васильевич, кандидат технических наук, доцент, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Limankin Vladimir Vasilievich, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, Komsomolsk-na-Amure State University

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РЕМОНТА НЕФТЕГАЗОВОГО ОБОРУДОВАНИЯ ПУТЕМ ВНЕДРЕНИЯ В ПРОИЗВОДСТВО ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ

INCREASING THE EFFICIENCY OF OIL AND GAS EQUIPMENT REPAIR BY INTRODUCING POLYMER MATERIALS IN PRODUCTION

Аннотация. В данной работе рассмотрены различные способы ремонта технологического оборудования при помощи полимерных материалов, достоинства и недостатки данных ремонтов. Описаны основные назначения полимеров в ремонте технологического нефтегазового оборудования, а также частично описаны свойства некоторых составов. Цель работы – повышение надежности эксплуатируемого оборудования путем применения прогрессивных ремонтных материалов для его восстановления и защиты.

Abstract. This paper discusses various methods of repairing technological equipment using polymeric materials, the advantages and disadvantages of these repairs. The main purposes of polymers in the repair of technological oil and gas equipment are described, as well as the properties of some compositions are partially described. The purpose of the work is to increase the reliability of the equipment in operation by using progressive repair materials for its restoration and protection.

Ключевые слова: ремонт, оборудование, полимеры, полимерные материалы, нефтепереработка.

Key words: repair, equipment, polymers, polymeric materials, oil refining.

Введение

Эксплуатация – неотъемлемый этап жизненного цикла детали либо изделия, в ходе которого реализуется и поддерживается его качество. Техническое состояние детали характеризуется условиями эксплуатации.

Изнашивание и изменение детали оборудования под влиянием внешних нагрузок, внутренних технологических напряжений и коррозионного воздействия происходит во время всего цикла эксплуатации детали. Данное изнашивание детали характеризуется отклонениями размеров и форм детали, изменением их физических и химических свойств поверхностей и внутренних слоев детали. Совокупность этих изменений называется повреждением детали. Устраняются эти изменения с помощью ремонта, либо заменой детали. [1]

Физический износ представляет собой естественный процесс ухудшения характеристик оборудования во время его эксплуатации под воздействием многих факторов, таких как: трение, коррозия, старение материалов, вибрация, изменение температуры и влажности, качество обслуживания и др. Рост физического износа приводит к увеличению вероятности аварийных отказов оборудования и к снижению качественных характеристик выпускаемой с помощью этого оборудования продукции, что ведет к уменьшению остаточного срока службы всего изделия или некоторых его узлов и деталей.[2]

Одним из методов ремонта и защиты от преждевременного выхода из строя оборудования является применение полимерных материалов.

Цель работы – повышение надежности эксплуатируемого оборудования путем применения прогрессивных ремонтных материалов для его восстановления и защиты.

Основная часть

Современная методика осуществления ремонтно-восстановительных работ включает в себя такие наиболее распространенные технологии как: ремонт сваркой/наплавкой, узловой ремонт, агрегатный ремонт.

При критическом разрушении конструкционных элементов машин и механизмов не редко используют дополнительные связующие крепления в виде заклепок, болтов, стяжек и т.п., производят замену оборудования частями (узлами) либо полностью.[3]

Зачастую по тем или иным причинам не удается произвести ремонт традиционными способами, а также приобрести изношенный элемент машины или механизма, ввиду чего возникает необходимость проведения ремонта с применением полимерных материалов. [4]

В таблице 1 приведена характеристика методик ремонтов традиционными способами в сравнении с ремонтом при использовании полимерных материалов.

Таблица 1 – Сравнение методов ремонта оборудования

Метод ремонта	Достоинства	Недостатки
Сварка/наплавка	<ul style="list-style-type: none"> - высокое качество ремонта - относительно небольшое время ремонта - низкая себе стоимость ремонта 	<ul style="list-style-type: none"> - высокие требования к квалификации исполнителя - невозможность выполнения работ во взрывопожароопасных местах - частичная невозможность выполнения работ с высокоуглеродистыми сталями или чугунами - в подвергнутых сварке элементах возникают остаточные напряжения
Узловой ремонт	<ul style="list-style-type: none"> - высокое качество ремонта - относительно небольшое время ремонта 	<ul style="list-style-type: none"> - обязательное наличие запасных частей на складах организации - высокая стоимость запасных частей
Использование полимерных материалов	<ul style="list-style-type: none"> - не требует специальной квалификации исполнителя - низкая стоимость ремонта - возможность выполнения работ на действующих взрывопожароопасных объектах - возможность выполнения ремонта деталей с повышенными требованиями точности - возможность выполнения ремонтных работ в труднодоступных местах или местах со сложной геометрией - возможность восстановления деталей без разборки агрегатов - отсутствие нагрева детали; - высокая химическая стойкость 	<ul style="list-style-type: none"> - повышенные требования к качеству подготовки поверхности - продолжительное время ремонта - невозможность использования при высоких температурах (более 150 °С) - невозможность эксплуатации до полной полимеризации ремонтного материала.

В процессе проведения технического обслуживания оборудования, машин и механизмов, полимерные материалы используются для:

- герметизации и фиксации резьбовых соединений;
- формирования прокладок;
- фиксации сопрягаемых цилиндрических соединений;
- восстановления геометрии повреждённых деталей;
- эффективной смазки трущихся поверхностей;

Двухкомпонентные металлонаполненные составы.[5]

Двухкомпонентные металлически наполненные составы представляют собой системы эпоксидных смол, которые после нанесения отвердевают практически без сокращения в объёме. Твердый материал может подвергаться механической обработке, и тем самым пригоден для разносторонних применений. Наполнители, такие как алюминий, сталь или минералы, определяют технические качества. [4]

Вал-втулочные фиксаторы предназначены для надежного соединения сопрягаемых поверхностей. Продукт заполняет все микронеровности и полимеризуется между плотно прилегающими металлическими поверхностями при отсутствии воздуха, после чего эффективно предотвращает ослабление соединений вследствие ударов и вибрации.

Защитные износостойкие покрытия представляют собой особенно коррозионно- и атмосфероустойчивые поверхностные покрытия с включением различных наполнителей (карбид кремния, керамические наполнители и пр.) и предназначены для защиты технологического оборудования от абразивного или химического воздействия, кавитации или эрозии и увеличивают срок службы широкого диапазона заводских установок и оборудования.

Существуют пастообразные, наносимые кистью и распыляемые составы со специальными наполнителями для жестких условий, которые идеально подходят для всех крупных ремонтов. Защитные покрытия обладают высокой износостойкостью и очень сильной адгезией.

Основной особенностью данных продуктов является создание обновляемого защитного слоя, позволяющего сохранить структурную целостность материала изделия. [6]

Заключение

В ходе данной работы мною были рассмотрены различные методы ремонта технологического оборудования, приведена сравнительная таблица методик ремонта традиционным способом и с использованием полимерных материалов. Полимерные материалы показали большое преимущество относительно традиционных методов ремонта оборудования. Можно сделать вывод, что использование полимерных материалов в ремонте – один из новейших способов ремонта, который развивается в данное время очень стремительно и в некоторых ситуациях может заменить традиционные способы ремонта.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Гайфутдинов, Р.Р., Эффективность ремонта магистральных газонефтепроводов полимерными композитными материалами / Р. Р Гайфутдинов, М.В. Петровская // Научные исследования XXI века. – 2021. – с. 25-29.

2. Башкирцев В.И., «Использование полимерных материалов при ремонте машин и оборудования» / В.И. Башкирцев, С.Н. Гладких, В.Ю. Бойков, А.А. Панин // Московский государственный агроинженерный университет. – 2006. – с 58-60.

3. Егунов Т.Н., Перспективы применения полимерных композиционных материалов при ремонте топливных баков машин / Т.Н. Егунов // Новые материалы и технологии в машиностроении – 2020. – с.64-67.

4. Панасенко Н. Н., Кокоринов И. И. «Технология ремонта валов механических передач расходными материалами группы LOCTITE» / Технические и естественные науки / ISSN 1812-9498. Вестник АГТУ. – 2018. №2

5. Ушаков С.В., Методы ремонта трубопроводов, работающих под давлением, полимерными композиционными материалами / С. В. Ушаков // Российский государственный университет туризма и сервиса – 2011. – с. 207-213.

Щетинин В. С. Технология химического машино- и аппаратостроения: учеб. пособие / Щетинин В. С., – Комсомольск-на-Амуре: ФГБОУ ВО «КнАГУ», 2019 –102 с.

УДК 004.94

Капралова Ольга Денисовна, студент, Балтийский государственный технический университет «ВОЕНМЕХ» имени Д.Ф. Устинова

Kapralova Olga Denisovna, student, Baltic State Technical University "VOENMEH" named after D.F. Ustinov

Васильков Дмитрий Витальевич, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры «Технология и производство артиллерийского вооружения», Балтийский государственный технический университет «ВОЕНМЕХ» имени Д.Ф. Устинова

Vasilkov Dmitry Vitalievich, Doctor of Engineering Sciences, Professor, Professor of the Department "Technology and Production of Artillery Weapons", Baltic State Technical University "VOENMEH" named after D.F. Ustinov

ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РОБОТИЗИРОВАННОГО УЧАСТКА МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ КОРПУСНЫХ ДЕТАЛЕЙ

SIMULATION MODELING OF A ROBOTIC SECTION OF MECHANICAL PROCESSING OF BODY PARTS

Аннотация. В данной статье рассматривается вопрос о применении имитационного моделирования в среде AnyLogic. Описывается алгоритм построения диаграммы процесса для дискретно-событийного моделирования роботизированного участка механической обработки корпусных деталей типа «Основание» на основе детали представителя.

Abstract. This article discusses the use of simulation modeling in the AnyLogic environment. An algorithm for constructing a process diagram for discrete-event modeling of a robotic section of mechanical processing of body parts of the "Foundation" type based on a representative part is described.

Ключевые слова: моделирование, имитационное моделирование, участок цеха, механическая обработка, корпусные детали, основание, AnyLogic, роботизированное производство.

Key words: modeling, simulation modeling, workshop site, machining, body parts, Foundation, AnyLogic, robotic production.

Введение

В современном машиностроении, при изготовлении группы корпусных деталей, происходит частая сменяемость номенклатур, что требует автоматизации механообрабатывающих производств. Если перевести производство на использование поточных линий, то это не даст должного эффекта. Так, прибегают к использованию роботизированных участков. Проектирование данных участков строится на использовании эмпирических формул, но формулы не позволяют определить «узкие места», недостаток производственных мощностей с учетом ошибок, таких как неподвиженные поломки.

Так, из-за невозможности точного описания модели участка исключительно системами уравнений, следует воспользоваться имитационным моделированием в системе AnyLogic [1], где появляется возможность исследовать модель роботизированного комплекса в реальном времени.

Основная часть

Имитационное моделирование используется для проведения тех или иных экспериментов на основе разработанной компьютерной модели реальной системы. Чаще всего применение данного вида моделирования обосновано невозможностью построения аналитической модели системы, где учитываются причинно-следственные связи, ошибки, которые следует предугадать и проконтролировать до введения системы или объекта в эксплуатацию.

В данной работе применено дискретно-событийное моделирование, которое обозначает "процессное" моделирование, где динамика системы представляется как последовательность операций. Но перед его использованием стоит убедиться, что моделируемая система действительно описывается как иерархическая [2].

Исходя из разработанного ранее технологического процесса, известно время выполнения операций. Так, первая и четвертая операции производятся на токарно-фрезерных станках и занимают 11,5 и 6,22 минуты, а вторая и третья – выполняются на фрезерном станке, где время на операцию составляет 25,52 и 4,65 минут соответственно. Опираясь на предварительные расчеты маршрутно-технологической загрузки оборудования, было решено использовать 2 токарно-фрезерных станка, где каждый будет использоваться на одной операции, потому что оснастка для выполнения данных операций разная, и два 5-координатных фрезерных станка.

Загрузку всей складской системы за сутки обеспечивает самая загруженная операция, а остальные операции обеспечиваются гарантированно. Таким образом, основными параметрами складской системы будут: один стеллаж с двумя проходами длиной 25,5 м, шириной 0,75 м и высотой 2,7 м. Загрузка рассчитывалась на 3 суток.

Перед началом моделирования, для удобства и понимания процесса, представили все действия агентов/ресурсов в виде блок-схем, что представляет собой диаграмму процессов (операций) маршрутного технологического процесса (рисунок 1) [4].

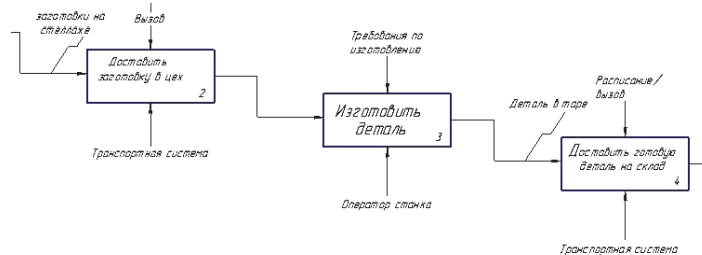


Рисунок 1 – Блок А0. Маршрутный технологический процесс

Также, принимается решение, как следует расположить элементы на участке, как будет производиться доставка, загрузка, разгрузка заготовок/деталей. С помощью AnyLogic создается модель рассматриваемого роботизированного участка цеха механической обработки, с учетом всех габаритных размеров (рисунок 2).

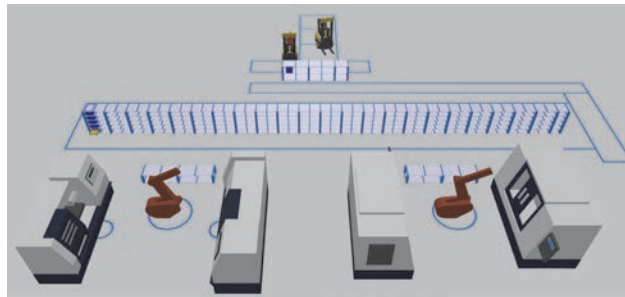


Рисунок 2 – 3D модель участка цеха

Для обеспечения полной автоматизации логистических действий по передаче тары с деталями/заготовками из ячеек склада в зоны выкладки у станков и обратно (ри-

сунок 2) может использоваться роботизированный кран-штабелер. На приведенной схеме данную функцию выполняют погрузчики.

Модель, заданная графически, в виде диаграммы процесса. Как правило, диаграмма процесса начинается с блока «источник» (source), создающего агентов. После чего агенты из данного блока передаются в последующие блоки диаграммы, где заданы элементы моделируемого процесса. А в завершении используется блок, который уничтожает всех агентов [4].

У каждого агента есть типовой набор свойств для точного функционирования в среде. Им присуще свойство взаимодействия с другими объектами и средой размещения [5]. Ресурсы – объекты, которые используются агентами для выполнения определенной операции.

В данном случае в качестве ресурсов выступают станки, краны-штабелеры, роботы-манипуляторы и складской стеллаж. Поскольку агенты конкурируют за обладание ресурсами, это может приводить к задержкам, и практически во всех дискретно-событийных моделях присутствуют очереди [4].

На рисунке 3 представлен блок появления заготовок и загрузки их на стеллаж в модели созданного роботизированного участка. Каждый элемент создан с использованием элементов библиотеки, встроенной в программный пакет AnyLogic.

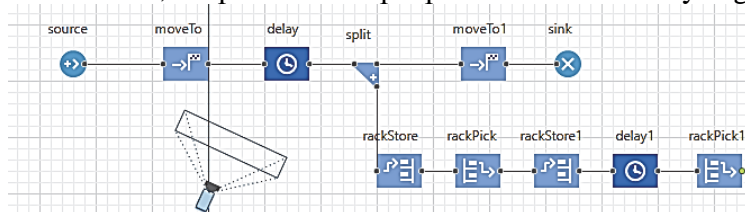


Рисунок 3 – Событийная модель перемещения заготовки

Так, чтобы модель можно было сопоставить с реальным участком, следует учитывать время некоторых задержек, ошибок через случайные величины. В построенной модели есть возможность исследования различных элементов роботизированного участка, которые возможно произвести без высоких материальных, временных и трудовых ресурсов. Разработанную модель можно проверить на надежность, задавая различные варианты нештатных ситуаций. Также появляется возможность проверить правильность расположения оборудования с учетом имеющегося архитектурного решения и предварительно заданной логистики. Различные роботизированные участки крайне сложно анализировать, опираясь исключительно на аналитические данные, ГОСТы и технологические нормативы.

Заключение

В статье описан начальный блок имитационной модели роботизированного участка, который позволяет осуществлять имитационное моделирование логистических действий для транспортировки деталей/заготовок между складом и рабочими местами, которые в реальности часто становятся узким местом в технологическом потоке. Также имитационное моделирование позволяет в реальном режиме времени оценить временные задержки, остановки и очереди при выполнении логистических операций. На основе данного анализа формируются требования к элементам рассматриваемой системы, позволяющие исключить временные задержки и пересечение транспортных потоков.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. AnyLogic: имитационное моделирование для бизнеса [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://www.anylogic.ru/>
2. Маликов, Р. Ф. Практикум по имитационному моделированию сложных систем в среде AnyLogic 6 : учеб. пособие / Р. Ф. Маликов. – Уфа : Изд-во БГПУ, 2013. – 296 с.
3. Р 50.1.028-2001 «Информационные технологии поддержки жизненного цикла продукции».

4. Григорьев И. AnyLogic за 3 дня: практическое пособие по имитационному моделированию. AnyLogic, 2017. - 273 с.

5. Куприяшкин, А.Г. Основы моделирования систем [Текст]: учеб, пособие / А.Г. Куприяшкин; Норильский индустр. ин-т. -Норильск: НИИ, 2015. - 135 с.

УДК 621.865

Карпенко Владимир Анатольевич, соискатель, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Karpenko Vladimir Anatolievich, competitor, Komsomolsk-na-Amure State University

Щелкунов Евгений Борисович, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры «Машиностроение», Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Shchelkunov Evgenii Borisovich, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Mechanical Engineering Department, Komsomolsk-na-Amure State University

ИСПЫТАНИЕ УПРАВЛЯЕМОСТИ НЕПРЕРЫВНОГО РОБОТА С ТРОСОВЫМ ПРИВОДОМ

TESTING THE CONTROLLABILITY OF A CONTINUOUS CABLE-DRIVED ROBOT

Аннотация. В работе выполнено испытание оригинального непрерывного робота, представляющего собой руку в виде механизма параллельной структуры с тросовым приводом, обеспечивающим три степени подвижности. Цель работы - выяснить пределы управляемости разработанного ранее непрерывного робота с тросовым приводом. Потеря управляемости проявлялась в нарушении плавности движения либо изменении направления движения подвижной платформы.

Abstract. In this work, a test of the original continuous robot, which is an arm in the form of a mechanism of a parallel structure with a cable drive, providing three degrees of mobility, was carried out. The purpose of the work is to find out the controllability limits of the previously developed continuous cable-driven robot. The loss of controllability manifested itself in violation of the smoothness of movement or a change in the direction of movement of the mobile platform.

Ключевые слова: робот, мягкая робототехника, хобот, тросовый привод, управляемость.

Key words: robot, soft robotics, trunk, cable drive, controllability.

Введение

В настоящее время робототехника все больше входит в жизнь людей. Отдельным направлением современной робототехники является мягкая робототехника, включающая различные типы роботов, такие как роботы оригами, изменяющие свою форму благодаря узору динамических складок, непрерывные мягкие роботы, выполненные в виде щупальца и др.

В настоящее время непрерывные роботы являются наиболее разработанным типом мягких роботов. Непрерывные роботы строятся на базе механизмов параллельной структуры с гибкими связями, где в качестве силовых механизмов используются пневматический либо тросовый приводы. Благодаря способности изгибаться по всей длине они могут огибать препятствия, проникать в труднодоступные места, адаптироваться под изменяющиеся условия окружающей среды они могут применяться для механической обработки, для выполнения хирургических операций, для выполнения поисково-спасательных работ и др. [1]

Цель работы - выяснить пределы управляемости разработанного ранее непрерывного робота с тросовым приводом.

Методика проведения испытаний

Робот представляет собой руку в виде механизма параллельной структуры с тросовым приводом с силовым приводом и системой управления. Конструкция робота обеспечивает ему три степени подвижности [2, 3, 4]. Для исследования управляемости использовался изготовленный опытный образец робота. На рисунке 1, а показана рука опытного образца робота.

Выполнялось испытание на потерю управляемости при вертикальном и боковых перемещениях руки.

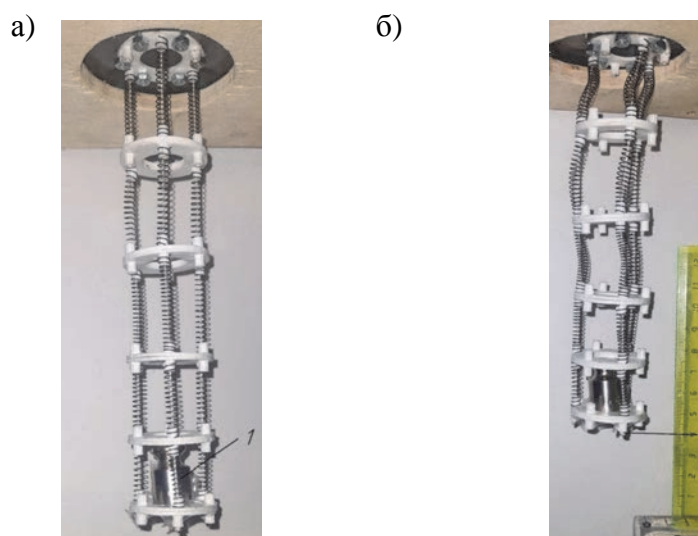
В данном случае под потерей управляемости понимается такое состояние, при котором нарушается плавность либо изменяется направление движения подвижной платформы.

При вертикальном перемещении подвижной платформы потеря управляемости проявляется в боковой деформации пружин. При боковых перемещениях потеря управляемости проявляется в непредсказуемом изменении направления движения после прохождения сжимающимися пружинами точки бифуркации. При этом подвижная платформа может смещаться в любую из сторон.

В ходе испытания управляемости робота при вертикальном перемещении определялась величина управляемого перемещения подвижной платформы вдоль вертикальной оси. Перед началом испытания пружины руки предварительно нагружались (растягивались) под действием груза массой 0,5 кг, размещенного на подвижной платформе робота (как показано на рисунке 1, а). Затем запускались двигатели. Вращение двигателей обеспечивало синхронное натяжение приводных тросов, обеспечивающее плавное перемещение подвижной платформы вдоль вертикальной оси робота. В момент, когда пружины переставали равномерно сжиматься и начинали изгибаться движение принудительно останавливалось и засекалось положение подвижной платформы (рисунок 1, б).

В процессе испытание управляемости робота при боковых перемещениях определялся наибольший угол управляемого изгиба руки.

Перед испытанием создавалось предварительное равномерное натяжение тросов, обеспечивающее большую жесткость руке и тем самым большую управляемость. Затем путем натяжения одного из трех тросов рука изгибалась до момента потери управляемости.



1 – груз массой 0,05 кг

Рисунок 1 – Рука робота в исходном (а) и неуправляемом (б) состоянии

Угол изгиба руки определялся углом между вертикальной осью руки и линией, соединяющей центр основания руки и центр подвижной платформы. Измерение угла производилось по фотографии (рисунок 2).

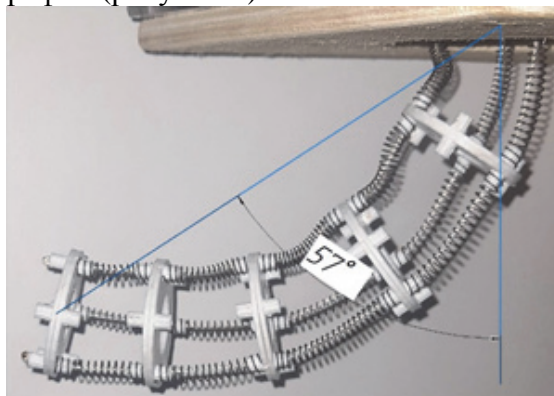


Рисунок 2 – Момент потери управляемости робота при боковом перемещении подвижной платформы

Результаты испытаний

Управляемость робота существенно зависит от множества факторов, таких как: место установки пружин; диаметр и жесткость пружин и других.

В данном исполнении робот сохраняет управляемость вертикального перемещения платформы на величину до 40 мм (при общей длине 205 мм). Далее пружины изгибаются, и рука отклоняется относительно своей первоначальной (вертикальной) оси (см. рисунок 1, б).

При боковых перемещениях подвижной платформы потеря управляемости наступает при достижении значения угла изгиба руки 57° .

Заключение

В работе выполнено испытание управляемость опытного образца оригинального непрерывного робота, представляющего собой руку в виде механизма параллельной структуры с тросовым приводом, обеспечивающим три степени подвижности.

Потеря управляемости проявлялась в нарушении плавности движения либо изменении направления движения подвижной платформы.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1 Колпащиков, Д. Ю. Сравнение результатов работы алгоритмов обратной кинематики на основе FABRIK для многосекционных непрерывных роботов / Д. Ю. Колпащиков, О. М. Гергет, В. В. Данилов // Известия высших учебных заведений. Машиностроение. – 2022. – № 12(753). – С. 34-45. – DOI 10.18698/0536-1044-2022-12-34-45. – EDN UWBKKG.

2 Механизмы параллельной структуры с гибкими связями / Е. Б. Щелкунов, М. Е. Щелкунова, С. А. Рябов, А. С. Глинка // Вестник машиностроения. – 2021. – № 4. – С. 33-38. – DOI 10.36652/0042-4633-2021-4-33-38. – EDN VEYABR.

3 Карпенко, В. А. Тросовый робот для манипулирования хрупкими и нежесткими объектами / В. А. Карпенко, Е. Б. Щелкунов // Молодежь и наука: актуальные проблемы фундаментальных и прикладных исследований : Материалы IV Всероссийской национальной научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. В 4-х частях, Комсомольск-на-Амуре, 12–16 апреля 2021 года. Том Часть 1. – Комсомольск-на-Амуре: Комсомольский-на-Амуре государственный университет, 2021. – С. 50-52. – EDN DZEEWO.

4 Карпенко, В. А. 3D-моделирование механизма параллельной структуры с тросовым приводом в CAD-системах / В. А. Карпенко, Е. Б. Щелкунов, Е. С. Весельева // Наука, инновации и технологии: от идей к внедрению : Материалы II Международной

научно-практической конференции молодых ученых, Комсомольск-на-Амуре, 14–18 ноября 2022 года / Редколлегия: А.В. Космынин (отв. ред.) [и др.]. Том Часть 2. – Комсомольск-на-Амуре: Комсомольский-на-Амуре государственный университет, 2022. – С. 122-125. – EDN PSHYNR.

5 Карпенко, В. А. Система управления манипулятором на основе механизма параллельной структуры / В. А. Карпенко, Е. Б. Щелкунов // Наука, инновации и технологии: от идей к внедрению : Материалы II Международной научно-практической конференции молодых ученых, Комсомольск-на-Амуре, 14–18 ноября 2022 года / Редколлегия: А.В. Космынин (отв. ред.) [и др.]. Том Часть 2. – Комсомольск-на-Амуре: Комсомольский-на-Амуре государственный университет, 2022. – С. 126-129. – EDN TNVFMQ.

УДК 621.9.05

Карпов Роман Сергеевич, студент, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Karpov Roman Sergeevich, student, Komsomolsk-na-Amure State University

Щелкунов Евгений Борисович, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры «Машиностроение», Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Shchelkunov Evgeniy Borisovich, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Mechanical Engineering Department, Komsomolsk-na-Amure State University

АНАЛИЗ СТРАТЕГИЙ ОБРАБОТКИ РЕЗЬБОВОГО ОТВЕРСТИЯ В ЛИТОЙ КОРПУСНОЙ АЛЮМИНИЕВОЙ ДЕТАЛИ С ПОМОЩЬЮ CAD/CAM СИСТЕМ

ANALYSIS OF MACHINING STRATEGIES FOR THREADED HOLE MACHINING IN A CAST ALUMINUM BODY PART USING CAD/CAM SYSTEMS

Аннотация. Данная работа посвящена исследованию возможных стратегий обработки резьбового отверстия в корпусной детали из алюминиевого сплава в модуле «Обработка» системы Siemens NX начиная с выбора инструмента и заканчивая симуляцией обработки. Обработка производилась двумя типами фрез. Стратегия обработки выбиралась с учетом конструкции и кинематики движения выбранного инструмента. Показаны достоинства и недостатки применения каждого из представленных типов фрез и стратегий.

Abstract. This work is devoted to the study of possible strategies for machining a threaded hole in an aluminum alloy body part in the Machining module of the Siemens NX system, from tool selection to machining simulation. Processing was carried out with two types of cutters. The processing strategy was chosen taking into account the design and kinematics of the movement of the selected tool. The advantages and disadvantages of using each of the presented types of cutters and strategies are shown.

Ключевые слова: автоматизированное проектирование, симуляция, обработка, фреза, САМ-система.

Key words: computer-aided development, simulation, machining, mill, CAM-system.

Введение

Современные системы автоматизированного проектирования (САПР) содержат широкий набор средств для упрощения и ускорения процесса разработки изделия и постановки его на производство. Применение современных САПР систем способствует

разработке и внедрению высокоэффективных приемов проектирования в области машиностроения [1]. Одним из таких приёмов проектирования технологических процессов изготовления изделий является применение САМ-систем – средств для разработки управляющих программ обработки деталей на станках с ЧПУ и симуляции процесса обработки, наглядно показывающей траекторию режущего инструмента и позволяющей избежать большинства ошибок при проектировании технологической операции [2-5].

Целью данной работы является исследование возможных стратегий обработки резьбового отверстия в корпусной детали из алюминиевого сплава в модуле «Обработка» системы Siemens NX начиная с выбора инструмента и заканчивая симуляцией обработки.

Основная часть

На рисунке 1 показана 3D-модель обрабатываемой корпусной детали. Обрабатываемая поверхность выделена.

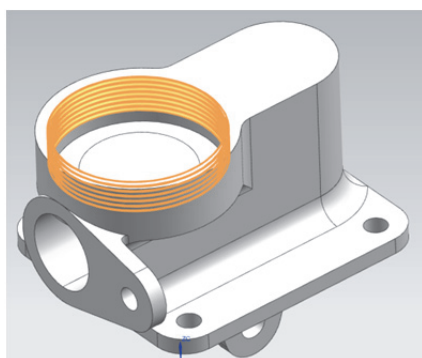


Рисунок 1 –
Обрабатываемая деталь

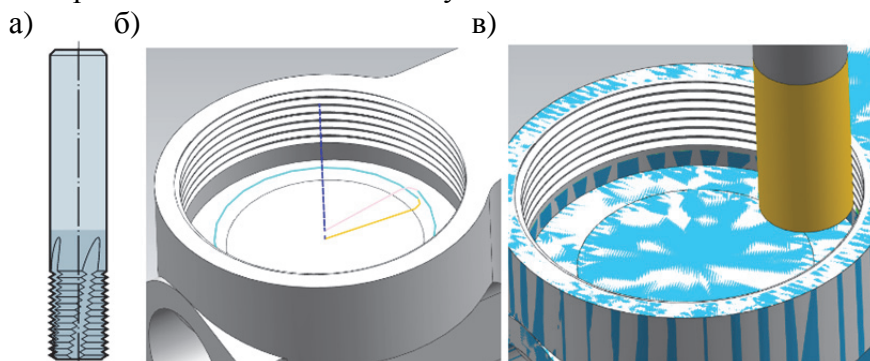
Рассматриваются два варианта обработки резьбового отверстия - фрезерование фрезой CoroMill Plura R217.14-080100AC16N 1630 и фрезой CoroMill 326R08-B25050VM-TH 1025.

Обработка производится на обрабатывающем центре V300 производства «Станкомашстрой».

Стратегия обработки выбиралась с учетом конструкции и кинематики движения выбранного инструмента [2, 3]. Режим резания назначался согласно рекомендациям производителя инструмента. Частота вращения обеих фрез равнялась 12000 мин^{-1} . Обработка производилась с подачей СОТС.

Фреза CoroMill Plura R217.14-080100AC16N 1630 – концевая, твердосплавная, с покрытием TiAlN, её конструкция обеспечивает возможность обработки резьбы по длине резания до 16 мм, что обеспечивает возможность фрезерования рассматриваемой резьбы на полную длину (7 мм) за один проход.

На рисунке 2 приведены общий вид фрезы (а), сгенерированная траектория для обработки указанного резьбового отверстия (б) и верификация обработки (в). Направление резания – попутное фрезерование, шаблон резания вдоль детали, вся резьба обрабатывается «в один оборот», сокращая требуемый на операцию объем времени. Расчетное время обработки составило 1.67 секунды.

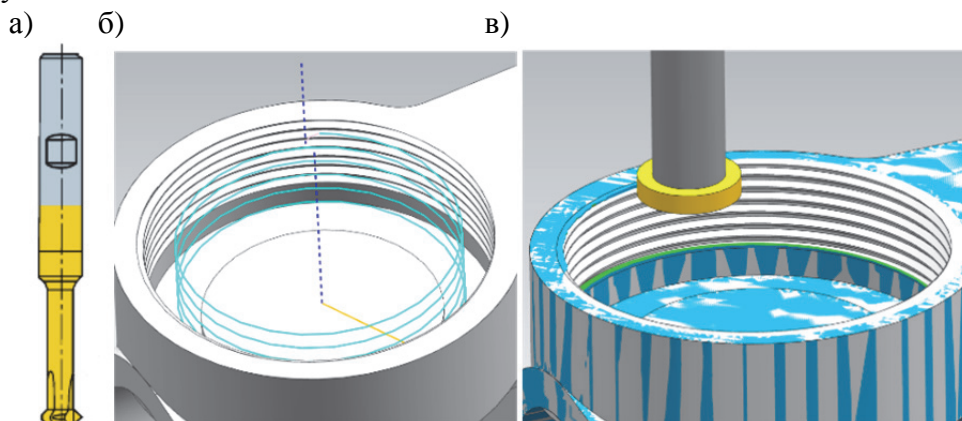


а – фреза; б – траектория обработки; в – верификация обработки

Рисунок 2 – Обработка резьбового отверстия фрезой
CoroMill Plura R217.14-080100AC16N 1630

Вторая фреза – концевая, обладает одним рядом зубьев, что приводит к необходимости обработки резьбы по спиральной траектории на полную длину.

Ниже, на рисунке 3, приведены общий вид фрезы (а), траектория, сгенерированная САМ-системой для обработки резьбового отверстия (б), и процесс верификации обработки (в). Используется попутное резание. Расчетное время обработки составило 6.78 секунды.



а – фреза; б – траектория обработки; в – верификация обработки

Рисунок 3 – Обработка резьбового отверстия фрезой CoroMill 326.R08-B25050VM-TH 1025

Проведенный анализ показал, что обработка резьбового отверстия фрезой CoroMill Plura R217.14-080100AC16N 1630 за один проход осуществляется за существенно меньшее время, чем обработка фрезой CoroMill 326R08-B25050VM-TH 1025 с движением по спирали. Однако к недостаткам фрезы CoroMill Plura R217.14-080100AC16N 1630 следует отнести то, что она предназначена для обработки резьбы фиксированного шага.

Преимуществами фрезы CoroMill 326R08-B25050VM-TH 1025 являются сравнительная низкая стоимость и универсальность. Её конструкция обеспечивает возможность обрабатывать резьбы различных шагов и диаметров, что позволяет снизить потребный ассортимент инструмента на производстве и упростить логистику на производстве.

Заключение

В работе проведен анализ стратегий обработки внутренней резьбовой поверхности корпусной детали двумя фрезами разного типа, выполненный путем моделирования в САМ-системе. Выбор стратегии определялся конструктивными особенностями фрез.

Показано, что фреза CoroMill Plura R217 позволяет при соответствующей стратегии обработки обеспечить более высокую производительность. Однако конструкция фрезы CoroMill 326 позволяет обрабатывать резьбы различных диаметров и шагов, снижая требования к инструментальному оснащению производства при широкой номенклатуре выпускаемой продукции.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Кононенко, Р. С. Системы автоматизированного проектирования для машиностроения / Р. С. Кононенко, Е. Б. Щелкунов // Молодежь и наука: актуальные проблемы фундаментальных и прикладных исследований : Материалы V Всероссийской национальной научной конференции молодых учёных, Комсомольск-на-Амуре, 11–15 апреля 2022 года. Том Часть 2. – Комсомольск-на-Амуре: Комсомольский-на-Амуре государственный университет, 2022. – С. 35-37. – EDN WESEMR.

2. Ведмидь, П.А. Программирование обработки в NX CAM / П. А. Ведмидь, А. В. Сулинов. - М.: ДМК Пресс, 2014. – 303 с.

3. Ловыгин А. А., Теверовский Л. В. Л68 Современный станок с ЧПУ и CAD/CAM-система. – М.: ДМК Пресс, 2012. – 279 с.

4. Щелкунов, Е. Б. Выбор оптимальной стратегии обработки корпусной детали с помощью CAD/CAM-систем / Е. Б. Щелкунов, Р. С. Карпов // Наука, инновации и технологии: от идей к внедрению : Материалы II Международной научно-практической конференции молодых ученых, Комсомольск-на-Амуре, 14–18 ноября 2022 года / Редакция: А.В. Космынин (отв. ред.) [и др.]. Том Часть 2. – Комсомольск-на-Амуре: Комсомольский-на-Амуре государственный университет, 2022. – С. 192-194. – EDN CYVFUM.

Исследование и разработка конструкции детали кронштейн с использованием CAD/CAE систем / А. И. Пронин, Е. Б. Щелкунов, А. Е. Султангареева [и др.] // Ученые записки Комсомольского-на-Амуре государственного технического университета. – 2017. – Т. 1, № 1(29). – С. 27-32. – EDN YKTDPD.

УДК 621.791.754.6

Комарова Ксения Константиновна, студент, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Komarova Ksenia Konstantinovna, student, Komsomolsk-na-Amure State University

Кравченко Александр Сергеевич, аспирант, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Kravchenko Alexander Sergeevich, postgraduate student, Komsomolsk-na-Amure State University

Бахматов Павел Вячеславович, кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой «Технология сварочного и металлургического производства имени В.И. Муравьева», Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Bakhmatov Pavel Vyacheslavovich, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, Head of the Department "Technology of Welding and Metallurgical Production named after V.I. Muravyev", Komsomolsk-na-Amure State University

РОБОТИЗИРОВАННАЯ СВАРКА ПОВОРОТНЫХ СТЫКОВ КРИВОЛИНЕЙНЫХ ТРУБ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

ROBOTIC WELDING OF ROTARY JOINTS OF CURVED PIPES OF AIRCRAFT

Аннотация. Произведена оценка основных видов стыковых соединений элементов трубопроводных систем летательных аппаратов и требований к ним. Показаны основные факторы, определяющие качество формирования соединений при роботизированной аргонодуговой сварке. Приведено описание необходимых мероприятий и приспособлений для сварки поворотных стыков.

Abstract. An assessment of the main types of butt joints of elements of pipeline systems of aircraft and requirements for them was made. The main factors determining the quality of joint formation in robotic argon arc welding are shown. A description of the necessary measures and devices for rotary joints is given.

Ключевые слова: аргонодуговая сварка, трубопроводные системы, поворотные стыки, оснастка.

Key words: argon arc welding, pipeline systems, rotary joints, tooling.

Введение

Роботизация технологических процессов изготовления деталей летательных аппаратов – ключ к повышению их надежности. Одним из таких процессов является сварка. Но автоматизация и роботизация сварки трубопроводных систем летательных ап-

паратов (ТПС ЛА) сдерживается функциональными возможностями сварочного оборудования, ограниченной номенклатурой диаметров труб и нестабильностью тепловых процессов, требующих постоянной корректировки параметров режима, усложняющаяся, при сварке неповоротных стыков, изменением пространственного положения источника нагрева. Поэтому цель работы - показать возможность роботизации сварки криволинейных ТПС ЛА и решения авторов, способствующих этому.

Основная часть

ТПС ЛА должны отвечать требованиям герметичности, прочности, коррозионной стойкости, изготавливаются из титановых, алюминиевых сплавов и нержавеющей сталей, имеют сложную геометрическую конфигурацию и малую толщину стенки 0,5 - 1,5 мм, достаточную номенклатуру диаметров от 8 до 130 мм.

Одним из конструктивных материалов ТПС RRJ100 являются преимущественно стали 09X18H10T и 12X18H10T, при этом стали первой марки применяются в ТПС газо/воздухоподачи и их распределения, а второй в топливной системе самолета. В ТПС газо/воздухораспределения материалом патрубков является сталь 09X18H10T, а фланцы, муфты, ниппели, компенсаторы, проставки изготавливаются из стали 12X18H10T. В ТПС топливной системы все элементы из стали 12X18H10T.

ТПС имеет в составе трубы, как прямые (рисунок 1, а), так и изогнутые (рисунок 1, б), отводы различного угла (рисунок 1, в), переходы с одного диаметра на другой (рисунок 1, г), а так же различные фланцевые оконцовки (рисунок 1 д, е, ж), компенсаторы (рисунок 1, з), вставки (рисунок 1, и)

Традиционным процессом сборки при изготовлении ТПС ЛА является аргонодуговая сварка неплавящимся вольфрамовым электродом с присадком. Категория сварных соединений 1 и 2. Все требования к процедуре сборки ТПС ЛА из нержавеющей сталей сваркой регламентируются ПИ 1.4.748. Аргонодуговая сварка нержавеющей сталей требует надежной газовой защиты, как с лицевой, так и с обратной стороны формирующегося шва [1].

С позиции качества сборки (минимизации зазора между соединяемыми кромками) под автоматическую сварку наибольшую трудность вызывают трубные элементы с погибью (рисунок 1 б, в). В случае невозможности обрезки припуска под прямым углом к стенке в поперечном сечении торца трубы образуется эллипс, при сборке которого с прямолинейным участком трубы появляется смещение кромок. Такой эффект в ходе TIG сварки нивелируется сварщиком путем манипулирования горелкой и добавлением присадочной проволоки, а в случае автоматической сварки приведет либо к прожогу или несплавлению кромок, либо к непровару.

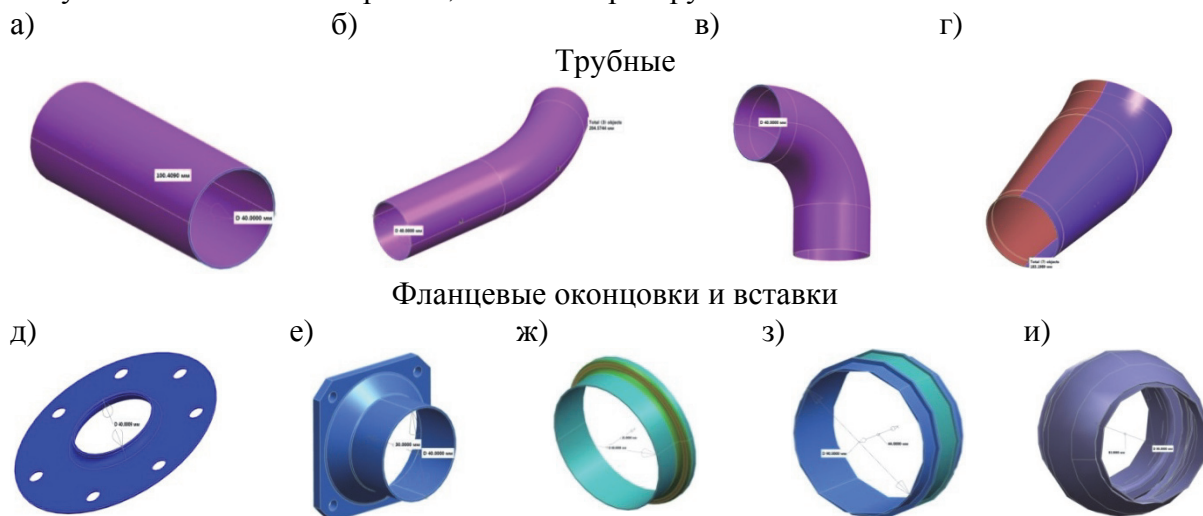


Рисунок 1 – Элементы, входящие в состав ТПС ЛА

Стыковые соединения в ТПС ЛА встречаются во фланцевых соединениях, при соединении трубных элементов между собой, при сборке труб с компенсаторами и вставками (рисунок 2). При орбитальной автоматической сварке головками открытого и закрытого типов такие соединения являются неповоротными. При ручной аргодуговой сварке деталь вращается, но сварное соединение выполняется сегментами. Наиболее выгодным и рациональным методом формирования шва является безостановочная сварка поворотных стыков в нижнем положении с обязательным поддувом и регулированием давлением защитного газа во внутренней полости трубы.



Рисунок 2 – Модели трубопроводных систем

Факторы, определяющие качество формирования стыковых соединений ТПС ЛА при аргодуговой сварке неплавящимся вольфрамовым электродом [2, 3]:

1. Поворотный стык с нижним пространственным положением сварочной ванны. При сварке неповоротных стыков сварочная головка перемещается по стыку, при этом ванна пребывает в различных пространственных положениях (потолочное, полупотолочное, вертикальное, полувертикальное, нижнее), а стык формируется как на подъем, так и на спуск. Учитывая вышесказанное, замкнутость системы распределения тепла от дуги по стыку и его прогрев в сторону движения дуги, при сварке неповоротного стыка требуется постоянный контроль и корректировка параметров режима сварки. Эти обстоятельства усложняют процедуру сварки и не гарантируют стабильность качества шва по всей протяженности конкретного стыка и от одного стыка к другому.

При сварке поворотного стыка, так же требуется корректировка режима, но только с учетом теплонасыщения зоны термического влияния.

Как видно из рисунка 2 ТПС ЛА имеют криволинейность и, базирясь для поворота за оконцовки, можно осуществить приварку только этих оконцовок к трубе. Тем не менее, перед каждым стыком имеется небольшой прямолинейный участок, необходимый для стыковки труб без эллипсности. Базированию на этом участке способствует, разработанное компактное поворотное устройство (рисунок 3, а) и ряд приспособлений для сварки оконцовок (рисунок 3, б), сварки переходов (рисунок 3, в)

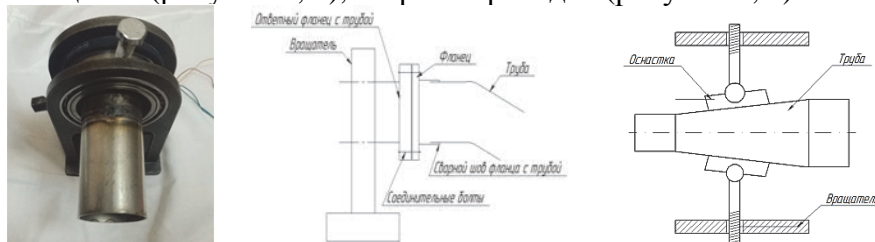
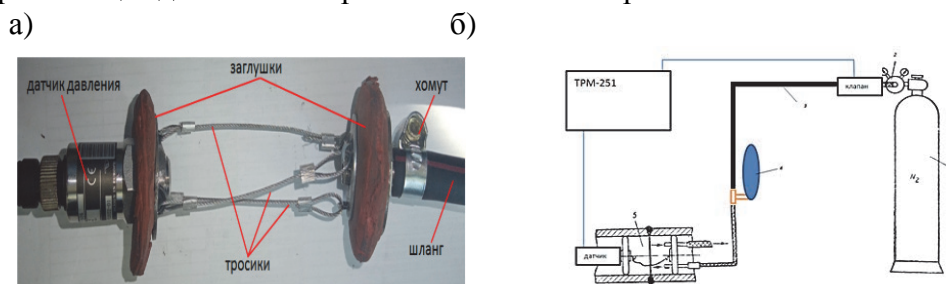


Рисунок 3 – Поворотное устройство (а) и оснастка для сварки криволинейных ТПС

2. Наличие поддува с управлением внутрикамерным давлением защитного газа. Отсутствие поддува при сварке нержавеющей сталей приводит к окислению легирующих элементов основного металла (никель, хром, титан) в момент образования первичных кристаллитов в корневой области шва с образованием темного рыхлого поверхностного слоя (так называемые «ежики»), при этом наблюдается провисание шва (особенно заметно при сварке без присадки), требуется дополнительная технологическая операция механической обработки. При сварке труб зазор между ними уменьшается, а при постоянном расходе защитного газа в поддув это обстоятельство приводит к возрастанию внутреннего давления и увеличению скорости истекания газа через зазор, а при достижении чрезмерных параметров приводит к подъему выпуклости шва и обра-

зованию свища. Поэтому в ходе заполнения зазора швом требуется снижение расхода газа для стабилизации внутреннего давления и геометрии шва. В конце шва расход газа в поддув может быть равен нулю. Для реализации этого пункта на кафедре ТСМП им. В.И. Муравьева сконструировано устройство (рисунок 4), снабженное датчиком давления и управляющее давлением через ТРМ-251 и электромагнитный клапан.



1 – баллон защитного газа (аргон, азот); 2 – редуктор с ротаметрами;
3 – газовая магистраль; 4 – шарик компенсационный; 5 – внутрикамерное пространство
Рисунок 4 – Защитное устройство для поддува (а) и система управления
внутрикамерным давлением (б)

3. Сварка импульсным током или пульсирующей дугой. Учитывая плохую теплопроводность нержавеющей стали можно утверждать, что тепловая энергия от действия дуги в основном тратится на нагрев ЗТВ. Поэтому постояннодействующая дуга требует, для исключения прожогов, увеличения скорости сварки, а, следовательно, приводит к различному тепловложению на всем протяжении сварного шва, что влияет на равномерность свойств и геометрии соединения. Применение импульсной дуги позволяет управлять тепловой энергией, вводимой дугой в каждой точке формируемого шва (практически точечная сварка), снизить тепловую мощность, вводимую в стык, управлять свойствами и геометрией валика. Учитывая большой коэффициент линейного расширения нержавеющей сталей, применение импульсной дуги позволяет проводить сварку без присадки, компенсируя усадкой недостаточность металла в зазоре для образования усиления с лицевой и обратной стороны шва [4].

Заключение

Учет факторов, определяющих качество формирования стыковых соединений нержавеющей ТПС ЛА при аргонодуговой сварке неплавящимся вольфрамовым электродом на роботизированном комплексе [5] в сочетании со специальной оснасткой, разработанных на кафедре ТСМП им. В.И. Муравьева позволили получить сварные соединения, отвечающие требованиям нормативной документации.

Благодарности

Научно-исследовательские работы выполнены за счёт средств ФГБОУ ВО «Комсомольский-на-Амуре государственный университет» (грант № ВН001/2020).

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Юхин, Н. А. Ручная дуговая сварка неплавящимся электродом в защитных газах / Н. А. Юхин. – Москва : Соуэло, 2007. – 49 с.
2. Влияние режима сварки авиационных трубопроводов из нержавеющей стали на возникновение дефектов сварных швов / А. С. Кравченко, П. В. Бахматов, С. П. Мазур, В. С. Пицык // Ученые записки Комсомольского-на-Амуре государственного технического университета. – 2017. – Т. 1, № 4(32). – С. 78-87.
3. Бахматов, П. В. Влияние режима роботизированной аргонодуговой сварки пульсирующей дугой и среды поддува на структуру и свойства неразъемных соединений тонкостенных труб из нержавеющей стали авиационного назначения / П. В. Бахма-

тов, А. С. Кравченко // Вестник Московского авиационного института. – 2022. – Т. 29, № 3. – С. 231-245.

4. Фролов, А. В. Разработка технологии сварки тонкостенных труб пульсирующей дугой / А. В. Фролов, А. С. Кравченко // Наука, инновации и технологии: от идей к внедрению : Материалы II Международной научно-практической конференции молодых ученых, Комсомольск-на-Амуре, 14–18 ноября 2022 года / Редколлегия: А.В. Космынин (отв. ред.) [и др.]. Том Часть 2. – Комсомольск-на-Амуре: Комсомольский-на-Амуре государственный университет, 2022. – С. 181-185.

5. Фролов, А. В. Установка автоматической сварки элементов судовых трубопроводов / А. В. Фролов // Морские интеллектуальные технологии. – 2021. – № 2-2(52). – С. 91-96.

УДК 665.6:502.171

Косачев Кирилл Дмитриевич, студент, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Kosachev Kirill Dmitrievich, student, Komsomolsk-na-Amure State University

Кулик Александр Анатольевич, кандидат технических наук, доцент кафедры «Машиностроение», Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Kulik Alexander Anatolyevich, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor of the Department of Mechanical Engineering, Komsomolsk-na-Amure State University

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СПОСОБОВ УТИЛИЗАЦИИ ОТРАБОТАННОЙ ЩЕЛОЧИ НА УСТАНОВКАХ НЕФТЕПЕРЕРАБАТЫВАЮЩЕГО ЗАВОДА

IMPROVEMENT OF METHODS OF UTILIZATION OF SPENT ALKALI AT OIL REFINERY INSTALLATIONS

Аннотация. Данная статья посвящена совершенствованию способов утилизации щелочных стоков на площадках нефтеперерабатывающих заводов. Рассмотрена проблема очистки данных стоков, а также предложена технологическая схема блока по ликвидации высокотоксичных загрязнителей в сернисто-щелочных стоках установки замедленного коксования.

Abstract. This article is devoted to improving the methods of utilization of alkaline effluents at the sites of oil refineries. The problem of purification of these effluents is considered, as well as the technological scheme of the block for the elimination of highly toxic pollutants in the sulfur-alkaline effluents of the delayed coking plant is proposed.

Ключевые слова: щелочь, стоки, нефтепереработка, нефтеперерабатывающий завод, утилизация, очистка, окисление.

Key words: alkali, wastewater, oil refining, oil refinery, utilization, purifying, oxidation.

Введение

Нефтепереработка и нефтехимия являются одними из крупнейших промышленных загрязнителей биосферы. В настоящее время на производственных пространствах нефтеперерабатывающих заводов актуальна тематика предотвращения загрязнений окружающей среды, модернизации процессов с целью предотвращения всевозможных выбросов.

Эффективная очистка стоков различного характера, идущих с основных производств предприятия, является неотъемлемым мероприятием по снижению выброса вредных веществ в окружающую среду и биосферу. До настоящего времени на боль-

шом количестве заводов добиться результативности работы очистных сооружений не удаётся по многим причинам. Стоит перечислить основные из них [1]:

- несоответствие технологии очистки составу сточных вод;
- отсутствие или недостаточность локальной очистки;
- неудовлетворительная эксплуатация очистных сооружений;
- физический износ оборудования.

В настоящий момент на площадке ООО «РН-Комсомольский НПЗ» наблюдается критика несоответствия применяемых технологий очистки, состава сточных вод, а также отсутствия местной очистки специфичных сточных вод. На установке замедленного коксования для достижения полного отсутствия содержания сероводорода в сжиженном углеводородном газе производится метилдиэтаноламиновая очистка. С целью выполнения требований нормативной документации, выполняется снижение содержания меркаптанов в пропан-бутановой фракции путем очистки сжиженного углеводородного газа раствором щелочи с концентрацией не более 20 % Насыщенный метилдиэтаноламин направляется на регенерацию в колонну отпарки амина установки производства серы. В то же время, какие-либо мероприятия по утилизации, обезвреживанию насыщенного меркаптидами натрия, имеющего резкий неприятный запах, высокотоксичного отработанного раствора щелочи проектом установки замедленного коксования не предусмотрены.

Цель данной работы заключается в рассмотрении возможных способов совершенствования утилизации отработанной щелочи с последующим их внедрением в технологический процесс.

Основная часть

Смещение отработанной щелочи со стоками иного характера с других технологических установок ведёт к формированию сложных по строению сернисто-щелочных сточных вод, что не позволяет достигать высокой степени очистки текущими стандартными очистными сооружениями предприятий [2].

Для нефтеперерабатывающих предприятий существуют разнообразные методы снижения содержания опасных загрязнителей в сернисто-щелочных стоках, сбрасываемых на очистные сооружения завода [3]:

- концентрирование стоков щелочью с получением пастообразных или жидкотекучих полупродуктов с последующим их вовлечением на других предприятиях;
- локальное окислительно-каталитическое обезвреживание;
- гетерогенно-каталитическое обезвреживание в отсутствие окислителя;
- применение озонной технологии;
- микробиологическая технология (применение специальной культуры тиобактерий).

Наиболее перспективными методами для реализации на действующих производствах являются гомогенные и гетерогенные каталитические процессы утилизации ввиду сравнительной простоты их внедрения и аппаратного оформления.

Ввиду особой специфики загрязнителей в отработанной щелочи на установке замедленного коксования, рассматривается вариант внедрения блока местной очистки стоков с целью снижения концентрации сернистых соединений до минимальных значений [4].

На основании патента РФ 2659269 [5] предлагается ввести в действие на установке замедленного коксования блок по очистке сточных вод с вовлечением существующего оборудования. Описанный в патенте способ очистки заключается в окислении сульфидной, меркаптидной серы кислородом воздуха на гетерогенном катализаторе окисления сернистых соединений в присутствии углеводородного растворителя.

Отработанная щелочь (рисунок 1) поступает на смешение с техническим воздухом из общезаводской сети предприятия и с керосиновой фракцией, которая подается

из емкости промывочного продукта Е-10, при помощи насоса Н-12, смесь нагревается в пароподогревателе Т-1, поступает в нижнюю часть реактора окисления серы Р-1 со стационарным слоем катализатора КСМ-Х.

Продукты окисления из верхней части реактора поступают в сепаратор отработанного воздуха С-1. Воздух из верхней части С-1 направляется в трубу рассеивания, либо в дымовую трубу печи коксования. Водный конденсат и углеводородная фаза из нижней части С-1 направляются в емкость-отстойник Е-1, из нижней части которой очищенный раствор щелочи направляется в систему промышленных стоков предприятия, а из верхней части Е-1 углеводородный конденсат возвращается в Е-10, либо вовлекается в потоки продуктов с установки. В качестве альтернативного теплоносителя в теплообменнике Т-1 возможно использование тепла отходящих продуктов установки.

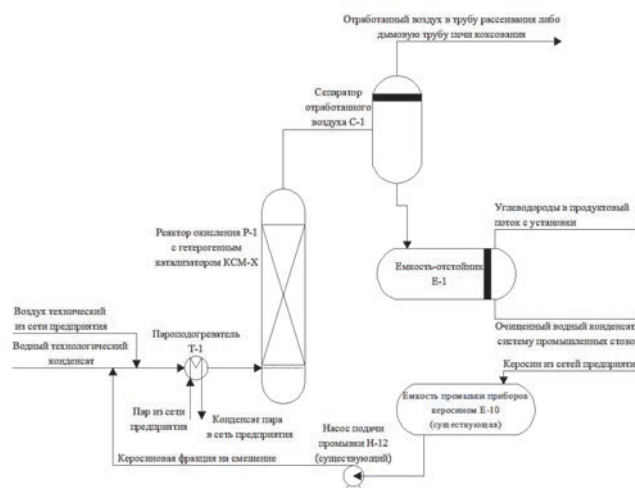


Рисунок 1 – Предлагаемая схема реализации блока очистки сточных вод

Для применения отходящих потоков в качестве источника тепловой энергии необходимо вывести из технологической схемы продуктовые воздушные холодильники по легкому и тяжелому газойлям крекинга (либо реализовать возможность их отсечения и байпасирования), а также реализовать перетрассировку трубопроводов продуктовых потоков на теплообменник Т-1.

Заключение

Предложенный к реализации блок по очистке загрязненных сточных вод щелочной и водной очистки пропан-бутановой фракции установки замедленного коксования производственной площадки ООО «РН-Комсомольский НПЗ» позволяет добиться достаточного снижения концентрации опасных загрязнителей в насыщенном меркаптидами натрия, имеющем резкий неприятный запах, высокотоксичном отработанном растворе щелочи для последующего достижения высокой степени очистки общезаводских стоков эксплуатируемыми стандартными очистными сооружениями предприятия.

Результатом эффективной и результативной очистки стоков предприятий нефтепереработки и нефтехимии является снижение выбросов в окружающую среду и биосферу с последующим улучшением условий жизни граждан, проживающих в населенных пунктах, на территории которых расположены производственные площадки предприятий-загрязнителей.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Абдрахимов, Ю. Р. Анализ химико-технологических водных систем нефтеперерабатывающих и нефтехимических предприятий / Ю. Р. Абдрахимов, Г. М. Шарифутдинова, Р. И. Хангильдин, А. Р. Хангильдина // Электронный научный журнал «Нефтегазовое дело». – 2011. – № 6. – с. 222-253. – URL:

http://ogbus.ru/files/ogbus/authors/Abdrakhimov/Abdrakhimov_1.pdf (дата обращения: 08.03.2023). – Режим доступа: заглавие с экрана.

2. Будник, В. А. Комплексные методы очистки сернисто-щелочных сточных вод нефтеперерабатывающих производств / В. А. Будник, Р. И. Бобровский, Д. Е. Бабкин // Сетевое издание «Нефтегазовое дело». – 2019. – № 5. – с. 58-82. – URL:http://ogbus.ru/files/ogbus/issues/5_2019/ogbus_5_2019_p58-85.pdf (дата обращения 08.03.2023). – Режим доступа: заглавие с экрана.

3. Абросимов, А. А. Экология переработки углеводородных систем / А.А. Абросимов, М. Ю. Доломатов, Э. Г. Теляшев. – М. : Химия, 2002. – 608 с.

4. Карелин, Я. А. Очистка сточных вод нефтеперерабатывающих заводов / Я. А. Карелин, И. А. Попова, Л. А. Евсеева, О. Я. Евсеева. – М.: Стройиздат, 1982. – 184 с.

5. Патент № 2659269 Российская Федерация, МПК C02F 9/04 (2006.01), C02F 1/74 (2006.01), B01J 31/22 (2006.01), B01J 23/00 (2006.01) Способ очистки сточных вод от сульфидной и/или меркаптидной серы и установка для его осуществления : № 2017109054 : заявл. 17.03.2017 : опубл. 29.06.2018 / Ахмадуллина А. Г., Ахмадуллин Р.М.; заявитель Р. М. Ахмадуллин – 7 с.

УДК 621.74.043.3

Космынин Артем Александрович, аспирант, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Kosmynin Artyom Alexsandrovich, postgraduate student, Komsomolsk-na-Amure State University

Младов Алексей Сергеевич, магистрант, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Mladov Alexey Sergeevich, master's student, Komsomolsk-na-Amure State University

НОВЫЕ РЕШЕНИЯ В ТЕХНОЛОГИИ ФОРМИРОВАНИЯ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ЗАГОТОВОК С КРИСТАЛЛИЗАЦИЕЙ ПОД ГАЗОВЫМ ДАВЛЕНИЕМ

NEW SOLUTIONS IN THE TECHNOLOGY OF FORMING METAL BLANKS WITH CRYSTALLIZATION UNDER GAS PRESSURE

Аннотация. В работе описывается новое решение в технологии формирования полых многослойных металлокерамических заготовок с применением газового давления. Новизна технологии заключается в способе создания во внутренней полости заготовки газового давления за счет паров легкоиспаряемой жидкости. Технический результат, получаемый при осуществлении изобретения, заключается в получении качественной заготовки сложной конфигурации с высокими прочностными характеристиками.

Abstract. The paper describes a new solution in the technology of forming hollow multilayer metal-ceramic blanks using gas pressure. The novelty of the technology lies in the method of creating gas pressure in the inner cavity of the workpiece due to vapors of an easily evaporated liquid. The technical result obtained in the implementation of the invention consists in obtaining a high-quality billet of a complex configuration with high strength characteristics.

Ключевые слова: литье под давлением, кристаллизация под газовым давлением, полая отливка.

Key words: die casting, gas pressure crystallization, hollow casting.

Введение

В условиях повышенных требований к качеству продукции машиностроения необходимо искать новые решения для улучшения качества заготовок и технологиче-

ских процессов производства. Это в значительной мере определяется возможностями известных технологических процессов и оборудования, на котором они реализуются. В качестве базового метода был принят метод получения отливок литьем под давлением от механического прессования затвердевающей отливки, включающий в себя заливку подготовленной формы (пресс-формы) жидким расплавом, выдержку залитой формы для затвердевания в ней отливки, извлечение остывшей отливки из полости формы [1, 2].

Производство отливок методом литья под давлением считается одним из наиболее эффективных способов с высокой производительностью. Главными его достоинствами являются возможность получения заготовок с высокой точностью размеров, четкостью рельефа и минимальной шероховатостью поверхности.

Качество отливок в этих условиях определяется давлением прессования, скоростью прессования, температурой, дозировкой расплава и продолжительностью выдержки. Величина давления прессования может достигать до 500 МПа [3] что является пределом достижимого и ограничивает технологические возможности такого процесса.

Основная часть

Принципиально новый подход к идее возможности кардинального повышения давления на отливку (от 1000 МПа и более) может быть реализован при использовании не механического, а газового давления на внутреннюю поверхность отливки, особенно при изготовлении полых отливок. Основопологающим первоисточником такого способа является патент №2782365 [4].

Процесс создания полых металлической заготовки по разработанному методу включает в себя заливку формы расплавленным металлом, выдержку формы для затвердевания внутри нее заготовки и извлечение остывшей заготовки из полости формы. Для формирования затвердевшей корочки с толщиной стенки, требуемой конструкцией заготовки, залитый металл выдерживают в форме. Остатки жидкого металла удаляют, а в образовавшуюся полость отливки подают дозированную порцию легкоиспаряемой жидкости и одновременно с этим герметизируют форму. До полного затвердевания заготовку выдерживают под давлением паров легкоиспаряемой жидкости, затем производят разгерметизацию формы и извлекают готовую заготовку. Под давлением пара, в герметичной форме образуется требуемое гидростатическое давление, которое осуществляет упрочнение и деформацию внутренней поверхности затвердевшей корочки до необходимой величины. Это позволяет получить качественную заготовку сложной конфигурации.

Основное отличие этого подхода от классического метода литья под давлением заключается в использовании газового давления на внутреннюю поверхность отливки, что позволяет получать однослойную отливку. С целью получения полых литой многослойной металлокерамической заготовки разработано новое технологическое решение с использованием газового давления [5].

Новизной данного процесса литья под газовым давлением является последовательность выполнения технологических операций при формировании первого слоя многослойной отливки с последующим их повторением до получения отливки требуемой конфигурации, толщины стенки и ее внутренней структуры. Так же новизна заключается в том, что в качестве заливаемого металла при формировании слоев отливки могут быть использованы металлы с разными свойствами.

Технический результат такого способа заключается в получении качественной многослойной заготовки сложной конфигурации.

Реализация способа - жидкий металл заливается в подготовленную литейную форму, внутренняя поверхность которой предварительно обработана противопопригарным покрытием, выдерживается в ней до получения корочки требуемой величины. После этого остатки незатвердевшего жидкого металла удаляются, и на внутреннюю поверхность заготовки наносят керамическое покрытие (например, из корунда). Затем,

производится герметизация формы посредством установки к литниковой воронке специального устройства и осуществляется дозированная подача жидкости (например, воды), которая при испарении, образует необходимое гидростатическое давление внутри формы.

При этом происходит вдавливание нанесенного керамического покрытия в закристаллизовавшуюся корочку с последующим ее упрочнением. После чего весь процесс повторяется. При этом в каждом новом цикле, для придания заготовке необходимых физических свойств, можно использовать разный металл.

После завершения процесса многократной заливки, в герметизированной форме под гидростатическим давлением происходит полное затвердевание заготовки и ее последующее извлечение из полости формы.

Заключение

Взамен классическому способу механического прессования предложен альтернативный подход к использованию воздействия внутреннего газового давления на формирующуюся полую отливку. Высокое давление, которое позволяет достичь новое изобретение, предоставляет новые возможности для повышения качества полученных заготовок в машиностроении.

Разработаны конкурентоспособные технологии получения одно- и многослойных полых отливок под воздействием газового давления, технологическая новизна которых подтверждена полученными патентами на изобретение.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Степанов, Ю. А. Специальные способы литья / Ю. А. Степанов и др. – Москва : Машиностроение, 1970. – 224 с.

2. Специальные способы литья: справочник / под общ. ред. В. А. Ефимова – Москва : Машиностроение, 1991. – 436 с.

3. Специальные технологии литейного производства : учебное пособие для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлению подготовки бакалавров и магистров 150400 "Технологические машины и оборудование" и по специальности 150204 "Машины и технология литейного производства" / [А. И. Евстигнеев и др.] ; под общ. ред. А. И. Евстигнеева и Е. А. Чернышова. – Москва : Машиностроение, 2012. – 21 с. – (Для вузов). – EDN QNDGKV.

4. Патент на изобретение № 2782365 С1 Российская Федерация, СПК В22D 15/00, В22D 27/13. Способ изготовления полый литой металлической заготовки : № 2022117823 : заявл. 29.06.2022 : опубл. 26.10.2022 / А. И. Евстигнеев, Э. А. Дмитриев, В. И. Одинокоев ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Комсомольский-на-Амуре государственный университет". – EDN PBEIYN.

5. Патент на изобретение № 2789526 С1 Российская Федерация, СПК В22D 15/00, В22D 7/02. Способ изготовления полый литой металлокерамической заготовки : № 2022127361 : заявл. 19.10.2022 : опубл. 6.02.2023 / А. И. Евстигнеев, Э. А. Дмитриев, В. И. Одинокоев, А. С. Младов, А. А. Космынин ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Комсомольский-на-Амуре государственный университет". – EDN XWFTGN.

УДК 66.045.1

Кравченко Андрей Константинович, студент, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Kravchenko Andrey Konstantinovich, student of Komsomolsk-na-Amure State University

Шишкин Борис Васильевич, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры «Машиностроение», Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Shishkin Boris Vasilievich, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Mechanical Engineering, Komsomolsk-na-Amure State University

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТЕПЛООБМЕННОГО АППАРАТА В ПРОГРАММЕ ПАССАТ

DESIGN OF HEAT EXCHANGERS IN PASSAT PROGRAM

Аннотация. Выполнен процесс проектирования теплообменника горизонтального исполнения с U-образными трубами в программе ПАССАТ, являющейся объектно-ориентированной системой для расчета и проектирования технологических установок нефтехимической отрасли. Получена 3D модель теплообменного аппарата. Проверочные расчеты подтвердили прочность, жесткость и работоспособность всех элементов конструкции.

Abstract. The process of designing a horizontal flow exchanger with U-shaped pipes was carried out in the PASSAT program, which is a project-oriented system for calculating and designing technological installations of the petrochemical industry. A 3D model of a heat exchange apparatus was obtained. Verification calculations confirmed the strength, rigidity and operability of all structural elements.

Ключевые слова: проектирование, теплообменный аппарат, теплообменные элементы, трубные решетки, кожух, компенсатор.

Key words: design, heat exchanger, heat exchange elements, pipe screens, casing, compensator.

Введение

Проектирование технологических установок нефтехимической отрасли – трудоемкий процесс, требующий от инженера наличия компетенций в нескольких областях. Необходимо провести ряд расчетов: тепловых, гидравлических, прочностных. Помимо этого, нужно осуществить подбор оборудования и разработку конструкторской документации с учетом технологических особенностей. Сокращения времени проектирования можно добиться путем применения эффективного специализированного программного обеспечения. Одним из таких программных продуктов, специализированных для проектирования аппаратов нефтехимической отрасли, является ПАССАТ (Прочностной Анализ Состояния Сосудов, Аппаратов, Теплообменников) от компании НТП Трубопровод [1], обладающий преимуществами:

- возможность рассчитывать элементы аппарата при разных условиях и осуществлять визуальный контроль за корректностью введенных данных при помощи сгенерированной программой трехмерной модели проектируемого теплообменного аппарата;

- удобная форма представления результатов работы: полный протокол расчета, оформленный в соответствии с требованиями ЕСКД и заключение о работоспособности технологической установки;

- возможность сгенерировать с высокой скоростью детальную трехмерную модель технологической установки как в целом, так и по элементам, экспортировать ее в наиболее распространенные 3D-форматы и передавать в конструкторские САПР- и ВМ-системы.

В работе представлен процесс проектирования в программе ПАССАТ теплообменника горизонтального исполнения с U-образными трубами, предназначенного для нагрева/охлаждения жидкостей в нефтяной промышленности.

Основная часть

Расчет теплообменных аппаратов (ТА) включает в себя расчет элементов кожухотрубчатых теплообменников: трубных решеток, труб, перегородок, кожуха, компенсатора или расширителя (при их наличии), плавающих головок. Расчеты обечаек, днищ, патрубков, фланцевых и прочих соединений проводились по методикам, изложенным в разделах [2].

Основные расчетные параметры – расчетная температура, рабочее, расчетное и пробное давление, коэффициенты запаса прочности и устойчивости, модули упругости материалов, свойства материалов, коэффициенты прочности сварных швов, прибавки к расчетным толщинам конструктивных элементов – принимались в соответствии с [3-5].

Ниже представлены основные этапы проектирования горизонтального исполнения с U-образными трубами.

Ввод общих данных в начальное диалоговое окно (рисунок 1). В начальном диалоговом окне указаны общие данные: название рабочей среды и ее плотность, параметры среды, вид гидроиспытаний, пробное давление.

Выбор основных параметров ТА (рисунок 2). Материал кожуха – сталь марки 16ГС (группа материалов М11). Принята толщина стенки 13 мм. Величины прибавки на коррозию, минусового допуска и технологической прибавки выбраны из стандартов [2]. Длина теплообменника, расчетное давление задавались в техническом задании.

Ввод данных о присоединяемых к кожуху седловых опорах (рисунок 3). Расчетные величины в программе выбираются автоматически. Диаметр опорной окружности, высота стойки, толщина ребра и прочие размеры определялись по нормативным документам [2]. Номинальный диаметр и диаметр болтовой окружности рассчитывались автоматически. Ширина опор, расстояние от края определялись по конструктивным соображениям. ТА имеет две опоры: подвижную и неподвижную.

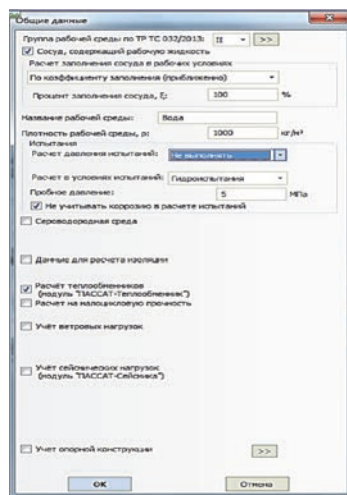


Рисунок 1 - Ввод общих данных в начальное диалоговое окно

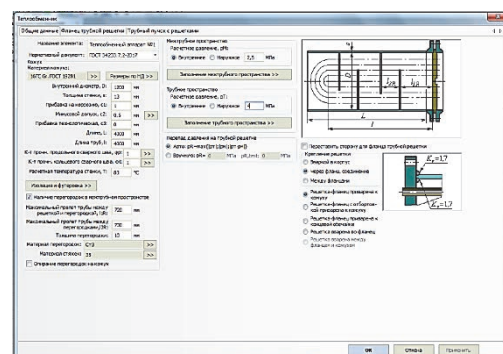


Рисунок 2 - Выбор основных параметров ТА

Конструирование обечайки цилиндрической (рисунок 4)

Для проектирования обечайки вводились следующие исходные данные: внутренний диаметр $D = 1200$ мм; толщина стенки $s = 15$ мм; материал 16ГС.

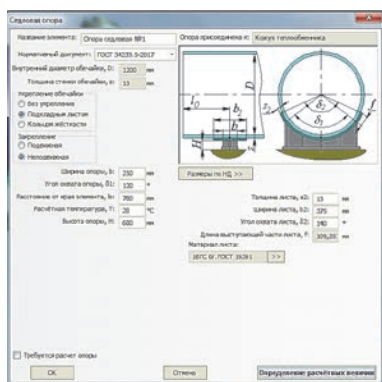


Рисунок 3 - Ввод данных о седловых опорах

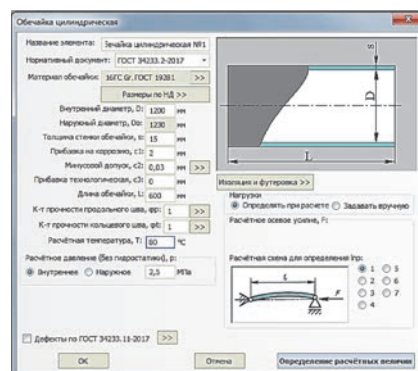


Рисунок 4 - Конструирование обечайки цилиндрической

Была разработана 3D-модель ТА и выполнен проверочный расчет элементов конструкции под нагрузкой (кожух, штуцеры, трубная решетка, трубный пучок, опоры седловые) в рабочих условиях и условиях гидроиспытаний (рисунок 5). Результат расчета показывает, что условия прочности, жесткости и работоспособности всех элементов конструкции выполнены.

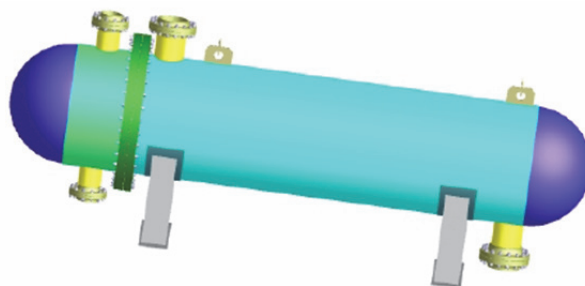


Рисунок 5 - Отчет о расчете на прочность ТА

Заключение

В работе представлен процесс проектирования теплообменника горизонтального исполнения с U-образными трубами, включающий выбор основных параметров, разработку элементов, составляющих конструкцию, проектный и проверочный расчеты, с использованием программного продукта ПАССАТ.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Краснокутский А.Н., Тимошкин А.И. Прочностной анализ сосудов и аппаратов в программе ПАССАТ // CADmaster, № 3/2006, С. 86–89.
2. Расчет на прочность сосудов и аппаратов (СТО-СА03-002-2009)/ Колл. авт. – 1-е изд. – Российская ассоциация экспертных организаций техногенных объектов повышенной опасности (Ассоциация Ростехэкспертиза), М., 2009 – 278 с.
3. ГОСТ 14249–89. Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность: межгосударственный стандарт: изд. официальное: утв. и введен в действие Постановлением Государственного комитета СССР по стандартам от 18.05.89 № 1264: переизд.: дата переизд. 2008-07-01 / разработан Министерством химического и нефтяного машиностроения. – Москва: Стандартинформ, 2008. – 53 с.
4. Отряскина, Т. А. Совершенствование системы циркуляции теплоносителя в газоохлаждаемом реакторе / Т. А. Отряскина, А. К. Кравченко // Наука, инновации и технологии: от идей к внедрению: Материалы II Международной научно-практической конференции молодых ученых, Комсомольск-на-Амуре, 14–18 ноября 2022 года / Редакция: А.В. Космынин (отв. ред.) [и др.]. Том Часть 2. – Комсомольск-на-Амуре: Комсомольский-на-Амуре государственный университет, 2022. – С. 144-147. – EDN XOUWGE.

5. Морквин, Н. А. Интенсификация теплообмена с помощью снижения застойных зон / Н. А. Морквин, Т. А. Отряскина // Наука, инновации и технологии: от идей к внедрению: Материалы Международной научно-практической конференции, Комсомольск-на-Амуре, 07–11 февраля 2022 года. – Комсомольск-на-Амуре: Комсомольский-на-Амуре государственный университет, 2022. – С. 397-398. – EDN JNUVFF.

УДК 621.01

Кравцов Артемий Игоревич, студент, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Kravtsov Artemy Igorevich, student, Komsomolsk-na-Amure State University

Отряскина Татьяна Александровна, кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой «Машиностроение», Комсомольский-на-Амуре государственный университет
Otryaskina Tatyana Aleksandrovna, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, Head of department "Engineering", Komsomolsk-na-Amure State University

АЛЬТЕРНАТИВНЫЙ МЕТОД РЕМОНТА КОЖУХОТРУБНОГО ТЕПЛООБМЕННИКА

ALTERNATIVE METHOD FOR REPAIRING A SHELL AND TUBE HEAT EXCHANGER

Аннотация. Данная статья посвящена разработке альтернативного метода ремонта кожухотрубного теплообменника. Рассмотрена возможность перехода на альтернативный метод ремонта в условиях производства. Показано, что при переходе на альтернативный метод ремонта, увеличивается срок службы трубного пучка, что в свою очередь, влечет за собой положительный экономический эффект.

Abstract. This article is devoted to the development of an alternative method of repairing a shell-and-tube heat exchanger. The possibility of switching to an alternative method of repair in production conditions is considered. It is shown that when switching to an alternative repair method, the risks of beam damage are reduced, which in turn entails lower economic costs. The method also requires less equipment.

Ключевые слова: кожухотрубный теплообменник, трубный пучок, обварка, термопаста, заглушка, трубка, шомпол.

Key words: shell-and-tube heat exchanger, tube bundle, welding, thermal paste, plug, tube, ramrod.

Введение

Кожухотрубчатые теплообменники – это аппараты, предназначенные для передачи тепла между двумя автономными потоками – горячим и холодным. Процесс теплообмена заключается в движении жидкостей в разных полостях, причем преимущественно выбирается противоточная схема движения жидкости. Во время движения жидкости горячая среда передает тепло холодной через стенки теплообменных труб [1].

Кожухотрубчатые теплообменники, играют большую роль на нефтеперерабатывающих заводах. Аппараты нуждаются в ремонте как в плановом так и в неплановом, от выбора метода ремонта и способа его реализации часто зависит срок службы аппарата, затраты на его ремонт, а также возможность минимизации аварийных ситуаций, что в свою очередь показывает актуальность данной темы [2]. Правильно выбранный метод ремонта, является залогом успеха будущей эксплуатации оборудования и его долговечность.

Целью работы является разработка нового способа ремонта теплообменника, обеспечивающая уменьшение трудозатрат, денежных затрат, а также увеличение срока службы теплообменника.

Основная часть

Обычный метод ремонта трубок кожухотрубчатого теплообменника заключается в глушении дефектных трубок, что в свою очередь уменьшает эффективность работы теплообменника. После глушения 30 % трубок происходит замена всего трубного пучка [3].

Предлагаемый альтернативный метод ремонта заключается в установке трубки меньшего диаметра в полость ремонтируемой трубки, вместо ее глушения, что позволяет сохранить работоспособность трубки хоть и с уменьшением теплопередачи, тем самым, увеличить срок службы трубного пучка [4]. При данном методе ремонта процент отремонтированных трубок, до необходимой замены пучка, увеличивается до 50.

Для проведения работ по ремонту отдельной трубки, используется трубка меньшего диаметра, исходя из того, чтобы между наружным диаметром новой трубки и внутренним диаметром ремонтируемой трубки оставался зазор 2 мм, а также запас по длине.

После отчистки внутренней полости ремонтируемой трубки от отложений, в трубку меньшего диаметра устанавливается заглушка (рисунок 1) для предотвращения попадания термопасты во вставляемую трубку, а также более равномерного ее распределения внутри полости между двумя трубками [5].

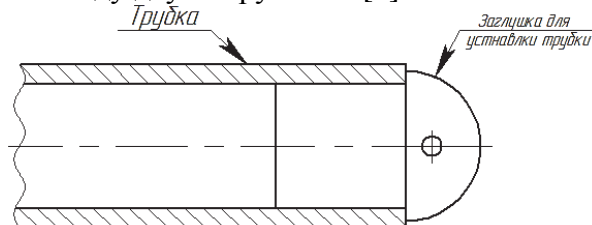


Рисунок 1 – Заглушка для установки трубки меньшего диаметра

После установки заглушки на поверхность трубки наносится термопаста, также термопаста закладывается внутрь ремонтируемой трубки и распределяется по поверхности при помощи шомпола. Термопаста заполняет пустоты между двумя трубками, а также обеспечивает лучшую теплопередачу между ними.

Когда термопаста нанесена, и заглушка установлена, происходит установка трубки меньшего диаметра в ремонтируемую трубку. При установке трубки необходимо обеспечить несколько точек опор для исключения перегибов.

После установки трубки, производится обварка на стыке труб и обрезка выступающего конца трубки.

Данный способ ремонта увеличивает срок службы трубного пучка теплообменника, что в свою очередь обеспечивает положительный экономический эффект.

Заключение

В ходе работы был рассмотрен и описан альтернативный метод ремонта трубного пучка кожухотрубчатого теплообменника, было выбрано подходящее оборудование.

Представленный метод ремонта позволяет увеличить срок службы трубного пучка кожухотрубчатого теплообменника, что в свою очередь влечет за собой положительный экономический эффект ввиду того, что отремонтированная трубка сохраняет возможность теплообмена в отличие от трубки, к которой применялась технология глушения, в которой теплообмен уже невозможен.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Шишкин, Б.В. Теплообменная аппаратура: Учебное пособие / Б.В. Шишкин – Комсомольск-на-Амуре: Комсомольский-на-Амуре гос. техн. ун-т, 2001. – 94 с.

2. Анурьев, В.И. Справочник конструктора-машиностроителя. В 3 т. Т. 1. – 8-е изд., перераб. и доп. Под ред. И.Н. Жестковой. / В.И. Анурьев – М. : Машиностроение, 2001. – 920 с.: ил.

3. Краснов, В.И., Максименко, М.З. Ремонт теплообменников / В.И. Краснов, М.З. Максименко – М.: Химия, 1990. – 104 с.: ил.

4. Филиппов, В.В. Теплообмен в химической технологии / В.В. Филиппов В.В. – С.: СамГТУ, 2014. – 197с.

5. Банных, О.П. Основные конструкции и тепловой расчет теплообменников / Банных О.П. – СПб.: ИТМО, 2012. – 44с.

УДК 621.9.05

Куклина Анастасия Михайловна, студент, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Kuklina Anastasia Mikhailovna, student of Komsomolsk-na-Amure State University

Кравченко Елена Геннадьевна, кандидат технических наук, доцент, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Kravchenko Elena Gennadyevna, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, Komsomolsk-na-Amure State University

ПОРЯДОК СОСТАВЛЕНИЯ ГРАФИКОВ ПОВЕРКИ СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ

PROCEDURE FOR DRAWING UP CALIBRATION SCHEDULES OF MEASURING INSTRUMENTS

Аннотация. Доказательством осуществления предприятием работ по обеспечению единства измерений в рамках требований Федерального Закона «Об обеспечении единства измерений» является организация ведения перечня средств измерений и формирование графика поверки и калибровки средств измерений, принадлежащих организации. В данном исследовании разработан порядок составления (форма), согласования, корректировки и отчетности графиков поверки (калибровки) средств измерений, облегчающий работникам метрологических служб проведение своевременной поверки и калибровки средств измерений.

Abstract. Proof of the implementation by the enterprise (organization) of work to ensure the uniformity of measurements within the framework of the requirements of the Federal Law "On Ensuring the Uniformity of Measurements" is the organization of maintaining a list of measuring instruments and the formation of a schedule for verification and calibration of measuring instruments belonging to the organization. In this study, a procedure has been developed for compiling (forming), coordinating, adjusting and reporting schedules for verification (calibration) of measuring instruments, which facilitates the timely verification and calibration of measuring instruments.

Ключевые слова: поверка, калибровка, средства измерений, поверочная организация, график поверки.

Key words: verification, calibration, measuring instruments, verification organization, verification schedule.

Введение

Федеральный Закон «Об обеспечении единства измерений» [1] требует поддержания целей единства измерений путём государственного регулирования отношений в этой сфере. Поверка средств измерения (СИ) является одной из прописанных форм гос-

ударственного регулирования отношений в сфере измерений. Если измерения охватывают нерегулируемую государством область измерений, то применяется такая форма как калибровка СИ [2, 3]. На предприятиях на основании перечня средств измерений формируется график поверки и калибровки средств измерений, принадлежащих предприятию и внесенных в Государственный реестр средств измерений.

Целью данной работы является разработка порядка формирования графиков поверки для доказательства того, что организация проводит работы по обеспечению единства измерений, подтверждающего выполнение Федерального закона «Об обеспечении единства измерений», а также для обеспечения правильного выполнения одного из видов работ по метрологическому обеспечению – поверке (калибровке) средств измерений.

Основная часть

График поверки и калибровки СИ разрабатывается на основании сформированного перечня СИ, принадлежащих организации. Прямым основанием для выполнения работ по поверке СИ органами Государственной метрологической службы является разработанный организацией график поверки и калибровки.

Ранее в этой области основным нормативным документом выступали правила по метрологии ПР 50.2.006-94 «Порядок проведения поверки средств измерений», в которых были прописаны основные требования к оформлению графиков поверки/калибровки СИ. После отмены данных правил с точки зрения федерального законодательства формирование графиков поверки стало не обязательным процессом при проведении поверки СИ. Однако в соответствии с требованиями критериев аккредитации и ГОСТ Р ИСО/МЭК 17025 [4], создание графиков поверки является обязательным критерием при аккредитации лабораторий [5]. В этой связи большинство метрологических служб продолжают разрабатывать графики поверки как инструмента планирования и/или предварительного согласования работ по поверке и калибровке СИ.

УТВЕРЖДАЮ
Руководитель органа
Государственной
метрологической службы

Тел. _____ (подпись) (инициалы, фамилия)

ГРАФИК поверки средств измерений

Вид измерений _____

№ п/п	Наименование, тип, заводское обозначение	Метрологические характеристики		Периодичность поверки (месяцы)	Дата посл. поверки	Место проведения поверки	Сроки проведения поверки	Сфера государственного метрологического контроля и надзора
		Класс точности, погрешность	Предел (диапазон) измерений					
1	2	3	4	5	6	7	8	9

Руководитель

(Наименование юридического лица, физическое лицо)

(подпись) (инициалы, фамилия)

Рисунок 1 – Форма графика поверки средств измерения

Таким образом, график поверки может быть оформлен в удобном для организации виде и содержать минимально необходимую информацию для обеспечения своевременной поверки (калибровки) средств измерений, принадлежащих организации.

Разработанная форма графика поверки, оформленная в виде таблицы, приведена на рисунке 1.

В графике поверки приведена информация в соответствии с требованиями Административного регламента [5], представленная в таблице 1.

Таблица 1 – Содержание графика поверки

Графа	Пояснение
1	2
Тип средств измерений	Поверка распространяется только на такие СИ, тип которых утвержден; поверка данного типа средств измерений проводится в строгом соответствии с установленной методикой поверки данного типа СИ
Номер в Госреестре	Поверке подвергаются СИ, тип которых утвержден и зарегистрирован в Госреестре; по регистрационному номеру, соответствующему данному типу СИ, лица, проводящие поверку, определяют ее методику
Заводской номер	Распространенным способом идентификации СИ является индивидуальный заводской номер
Сфера ГРОЕИ	Так как график предназначен для средств измерений, подлежащих поверке, то обязательной поверке подлежат СИ, предназначенные для применения в сферах государственного регулирования обеспечения единства измерений
Метрологические характеристики	Так как ограничительные признаки СИ, относящиеся к виду поверочных работ: обозначение типа, класс точности, погрешность, диапазон измеряемой величины, определяют стоимость работ за поверку, информация, предоставляемая по каждому средству измерения должна быть точной и однозначной
Дата последней поверки и МПИ	Периодичность поверки, как правило, указана в эксплуатационной документации на средства измерений и указывается в свидетельствах о поверке в виде записи до какой даты средство измерений является метрологически пригодным
Место проведения поверки	Поверку средств измерений осуществляют аккредитованные в установленном порядке в области обеспечения единства измерений юридические лица и индивидуальные предприниматели
Планируемые сроки проведения поверки	Своевременность представления средств измерений на поверку и калибровку, а также соответствие сроков проведения поверки (калибровки) требованиям нормативных документов отслеживается по графику проведения поверки (калибровки)
Примечание	При корректировке графика поверки (калибровки) в графе «Примечание» указывается номер и дата служебной записки подразделения, эксплуатирующего средство измерений, в которой указана причина корректировки

Разработанную форму графика поверки легко адаптировать под современное программное обеспечение для автоматизации рабочего места метролога (АРММ), выпускаемое в сфере обеспечения единства измерений (рисунок 2). Внедрение подобного программного продукта на предприятии позволит получать в ускоренном режиме полную и достоверную информацию о состоянии применяемого метрологического оборудования и средств измерений.

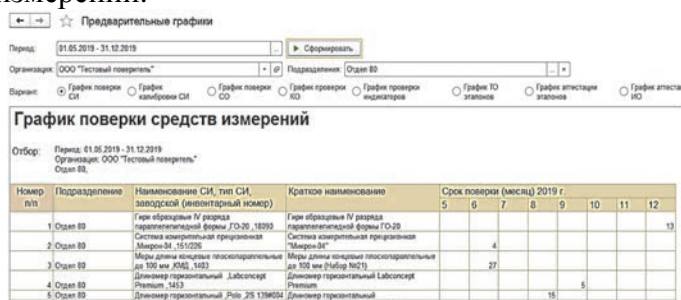


Рисунок 2 – Электронная форма графика поверки СИ в АРММ

Заключение

В работе разработан порядок формирования графиков поверки для доказательства того, что организация проводит работы по обеспечению единства измерений, подтверждающего выполнение Федерального закона «Об обеспечении единства измерений».

Разработанная инструкция описывает порядок действий по разработке графиков поверки (калибровки) средств измерений и определяет ответственных лиц, которые следуя данной инструкции, обеспечивают правильное выполнение одного из видов работ по метрологическому обеспечению – поверка (калибровка) средств измерений.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Федеральный Закон Российской Федерации от 26 июня 2008 г. № 102 – ФЗ «Об обеспечении единства измерений»// Российская газета. – 2008. – 2 июля.
2. Глушкова, О.Г. Метрологическое обеспечение/ О.Г. Глушкова, Н.Я. Медовикова, Н. Н. Рейх // Стандарты и качество. – 2008. – № 4. – С. 81-82.
3. Правиков, Ю.М. Метрологическое обеспечение производства: учебное пособие/ Ю. М. Правиков, Г. Р. Муслина. – М.: КноРус, 2009. – 240 с.
4. ГОСТ ISO/IEC 17025-2019. Общие требования к компетентности испытательных и калибровочных лабораторий. – Введ. 2019-09-01. – М.: Из-во стандартов, 2021. – 25 с.
5. Приказ Министерства промышленности и торговли РФ от 16 апреля 2012 г. №418 "Об утверждении Административного регламента исполнения Федеральным агентством по техническому регулированию и метрологии государственной функции по осуществлению федерального государственного метрологического надзора".

УДК 66.071

Курильченко Максим Сергеевич, студент, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Kurilchenko Maxim Sergeevich, student, Komsomolsk-na-Amure State University

Отряскина Татьяна Александровна, кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой «Машиностроение», Комсомольский-на-Амуре государственный университет
Otryaskina Tatiana Alexandrovna, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, Head of the Department "Mechanical Engineering", Komsomolsk-na-Amure State University

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ УСТАНОВКИ ГИДРООЧИСТКИ ЗА СЧЁТ СНИЖЕНИЯ КОНЦЕНТРАЦИИ ВОДОРОДА В ТОПЛИВНОМ ГАЗЕ

IMPROVING THE EFFICIENCY OF THE HYDROTREATING PLANT BY REDUCING THE CONCENTRATION OF HYDROGEN IN THE FUEL GAS

Аннотация. Наличие водорода в топливном газе установок гидроочистки дизельного топлива неблагоприятно сказывается на работе печей, увеличивая высоту и температуру пламени. Содержание водорода в топливном газе установки гидроочистки дистиллятов составляет приблизительно 60 %, что является недопустимым для работы на нормальном технологическом режиме. Целью данной работы является усовершенствование способа снижения концентрации водорода в топливном газе установки гидроочистки путем модернизации мембранной установки, позволяющее повысить эффективность переработки вторичных компонентов с установки замедленного коксования, а также увеличить срок службы катализатора гидроочистки.

Abstract. The presence of hydrogen in the fuel gas of diesel hydrotreating plants adversely affects the operation of furnaces, increasing the height and temperature of the flame. The hydrogen content in the fuel gas of the distillate hydrotreating plant is approximately 60%, which

is unacceptable for operation in normal technological mode. The purpose of this work is to improve the method of reducing the concentration of hydrogen in the fuel gas of a hydrotreating plant by upgrading the membrane plant, which allows to increase the efficiency of processing secondary components from a delayed coking plant, as well as to increase the service life of the hydrotreating catalyst.

Ключевые слова: водород, гидроочистка, топливный газ, мембранная установка, технологические печи, катализатор.

Key words: hydrogen, hydrotreating, fuel gas, membrane plant, process furnaces, catalyst.

Введение

Гидроочистка дистиллятов осуществляет перегонку прямогонного дизельного топлива, коксованной нефти и легкого газойля. Результатом гидроочистки служит дизельное топливо с высоким цетановым числом, малым процентным серы и азота в составе и улучшенными низкотемпературными свойствами. Это достигается смешиванием сырья с водородсодержащим газом из установки каталитического риформинга. В блоке концентрации водорода происходит повышение концентрации водородсодержащего газа в результате короткоциклового адсорбции до 99.9%, а также сепарация углеводородных газов. Назначением блока концентрации водорода является получение чистого водорода, который является основным продуктом, а также получение хвостового газа, содержащего в себе примеси углеводородного газа и являющегося второстепенным продуктом. [1]

Водород в топливном газе увеличивает высоту и температуру пламени, что отрицательно сказывается на работе печи. Процент водорода в топливном газе в процессе гидроочистки достигает 60 %, что негативно сказывается на работе установки. [2]

Целью данной работы является усовершенствование способа снижения концентрации водорода в топливном газе установки гидроочистки путем модернизации мембранной установки.

Основная часть

Предлагаемый способ заключается в направлении потока углеводородного газа на адсорбционную мембранную установку после абсорбционной очистки и далее в топливную сеть установки. На рисунке 1 показана схема установки гидроочистки мембранного типа.

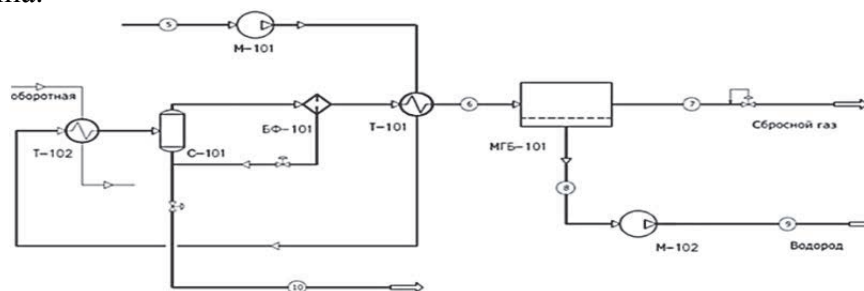


Рисунок 1 – Технологическая схема установки с использованием мембранного блока

Процесс гидроочистки осуществляется в реакторах в три ступени в среде водородсодержащего газа:

Процесс гидрирования соединений серы, азота и кислорода протекающий в реакторе 1 ступени, также частично происходит гидрирование ненасыщенных и ароматических углеводородов. Гидрирования преобразовывает меркаптаны, сульфиды с различной структурой, дисульфиды в парафиновые или ароматические углеводороды с выделением H_2S , NH_3 и H_2O в отличие от структуры сернистых соединений. Гидрогенизация ненасыщенных углеводородов из сырья в парафиновые углеводороды.

В реакторе 2-ой ступени в основном протекают реакции гидрирования непредельных, ароматических углеводородов, в результате которых образуются предельные углеводороды нормального и циклического строения. Это достигается путем смешения сырья с водородсодержащим газом высокой концентрации (до 99,9 %), нагревания полученной смеси и контактирования её с катализатором.

Работа реактора 3-ей ступени заключается в улучшении низкотемпературных характеристик дизельного топлива и основывается на реакции депарафинизации, которая характеризуется выборочным гидрокрекингом и изомеризацией «нормальных» парафинов. [3]

Отделение фракционирования состоит из колонны фракционирования, где от гидроочищенного дизельного топлива отгоняется нестабильная нефтя и легкий углеводородный газ, после чего гидроочищенное дизельное топливо выводится из установки. Нестабильная нефтя поступает в колонну стабилизации бензина, после чего выводится в парк. Легкий углеводородный газ, полученный в колоннах фракционирования и стабилизации бензина, направляется на очистку от сероводорода в насадочную колонну, где он орошается водным раствором метилдиэтанолamina. Насыщенный сероводородом метилдиэтанолamin выводится на регенерацию на установку производства элементарной серы, а чистый углеводородный газ дожигается компрессором и направляется на блок технологических печей установки. [4]

Отходящий (хвостовой) газ из блока концентрации водорода, содержащий легкие углеводороды (до C5 включительно) поступает в сепаратор топливного газа и далее на прием газовых компрессоров, далее нагнетается через сепаратор и поступает в топливную сеть завода или на блок технологических печей. [5]

После обработки амином и блока концентрации водорода поток топливного газа, который содержит водород, перемешивается и поступает на компрессорную станцию для увеличения давления до 2,2 МПа. Затем газ подается, через рекуперативный теплообменник, где снижается температура газа до + 25...+30 °С. Дальше в сепараторе у охлажденного газа происходит отделение основной части жидкой фазы, которая доочищается в фильтре-коалесцере, где осуществляется дополнительная очистка от капель жидкости в газе и твердых примесей. Температурный режим в сепараторе поддерживается автоматически путем регулирования потока циркулирующей воды. Чистый газ с температурой 20 °С, поступающий из фильтра, разогревается в рекуперативном теплообменнике до температуры +80...+85 °С и далее подается на вход мембранного газоразделительного блока МГБ-101.

Конструкция блока МГБ-101 включает в себя несколько мембранных модулей, собранных параллельно друг другу. Каждый отдельный мембранный модуль разделяет исходный газ на два потока - ретентат (сбросной поток высокого давления) и пермеат (очищенный водород низкого давления). Запорные клапаны устанавливаются на всех соединениях каждого отдельного модуля. Ретентат и пермеат из каждого модуля встречаются в соответствующих трубопроводах. Выбросы из МГБ-101 направляются на сжигание. На выходе регулируется давление газа в пределах 0,15 Мпа, для поддержания рабочего режима. В компрессоре водородный газ из блока МГ101 сжимается до давления 6,0...7,2 МПа. Концентрация водорода составляет 95 %, степень извлечения около 95%.

Заключение

Очистка топливного газа от водорода позволит повысить калорийность самого газа, что в свою очередь позволит повысить КПД технологических печей. Также это позволит в перспективе сохранять природный газ, подающийся на горелки печи. Отделенный водород от топливного газа может быть использован для нужд установки, например, дополнительная подпитка квенчей и увеличение подачи водорода в узел смешения.

Таким образом, внедрение предлагаемого усовершенствования мембранной установки позволит повысить переработку вторичных компонентов с установки замедленного коксования, а также увеличить срок службы катализатора гидроочистки.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Ахметов, С.А. Технология глубокой переработки нефти и газа : учеб. пособие / С.А. Ахметов. – Уфа.: Гилем, 2002. – 672 с.
2. Капустин, В. М. Технология переработки нефти. Часть 2 Деструктивные процессы / В. М. Капустин, А. А. Гуреев. – М.: КолосС, 2007. – 334 с.
3. Баннов, П.Г. Процессы переработки нефти / П.Г. Баннов. – М.: ЦНИИТ-Энефтехим, 2000. – 224 с.
4. Миновян, А.К. Технология переработки природных энергоносителей / А.К. Мановян. – М. : Химия, 2004. – 120 с.
5. Потехин, В.М. Основы теории химических процессов технологии органических веществ и нефтепереработки / В.М. Потехин, В.В. Потехин. – СПб.: ХИМИЗДАТ, 2007. – 944 с.

УДК 621.9.02

Лаврик Валерий Алексеевич, студент, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Lavrik Valery Alekseevich, student of Komsomolsk-na-Amure State University

Пронин Александр Иннокентьевич, кандидат технических наук, доцент кафедры «Машиностроение», Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Pronin Alexander Innokentyevich, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor of the Mechanical Engineering Department, Komsomolsk-na-Amure State University

АНАЛИЗ СТРАТЕГИЙ ОБРАБОТКИ ПРЯМОУГОЛЬНЫХ КАРМАНОВ

ANALYSIS OF RECTANGULAR POCKET PROCESSING STRATEGIES

Аннотация. Статья посвящена исследованию стратегий обработки карманов фрезерованием с методом врезания фрезы в поверхность, за счёт анализа траекторий обработки с выбранными параметрами. Результатом анализа является выбор наиболее оптимальной стратегии с минимальным временем на обработку карманов для деталей на станке с ЧПУ, с воспроизведением выбранной стратегии в программе NX12.

Abstract. The article is devoted to the study of strategies for machining pockets by milling with the method of cutting the cutter into the surface, by analyzing the machining paths with the selected parameters. The result of the analysis is the selection of the most optimal strategy with the minimum time for processing pockets for parts on a CNC machine, with the reproduction of the selected strategy in the NX12 program.

Ключевые слова: 3D – модель, CAD/CAM – система, деталь, станок с ЧПУ, стратегии обработки, карман, фрезерование, фреза.

Key words: 3D – model, CAD/CAM – system, part, CNC machine, machining strategies, pocket, milling, cutter.

Введение

При разработке управляющих программ в CAD/CAM–системах, в зависимости от типа кармана, закрытого или открытого, выбирают наиболее оптимальную схему фрезерования, обеспечивая при этом максимальную производительность, с минимальными затратами по времени на обработку с сохранением стойкости инструмента. Как правило, эта стратегия заключается в последовательной послойной выборке материала

и выполнении заключительного чистового обхода контура на окончательной глубине. При обработке карманов фреза не может вертикально врезаться в металл как сверло, поэтому необходимо применять соответствующие стратегии обработки: врезание вращающейся фрезы в сплошной материал в заранее просверленное отверстие (рисунок 1, а), врезание по наклонной прямой с небольшим углом наклона (рисунок 1, б), врезание по спирали (рисунок 1, в). Для обработки карманов, фрезерование с врезанием является наиболее лучшим способом [1-4].

Целью данной работы является исследование существующих стратегий обработки прямоугольных карманов и поиска наиболее оптимальной из них, при которых будет затрачено наименьшее время на обработку.

Основная часть

На рисунке 1 показаны способы врезания фрезы при обработке кармана, при этом угол врезания будет зависеть от следующих параметров: диаметра применяемой фрезы, характеристик её корпуса, размеров пластины и глубины резания.

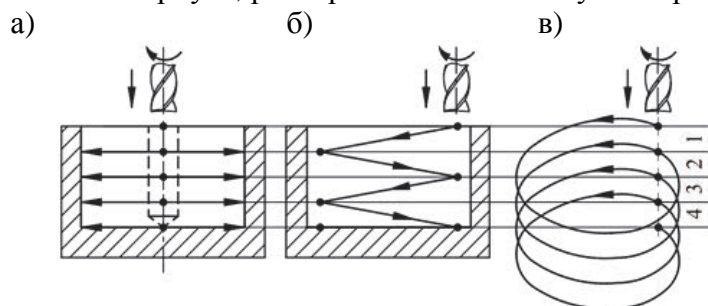


Рисунок 1 – Способы врезания фрезы в заготовку по заранее просверленному отверстию (а), по наклонной линии (б) и по дуге окружности с разделением припусков (в)

Рассмотрим врезание по наклонной линии (рисунок 1, б), считающийся одним из лучших методов фрезерования карманов на полную глубину – врезание происходит по двум осям, X (или Y) и Z. При правильности выбора начальной точки на обработку, и при врезании, и после, не останется не срезанного припуска. Врезание можно вести от центра к периферии или наоборот, главная цель, добиться хорошего удаления стружки из кармана. Дальнейшее заглубление необходимо выполнять фрезерованием с врезанием. Это особенно важно для высокоскоростной обработки.

При врезании по дуге окружности (рисунок 1, в) движение инструмента происходит по винтовой траектории и применяется при фрезеровании штампов и пресс-форм. Такая стратегия обработки имеет несколько преимуществ, во-первых, вся обработка производится одним инструментом и при этом нет проблем с отводом стружки, а во-вторых, отсутствует вибрация инструмента. При выборе фрез, рекомендуется обращать внимание на то, чтобы их диаметр был в 2 раза меньше обрабатываемого отверстия. Предварительное сверление отверстий (рисунок 1, а), считается нежелательной операцией, поскольку для этого необходим дополнительный инструмент. Время на само позиционирование и замену этого инструмента увеличивает вспомогательное время на обработку. Данная стратегия фрезерования рекомендуется для использования на станках с недостаточной жесткостью шпинделя и в случаях больших вылетов инструмента, так как усилия резания направлены вдоль шпинделя. Такая последовательность повторяется, пока не будет обработана вся впадина. Однако, при этом возникает проблема удаления стружки из-под центра фрезы [2, 3].

Рассмотрим каждую стратегию и затраты времени на её воспроизведение. В качестве обрабатываемого изделия, возьмём деталь траверса (рисунок 2) [3, 5].

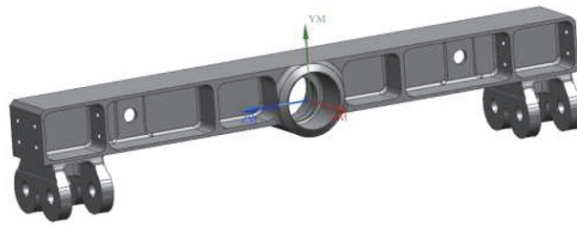
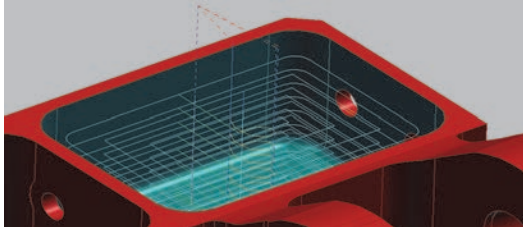


Рисунок 2 – Деталь траверса

Первой рассмотрим стратегию обработки, при предварительном сверлении отверстия внутри кармана (рисунок 3).

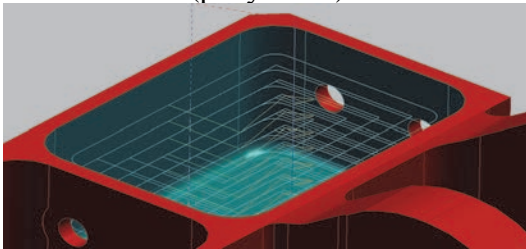


Общее время обработки	00:25:31
Время резания	00:25:24
Вспомогательное время	00:00:07

Рисунок 3 – Предварительное сверление отверстия с последующим фрезерованием (с указанием затраченного времени на обработку)

Как видно по генерации, такая стратегия достаточно трудоёмка и занимает много времени на обработку и смену инструмента, общее затраченное время составляет около 25 минут.

Рассмотрим стратегию обработки, при которой происходит врезание в материал по наклонной линии (рисунок 4).

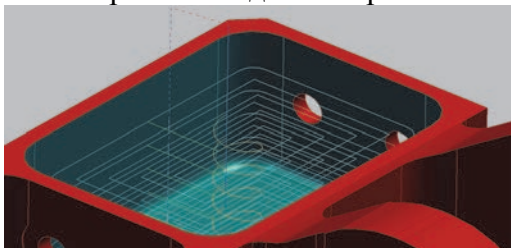


Общее время обработки	00:20:54
Время резания	00:20:50
Вспомогательное время	00:00:04

Рисунок 4 – Врезание по наклонной линии (с указанием затраченного времени на обработку)

По сравнению со стратегией предварительного сверления, врезание по наклонной линии значительно уменьшило общее время на обработку до 21 минуты.

Рассмотрим последнюю стратегию - врезание по дуге окружности (рисунок 5).



Общее время обработки	00:17:33
Время резания	00:17:30
Вспомогательное время	00:00:03

Рисунок 5 – Врезание по дуге окружности (с указанием затраченного времени на обработку)

Врезание по дуге окружности показал наилучший результат, с сокращением времени обработки до 17 с половиной минут.

Заключение

Исследование показало, что наилучшими стратегиями обработки карманов являются врезание по наклонной линии и дуге окружности, поскольку при выборе данных типов стратегий затрачивается меньшее количество времени, в обработке используется только один инструмент и нет проблем с отводом стружки, как это присутствует при предварительном сверлении. Так же для наилучшей обработки и сохранения ин-

струмента, при выборе фрез, рекомендуется обращать внимание на, то, чтобы их диаметр был в 2 раза меньше обрабатываемого отверстия.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Лаврик, В. А. Метод снижения трудоемкости разработки управляющих программ для изготовления однотипных деталей на станках с ЧПУ / В. А. Лаврик, А. И. Пронин // Молодежь и наука: актуальные проблемы фундаментальных и прикладных исследований : Материалы V Всероссийской национальной научной конференции молодых учёных, Комсомольск-на-Амуре, 11–15 апреля 2022 года. Том Часть 2. – Комсомольск-на-Амуре: Комсомольский-на-Амуре государственный университет, 2022. – С. 53-54. – EDN LQCIXQ.
2. Ведмидь, П.А. Программирование обработки в NX CAM / П. А. Ведмидь, А. В. Сулинов. - М.: ДМК Пресс, 2014. – 303 с.
3. Ловыгин А. А., Теверовский Л. В. Л68 Современный станок с ЧПУ и CAD/CAM-система. – М.: ДМК Пресс, 2012. – 279 с.
4. Кононенко, Р. С. Системы автоматизированного проектирования для машиностроения / Р. С. Кононенко, Е. Б. Щелкунов // Молодежь и наука: актуальные проблемы фундаментальных и прикладных исследований : Материалы V Всероссийской национальной научной конференции молодых учёных, Комсомольск-на-Амуре, 11–15 апреля 2022 года. Том Часть 2. – Комсомольск-на-Амуре: Комсомольский-на-Амуре государственный университет, 2022. – С. 35-37. – EDN WESEMR.
5. Щелкунов, Е. Б. Выбор оптимальной стратегии обработки корпусной детали с помощью CAD/CAM-систем / Е. Б. Щелкунов, Р. С. Карпов // Наука, инновации и технологии: от идей к внедрению : Материалы II Международной научно-практической конференции молодых ученых, Комсомольск-на-Амуре, 14–18 ноября 2022 года / Редакция: А.В. Космынин (отв. ред.) [и др.]. Том Часть 2. – Комсомольск-на-Амуре: Комсомольский-на-Амуре государственный университет, 2022. – С. 192-194. – EDN CYVFUM.

УДК 539.3

Лин Тхет, аспирант, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Lin Htet, post-graduate student, Komsomolsk-na-Amure State University

Андрианов Иван Константинович, кандидат технических наук, доцент кафедры «Авиастроение», Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Andrianov Ivan Konstantinovich, Candidate of Engineering Sciences, Assistant Professor “Aviation engineering”, Komsomolsk-na-Amure State University

ПОГРЕШНОСТЬ ПРИ АНАЛИТИЧЕСКОМ РАСЧЕТЕ УПРУГО-ПЛАСТИЧЕСКИХ ЗАДАЧ ДЛЯ ТОЛСТОСТЕННЫХ ОБОЛОЧЕК БЕЗ УЧЕТА СЖИМАЕМОСТИ МАТЕРИАЛА

ERROR IN THE ANALYTICAL CALCULATION OF ELASTIC-PLASTIC PROBLEMS FOR THICK-WALLED SHELLS WITHOUT TAKING INTO ACCOUNT THE COMPRESSIBILITY OF THE MATERIAL

Аннотация. В работе проведена оценка погрешности аналитического метода расчета упругопластического состояния толстостенной трубы и сферы, нагруженных внутренним давлением. Рассматривается решение задачи при условии, что граница пластической зоны находится внутри области, ограниченной наружным и внутренним радиусами трубы или сферы, при линейном упрочнении материала. Рассмотрены решение этой задачи двумя методами: аналитическим методом и численно-аналитическим методом

переменных параметров упругости (МППУ). Описаны гипотезы и допущения, принятые при решении этими методами и проведено сопоставление полученных результатов. Abstract. This paper presents the error estimation of the analytical method for calculating the elastoplastic state of thick-walled tube and sphere subjected to the internal pressure. In the case of linear hardening material, the solution to the problem has been examined under the condition that the plastic zone boundary is situated in the region constrained by the outer and inner radii of the tube or sphere. The solution to this problem has been investigated with two methods: the analytical method and the numerical-analytical method of variable elasticity parameters. The hypotheses and assumptions adopted by these methods have been described and the obtained results have been compared.

Ключевые слова: оценка погрешности, аналитический метод, упругопластическое состояние, толстостенные трубы, сфера, внутреннее давление

Key words: error estimation, analytical method, elastoplastic state, thick-walled tube, sphere, internal pressure.

Введение. Задачи упруго-пластического напряженного состояния достаточно часто встречаются при расчетах процесса автофретирования толстостенных осесимметричных оболочек. Аналитическое решение таких задач для материалов, обладающих линейным упрочнением, рассмотрено в работах [1-3].

Решение данных задач рассматривается при ряде допущений:

1. выполняются гипотезы деформационной теории пластичности.
2. относительные деформации являются основной мерой деформации.
3. выполняется условие постоянства объема материала, т.е. коэффициент Пуассона $\mu = 0,5$.
4. в качестве условия перехода от упругих деформаций к пластическим используется критерий Губера-Мизеса.
5. применяется кусочно линейная упругопластическая модель материала при условии несжимаемости::

$$\sigma_i = \begin{cases} E \varepsilon_i, & \text{при } \varepsilon_i \leq \varepsilon_{iT}; \\ \lambda \sigma_{iT} + E(1 - \lambda) \varepsilon_i, & \text{при } \varepsilon_i > \varepsilon_{iT}, \end{cases} \quad (1)$$

где $\lambda = 1 - E_T/E$, E_T – модуль линейного упрочнения, E – модуль упругости первого рода.

6. применяется принцип отвердевания, т.е. статические уравнения равновесия записываются для недеформированного состояния.

Основная часть

Аналитическое решение упругопластических задач применительно к толстостенным оболочкам сопровождается линеаризацией геометрических и физических уравнений, не учитывая сжимаемость материала, что может приводить к существенным погрешностям. Использование численно-аналитического метода переменных параметров упругости позволяет избежать линеаризации и учитывать геометрическую и физическую нелинейности, а также сжимаемость материала.

Для оценки погрешности аналитического решения, связанного с геометрической линеаризацией и не учетом сжимаемости материала, проведем сравнение результатов расчётов по формулам, полученным аналитически в работах [1, 3] и методом переменных параметров упругости согласно [4].

При расчёте методом переменных параметров упругости будем использовать следующие допущения:

1. выполняются гипотезы деформационной теории пластичности.
2. логарифмические деформации являются мерой деформации в расчетах.
3. условие постоянства объема материала не выполняется, материал является сжимаемым, $\mu = 0,3$.
4. в качестве условия перехода упругих деформаций в пластические используется критерий пластичности Губера-Мизеса.

5. применяется кусочно-линейная модель упругопластического материала с учётом сжимаемости материала

$$\sigma_i = \begin{cases} 3Ge_i, & \text{при } e_i \leq e_{iT}; \\ \lambda\sigma_{iT} + 3G(1 - \lambda)e_i, & \text{при } e_i > e_{iT}, \end{cases} \quad (2)$$

где $\lambda = 1 - E_T/3G$, $G = E/[2(1 + \mu)]$ – модуль упругости второго рода.

6. Условие совместности логарифмических деформаций записывается в координатах Эйлера:

$$\frac{de_\theta}{d\rho} = \frac{1 - \exp(e_\theta - e_\rho)}{\rho},$$

где e_ρ и e_θ – радиальные и тангенциальные логарифмические деформации.

7. Принцип отвердевания не выполняется. Статические уравнения записываются для деформированного состояния, т.е. граничные условия меняются при изменении геометрии тела.

Будем рассматриваться толстостенные оболочки, т.е. оболочки, для которых отношение наружного диаметра к толщине стенки варьируется от 6 до 12,5. С целью более широкого охвата толщин, расчёты будем проводить для относительного диаметра от 3 до 13.

Оценку погрешности аналитического метода расчёта будем рассматривать для следующих случаев:

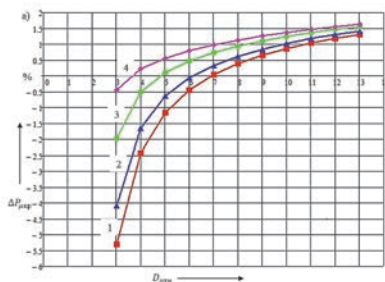
1) определение внутреннего давления $P_{пл}$, при котором радиус пластической зоны совпадает с внутренним радиусом оболочки. Оценим погрешность, возникающую вследствие изменения геометрии оболочки в процессе деформирования и не учета сжимаемости материала. Согласно результатам, влияние изменения геометрии оболочки и учета сжимаемости материала на изменение погрешности $P_{пл}$ для сферы и трубы при расчете методом переменных параметров упругости незначительно.

2) определение внутреннего давления $P_{кр}$, при котором радиус пластической зоны совпадает с внешним радиусом оболочки. В этой задаче рассматривать влияние различных факторов не будем, а проведём комплексную оценку погрешности, которая возникает при аналитическом расчете за счёт принятых допущений.

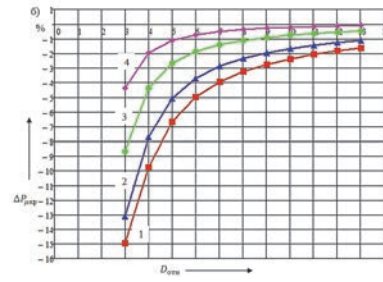
Сравнение будем проводить с результатами, полученными расчетами методом переменных параметров упругости. Расчёты будем проводить для λ от 0,975 до 0,850, что характерно для многих металлических сплавов. На рисунке 1 представлены результаты расчётов погрешности для толстостенной трубы и сферы.

Как показывает анализ полученных результатов, расчёты по формулам, полученных аналитически, при определённых условиях могут давать существенные погрешности. При этом, с увеличением толщины оболочки и степени упрочнения повышается расчетная погрешность. Например, для сферической оболочки погрешность может достигать 15%. Следует отметить, что более подробные результаты исследования отражены в работе [5].

а)



б)



1 – при $\lambda = 0,85$; 2 – при $\lambda = 0,90$; 3 – при $\lambda = 0,95$; 4 – при $\lambda = 0,975$

Рисунок 1 – Изменение погрешности для цилиндрической (а) и сферической (б) оболочек по сравнению с методом переменных параметров упругости для материалов с различными коэффициентами λ

Заключение. Согласно результатам исследования применение метода переменных параметров упругости в задачах упругопластического деформирования оболочек позволяет учитывать нелинейный закон пластичности, подвижную границу нагружения, а также сжимаемость материала.

Благодарности

Авторы выражают благодарность «Совету по грантам Президента РФ для государственной поддержки молодых российских учёных и по государственной поддержке ведущих научных школ РФ» за финансовую поддержку для проведения исследования в рамках стипендии по проекту СП-2200.2022.5 «Разработка моделей и алгоритмов расчёта пластического формообразования заготовок штамповочного производства».

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Москвитин, В. В. Пластичность при переменных нагружениях / В. В. Москвитин. – Москва : Изд-во Моск. ун-та., 1965. – 263 с.
2. Малинин, Н. Н. Прикладная теория пластичности и ползучести: учебник для вузов / Н. Н. Малинин. - Москва : Машиностроение, 1975. – 399 с.
3. Писаренко, Г. С. Уравнения и краевые задачи теории пластичности и ползучести. Справочное пособие / Г. С. Писаренко, Н. С. Можаровский. – Киев : Наук. думка., 1981. – 496 с.
4. Феоктистов, С. И. Определение несущей способности толстостенных осесимметричных оболочек, нагруженных внутренним давлением / С. И. Феоктистов, И. К. Андрианов // Ученые записки Комсомольского-на-Амуре государственного технического университета. – 2021. – № 7 (55). – С. 18-25.
5. Феоктистов, С. И. Уравнения совместности логарифмических деформаций в координатах Эйлера для решения осесимметричных процессов обработки металлов давлением / С. И. Феоктистов, И. К. Андрианов // Ученые записки Комсомольского-на-Амуре государственного технического университета. – 2021. – № 7 (55). – С. 26-30.

УДК 621.9.05

Максимова Ольга Евгеньевна, студент, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Maximova Olga Yevgenyevna, student of Komsomolsk-na-Amure State University

Кравченко Елена Геннадьевна, кандидат технических наук, доцент, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Kravchenko Elena Gennadyevna, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, Komsomolsk-na-Amure State University

РАЗРАБОТКА МЕРОПРИЯТИЙ ПО АВТОМАТИЗАЦИИ ПОВЕРКИ И КАЛИБРОВКИ КООРДИНАТНЫХ СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ

DEVELOPMENT OF MEASURES TO AUTOMATE VERIFICATION AND CALIBRATION OF COORDINATE MEASURING INSTRUMENTS

Аннотация. В работе рассматриваются принципы дистанционной поверки и калибровки средств измерений через интернет. Предложен комплекс организационных мероприятий, направленных на автоматизацию поверки и калибровки координатных средств измерений с применением систем удаленного доступа. Удаленная поверка характеризуется наличием специального программного обеспечения для управления процедурой поверкой и калибровки. Через интернет подаётся заявка, которая состоит из двух частей. Первая часть клиентская, в установленной организации, использующей прибор. И серверной части, установленной в аккредитованной лаборатории метрологической службы.

Abstract. The paper discusses the principles of remote verification and calibration of measuring instruments via the Internet. A set of organizational measures aimed at automating the verification and calibration of coordinate measuring instruments using remote access systems is proposed. Remote verification is characterized by the presence of special software for controlling the verification and calibration procedure. An application is submitted via the Internet, which consists of two parts. The first part is client-side, in an established organization using the device. And the server part installed in an accredited laboratory of the metrological service.

Ключевые слова: средства измерения, программное обеспечение, эталонные меры, метрологическая служба, координатные средства измерений, интернет.

Key words: measuring instruments, software, reference measures, metrological service, Coordinate Measuring Instruments, Internet.

Введение

Дистанционная калибровка практикуется во многих странах и признана законным видом метрологического обеспечения. С технической точки зрения поверка и калибровка принципиально схожи. Установлен ряд требований для проведения дистанционной калибровки и поверки, выполнение которых является обязательным для лабораторий. Эти требования распространяются на эталоны, средства измерения и процедуры соблюдения национальных и международных в области обеспечения единства измерений.

Цель настоящей работы: Разработать комплекс мероприятий по автоматизации поверки и калибровки координатных средств измерений путем применения систем удаленного доступа.

Основная часть

Алгоритм дистанционной калибровки/поверки через Интернет координатных средств измерений (КСИ) аналогичен типовой процедуре дистанционной калибровки. Использование специального программного обеспечения (ПО), управляющего процедурой калибровки через Интернет, является отличительной особенностью дистанционной поверки КСИ. Указанное ПО состоит из двух частей – серверной, устанавливаемой в аккредитованной лаборатории метрологической службы (МС) и клиентской, устанавливаемой в лаборатории-держателе калибруемого КСИ.

Типовая последовательность дистанционной калибровки осуществляется по схеме, приведенной на рисунке 1 [1, 2].

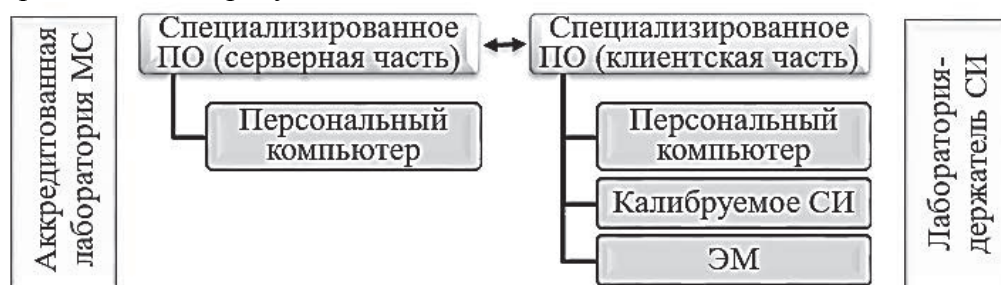


Рисунок 1 – Схема проведения дистанционной калибровки

Основные структурные элементы схемы: СИ – калибруемое средство измерения; ПО – специализированное программное обеспечение; ЭМ – эталонные меры; МС – метрологическая служба.

Этапы проведения дистанционной калибровки [3, 4]:

1. Лаборатория-держатель контролируемого СИ подает заявку в МС и оплачивает процедуру проведения дистанционной калибровки.

2. Лаборатория-держатель контролируемого СИ получает по почте ЭМ, применяемые при проведении калибровки.

3. Работник лаборатории-держателя контролируемого СИ подключается к серверу системы МС и загружает клиентское специализированное ПО.

4. Работник МС с помощью серверного специализированного ПО в соответствии с методиками калибровки осуществляет с помощью ЭМ дистанционные измерения и управляет калибруемым СИ.

5. После обработки результатов измерений, опираясь на полученную измерительную информацию, оценивается неопределенность измерений.

6. При положительных результатах калибровки выдается сертификат.

Разработанные национальные стандарты в области калибровки основаны на определении точностных характеристик приборов по измерениям ЭМ [5].

Для применения требований нормативных документов к калибровке КСИ, необходимо разработать соответствующее ПО, серверная часть которого не должна распространяться среди клиентов. Клиентская часть ПО создается и тестируется уже на этапе внесения СИ в Государственный реестр. Таким образом, параллельно с разработкой методики поверки/калибровки КСИ тестируется и утверждается клиентское ПО.

Клиентская часть специализированного программного обеспечения формирует, данные для оценки точностных параметров КСИ по утвержденной методике и предоставляет клиенту совместно с каждым прибором или размещает в открытом доступе на сайте после внесения СИ в реестр [6]. При проведении поверки/калибровки клиент формирует и отправляет архив защищенных данных по поверке на соответствующий сайт или в аккредитованную лабораторию МС. В указанном файле приводится перечень ЭМ, предварительно поверенных в аккредитованных лабораториях и использованных при калибровке. После обработки этих данных, аккредитованной лабораторией формируется и загружается в серверную часть файл с параметрами прибора. Если файл соответствует спецификации, формируется электронный файл поверки и на основании расчёта северной частью ПО выдается свидетельство о поверке [7].

Заключение

Предложенная процедура мероприятий по автоматизации поверки и калибровки координатных средств измерений имеет ряд преимуществ по сравнению с локальной поверкой и калибровкой:

- применение метрологической базы предприятия;
- отсутствие затрат на транспортировку средств измерений, оказывающую влияние на его метрологические характеристики;
- средства измерения находится в нормальных условиях, регламентированных при его эксплуатации;
- независимость организации от графика работы поверителя;
- отсутствие проблем с режимом доступа/секретности организации.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Системы поверки средств измерений массы АРМП-Мера-Д. Госреестр СИ N 39305-08.

2. ГОСТ Р. ИСО 10360-2-2017. Характеристики изделий геометрические. Приемочные и перепроверенные испытания координатно-измерительных машин. Координатно-измерительные машины, применяемые для измерения линейных размеров.

3. ISO 10360-10:2016. Геометрические характеристики изделий (GPS). Приемочные и повторные проверочные испытания координатно-измерительных систем(CMS). Часть 10: Лазерные трекеры, для измерения от точки к точке.

4. ASME B89.4.19. Оценка результатов деятельности, основанных на лазере сферических координатных систем измерения.

5. ИСО/МЭК 17025-2017. Общие требования к компетентности испытательных и калибровочных лабораторий.

6. ГСИ/ГСИ 2.077-2016. Испытания средств измерений в целях утверждения типа. Проверка защиты программного обеспечения.

Принципы обеспечения единства координатных измерений, геометрических параметров поверхностей сложной формы// Искендерзаде Э., Шукуфа А., Лысенко В.Г., Лаврухин А.А. Тезисы доклада XIII Всероссийской конференции «Инженерно-физические проблемы новой техники». Москва. МГТУ им. Баумана. 2018. 24 - 26 апреля.

УДК 338.31

Марков Антон Евгеньевич, студент, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Markov Anton Evgenievich, student of Komsomolsk-na-Amure State University

Щелкунов Евгений Борисович, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры «Машиностроение», Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Shchelkunov Evgeniy Borisovich, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Mechanical Engineering Department, Komsomolsk-na-Amure State University

ПРИМЕНЕНИЕ ФИЛОСОФИИ КАЙДЗЕН В РОССИЙСКИХ РЕАЛИЯХ

APPLICATION OF KAIZEN PHILOSOPHY IN RUSSIAN REALITIES

Аннотация. Перспективным путем повышения эффективности экономической деятельности предприятия является внедрение технологии кайдзен. В работе рассмотрены проблемы, затрудняющие внедрение философии кайдзен на российских предприятиях. Для решения озвученной проблемы предложено внедрение «Фабрики кайдзен» - механизма, позволяющего вовлекать различные подразделения предприятия в реализацию кайдзен-предложений.

Abstract. A promising way to improve the efficiency of the economic activity of an enterprise is the introduction of kaizen technology. The paper considers the problems that make it difficult to implement the philosophy of kaizen in Russian enterprises. To solve the voiced problem, it is proposed to introduce the "Kaizen Factory" - a mechanism that allows you to involve various departments of the enterprise in the implementation of kaizen proposals.

Ключевые слова: кайдзен, эффективность, компания, оптимизация, производственный процесс.

Key words: kaizen, efficiency, company, optimization, production process.

Введение

В современных, постоянно изменяющихся условиях рынка, перед отечественными предприятиями становится задача повышения эффективности своей деятельности. Реализации данной задачи можно достичь за счет внедрения новых прогрессивных инструментов и методов организации производства [1]

Перспективным путем повышения эффективности экономической деятельности предприятия является внедрение модели управления кайдзен. В основе этой модели лежит пять основных элементов или «5S»: Seiri - аккуратность, Seiton - порядок, Seiso - чистота, Seiketsu - стандартизирование, Shitsuke – дисциплина.

Внедрение системы кайдзен позволяет без особых затрат повысить гибкость производства, качество производимой продукции, снизить производственные затраты, адаптировать производство под изменяющийся спрос [2].

В работе рассмотрены проблемы, затрудняющие внедрение философии кайдзен на российских предприятиях, предложены пути решения данных проблем.

Основная часть

Изначально концепция Кайдзен, как одна из ключевых концепций современного менеджмента, направленная на непрерывное улучшение всех процессов производства, возникла в Японии.

Взаимоотношения между сотрудниками в японских компаниях строятся на взаимном уважении, сотрудничестве и взаимопомощи, как между членами одной большой, но дружной семьи. Повсеместно развито наставничество, когда более опытные работники передают свои знания, свой богатый опыт молодым, только начинающим свою трудовую деятельность в компании. [3, 4]

В западных компаниях (к ним относятся и российские компании) часто такие взаимоотношения между сотрудниками либо полностью отсутствуют, либо выражены в значительно меньшей степени, чем в японских компаниях. Нежелание делиться опытом на российских предприятиях объясняется боязнью опытных работников конкуренции с более молодыми и перспективными, которая может закончиться увольнением наставника за ненужностью.

Внедрение философии кайдзен на российских предприятиях зачастую связано с сопротивлением как руководства, так и рядовых исполнителей. Сопротивление руководства основывается на непонимании необходимости внедрения принципов Кайдзен, т.е. отсутствии видения явных выгод для компании [5].

Сопротивление сотрудников компании объясняется нежеланием «вешать» на себя дополнительные проблемы в дополнение к основным производственным обязанностям.

Процесс внедрения нового должен идти снизу-вверх. Система подачи кайдзен-предложений направлена на вовлечение персонала предприятия в постоянный процесс улучшений [1].

Как правило, любое усовершенствование производственного процесса ведет к оптимизации, что несёт для сотрудников неприятные последствия: сокращение норм или увольнение сотрудников.

Рассмотрим ситуацию, работник проработал 20 лет, и знает, как улучшить тот или иной процесс, подаёт кайдзен, но из-за того, что для его реализации требуется подключение нескольких отделов, и тут возникает 2 проблемы:

1 Ответственный в подразделении не заинтересован в реализации «тяжёлого» кайдзена, т.к. есть план по реализации кайдзен в подразделении, и легче реализовать 3 «простых» предложения, чем возиться с одним.

2 Отделы которые необходимо привлечь, для воплощения в жизнь кайдзен, не заинтересованы в его реализации, т.к. заняты своими прямыми обязанностями.

Как результат, человек решает, что его предложения не интересуют руководство, а руководство теряет возможность оптимизировать процессы и мотивированного на улучшение работника.

Таким образом для стимулирования и реализации кайдзен-предложений, требующих привлечения различных подразделений предприятия и денежных средств (такой кайдзен называют «тяжелым») предприятиям требуется эффективный механизм. Назовём этот механизм «Фабрика кайдзен».

Внедрение инструмента «Фабрика кайдзен» позволит:

- 1 повысить мотивацию персонала;
- 2 воплотить в жизнь кайдзен, которые могли бы так и остаться на бумаге;
- 3 получить значительный экономический эффект.

Для реализации «Фабрики кайдзен» необходимо:

1 Создать в корпоративной сети портал «Фабрика кайдзен» и предоставить доступ к предложениям ответственным по подразделению за реализацию кайдзен, начальникам управлений и руководителю предприятия.

2 Обязать ответственных по подразделениям, отправлять перспективные и «тяжелые» кайдзен предложения на портал, предварительно уточнять «узкие» моменты у инициатора предложения.

3 Раз в месяц вышеперечисленным составом рассматривать предложения, поступившие за отчетный период, для выяснения разумности предложений.

Заключение

Большинство предприятий России предпочитают работать по-старому, по принципу «у нас так принято» и «раньше же работали», при этом упуская возможность оптимизировать своё производство как с экономической точки зрения, так и с технологической.

В работе рассмотрены проблемы, затрудняющие внедрение философии кайдзен на российских предприятиях. Для решения озвученной проблемы предложено внедрение «Фабрики кайдзен» - механизма, позволяющего вовлекать различные подразделения предприятия в реализацию кайдзен-предложений.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. 1 Косолапов, Ю. В. Инновационная активность персонала: понятие и условия повышения / Ю. В. Косолапов, Е. А. Костромина // Инновации в отраслях народного хозяйства, как фактор решения социально-экономических проблем современности : Сборник докладов и материалов IX Международной научно-практической конференции, Москва, 19–20 декабря 2019 года. – Москва: Автономная некоммерческая организация высшего образования "Институт непрерывного образования", 2019. – С. 132-137. – EDN SJMERF.

2. Стуков С.П., Елагина В.Б. Система "кайдзен": основы, преимущества и возможности введения в российских компаниях // Вестник магистратуры. 2018. №1-3 (76). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sistema-kaydzen-osnovy-preimuschestva-i-vozmozhnosti-vvedeniya-v-rossiyskih-kompaniyah> (дата обращения: 02.04.2023).

3. 3 Магомедова, Н. И. "Бережливое производство" как фактор повышения экономической эффективности предприятий / Н. И. Магомедова // УЭПС: управление, экономика, политика, социология. – 2019. – № 2. – С. 34-39. – DOI 10.24411/2412-2025-2019-00017. – EDN YGOAAS.

4. Масааки Имаи. Кайдзен: ключ к успеху японских компаний - М.: Альпина Паблишерз, 2011 г. - 273 с.

Овсянникова А.О., Широченко Н.В. Кайдзен: преимущества технологии и проблемы внедрения на российских предприятиях // Актуальные проблемы авиации и космонавтики. 2011. №7. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/kaydzen-preimuschestva-tehnologii-i-problemy-vnedreniya-na-rossiyskih-predpriyatiyah> (дата обращения: 02.04.2023).

УДК 621.516

Мельник Денис Константинович, студент, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Melnik Denis Konstantinovich, student, Komsomolsk-na-Amure State University

Щетинин Владимир Сергеевич, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры «Машиностроение», Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Shchetinin Vladimir Sergeevich, Doctor of Engineering Sciences, Professor, Professor of the Mechanical Engineering Department, Komsomolsk-na-Amure State University

ПРИМЕНЕНИЕ ИНГИБИТОРОВ НА УСТАНОВКАХ ЗАМЕДЛЕННОГО КОКСОВАНИЯ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ

APPLICATION OF INHIBITORS IN DELAYED COKING PLANTS TO INCREASE EFFICIENCY

Аннотация. Целью данной работы является решение практической задачи уменьшения отложения кокса на установках замедленного коксования. Предложено решение задачи путем применения ингибитора коксообразования в технологическом процессе. Положительный результат от предлагаемого решения проявляется в уменьшении затрат на необходимость остановки и очистки образований кокса на стенках технологических линий.

Abstract. The purpose of this work is to solve the practical problem of reducing coke deposition in delayed coking units. A solution to the problem is proposed by using an inhibitor of coke formation in the technological process. A positive result from the proposed solution is manifested in the reduction of costs for the need to stop and clean up coke formations on the walls of production lines.

Ключевые слова: коксообразование, установка замедленного коксования, печь, колонна, деэмульгатор, антипенная присадка, насос.

Key words: coke formation, delayed coking unit, bake, column, demulsifier, antifoam additive, pump.

Введение

Одна из самых актуальных проблем в нефтегазовой промышленности России - это дефицит мощности для производства мономеров. Поэтому процесс пиролиза стал одним из самых развивающихся процессов нефтегазпереработки. В связи с этим стала выявляться проблема закоксовывания реакторной и теплообменной аппаратуры.

Отложение кокса на стенках теплообменных и реакторных линий происходит из-за высоких температур газа. На стенках образовавшийся кокс образует гидравлические сопротивления, которые препятствуют потоку движения в процессе пиролиза. С течением времени откладывающийся кокс нарастает на стенках до таких размеров, что затрудняет дальнейшую эксплуатацию технологических линий и необходима их очистка для дальнейшей эксплуатации. В производстве применяемым решением стали ингибиторы коксообразования и коксоотложения.

Целью данной работы является решение практической задачи уменьшения отложения кокса на установках замедленного коксования.

Основная часть

Кокс образовавшийся на стенках внутри трубопроводных линий становится серьезной проблемой, вследствие которой постепенно происходит снижение теплопередачи. Так же происходит уменьшение получаемого продукта, так как нарастание кокса в реакционных камерах уменьшает объем проходимой зоны. Временным решением стало дополнительное увеличение температуры на входе в реактор и в змеевиках печи. Данный способ хоть и является эффективным, однако не решает проблемы быстрого

нарастания температуры, из-за которой происходит увеличение давления на входе и выходе. Поэтому необходимо периодически останавливать печь, для удаления отложившегося на стенках кокса. Процесс декоксования, благодаря которому происходит удаление отложившегося на стенках кокса, приводит к снижению срока службы и производительности технологических линий, а также и увеличиваются расходы [1].

В связи с этим, что бы увеличить межремонтный интервал для очистки образовавшегося кокса был рассмотрен вариант применения ингибиторов коксообразования, которые показали себя с очень хорошей стороны и зарекомендовали на рынке. Из большого перечня выбора были выделены ингибиторы коксования Dewaxol (ГК «Мирико»), которые зарекомендовали себя высоким качеством и видимым эффектом.

Ингибиторы коксообразования и коксоотложения Dewaxol в составе 1001 и 1004 могут быть использованы для уменьшения коксовых отложений со стенок технологических линий и поверхностей оборудования путем химического связывания полимеризации и поликонденсации частиц кокса и пассивации металлических поверхностей.

Установка замедленного коксования – основной целью этой установки является производство кокса. Прежде чем достичь точки коксования, сырье проходит ряд процессов при высоких температурах, которые запускают образование кокса благодаря его коксуемым свойствам [2].



В основном кокс откладывается на внутренних поверхностях реакционных змеевиков печей. Опыт применения ингибиторов коксообразования марок 1001 и 1004 показал, что при соблюдении необходимых режимов работы можно в разы сократить количество отложений кокса на стенках трубопроводных линий. На рисунке 1 наглядно продемонстрировано количество кокса образовавшегося в период остановки установки на ремонт [3,4].

Рисунок 1 – Состояние змеевика на выходе из печей

Для мониторинга состояния оборудования и этапов его загрязнения на установках замедленного коксования был предложен и впоследствии внедрен периодический отбор проб. Мониторинг обработки проб осуществлялся аналитическим оптическим способом, с помощью которого удалось отслеживать количество образовавшихся частиц кокса на стенках оборудования. На рисунке 2 представлена гистограмма, в которой можно наглядно проследить соотношение частиц образовавшегося кокса за период реагентной обработки, и сделать вывод о целесообразном применении данного ингибитора.

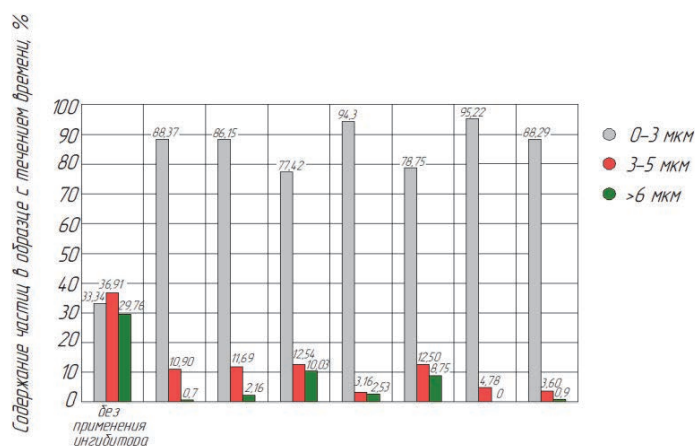


Рисунок 2 – Размеры частиц кокса в пробах

На представленной гистограмме можно наглядно видеть процесс образования частиц кокса и их реальный размер благодаря отбору проб. Без применения ингибитора соотношение частиц разного размера в замере близко к единице. С добавлением ингибитора размер частиц кокса, которые варьируются от 0 до 3 мкм составляет почти 90% от всего объема, что значительно уменьшает время нарастания на стенках трубопроводных линий. Размеры частиц от 3 до 5 мкм составляют почти 8% от общего объема, а частицы, которые больше 6 мкм, составляют минимальную часть. Благодаря ингибитору удалось сохранить кокс в мелкодисперсном состоянии и замедлить процесс нарастания частиц друг на друга [5].

Заключение

Из представленных результатов можно сделать вывод, что применение данного ингибитора эффективно на установках замедленного коксования. Поэтому введение данного ингибитора в технологический процесс покажет только положительный результат, проявляющийся в уменьшении затрат на необходимость остановки и очистки образований кокса на стенках технологических линий. Необходимость внедрения такого ингибитора на ООО «Комсомольском НПЗ» является перспективным нововведением, благодаря которому удастся увеличить межремонтный пробег установки на 30 и более процентов.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

- 1 Магарил Р.З. Теоретически основы химических процессов переработки нефти: Учебное пособие для вузов. – Л.: Химия, 1985, 280с.
- 2 Магарил Р.З. Образование углерода при термических превращениях индивидуальных углеводородов и нефтепродуктов / Р.З. Магарил. – М.: Химия, 1973. – 144с.
- 3 Гаскаров, Н.С. Новое в технологии замедленного коксования / Н.С. Гаскаров, В.В. Верба, Р.Н. Гимаев. – М.: ЦНИИТЭНефтехим, 1971. – С. 20- 21.
- 4 Кузора, И.Е. Подготовка сырья для установки замедленного коксования / И.Е. Кузора, А.И. Юшинов, В.А. Кривых, С.Г. Кращук // Химия и технология топлив и масел. – 2000. – № 3. – С. 44–46.
5. Долина, Л. Ф. Современная технология и сооружение для очистки нефтесодержащих сточных вод / Монография. – Днепропетровск: Континент, 2005. – 296с.

УДК 621.565

Морквин Никита Андреевич, студент, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Morkvin Nikita Andreevich, student, Komsomolsk-na-Amure State University

Отряскина Татьяна Александровна, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры «Машиностроение», Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Otryaskina Tatyana Aleksandrovna, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Mechanical Engineering Department, Komsomolsk-na-Amure State University

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СПИРАЛЬНЫХ ПЕРЕГОРОДОК НА ПРОЦЕСС ТЕПЛООБМЕНА

INVESTIGATION OF THE INFLUENCE OF SPIRAL PARTITIONS ON THE HEAT TRANSFER PROCESS

Аннотация. В данной статье с помощью программного пакета Solid Works рассматриваются изменения в физических закономерностях процесса теплообмена вследствие

замены стандартных перегородок в межтрубном пространстве на перегородки спирального типа. В частности, рассматривается влияние на скорость потока в межтрубном пространстве и перепад температуры в теплообменном аппарате.

Abstract. In this article, using the Solid Works software package, changes in the physical laws of the heat transfer process due to the replacement of standard baffles in the annular space with spiral-type baffles are considered. In particular, the influence on the flow rate in the annular space and the temperature drop in the heat exchanger is considered.

Ключевые слова: теплопередача, спиральные перегородки, теплообменный аппарат.

Key words: heat exchange, spiral baffles heat exchanger, spiral plate.

Введение

Теплообменное оборудование в нефтяной отрасли является одной из важных частей топливно-энергетического баланса завода, позволяя значительно снижать тепловые потери за счёт рекуперации тепла отходящих потоков [1].

Теплообменные аппараты подвержены ряду проблем, одной из них является нарастание нефтяных и коксовых отложений в межтрубном пространстве. Главной причиной таких отложений является наличие застойных (непроточных) зон [2-5].

В данной статье производился расчёт случайной модели теплообменного аппарата двух конфигураций с целью экспериментального определения влияние спиральных перегородок на скорость потока и эффективность теплообменного аппарата.

Основная часть

Расчёт производился на базе программного пакета Solid WORKS 2020 с дополнением «Flow Simulation». Данное программное решение позволяет выполнить в короткие сроки симуляцию движения частиц жидкости и газа и их термодинамическое взаимодействие.

Для данного расчёта были разработаны две модели теплообменного аппарата, с обычными вертикальными перегородками в межтрубном пространстве рисунок 1 и со спиральными перегородками рисунок 2.

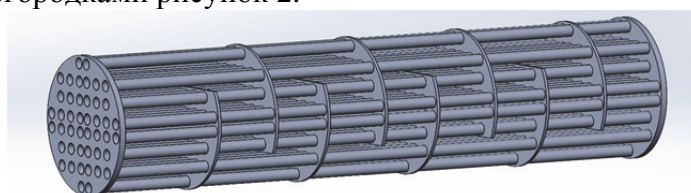


Рисунок 1 - Трубный пучок с вертикальными перегородками (Конфигурация 1)

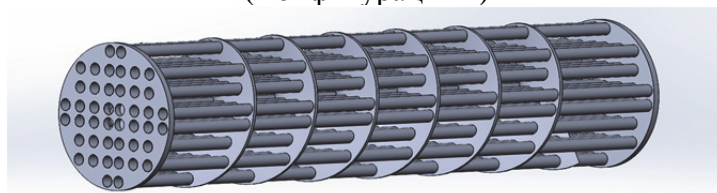


Рисунок 2 - Трубный пучок со спиральными перегородками (Конфигурация 2)

В качестве граничных условий был выбран противоток жидкости со скоростью 8 м/с и температурами 20 и 77 °С для холодного и горячего потока соответственно.

Результатами расчёта являются диаграммы изменения скорости и температуры потока в межтрубном пространстве для каждой конфигурации.

На рисунке 3 можно отчётливо идентифицировать большое количество зон, в которых скорость потока приближается к нулевым значениям, это позволяет судить об образовании застойных зон (рисунок 4).

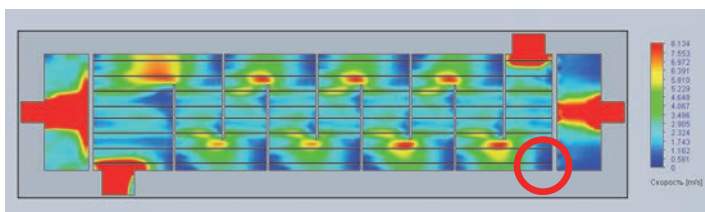


Рисунок 3 - Диаграмма скоростей для конфигурации 1

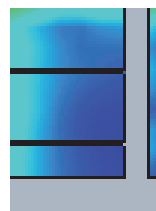


Рисунок 4 - Застойная зона

По диаграмме скоростей для второй конфигурации видно равномерное распределение потока по всей области спиральной перегородки, застойные зоны образуются только в областях входа и выхода потока (рисунок 5).

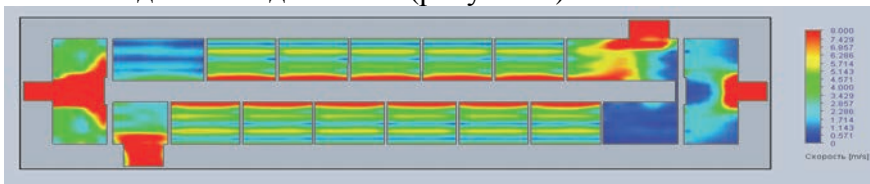


Рисунок 5 - Диаграмма скоростей для конфигурации 2

На рисунках 6 и 7 представлены диаграммы температуры в межтрубном пространстве для конфигураций 1 и 2 соответственно.

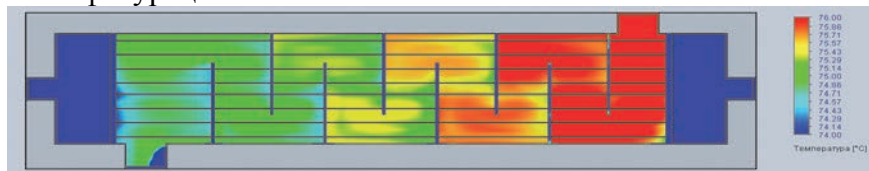


Рисунок 6 - Диаграмма температур межтрубного пространства для конфигурации 1



Рисунок 7 Диаграмма температур межтрубного пространства для конфигурации 2

Исходя из данных диаграмм можно сделать вывод, что эффективность теплообмена во второй конфигурации падает приблизительно на 0,5 °С, что составляет приблизительно 0.06%.

Данный вывод справедлив и для трубного пространства (рисунки 8, 9)

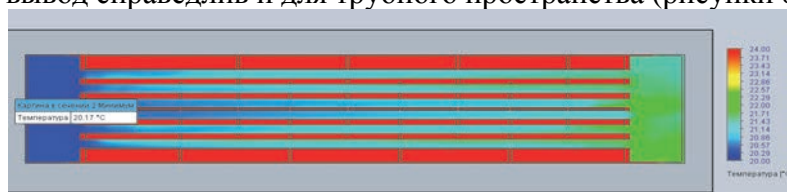


Рисунок 8 - Диаграмма температур трубного пространства для конфигурации 1

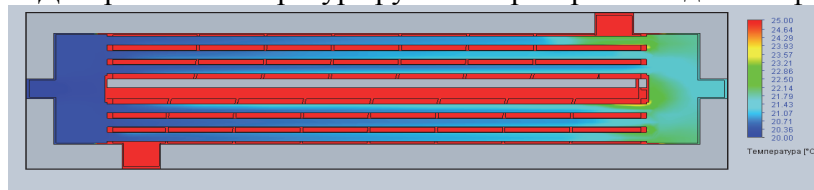


Рисунок 9 - Диаграмма температур трубного пространства для конфигурации 2

Заключение

Исходя из полученных данных можно сделать вывод, что использование спиральных перегородок в теплообменных аппаратах целесообразно для борьбы с застой-

ными зонами, вызывающими отложения на трубных пучках, так как при незначительном снижении эффективности аппарата данные перегородки обеспечивают равномерное распределение скорости потока по межтрубному пространству аппарата.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Четверткова, О.В. Влияние расстояния между поперечными перегородками и высоты выреза перегородки на тепловую эффективность кожухотрубчатого теплообменника / О.В. Четверткова, Р.Г. Ризванов, Р.Р. Чернятьева // Электронный научный журнал «Нефтегазовое дело». – 2015. – № 6. – С. 452-465.
2. Ильин, Р.А. Современные проблемы энергосбережения в производстве / Р.А. Ильин, Р.А. Лиджи-Горяев // Путь науки. – 2015. – № 1(11). – С. 36-38.
3. Расчет на прочность сосудов и аппаратов (СТО-СА03-002-2009)/ Колл. авт. – 1-е изд. – Российская ассоциация экспертных организаций техногенных объектов повышенной опасности (Ассоциация Ростехэкспертиза), М., 2009 – 278 с.
4. Отряскина, Т. А. Совершенствование системы циркуляции теплоносителя в газоохлаждаемом реакторе / Т. А. Отряскина, А. К. Кравченко // Наука, инновации и технологии: от идей к внедрению: Материалы II Международной научно-практической конференции молодых ученых, Комсомольск-на-Амуре, 14–18 ноября 2022 года / Редакция: А.В. Космынин (отв. ред.) [и др.]. Том Часть 2. – Комсомольск-на-Амуре: Комсомольский-на-Амуре государственный университет, 2022. – С. 144-147. – EDN XOUWGE.
5. Морквин, Н. А. Интенсификация теплообмена с помощью снижения застойных зон / Н. А. Морквин, Т. А. Отряскина // Наука, инновации и технологии: от идей к внедрению: Материалы Международной научно-практической конференции, Комсомольск-на-Амуре, 07–11 февраля 2022 года. – Комсомольск-на-Амуре: Комсомольский-на-Амуре государственный университет, 2022. – С. 397-398. – EDN JNUVFF.

УДК 621.74.045

Намоконов Александр Николаевич, аспирант Комсомольского-на-Амуре государственного университета

Namokonov Alexander Nikolaevich, postgraduate student of Komsomolsk-na-Amure State University

Чернышова Дарья Витальевна, аспирантка Комсомольского-на-Амуре государственного университета

Chernyshova Darya Vitalievna, postgraduate student Komsomolsk-na-Amure State University

Иванкова Евгения Павловна кандидат технических наук, доцент кафедры «Промышленная электроника», Комсомольского-на-Амуре государственного университета

Ivanova Evgeniya Pavlovna Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Industrial Electronics, Komsomolsk-na-Amure State University

ОСОБЕННОСТИ ТРЕЩИНОСТОЙКОСТИ КЕРАМИЧЕСКИХ ОБОЛОЧКОВЫХ ФОРМ ПРИ ЗАТВЕРДЕВАНИИ В НИХ ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ И ШАРООБРАЗНОЙ СТАЛЬНЫХ ОТЛИВОК

FRACTURE RESISTANCE OF CERAMIC SHELL MOULDS DURING CURING OF CYLINDRICAL AND SPHERICAL STEEL CASTINGS

Аннотация. В данной работе было проведено сравнение результатов теоретического исследования напряженного состояния оболочковой формы при затвердевании в ней стальной отливки в виде шара и цилиндра с использованием апробированного численного метода. Результаты сравнения представлены в виде полей напряжений и перемещений.

Abstract. In this study we compared the results of theoretical investigation of the stress state of a shell mould during solidification of a steel casting in the form of a sphere and a cylinder with the use of a validated numerical method. The results are presented in the form of stress and displacement fields for the cooling time of the castings.

Ключевые слова: напряженно-деформируемое состояние, литье по выплавляемым моделям, оболочковая форма, моделирование.

Key words: stress-strain state, investment casting, shell mould, modelling.

Введение

Трещиностойкость керамической оболочковой формы (ОФ) в литье по выплавляемым моделям (ЛВМ) зависит, главным образом, от ее напряженно-деформируемого состояния (НДС) на разных этапах формообразования, особенно на операциях заливки жидким металлом и охлаждении затвердевающей отливки. Конфигурация получаемых отливок может быть самой разнообразной: от простых (шар, цилиндр, куб и др.), до самых сложных и ажурных. Поэтому все теоретические и экспериментальные исследования первично проводят на простых моделях с последующим усложнением их конфигураций. Наиболее доступным и эффективным подходом к решению реальных практических задач является математическое моделирование с использованием численных методов.

Основная часть

Стойкость к трещиностойкости ОФ оценивается по их НДС, возникающему в форме при ее заливке жидким металлом и последующему охлаждению и кристаллизации в ней получаемой отливки. Так, результаты процесса математического моделирования НДС ОФ, заформованной в опорный наполнитель (ОН), описаны в работах [1-4], где в качестве конфигурации получаемой отливки, представлен цилиндр (стояк) со сферической донной частью (зумпфом).

В работе [5] проведен процесс моделирования трещиностойкости керамической оболочковой формы с учетом установленных количественных и качественных показателей напряженно-деформируемого состояния оболочковой формы при формировании в ней стальной отливки в виде шара.

Вызывает как научный, так и практический интерес сравнения особенностей показателей трещиностойкости керамической ОФ при затвердевании в ней цилиндрических и шарообразных стальных отливок, что позволит смоделировать процесс проектирования новых технологических решений формообразования форм для других реальных профильных отливок. На данном этапе сравнение таких особенностей возможно провести только по анализу результатов, имеющихся в публикациях.

При решении такой задачи по расчету напряженно-деформируемого состояния оболочковых форм для цилиндрической и шарообразной отливок использовался апробированный численный метод, описанный в работе [6] и примененный во всех расчетах выполненных авторами работ [1-5]. В этом методе исследуемую область разбивают на конечное количество ортогональных элементов, и для каждого из этих элементов записывается и решается уравнение с учетом начальных и граничных условий система, по разработанной в работе [6] методике и составленному алгоритму. В результате решения получены величины напряжений и перемещений по граням каждого элемента и средняя температура по каждому элементу на временном шаге.

Построение математической модели для отливки типа «шар» является подобной по построению математической модели типа «цилиндр». Отличительными характеристиками этих моделей является геометрия исследуемых отливок, а также граничные условия в построение задач [4, 5]. Сравнение результатов вычислений НДС ОФ для цилиндрических и шарообразных отливок проводилось для приблизительно одинаковых технологических условий формирования отливок.

На рисунке 1 приведено поле температуры (а) и эпюры напряжений σ_{22} (б) для цилиндрической отливки в двух временных интервалах охлаждения $\tau_{\text{охл}} = 1,65$ с. и $\tau_{\text{охл}} = 29,65$ с. для структуры ОФ, когда один из внутренних слоев выполнен из особого материала [4].

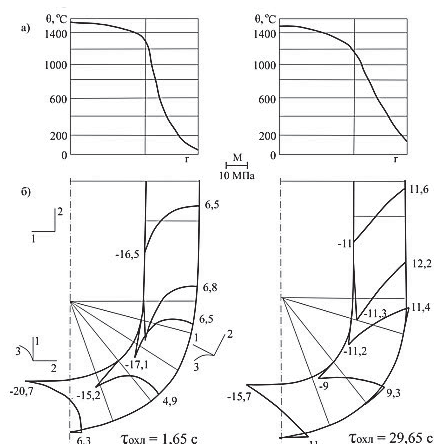


Рисунок 1 – Распределение температуры (а) и эпюры напряжений σ_{22} (б) по толщине ОФ в разных сечениях и в динамике ее охлаждения после заливки стали в холодную форму $\tau_{\text{охл}} = 1,65$ с. и $\tau_{\text{охл}} = 29,65$ с

Из рисунка видно, что сжимающие напряжения σ_{22} имеют наибольшее значения в начальный момент во внутреннем слое оболочковой формы, а растягивающие напряжения σ_{22} имеют наибольшие величины при температуре охлаждения $\tau_{\text{охл}} = 29,65$ с. в сечении стыка сферической и цилиндрической частей ОФ.

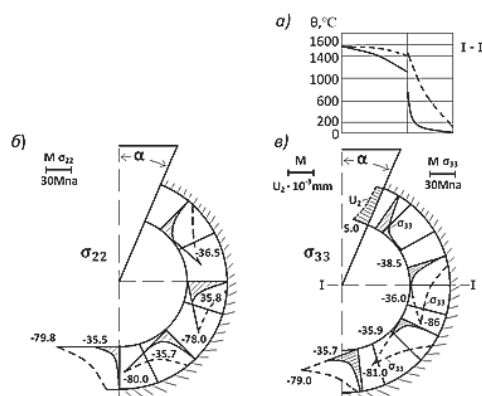


Рисунок 2 – Поле температуры (а), нормальных напряжений σ_{22} (б) и σ_{33} (в) в образующейся корочке металла при $\alpha = 30^\circ$ времени охлаждения $\tau_{\text{охл}} = 7,1$ с. (—) и $\tau_{\text{охл}} = 51$ с. (- - -)

На рисунке 2 показано поле температуры (а), нормальных напряжений σ_{22} (б) и σ_{33} (в) в образующейся корочке металла при $\alpha = 30^\circ$ при времени охлаждения $\tau_{\text{охл}} = 7,1$ с. (—) и $\tau_{\text{охл}} = 51$ с. (- - -) для сферической отливки [5].

Вся область оболочковой формы находится в зоне сжимающих нормальных напряжений σ_{22} и σ_{33} , максимальное значение которых находится на поверхности контакта оболочковой формы с жидким металлом. Максимальные по абсолютной величине напряжения σ_{33} увеличиваются снизу вверх к литниковой воронке.

Закключение

НДС в ОФ при охлаждении в ней стальной шарообразной отливки отличается от такового в цилиндрической стальной отливки.

Для цилиндрической отливки величина охвата ОФ опорным наполнителем не играет роли. Наиболее опасным для трещинообразования ОФ при формировании в ней цилиндрической отливки являются нормальные растягивающие напряжения σ_{22} , а для шарообразной отливки нормальные растягивающие напряжения σ_{33} .

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Расчет напряжений и деформаций в оболочковой форме при затвердевании отливки / В. В. Петров, Н. И. Аласкаров, В. И. Одинокоев // Литейное производство. – 2000. – №3. – С. 53-55
2. Евстигнеев, А. И. Напряженно-деформированное состояние монослойных оболочковых форм при затвердевании отливок / А. И. Евстигнеев, В. И. Одинокоев, Э. А. Дмитриев // Известия высших учебных заведений. Черная металлургия. – 2010. – № 2. – С. 37-39. – EDN QCFFFB.
3. Одинокоев, В. И. Эволюция напряжённого состояния керамической формы при нестационарном внешнем тепловом воздействии / В. И. Одинокоев, Г. М. Севастьянов, И. Г. Сапченко // Математическое моделирование. – 2010. – Т. 22, № 11. – С. 97-108. – EDN RXPКСН.
4. Прогнозирование трещиностойкости многослойных оболочковых форм при заливке их сталью / В. И. Одинокоев, А. И. Евстигнеев, Э. А. Дмитриев [и др.] // Литейное производство. – 2020. – № 7. – С. 26-30. – EDN TSAUZV.
5. О трещиностойкости керамической оболочковой формы по выплавляемым моделям при затвердевании в ней шарообразной стальной отливки / А. И. Евстигнеев, Э. А. Дмитриев, В. И. Одинокоев [и др.] // Литейное производство. – 2022. – № 9. – С. 17-21. – EDN BSLLOC.
6. Математическое моделирование сложных технологических процессов / В. И. Одинокоев [и др.] ; [отв. ред. А. И. Евстигнеев] ; Российская акад. наук, Дальневосточное отд-ние, Ин-т машиноведения и металлургии. – Москва : Наука, 2008. – 176 с. – ISBN 978-5-02-035563-7. – EDN QNBYJV.

УДК 621.9.05

Орлов Андрей Александрович, студент, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Orlov Andrey Alexandrovich, student of Komsomolsk-na-Amure State University

Махкамов Рамазон Солехжонович, студент, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Makhkamov Ramazon Solekhzhonovich, student of Komsomolsk-na-Amure State University

Щелкунов Евгений Борисович, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры «Машиностроение», Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Shchelkunov Evgeniy Borisovich, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Mechanical Engineering Department, Komsomolsk-na-Amure State University

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ РЕЖИМА РЕЗАНИЯ НА СОСТОЯНИЕ ЗАГОТОВКИ В ПРОЦЕССЕ ОБРАБОТКИ

ANALYSIS OF THE INFLUENCE OF THE CUTTING MODE ON THE STATE OF THE WORKPIECE DURING THE PROCESSING

Аннотация. В работе проведен анализ деформации заготовки «кронштейн» под воздействием режущего инструмента в процессе обработки фрезерованием и сверлением, проведенный в модуле Simulation программы Solidworks. В процессе анализа к 3D-

модели заготовки, закрепленной в технологическом приспособлении, прикладывалась расчетная нагрузка, соответствующая заданному режиму резания. В результате анализа выявлены области заготовки, наиболее подверженные деформации.

Abstract. The paper analyzes the deformation of the "bracket" workpiece under the influence of a cutting tool in the process of milling and drilling, carried out in the Simulation module of the Solidworks program. In the process of analysis, a calculated load corresponding to a given cutting mode was applied to a 3D model of a workpiece fixed in a technological fixture. As a result of the analysis, the areas of the workpiece that are most susceptible to deformation were identified.

Ключевые слова: система автоматизированного проектирования, заготовка, приспособление, проектирование, инженерный анализ.

Key words: computer-aided design system, blank part, fixture, design, engineering analysis.

Введение

При проектировании технологических операций обработки деталей резанием важно подобрать такой режим обработки, при котором достигается необходимая точность и шероховатость получаемых поверхностей, а также высокая производительность и минимальная себестоимость обработки. Производительность обработки зависит от скорости резания, подачи и глубины резания, определяющих объем снимаемого материала за единицу времени. При завышенных режимах обработки силы механического воздействия инструмента на заготовку могут вызывать деформацию заготовки, что явится причиной брака [1, 2].

Проверить влияние выбранного режима резания на состояние заготовки в процессе обработки возможно на этапе проектирования технологических операций. Для этого используются возможности инженерного анализа (CAE) систем автоматического проектирования (САПР) [3, 4, 5].

В данной работе представлены результаты анализа состояния заготовки детали «кронштейн» в процессе обработки на сверлильно-фрезерно-расточном станке.

Основная часть

Деталь «кронштейн» (рисунок 1) изготавливается из алюминиевого сплава АК-4, имеет габариты 140x141x52 мм и массу 0,65 кг.

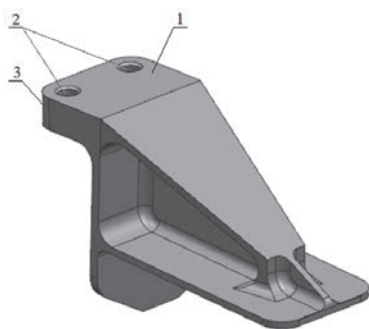


Рисунок 1 – Деталь «кронштейн»

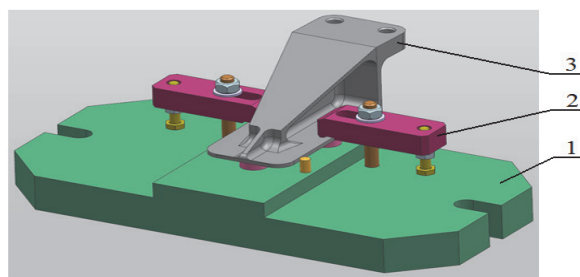


Рисунок 2 – Заготовка детали «кронштейн» в приспособлении

На исследуемой технологической операции обрабатываются привалочная поверхность 1 и боковая поверхность 3 лапы, отверстия 2.

На рисунке 2 показана установка заготовки «Кронштейн» в приспособлении. Заготовка 3 позиционируется на основании 1 приспособления с помощью стандартных установочных элементов и зажимается двумя прихватами 2. Данное приспособление должно обеспечивать за счет своей геометрической точности и жесткости необходимую точность обработки детали.

Анализ величины деформаций заготовки под воздействием сил, возникающих при обработке, выполнялся в модуле Simulation программы SolidWorks. В процессе анализа к 3D-модели заготовки, закрепленной в технологическом приспособлении, прикладывалась расчетная нагрузка, соответствующая заданному режиму резания.

Исследование показало, что наибольшие значения деформации возникают в процессе фрезерования верхней плоскости (поверхность 1 на рисунке 1). На рисунках 3 и 4 представлена эпюра перемещений в поверхности лапы, возникающих в процессе обработки. Видно, что наибольшее перемещение областей обрабатываемой поверхности не превышает значения $2,2 \cdot 10^{-4}$ мм, что находится в допустимых пределах.

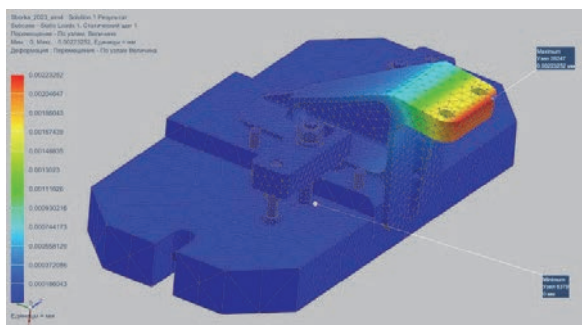


Рисунок 3 – Эпюра перемещений (вид сверху)

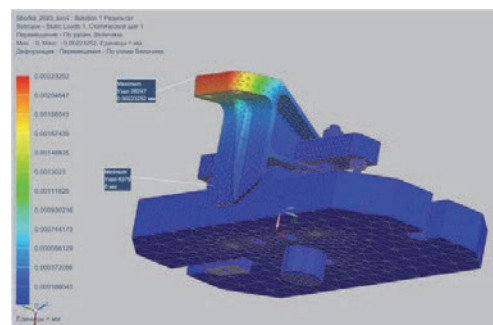


Рисунок 4 – Эпюра перемещений (вид снизу)

Заключение

В работе проведен анализ деформации заготовки «кронштейн» под воздействием режущего инструмента в процессе обработки фрезерованием и сверлением, проведенный в модуле Simulation программы Solidworks. В процессе анализа к 3D-модели заготовки, закрепленной в технологическом приспособлении, прикладывалась расчетная нагрузка, соответствующая заданному режиму резания.

В результате анализа выявлены области заготовки, наиболее подверженные деформации. Рассчитанные значения деформации находятся в пределах допустимого и не могут повлиять ни на точность формы будущей детали, ни на точность механической обработки.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Щелкунов, Е. Б. Выбор оптимальной стратегии обработки корпусной детали с помощью CAD/CAM-систем / Е. Б. Щелкунов, Р. С. Карпов // Наука, инновации и технологии: от идей к внедрению : Материалы II Международной научно-практической конференции молодых ученых, Комсомольск-на-Амуре, 14–18 ноября 2022 года / Редколлегия: А.В. Космынин (отв. ред.) [и др.]. Том Часть 2. – Комсомольск-на-Амуре: Комсомольский-на-Амуре государственный университет, 2022. – С. 192-194. – EDN CYVFUM.
2. Исследование и разработка конструкции детали кронштейн с использованием CAD/CAE систем / А. И. Пронин, Е. Б. Щелкунов, А. Е. Султангареева [и др.] // Ученые записки Комсомольского-на-Амуре государственного технического университета. – 2017. – Т. 1, № 1(29). – С. 27-32. – EDN YKTDPD.
3. Ведмидь, П.А. Программирование обработки в NX CAM / П. А. Ведмидь, А. В. Сулинов. - М.: ДМК Пресс, 2014. – 303 с.
4. Ловыгин А. А., Теверовский Л. В. Л68 Современный станок с ЧПУ и CAD/CAM-система. – М.: ДМК Пресс, 2012. – 279 с.
5. Кононенко, Р. С. Системы автоматизированного проектирования для машиностроения / Р. С. Кононенко, Е. Б. Щелкунов // Молодежь и наука: актуальные проблемы

фундаментальных и прикладных исследований : Материалы V Всероссийской национальной научной конференции молодых учёных, Комсомольск-на-Амуре, 11–15 апреля 2022 года. Том Часть 2. – Комсомольск-на-Амуре: Комсомольский-на-Амуре государственный университет, 2022. – С. 35-37. – EDN WESEMR.

УДК 621.9.05

Орлов Андрей Александрович, студент, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Orlov Andrey Alexandrovich, student of Komsomolsk-na-Amure State University

Махкамов Рамазон Солехжонович, студент, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Mahkamov Ramazon Solekhzhonovich, student of Komsomolsk-na-Amure State University

Щелкунов Евгений Борисович, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры «Машиностроение», Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Shchelkunov Evgeniy Borisovich, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Mechanical Engineering Department, Komsomolsk-na-Amure State University

АНАЛИЗ ЖЕСТКОСТИ СТАНОЧНОГО ПРИСПОСОБЛЕНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ CAD/CAE СИСТЕМ

ANALYSIS OF RIGIDITY OF A MACHINE DEVICE USING CAD/CAE-SYSTEMS

Аннотация. В производстве машиностроительной продукции применяется большой объем станочных операций обработки деталей. Для позиционирования и закрепления деталей на станках используются приспособления, конструкция которых должна обеспечивать необходимую точность обработки. В работе представлена конструкция специального приспособления для обработки детали «кронштейн». Выполнен анализ жесткости наиболее нагруженных элементов приспособления с помощью средства инженерного анализа САПР.

Abstract. In the production of engineering products, a large amount of machine operations for processing parts is used. For positioning and fixing parts on machines, fixtures are used, the design of which must ensure the necessary accuracy of processing. The paper presents the design of a special device for processing the "bracket" part. An analysis of the stiffness of the most loaded elements of the fixture was performed using the CAD engineering analysis tool.

Ключевые слова: приспособление, проектирование, инженерный анализ, жесткость, деформация.

Key words: adaptation, design, engineering analysis, rigidity, deformation.

Введение

В производстве машиностроительной продукции применяется большой объем станочных операций обработки деталей. Для позиционирования и закрепления деталей на станках используется универсальная либо специальная (в зависимости от типа производства) технологическая оснастка – технологические приспособления. Конструкция приспособления должна обеспечивать быстроту установки и снятия заготовки, точность установки и жесткость закрепления. Точность обработки заготовки, закрепленной в приспособлении, во многом обеспечивается благодаря жесткости самого приспособления. [1, 2, 3]

В данной работе решена задача обеспечения жесткости специального станочного приспособления для обработки детали «кронштейн» на этапе его проектирования в системе САПР.

Основная часть

Приспособление предназначено для обработки детали «Кронштейн» (рисунок 1) размером 140x141x52 мм и массой 0,65 кг на сверлильно-фрезерно-расточном станке с ЧПУ. Материал детали алюминиевый жаропрочный сплав АК-4. Масса заготовки 0,9 кг.

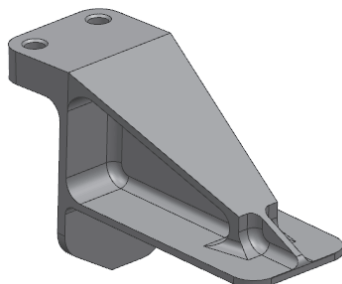


Рисунок 1 – Деталь «Кронштейн»

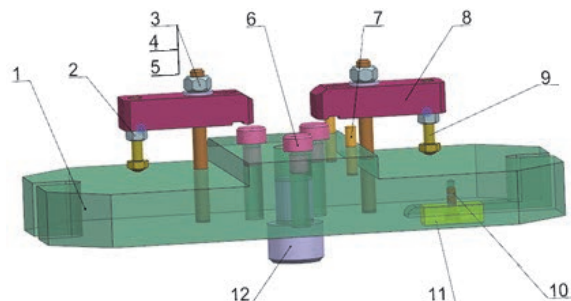


Рисунок 2- 3D-модель приспособления

На рисунке 2 изображена 3D-модель проектируемого приспособления.

Приспособление размещается на столе станка, при этом палец 12 устанавливается в центральное отверстие стола, а шпонка 11 в паз стола. Шпонка 11 закрепляется на основании с помощью винта 10.

Обрабатываемая заготовка устанавливается на 3 опоры 6, зафиксированные на основании 1 и упирается боковой поверхностью в цилиндрические опоры 7. Закрепляется заготовка в приспособлении прихватами 8 с помощью шпилек 3, шайб 4 и гаек 5. Также фиксацию прихватов 8 на основании 1 обеспечивают опоры 9 и гайки 2.

На рисунке 3 показана установка заготовки в приспособлении. Усилие зажима прижимными элементами равно 264 Н.

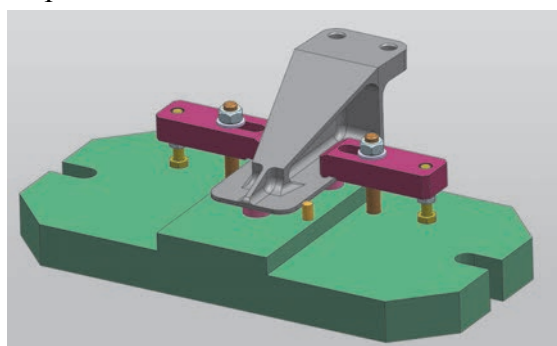


Рисунок 3 – Установка заготовки в приспособлении

Для обеспечения необходимой жесткости конструкций на этапе проектирования применяют средства инженерного анализа САПР [4, 5].

Наиболее нагруженными элементами данного приспособления являются его основание, представляющее собой монолитную стальную плиту, на которой смонтированы остальные элементы приспособления, и прижимные элементы [4].

Инженерный анализ 3D-моделей элементов приспособления выполнялся в модуле Simulation программы SolidWorks. В процессе анализа к элементам приспособления прикладывалась нагрузка, эквивалентная той, что они будут воспринимать в процессе обработки закрепленной заготовки кронштейна.

На рисунках 4 и 5 представлены эпюры деформации в плите и элементах системы зажима заготовки.

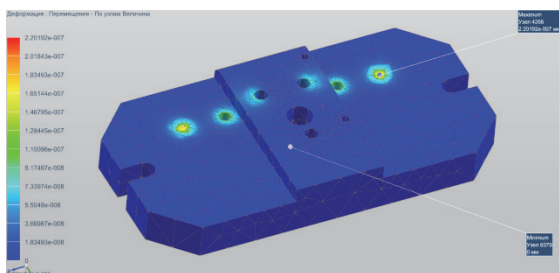


Рисунок 4 – Эпюра деформации в детали плита

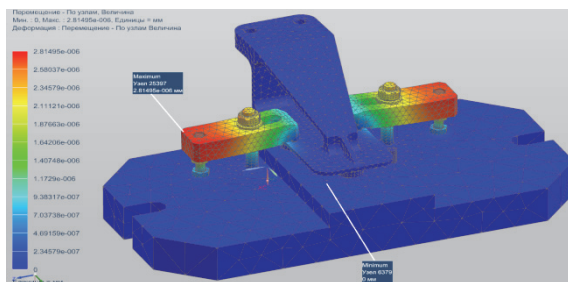


Рисунок 5 – Эпюра деформации прижимных элементов приспособления

Как видно на рисунке 4 плита обладает достаточной жесткостью. Наиболее нагруженные элементы плиты – это места установки элементов системы прижима заготовки. Перемещения не превышают $3,0 \cdot 10^{-6}$ мм.

Прижимные элементы (рисунок 5) также выдерживают прикладываемые к ним усилия, их деформация также пренебрежительно мала и не превышает $3,0 \cdot 10^{-6}$ мм.

Заключение

Выполнение инженерного анализа с помощью средств САПР позволяет оценивать жесткость конструкции и корректировать ее на этапе проектирования.

В работе представлена конструкция специального приспособления для обработки детали «кронштейн». Выполнен анализ жесткости приспособления в модуле Simulation программы SolidWorks. Выявлены наиболее нагруженные элементы приспособления. Показано, что в данной конструкции расчетные значения деформации элементов приспособления не способны негативно повлиять на точность обработки заготовки.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Повышение производительности обработки на сверлильно-фрезерно-расточных станках с ЧПУ за счет применения приспособления со съемной опорой / Е. Б. Щелкунов, С. В. Виноградов, А. И. Пронин [и др.] // Сборка в машиностроении, приборостроении. – 2016. – № 10. – С. 3-5. – EDN WXTPPF.

2. Устройство для ориентации заготовок / Е. Б. Щелкунов, С. В. Виноградов, М. Е. Щелкунова, А. И. Пронин // Ученые записки Комсомольского-на-Амуре государственного технического университета. – 2016. – Т. 1, № 2(26). – С. 29-33. – EDN WDNDEJ.

3. Посажеников, Д. Г. Технологическая оснастка для изготовления детали "шассийная балка" / Д. Г. Посажеников, Е. Б. Щелкунов // Научно-техническое творчество аспирантов и студентов : материалы всероссийской научно-технической конференции студентов и аспирантов, Комсомольск-на-Амуре, 09–20 апреля 2018 года. Том Часть 1. – Комсомольск-на-Амуре: Комсомольский-на-Амуре государственный технический университет, 2018. – С. 131-133. – EDN XTPGHZ.

4. Карпов, Р. С. Разработка конструкции технологического приспособления для обработки детали «шассийная балка» с использованием CAD/CAE систем / Р. С. Карпов, Е. Б. Щелкунов // Молодежь и наука: актуальные проблемы фундаментальных и прикладных исследований : Материалы V Всероссийской национальной научной конференции молодых учёных, Комсомольск-на-Амуре, 11–15 апреля 2022 года. Том Часть 2. – Комсомольск-на-Амуре: Комсомольский-на-Амуре государственный университет, 2022. – С. 28-30. – EDN FVTYIM.

5. Исследование и разработка конструкции детали кронштейн с использованием CAD/CAE систем / А. И. Пронин, Е. Б. Щелкунов, А. Е. Султангареева [и др.] // Ученые записки Комсомольского-на-Амуре государственного технического университета. – 2017. – Т. 1, № 1(29). – С. 27-32. – EDN YKTDPD.

УДК 621

Палков Константин Алексеевич, студент Комсомольского-на-Амуре государственного университета

Palkov Konstantin Alekseevich, student, Komsomolsk-na-Amure State University

Андреианов Иван Константинович, кандидат технических наук, доцент кафедры «Авиастроение», Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Andrianov Ivan Konstantinovich, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, «Aircraft industry», Komsomolsk-na-Amure State University

КОНТРОЛЬ ТРЕЩИНООБРАЗОВАНИЯ В ЛОПАТКАХ ГАЗОТУРБИННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

CONTROL OF CRACKING IN THE BLADES OF GAS TURBINE ENGINES

Аннотация. Данная работа посвящена проблеме обнаружения трещин в лопатках газовых турбин. В статье рассматривается применение тепловизионного метода контроля для поиска дефектов в лопатках турбин. Были произведены сравнения предложенного метода с основными методами неразрушающего контроля, используемых для дефектоскопии турбинных лопаток.

Abstract. This work is devoted to the problem of detecting cracks in gas turbine blades. The article discusses the use of thermal imaging control method to search for defects in turbine blades. The proposed method was compared with the main non-destructive testing methods used for flaw detection of turbine blades.

Ключевые слова: лопатка, трещина, напряжения, турбина, разрушение.

Key words: blade, crack, stress, turbine, destruction.

Введение

Лопатки являются рабочим элементом ротора турбины и в ходе своей эксплуатации подвергаются большим нагрузкам. Их выход из строя недопустим, так как это приведет к нарушению работы турбоустановки, а в худшем случае - аварии. Поэтому своевременное обнаружение дефектов, в частности трещин, на турбинных лопатках является очень важной задачей. Вопросы оценки разрушения лопаток турбин рассмотрены в работах [1-4].

В данной работе рассматривается применение тепловизионного метода контроля для поиска дефектов (трещин) в лопатках турбин. Было произведено сравнение предложенного метода с основными методами неразрушающего контроля, используемых для дефектоскопии турбинных лопаток.

Основная часть

Рассмотрим основные методы неразрушающего контроля, которые возможно применить при дефектоскопии лопаток: методы ультразвукового контроля; методы радиографического контроля; капиллярные методы контроля; магнитопорошковый метод контроля.

К преимуществам ультразвукового контроля можно отнести высокую чувствительностью к дефектам, большую проникающую способность, низкую стоимость, компактность используемых дефектоскопов и безопасность для человека. Недостатки включают невозможность реальной оценки размера и характера дефекта. Также необходима плотное прилегание дефектоскопа к исследуемому объекту и подготовленная поверхность, так как малейшая воздушная преграда или неоднородность может помешать проведению дефектоскопии.

Достоинствами радиографического контроля является высокая точность и скорость, возможность исследования малодоступных мест, точная локализация дефекта. Способность и качество обнаружения изъянов сильно зависит от многих факторов: направления просвечивания объекта, параметров изделия, типа пленки, жесткость из-

лучения, наличия экранов и т.д. Радиографический метод контроля является опасным для людей и требует полного соблюдения всех инструкций и правил безопасности.

К достоинствам капиллярного контроля относятся простота и применимость метода к широкому ряду материалов. При помощи капиллярной дефектоскопии выявляются поверхностные или сквозные дефекты, а также получают информацию об их расположении, протяженности, ориентации и форме. К недостаткам относится невозможность выявления внутренних дефектов, не имеющих выхода на поверхность.

Преимуществами магнитопорошкового метода являются небольшая трудоемкость, низкая стоимость, высокая производительность, а также возможность определения поверхностных и подповерхностных дефектов. При помощи этого метода выявляются не только полые несплошности, но и дефекты, заполненные инородным веществом. К недостаткам метода можно отнести сложность определения глубины распространения трещин в металле, необходимость в обработке поверхности перед проведением контроля, а также невозможность обнаружения глубоких дефектов.

Тепловой контроль – вид неразрушающего контроля, основанный на фиксации и преобразовании инфракрасного теплового излучения в видимый человеку спектр. Основным методом теплового контроля, который можно применить для дефектоскопии лопаток турбин - является тепловизионный. Объект нагревается внешними источниками, а после при помощи тепловизора производится наблюдение за распределением тепла по поверхности. По области локализации нагрева можно судить об расположении и примерных размерах дефектов, в том числе и трещин.

Предлагается следующая методика контроля с применением активного теплового контроля:

1. Исследуемая лопатка турбины подвергается нагреву;
2. При помощи тепловизора регистрируется тепловое поле объекта контроля. На дисплее тепловизора будет наглядно видны места концентрации теплового излучения;
3. Для более точных результатов дефектоскопии желательно сравнить полученную картину температурного поля исследуемой лопатки с картиной поля эталонной лопатки при одинаковых температурах;
4. После локализации областей с потенциально дефектными зонами возможно применение других методов неразрушающего контроля (например, метод УЗК) для максимально точного контроля и поиска разрушений.

В ходе работы была построена твердотельная модель лопатки в программе ANSYS, в которую был заложен дефект в виде трещины, находящейся в области входной кромки. Проблема оптимизационного моделирования турбинных лопаток рассмотрена в трудах [5, 6] На основании модели построена конечно-элементная сетка. К лопатке были приложены следующие нагрузки: центробежно-растягивающей нагрузки, действующая вдоль пера лопатки (максимальная нагрузка достигается в корневом сечении, а наименьшая в периферийном сечении), температурная нагрузка в 500 градусов Цельсия, изгибающие газовые силы на поверхности лопатки.

После был произведен расчет напряженного состояния по эквивалентным напряжениям (рисунок 1). В результате видно, что в области трещины находится концентратор напряжений.

Для построения тепловой картины можно применять несколько видов тепловизоров: наблюдательный и измерительный тепловизоры. Наблюдательные приборы выводят инфракрасное изображение наблюдаемого объекта, а измерительные могут присваивать цифровому сигналу каждого пикселя, соответствующую ему температуру, в результате чего получается тепловая карта контролируемой поверхности.

Достоинством данного тепловизионного метода:

1. Простота и малая трудозатратность;
2. Относительная дешевизна измерительного оборудования;
3. Компактность и автономность измерительного оборудования.

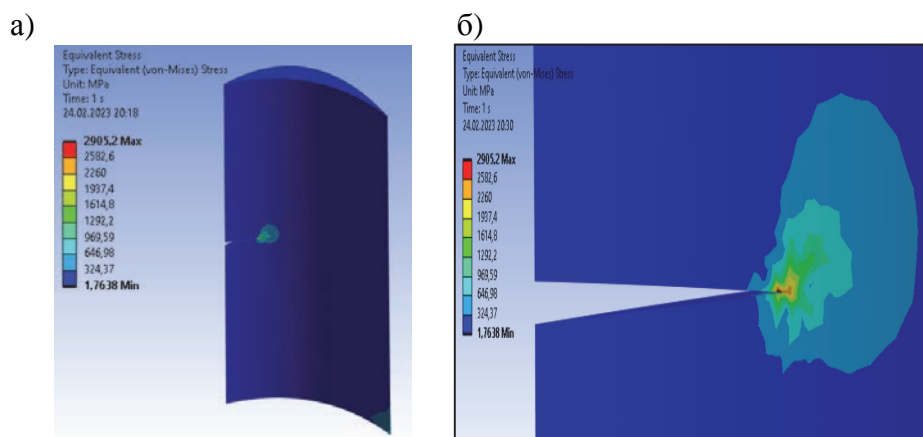


Рисунок 1 – Напряженное состояние турбинной лопатки с трещиной (а) и концентратор напряжений (б)

Заключение

В ходе работы было рассмотрено применение тепловизионного метода контроля для дефектоскопии лопаток, а также произведено сравнение предложенного метода с основными методами неразрушающего контроля.

Использование данного метода позволит более быстро и эффективно производить контроль за состоянием лопаток турбин. Также комбинация с другими методами неразрушающего контроля позволит производить диагностику с высокой точностью.

Благодарности

Научное исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 22-79-10114 «Разработка системы диагностирования повреждений турбинных лопаток и способа оптимизации теплоотвода в условиях термической усталости» (<https://rscf.ru/project/22-79-10114/>).

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Разрушение рабочих лопаток турбины вследствие высокотемпературной усталости / Ю. П. Тарасенко, О. Б. Бердник, И. Н. Царева, Л. А. Кривина // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Технические науки. – 2008. – № 4(8). – С. 132-138.
2. НТЦ Эксперт. Методы неразрушающего контроля. [Электронный ресурс] – Электрон. данн. <https://ntcexpert.ru/953-metody-nerazrushayushchego-kontrolya/>.
3. Энциклопедия по машиностроению XXL. Валы, дефектоскопия. [Электронный ресурс] – Электрон. данн. <https://mash-xxl.info/info/162029/>.
4. Сфера технической экспертизы. Радиографический контроль. [Электронный ресурс] – Электрон. данн. <https://stech.by/ispytaniya/laboratoriya-diagnostiki/radiograficheskaya-defektoskopiya/>.
5. Андрианов, И. К. Численный метод расчета теплоотдачи для требуемого температурного поля на поверхности контакта лопатки и теплозащитного покрытия при поперечной схеме охлаждения / И. К. Андрианов, М. С. Гринкруг // Вестник Московского государственного областного университета. Серия: Физика-математика. – 2015. – № 2. – С. 34-43.
6. Андрианов, И. К. Параметрическая идентификация математической модели теплообменного процесса для тонкостенных криволинейных оболочек турбомашин / И. К. Андрианов, М. С. Гринкруг // Математическое моделирование и численные методы. – 2016. – № 2(10). – С. 24-38.

УДК 621.791.72

Полейчук Полина Анатольевна, студент, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Poleychuk Polina Anatolyevna, student, Komsomolsk-na-Amure State University

Плетнев Никита Олегович, старший преподаватель кафедры «Технология сварочного и металлургического производства имени В.И. Муравьева», Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Nikita Olegovich Pletnev, Senior lecturer of the Department «Technology of Welding and Metallurgical Production named after V.I. Muravyev», Komsomolsk-na-Amure State University

ДЕФОРМАЦИЯ ТОНКОСТЕННЫХ ДЕТАЛЕЙ ПРИ ИМПУЛЬСНОЙ ЛАЗЕРНОЙ СВАРКЕ

DEFORMATION OF THIN-WALLED PARTS DURING PULSED LASER WELDING

Аннотация. В работе представлена отработка технологий трехмерного лазерного сканирования листовых деталей из нержавеющей стали, а именно 12Х18Н10Т, свариваемых при помощи импульсной лазерной установки BULAT LRS 300. Измерение деформации заготовок было проведено лазерным сканером ModelMaker MMDx100 на манипуляторе Nikon MCAx с разными временными промежутками.

Abstract. The paper presents the development of technologies for three-dimensional laser scanning of stainless steel sheet parts, exactly 12X18H10T, welded using a pulsed laser installation BULAT LRS 300. The deformation of the workpieces was measured by a ModelMaker MMDx100 laser scanner on a Nikon MCAx manipulator with different time intervals.

Ключевые слова: сварка, неразъемные соединения, лазерная сварка, лазерный импульс, деформация сварных соединений, трехмерное сканирование.

Key words: welding, laser welding, laser pulse, deformation of welded joints, three-dimensional scanning.

Введение

Изготовление сварных тонколистовых конструкций распространено во всех отраслях промышленности, однако сварка тонких листов металла сопровождается образованием местных деформаций. Сварочные деформации металлоконструкций являются следствием воздействия неравномерно распределенного температурного поля в условиях, исключающих свободное образование и развитие тепловых деформаций металла.

Сварные соединения, полученные из различных сталей и сплавов обладают высокой прочностью, для многих материалов превышающей прочность основного металла или остающейся на уровне основного металла. Соединения стали 09Г2С обладали прочностью выше, чем у основного металла, соединения стали 12Х18Н10Т обладали прочностью равной прочности основного металла. При этом на настоящее время недостаточно сведений о деформационном поведении материалов [1, 2, 3].

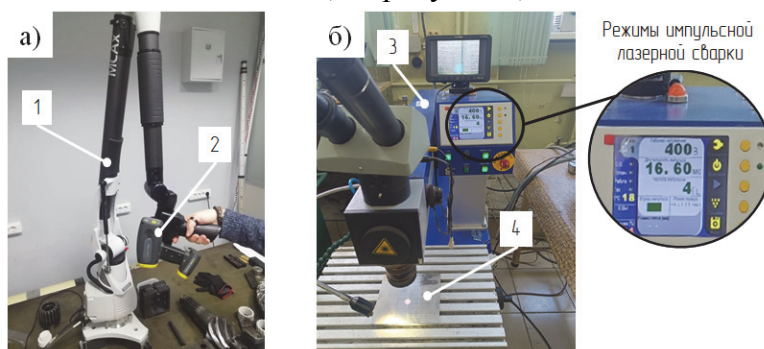
В данной работе была проведена лазерная импульсная сварка нержавеющей стали 12Х18Н10Т листовых деталей толщиной 1,5 мм, а так же трехмерное лазерное сканирование заготовок перед сваркой и полученного сварного соединения с целью измерения деформации деталей в процессе воздействия лазерного импульса, а также в период остывания деталей до комнатной температуры.

Неравномерный нагрев свариваемых листов по толщине вызывает неравномерные по толщине листов поперечные пластические деформации укорочения металла. Все это приводит к искажению начальной поверхности [4, 5].

Основная часть

Построение трехмерных моделей и заготовок осуществлялось с помощью лазерного сканера ModelMaker MMDx100 установленного на манипуляторе Nikon MCAx, который представляемый собой шарнирно-сочлененную трехмерную координатно-

измерительную систему, выполненную из высококачественного углепластика, отличающегося высокой термостабильностью. Заготовки получены импульсной лазерной сваркой на установке BULAT LRS 300 (см. рисунок 1).



1 – манипулятор Nikon MCAx; 2 – лазерного сканера ModelMaker MMDx100;
3 – установка для лазерной BULAT LRS 300; 4 – свариваемые детали 12X18H10T
Рисунок 1 – Комплекс оборудования для исследований деформации листовых деталей при выполнении стыковых сварных соединений лазерной сваркой: а – оборудование для построение трехмерных моделей сварных соединений; б – оборудование для выполнения лазерной сврки

В ходе выполнения исследований были получены трехмерные модели с разными временными интервалами, представленные на рисунке 2.

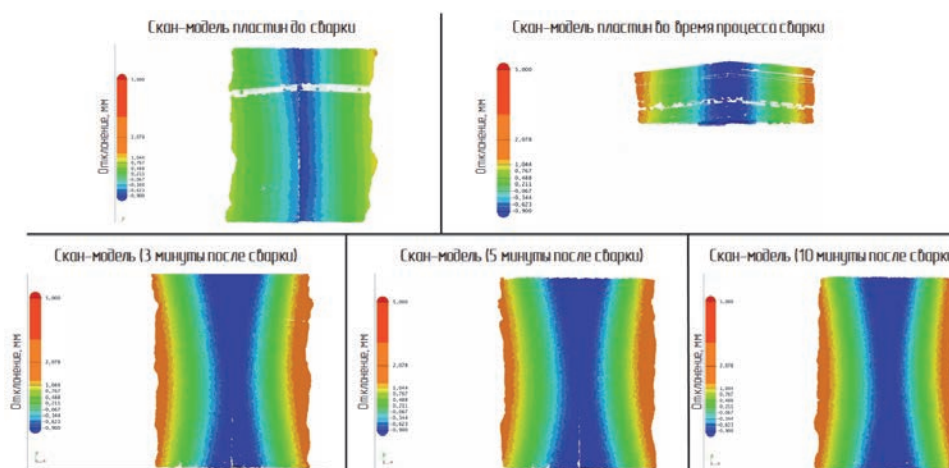


Рисунок 2 – Скан-модели исследуемого образца

На рисунке 3 показан образец, выполненный импульсной лазерной сваркой после остывания до комнатной температуры. Видно, что поворот плоскостей деталей относительно друг друга составляет порядка 10° .

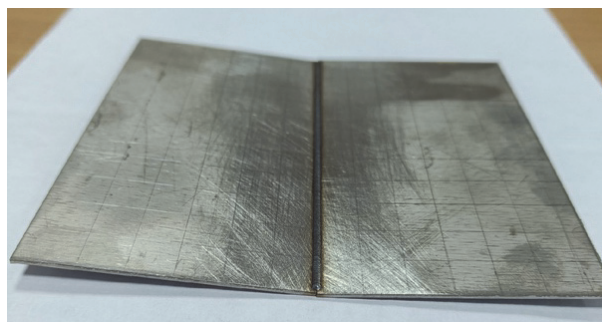


Рисунок 3 – Пластины из 12X18H10T сваренные лазерной сварки

Заключение

1. Отработка трехмерного сканирования свариваемых деталей при лазерной сварке показала, что использование данного метода позволяет с высокой точностью определять искривление поверхности деталей, как перед сваркой, так и сразу после выполнения процесса сварки. И совсем не применима в момент лазерного импульса сварки, так как световое излучения лазера не позволяет адекватно работать сканеру, что может привести к поломке сканера.

2. Трехмерное сканирование заготовок под лазерную сварку позволяет определить изначальное искривление стыкуемых кромок, что позволяет подобрать более точные режимы лазерной сварки, так зона воздействия лазерного импульса на установке BULAT LRS 300 очень мала и в диаметре составляет до 2 мм.

3. Измерение образцов посредством трехмерного сканирования с разным временным интервалом позволяет более точно изучить характер и величину местных деформации их вид, момент образования.

4. Установлено, что при импульсной лазерной сварке стыковых сварных соединений листовых деталей из стали 12X18H10T появляется угловая деформация относительно друг друга. Деформация увеличивается с увеличением времени остывания и полностью останавливается через 10 минут после выполнения сварки (при условии остывания заготовки на воздухе).

5. Для более точного понимания образования внутренних напряжений и появления деформации при импульсной лазерной сварке или последующего предупреждения их образования следует добавить в экспериментальную установку возможность изменения температуры зоны термического влияния и заготовки в целом.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Полейчук, П. А. Влияние формы импульса на соотношение наплавленного металла в объеме сварной точки / П. А. Полейчук, Н. О. Плетнев // Наука, инновации и технологии: от идей к внедрению : Материалы II Международной научно-практической конференции молодых ученых, Комсомольск-на-Амуре, 14–18 ноября 2022 года / Редакция: А.В. Космынин (отв. ред.) [и др.]. Том Часть 2. – Комсомольск-на-Амуре: Комсомольский-на-Амуре государственный университет, 2022. – С. 150-154. – EDN ZUVCUR.

2. Чумаевский, А. В. Закономерности деформации и разрушения при циклических испытаниях сварных соединений, полученных методом гибридной лазерной сварки / А. В. Чумаевский, А. В. Гусарова // Сварка в России - 2019: современное состояние и перспективы : тезисы докладов Международной конференции, посвященной 100-летию со дня рождения Б.Е. Патона, Томск, 03–07 сентября 2019 года / Институт физики прочности и материаловедения СО РАН. – Томск: Общество с ограниченной ответственностью «СТТ», 2019. – С. 275. – EDN YOYSUA.

3. Полейчук, П. А. Влияние формы импульса на соотношение наплавленного металла в объеме сварной точки / П. А. Полейчук, Н. О. Плетнев // Наука, инновации и технологии: от идей к внедрению : Материалы II Международной научно-практической конференции молодых ученых, Комсомольск-на-Амуре, 14–18 ноября 2022 года / Редакция: А.В. Космынин (отв. ред.) [и др.]. Том Часть 2. – Комсомольск-на-Амуре: Комсомольский-на-Амуре государственный университет, 2022. – С. 150-154. – EDN ZUVCUR.

4. Григорьев, А. А. Местные сварочные деформации тонколистовых конструкций и мероприятия по их уменьшению / А. А. Григорьев, А. Н. Сидоренков. – Ленинград : Книжная типография Полиграфиздата, 1957. – С. 127.

5. Винокуров, В.А. Теория сварочных деформаций и напряжений / В.А. Винокуров, А.Г. Григорьянц. – Москва : Машиностроение, 1984. – С. 280.

УДК 621.565.94

Понимасов Дмитрий Павлович, студент, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Ponimasov Dmitry Pavlovich, student, Komsomolsk-na-Amure State University

Щетинин Владимир Сергеевич, доктор технических наук, доцент, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Shchetinin Vladimir Sergeevich, Doctor of Engineering Sciences, Docent, Komsomolsk-na-Amure State University

МОДЕРНИЗАЦИЯ КОНСТРУКЦИИ КОЖУХОТРУБНОГО ТЕПЛООБМЕННИКА

MODERNIZATION OF PARTITIONS OF SHELL AND TUBE HEAT EXCHANGER

Аннотация. Статья посвящена модернизации конструктивного исполнения межтрубного пространства кожухотрубных теплообменников за счет адаптированной концепции сегментных перегородок, способствующей устранению неравномерности распределения потока по межтрубному пространству, что в свою очередь приводит к повышению эффективности работы аппарата.

Abstract. The article is devoted to the modernization of the design of the annular space of shell-and-tube heat exchangers due to the adapted concept of segmental baffles, which helps to eliminate the uneven distribution of the flow over the annulus, which in turn leads to an increase in the efficiency of the apparatus.

Ключевые слова: модернизация, кожухотрубный теплообменник, сегментные перегородки, теплообмен, тепловой поток.

Key words: modernization, shell-and-tube heat exchanger, segmented baffles, heat exchange, heat flow.

Введение

Теплообменные аппараты являются значимой составляющей оборудования любого нефтеперерабатывающего предприятия. Они обеспечивают поддержание технологического процесса и энергосбережение за счет перераспределения тепла между потоками как непосредственно в отдельных процессах, так и в общей структуре технологических цепей нефтеперерабатывающих установок. Наиболее широкое распространение в нефтепереработке нашли кожухотрубные теплообменники за счет простоты конструкции, долговечности эксплуатации, широкого диапазона рабочих давлений и температур, возможности применения различных материалов в соответствии с требованиями. [1]

Как правило в таких теплообменных аппаратах организован перекрестный режим движения потоков в межтрубном пространстве за счет установки сегментных перегородок. Такая конструкция заметно усложняет движение потока. Из этого вытекает одна из основных проблем конструктивного исполнения данных аппаратов - неравномерность распределения потока по межтрубному пространству, заключающаяся в сопротивлении потоку встречных поверхностей, в образовании застойных зон низкой скорости потока, турбулентных завихрений на кромках сегментных перегородок, которые с одной стороны при правильном использовании соотношения расстояния между поперечными перегородками и высоты отсеченного сегмента перегородки повышают эффективность теплопередачи, с другой непосредственно образуют: рост гидравлического сопротивления, отложения на рабочих поверхностях, нарушение траектории потока и проходной способности пространства, сокращение межремонтного интервала, рост эксплуатационных и экономических расходов. [2]

Визуализация стандартной конструкции с потоком представлена на рисунке 1:

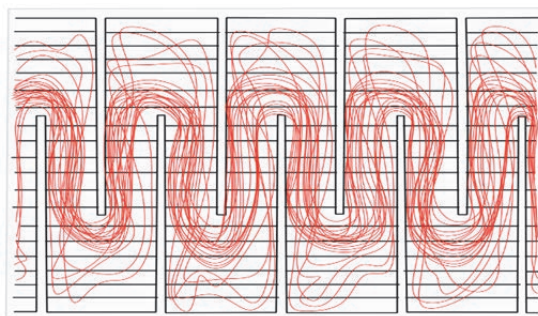


Рисунок 1 – Поток в стандартной конструкции сегментных перегородок

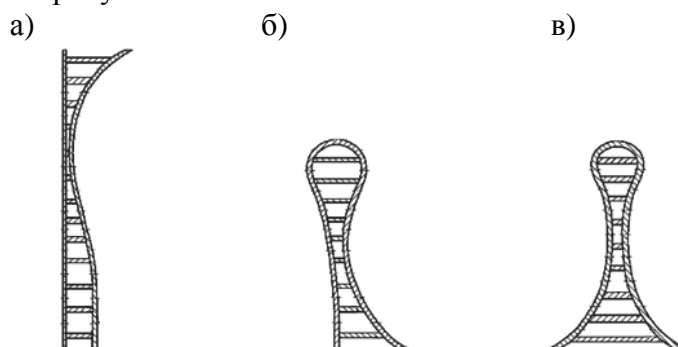
Исходя из проблемы и недостаточной степени проработки решений актуализированного перечня недостатков межтрубного пространства, целью работы является представление наиболее эффективного решения, способного устранить текущие недостатки компоновки межтрубного пространства кожухотрубных теплообменников.

Основная часть

Способствовать устранению проблем может дополнительное увеличение скорости потока, но это чревато превышением допустимой скорости потока, что за собой также может повлечь:

- снижение интенсивности теплообмена;
- значительный рост напряжений в стенках рабочих поверхностей;
- повышение перепада давления на входе и выходе;
- необходимость размещения усиленных противоударных пластин;
- увеличение стоимости оборудования;
- рост эксплуатационных и экономических расходов. [3-5]

В процессе разработки эффективного решения была рассмотрена концепция изменения конструкции сегментных перегородок, заключающаяся в использовании конструкции типа каплевидного изгиба. Данный выбор исходил из соображений достижения благоприятных условий потока при условии минимизации возможных потерь при уходе от стандартизированной модели. Для поддержания эффективных условий теплообмена материал деталей должен быть с повышенным коэффициентом теплопроводности. Для организации стабильного потока потребуется 3 вида перегородок. Схемы данных деталей показаны на рисунке 2:



а) – перегородка трубчатой решетки; б) – входная/выходная перегородка;
в) – промежуточная перегородка

Рисунок 2 – Схемы сегментных перегородок

При анализе возможностей, которые предоставляет данная компоновка перегородок было заключено, что использование данной конструкции позволяет:

- стабилизировать траекторию потока и повысить проходную способность;
- ликвидировать застойные зоны пониженных скоростей потока;
- понизить гидравлическое сопротивление в пространстве аппарата за счет благоприятных условий для потока до 15...25%;

- понизить напряжения в стенках рабочих поверхностей до 10...20%;
- ликвидировать основные факторы, способствующие накоплению отложений, понизить термическое сопротивление отложений;
- использовать приемлемую скорость потока;
- понизить перепад давления на входе и выходе;
- сократить число перегородок без потери интенсивности потока;
- понизить стоимость оборудования за счет пониженных гидравлических сопротивлений и напряжений;
- повысить межремонтный интервал за счет пониженных нагрузок и меньшей доли накопления отложений;
- понизить эксплуатационные и экономические расходы;
- повысить эффективность теплопередачи до 5...10% благодаря увеличению коэффициента теплопередачи, достигаемому за счет ликвидации застойных зон низких скоростей и понижения термического сопротивления отложений, а также увеличения площади контакта потока со стенками перегородок повышенной теплопроводности и с поверхностью трубного пучка.

Недостатком данного решения является необходимость в дополнительных затратах на создание перегородок, по сравнению со стандартной компоновкой перегородок - за счет сложной геометрической формы; фиксирующих рам, а также подгонки их угла наклона под зазоры основных конфигураций трубных пучков; материала, отвечающего условиям высокой теплопроводности и восприимчивости к заданным напряжениям; дополнительных технологических операций, необходимых для сборки перегородок.

Визуализация адаптированной конструкции с потоком представлена на рисунке 3

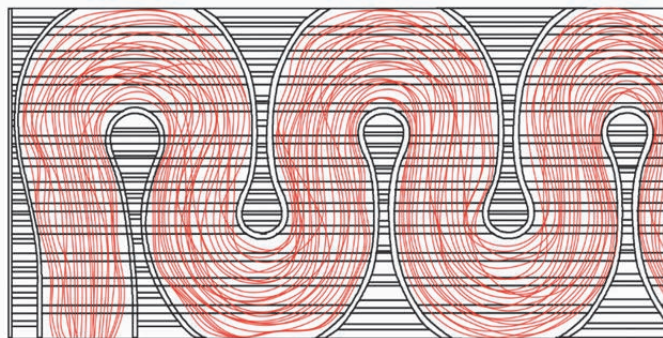


Рисунок 3 – Поток в адаптированной конструкции сегментных перегородок

Заключение

Таким образом, предложенная концепция модернизации межтрубного пространства кожухотрубных теплообменников за счет устранения основной проблемы межтрубного пространства – неравномерного распределения потока при помощи принципиально новой конструкции сегментных перегородок, приносит ряд преимуществ, таких как: повышение теплопередачи, стабилизация траектории потока, понижение гидравлического сопротивления и напряжений, удаление факторов накопления отложений, снижение расходов на оборудование и ремонт, за исключением расходов на перегородки.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Справочник по теплообменникам: в 2-х т. Т.2 / С 74 Пер. с англ. Под ред. О.Г. Мартыненко и др. – М.: Энергоатомиздат, 1987. – 352 с.: ил.
2. Четверткова О.В. Влияние расстояния между поперечными перегородками и высоты выреза перегородки на тепловую эффективность кожухотрубчатого теплообменника / О.В. Четверткова, Р.Г. Ризванов, Р.Р. Чернятьева // Электронный научный журнал «Нефтегазовое дело». 2015. № 6. С. 452-465.

3. Поникаров, С.И. Пластинчатые и кожухотрубные теплообменники. "Машины и аппараты химических и нефтехимических производств". Том IV12 Энциклопедии "машиностроение" / С.И. Поникаров. – М.: 2004. – 253с.

4. Отряскина, Т. А. Совершенствование системы циркуляции теплоносителя в газоохлаждаемом реакторе / Т. А. Отряскина, А. К. Кравченко // Наука, инновации и технологии: от идей к внедрению: Материалы II Международной научно-практической конференции молодых ученых, Комсомольск-на-Амуре, 14–18 ноября 2022 года / Редколлегия: А.В. Космынин (отв. ред.) [и др.]. Том Часть 2. – Комсомольск-на-Амуре: Комсомольский-на-Амуре государственный университет, 2022. – С. 144-147. – EDN XOUWGE.

5. Морквин, Н. А. Интенсификация теплообмена с помощью снижения застойных зон / Н. А. Морквин, Т. А. Отряскина // Наука, инновации и технологии: от идей к внедрению: Материалы Международной научно-практической конференции, Комсомольск-на-Амуре, 07–11 февраля 2022 года. – Комсомольск-на-Амуре: Комсомольский-на-Амуре государственный университет, 2022. – С. 397-398. – EDN JNUVFF.

УДК 621.64

Пронина Анастасия Вадимовна, студент, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Pronina Anastasia Vadimovna, student of Komsomolsk-na-Amure State University

Кравченко Елена Геннадьевна, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры «Машиностроение», Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Kravchenko Elena Gennadyevna, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Mechanical Engineering Department, Komsomolsk-na-Amure State University

ФОРМИРОВАНИЕ ДОСТОВЕРНОГО МАТЕРИАЛЬНОГО БАЛАНСА ПУТЕМ ОСНАЩЕНИЯ РЕЗЕРВУАРОВ ОТСТОЯ СТОКОВ НЕФТЕПРОДУКТОВ УРОВНЕМЕРАМИ

FORMATION OF A RELIABLE MATERIAL BALANCE BY EQUIPPING RES-ERVOIRS WITH LEVEL-GAUGE SETTling OF OIL PRODUCTS

Аннотация. В работе предложен способ повышения эффективности процесса переработки нефти за счет использования уровнемера рефлекс-радар VM 100A. Применение данного уровнемера позволяет отслеживать уровень фаз фракции «вода-нефтепродукт», тем самым более качественно отделять нефтепродукты и осуществлять их возврат в производство.

Abstract. The paper proposes a way to increase the efficiency of the oil refining process through the use of a level gauge reflex-radar VM 100A. The use of this level gauge allows you to track the level of phases of the "water-oil product" fraction, thereby more qualitatively separating oil products and returning them to production.

Ключевые слова: достоверный баланс, нефтепродукт, вода, измерение, уровнемер, раздел фаз.

Key words: fair balance, oil product, water, measurement, level meter, phase section.

Введение

Одна из важных ценностей любого нефтепромышленного предприятия – это безопасность. Забота об окружающей среде является актуальной проблемой на данный момент. Не последнее место в заботе об экологии занимает очистка сточных вод.

В настоящее время на современных нефтеперерабатывающих предприятиях применяют разнообразные методы очистки сточных вод от нефти и углеводородов. Они позволяют добиться максимально чистых сточных вод, что в свою очередь влияет на экологию. Также более качественно очищенная вода будет влиять на надежность и долговечность оборудования, которое в своей работе использует эту самую воду.

Одновременно с заботой об окружающей среде, очистка сточных вод может приносить и экономическую выгоду, а именно возвращение нефти и нефтепродуктов в производство позволяет увеличить промышленную переработку углеводородов и повысить доход таких предприятий [1, 2, 3].

Актуальность данной работы заключается в организации учёта потока материального баланса ловушечного нефтепродукта за счет оптимального подбора оборудования для измерения уровня раздела фаз «нефтепродукт-вода», что в свою очередь позволяет повысить качество очистки сточных вод от нефтепродуктов и увеличивает количество нефтепродукта, возвращенного в производство.

Цель работы: повышение эффективности процесса нефтепереработки за счет улучшения организации учёта потока материального баланса ловушечного нефтепродукта и возвращения его в производство.

Основная часть

Одной из проблем считается недостаточное вовлечение ловушечного нефтепродукта в производство, его неточный учёт в материальном балансе и его негативное влияние на работу очистных сооружений. Чем чище сток, тем дольше и лучше будут работать очистные сооружения.

Для решения данной проблемы существует много различных путей решений. В данном исследовании рассмотрен наиболее экономичный ва-



Рисунок 1 – Рефлекс-радар VM 100 А с двумя стержнями

риант для предприятий – это установка ёмкостного датчика – уровнемера. С его помощью можно отслеживать уровень фаз в резервуаре и контролировать сброс воды из него. Дополнительным преимуществом является возможность автоматизации работы операторов.

Чтобы гарантировать безопасность и рентабельность технологических процессов, их необходимо оснастить измерительными приборами, способными обеспечить надежное и точное измерение уровня. Существуют различные модификации приборов измерения уровней, требования к которым изложены в [4]. Поскольку среда эксплуатации уровнемера – это нефтепродукты и вода, то необходим прибор с большим диапазоном измерений. Данным требованиям соответствует рефлекс-радар VM 100А (рисунок 1).

Радар VM 100 А разрешает проблемы измерения уровня жидкостей, сыпучих веществ и раздела фаз жидкости, где общепринятые методы измерения непригодны [5]. Принцип действия основан на T.D.R. – измерение коэффициента отражения методом наблюдения за формой отраженного сигнала (рисунок 2, а).

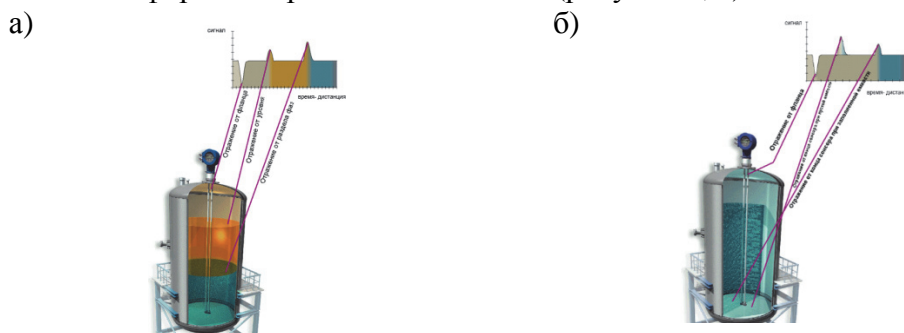


Рисунок 2 – Измерение уровня и раздела фаз в прямом режиме (а) и в режиме TBF (б)

Маломощные короткие волны импульсами в одну наносекунду, направляемые 2-мя жесткими или гибкими проводниками, испускаются в резервуар. Столкновение волн с жидкостью вызывает образование противоволны, мощность которой зависит от диэлектрической проницаемости продукта ϵ_r . Чем выше постоянная ϵ_r , тем быстрее будет отражение.

Прибор измеряет время, прошедшее между моментом передачи и приема импульса, которое в свою очередь, пропорционально расстоянию.

Для радара с направляющим сенсором существуют две различные категории продуктов: продукты с коэффициентом диэлектрической проницаемости $\epsilon_r \geq 1,8$ и $\epsilon_r < 1,8$.

Продукты с коэффициентом $\epsilon_r \geq 1,8$. Применяются два вида измерений, производимых в прямом режиме, путем использования отражения прямо от поверхности вещества.

1) Измерение уровня. Волна отражается от поверхности первого вещества и воспринимается приемным устройством в верхней части резервуара. Поскольку волна распространяется через воздух над поверхностью вещества с известной скоростью света, время возврата волнового импульса прямо пропорционально расстоянию между верхней частью резервуара и уровнем вещества.

2) Измерение раздела фаз жидкости. Измерение раздела фаз может быть проведено только в том случае, если слой первой фазы имеет более низкую диэлектрическую проницаемость и разница между двумя коэффициентами ϵ_r больше 10. Применяется остаточная волна после первого отражения. Часть волны будет двигаться дальше вниз вдоль проводников через слой первого вещества до отражения на первой поверхности раздела. Скорость этой волны зависит от диэлектрической проницаемости первого вещества, поэтому для определения уровня раздела фаз нужно знать ϵ_r первого слоя. Прибор измеряет время между излучением и вторым отражением, и поскольку известно время между излучением и первым отражением (из измерения уровня), то разница между обоими есть время прохождения через первый слой. Толщина слоя прямо пропорциональна времени и ϵ_r .

Продукты с коэффициентом $\epsilon_r < 1,8$. Для измерения уровня веществ с низкой диэлектрической проницаемостью в связи со слабым отражением волны от поверхности вещества для повышения точности измерения использовать принцип TBF – принцип отслеживания отражения от дна емкости. Прибор имеет закороченную цепь на дне, на точно известной глубине. Идущая вниз волна сначала пройдет через воздух с известной скоростью, а затем через вещество со скоростью, которая зависит от диэлектрической проницаемости вещества (рисунок 2, б).

Прибор измеряет время между излучением и приемом отражения со дна. Поскольку точно известно время обратного прохождения излучения через воздух (когда в резервуаре нет вещества), можно определить, что разница во времени будет прямо пропорциональна уровню вещества в резервуаре. По значению скорости волны при прохождении через вещество (в зависимости от диэлектрической проницаемости) определяется его уровень.

Анализ точностных характеристик рассмотренных методов измерения по количеству влияющих величин показал преимущества первого метода – измерения уровня, как более точного. А применение уровнемера рефлекс-радар ВМ 100 А (с двумя стержнями) обеспечивает оптимальную точность контроля уровня фаз фракции «вода-нефтепродукт».

Заключение

В ходе проделанной работы были проанализированы существующие недостатки технологической схемы очистки сточных вод. В работе предложен способ повышения эффективности процесса нефтепереработки за счет использования уровнемера рефлекс-

радар ВМ 100А. Применение данного уровнемера позволяет отслеживать уровень фаз фракции «вода-нефтепродукт», тем самым более качественно отделять нефтепродукты и осуществлять возврат нефтепродукта в производство.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Технологические процессы установок переработки нефти : учебник для вузов / Танатаров М.А., Ахметшина М.Н., Фасхутдинов Р.А. [и др]. - М.: Химия, 1987 г. - 352 с.
2. Абросимов, А. А. Экология переработки углеводородных систем / А.А. Абросимов, М. Ю. Доломатов, Э. Г. Теляшев. – М. : Химия, 2002. – 608 с.
3. ГОСТ 28725 – 90. Приборы для измерения уровня жидкостей и сыпучих материалов. Общие технические требования и методы испытаний. – Введ. 1992-01-01. – М. : Межгосударственный стандарт : Изд-во стандартов, 1990. – 10 с.
4. Уровнемер «Рефлекс-радар ВМ 100 А» : практическое руководство : разработчик и изготовитель KROHNE производ. контрольно-измерительного оборуд. – М., 2003. – 11 л.
5. Бессмертная, Н. С. Совершенствование фильтровальных установок / Н. С. Бессмертная, Т. А. Отряскина // Научно-техническое творчество аспирантов и студентов : материалы всероссийской научно-технической конференции студентов и аспирантов, Комсомольск-на-Амуре, 09–20 апреля 2018 года. Том Часть 1. – Комсомольск-на-Амуре: Комсомольский-на-Амуре государственный технический университет, 2018. – С. 18-21. – EDN UUKBYX.

УДК 621.791

Рыжков Валерий Сергеевич, студент, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Ryzhkov Valery Sergeevich, student, Komsomolsk-na-Amure State University

Соболев Борис Михайлович, кандидат технических наук, профессор кафедры «Технология сварочного и металлургического производства имени В.И. Муравьева», Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Sobolev Boris Mikhailovich, Professor of the Department "Technology of Welding and Metallurgical Production named after V.I. Muravyev", Komsomolsk-na-Amure State University

Старцев Егор Андреевич, аспирант, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Egor Andreevich Startsev, postgraduate student, Komsomolsk-na-Amure State University

ПРЕДОТВРАЩЕНИЕ ПРОБЛЕМ СВЯЗАННЫХ С НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННЫМ СОСТОЯНИЕМ ПРИ ИЗГОТОВЛЕНИИ И РЕМОНТЕ РВС ПУТЕМ РУЧНОЙ ДУГОВОЙ СВАРКИ

PREVENTION OF PROBLEMS ASSOCIATED WITH THE STRESS-STRAIN STATE DURING THE MANUFACTURE AND REPAIR OF VST BY MANUAL ARC WELDING

Аннотация. В данной работе представлены исследования по изучению временных деформаций при сварке малоуглеродистых сталей и определение геометрических размеров деформации околошовной зоны для предотвращения проблем связанных с напряженно-деформированным состоянием при изготовлении и ремонте РВС путем ручной дуговой сварки. Представлены результаты по короблению и отклонению от первоначального размера после сварки малоуглеродистых сталей. Определено что

деформация приводит к изменению размеров всего изделия, деформацию можно избежать при уменьшении перегрева заготовок подобрав параметры (режимы, способы сварки), а также при применении ребер жесткости.

Abstract. This paper presents studies on the study of temporary deformations during welding of low-carbon steels and the determination of the geometric dimensions of the deformation of the near-weld zone to prevent problems associated with the stress-strain state during the manufacture and repair of RVS by manual arc welding. The results on warping and deviation from the original size after welding of low-carbon steels are presented. It is determined that deformation leads to a change in the size of the entire product, deformation can be avoided by reducing the overheating of the workpieces by selecting parameters (modes, welding methods), as well as when using stiffeners.

Ключевые слова: эксперимент, напряженно-деформированное состояние, деформации, сварка.

Key words: experiment, stress-strain state, deformation, welding.

Введение

РВС – резервуар вертикальный стальной. Предназначен для приема, хранения, приготовления нефти и нефтепродуктов и прочих жидкостей в разных климатических условиях. Резервуары РВС представляют собой металлоконструкции, находящиеся в сложном напряженно-деформированном состоянии, и плюс к этому, подвергаются воздействию гидростатического давления, температурных напряжений, ветровой и снеговой нагрузки и осадки. В процессе их эксплуатации могут появляться различные дефекты. Поскольку дефекты снижают эксплуатационную надежность резервуаров, необходимо регулярно организовывать их техническое диагностирование, направленное на своевременное выявление дефектов [1-3].

Обоснованием для проведения ремонта резервуара, является заключение экспертизы промышленной безопасности (ЭПБ) резервуара РВС-3000 м³ Р-1. Целью экспертизы промышленной безопасности (далее ЭПБ) РВС считается определение соотношения объекта экспертизы, предъявляемым к нему требованиям промышленной безопасности, определение технического состояния, критериев и срока последующей безопасной эксплуатации. Резервуар РВС-3000 м³, Р-1, установленный на НПЗ Дальневосточного региона, на момент проведения экспертизы находится в неработоспособном состоянии и не соответствует предъявляемым ему требованиям промышленной безопасности.

В связи с этим, целью настоящей работы является изучение временных деформаций при сварке малоуглеродистых сталей и определение геометрических размеров деформации околошовной зоны.

Экспериментальные исследования сварочных деформаций и напряжений проводились на образцах соответствующих основному материалу обечайки резервуара РВС 3003 Р-1. Для проведения экспериментов были подготовлены образцы под сварку с размерами 300x250x5 (материал - сталь 09Г2С). В качестве оборудования использовались сварочный инвертор КЕМРПИ Minarc 220 и термopара. В качестве сварочного материала использовались электроды марки ОК 53.70.

Всего было подготовлено 3 образца под сварку. Режимы сварки образцов представлены в таблице 1. Сварка образца №3 осуществлялась с применением установленных ребер жесткости [4-5].

Таблица 1 – Режимы сварки образцов

Образец №1		
Номер валика, №	Диаметр электрода, мм	Сила сварочного тока, А
Прихватки и 1 валик	2.6	75-90
2 валик	3.2	100-130
3 валик	3.2	100-130
Образец №2		
Прихватки и 1 валик	2.6	75-90
2 валик	3.2	90-110
3 валик	3.2	90-110
Образец №3		
Прихватки и 1 валик	2.6	75-90
2 валик	3.2	90-110
3 валик	3.2	90-110

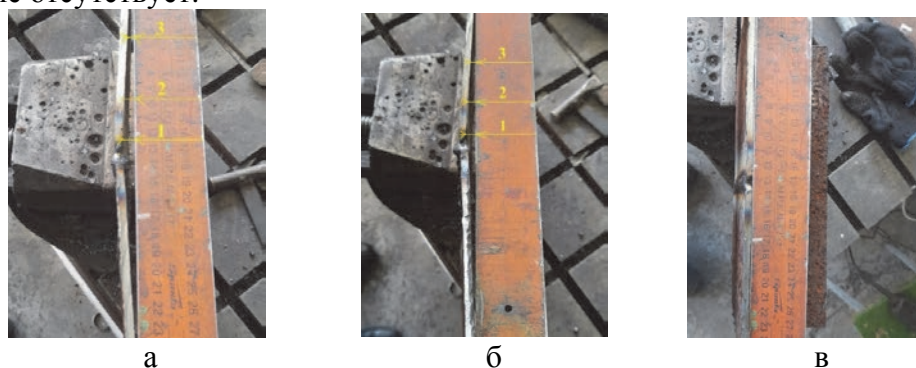
При проведении исследования определяем деформации металла: продольные и поперечные под углом 45°. При подготовке образца №1 (рисунок 1 а, б) ставим риски для проведения замеров А - поперечных деформаций под углом 45°; Б - продольных деформаций; С - насечка для измерения температуры. Образцы необходимо замерить на предмет коробления в зоне соединения двух деталей.



а б
Рисунок 1 – Подготовка образцов:

а - фронтальный вид образца №1; б - фронтальный вид образца №2

После сварки, прикладываем линейку поперек шва (рисунок 2). Наблюдается коробление металла в образцах №1 и №2 (рисунок 2, а, б). В образце №3 (рисунок 2, в) коробление отсутствует.



а б в
Рисунок 2 – Наблюдаемое коробление образцов:
а - образец №1; б - образец №2; в - образец №3;

В образце №1 отклонение от первоначального размера: в 1 зоне – 5,68 мм; 2 зона – 4.48 мм; 3 зоне – 2.89 мм. В образце №2 отклонение от первоначального размера: в 1 зоне – 3,52 мм; 2 зона – 2,3 мм; 3 зоне – 1.48 мм.

Заключение

По результатам проведенных исследований можно сделать следующие выводы, что деформация приводит к изменению размеров всего изделия, деформацию можно избежать при уменьшении перегрева заготовок подобрав параметры (режимы, способы сварки), давая конструкции остыть, разбив протяженность швов на участки и проваривая их в шахматном порядке заранее пронумеровав. А так же не малую роль в уменьшении деформации играют удерживающие конструкции, в данном случае ребра жесткости.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Резервуары вертикальные РВС
URL: https://sarrz.ru/produkcija/rezervuary_vertikalnye_rvs/ (дата обращения: 16.02.2023).
2. Типовая инструкция по эксплуатации металлических резервуаров для хранения жидкого топлива и горячей воды
URL: <https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4294817/4294817771.htm> (дата обращения: 16.02.2023)
3. Разработка технологии ремонта обечайки резервуара для хранения азотной кислоты URL: <https://workspay.ru/work/11435/> (дата обращения: 06.03.2023)
4. Фролов В. В. Теория сварочных процессов / Под редакцией В. В. Фролова – Москва : Высшая школа, 1988. – 205с.
5. Бабенко, Э. Г. Расчет режимов электрической сварки и наплавки: методическое пособие для студентов вузов / Э. Г. Бабенко, Н. П. Казанова. – Хабаровск : ДВГУПС, 1999 – 32 с.

УДК 006.067

Сафроненко Ольга Владимировна, студент, Комсомольск-на-Амуре государственный университет

Safronenko Olga Vladimirovna, student of Komsomolsk-na-Amure State University

Кравченко Елена Геннадьевна, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры «Машиностроение», Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Kravchenko Elena Gennadyevna, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Mechanical Engineering, Komsomolsk-na-Amure State University

РАЗРАБОТКА МЕРОПРИЯТИЙ ПО УТВЕРЖДЕНИЮ ТИПА СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЯ

DEVELOPMENT OF MEASURES FOR APPROVAL OF THE TYPE OF MEASURING INSTRUMENT

Аннотация. Утверждение типа средства измерения основано на государственном метрологическом контроле, его основной целью является обеспечение единства измерений в стране. Утверждение типа средства измерения проводят для последующей постановки на производство в единичном экземпляре или серийном производстве, и дальнейшем выпуске средств измерений, которые соответствуют установленным в нормативных документах требованиям, в обращение. Исследование посвящено разработке методики, в которой будет четко прописана последовательность утверждения типа средств

измерения, принадлежащих к определенной группе бесконтактных термометров, основанных на измерении температуры посредством применения инфракрасного луча.

Abstract. The approval of the type of measuring instrument is based on the state metrological control, its main purpose is to ensure the uniformity of measurements in the country. The type approval of the measuring instrument is carried out for subsequent production in a single copy or serial production, and further release of measuring instruments that meet the requirements established in regulatory documents, into circulation. The study is devoted to the development of a methodology in which the sequence of approval of the type of measuring instruments belonging to a certain group of contactless thermometers based on temperature measurement through the use of an infrared beam will be clearly spelled out.

Ключевые слова: тип средства измерения, процедура утверждения, испытания, контроль соответствия, аккредитация, единство измерений.

Key words: type of measuring instrument, approval procedure, testing, conformity control, accreditation, unity of measurements.

Введение

Законодательный метрологический контроль включает в себя испытания типа средства измерения и его утверждение. Данные процедуры являются важными звеньями в организации метрологического контроля, они необходимы и разработаны для обеспечения соответствия правилам и требованиям закона правительства России [1].

Требования для проведения утверждения типа средств измерений зависят области применения средств измерения и от их назначения.

Обеспечение единства измерений регулируется в соответствии с ФЗ «Об обеспечении единства измерений» государственными органами, такими как РОССТАНДАРТ, Государственными региональными центрами метрологии и Государственными научными метрологическими институтами.

Для упрощения процедуры утверждения типа средства измерения, помимо уже имеющегося порядка, согласно Приказа Минпромторга России от 28 августа 2020 г. N 2905, необходимо разработать такую методику, в которой будет четко прописана последовательность утверждения типа средств измерения, принадлежащих к определенной группе, например, по видам измерений (температура, расход, механические или электрические величины).

Работе посвящена разработанная методика утверждения типа средств измерения, в которой будет четко прописана последовательность утверждения типа средств измерения, принадлежащих к определенной группе.

Основная часть

Целью утверждения является соответствие уже утвержденному типу средства измерения. Помимо самого типа средства измерения при утверждении его типа, рассмотрению подвергается и предприятие, сделавшее запрос на проведение процедуры утверждения типа средств измерения. При положительном решении по утверждению типа средств измерений, проверяющая организация помимо сертификата на средство измерения, выдает разрешение предприятию-заявителю на право производства этого средства измерения (или измерительных приборов) и его реализацию [2].

Стадии процесса утверждения типа

Процесс утверждения типа средств измерений является важной составляющей в комплексе официальных мер, обеспечивающих качество измерений, допустимых в определенных областях измерений.

Процедура утверждения осуществляется согласно приказа Минпромторга России от 28 августа 2020 г. N 2905 «Порядок проведения испытаний стандартных образцов или средств измерений в целях утверждения типа».

Поэтапность процесса утверждения продемонстрирована на рисунке 1 и состоит из следующих мероприятий:

- 1) испытания для целей утверждения типа;
- 2) принятие решения об утверждении типа, государственная регистрация средств измерений, так же выдача сертификата об утверждении типа;
- 3) испытания с целью контроля на соответствие утвержденному типу;
- 4) заключение результатов проведенных испытаний и признание утверждения типа компетентными организациями;
- 5) информационное обслуживание потребителей средств измерений. [3]

Решение об утверждении типа средств измерений принимает РОССТАНДАРТ по результатам испытаний, затем выдается удостоверение (свидетельство) со строго регламентированным сроком его действия [3].

Право на проведение испытаний средств измерений с целью утверждения их типа имеют государственные научные метрологические центры, имеющие аккредитацию в качестве государственных центров испытаний средств измерений (ГЦИ СИ).

В качестве ГЦИ СИ дополнительную аккредитацию могут получить специализированные организации в соответствии с принятым решением РОССТАНДАРТА вне его системы.

Далее в Государственном реестре средств измерений производится регистрация утвержденного типа средства измерения. Полную информацию, содержащую сведения об утверждении типа или же решение об отмене утверждения, публикуют на сайте РОССТАНДАРТА и в официальных изданиях [3].

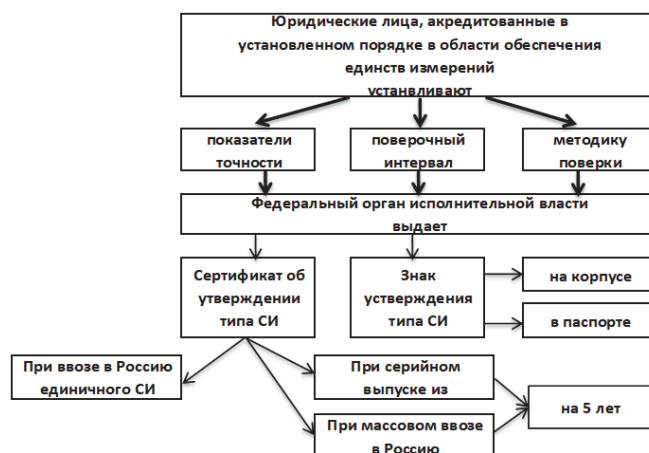


Рисунок 1 – Процесс утверждения типа средств измерений

Заключительным этапом процедуры для утвержденного типа средств измерений, является нанесение заявителем на средства измерений, на эксплуатационную документацию и документацию, сопровождающую каждый экземпляр средств измерений, знак утверждения типа средств измерений (рисунок 2), форма и размеры которого стандартизованы [5].



Рисунок 2 – Знак утверждения типа соответствия средств измерений

В соответствии с международными соглашениями, заключенными Россией с другими странами, может быть принято решение о признании результатов испытаний или утверждения типа, что является основанием для оформления свидетельства и внесения типа импортируемых средств измерений в Государственный реестр и их применения в Российской Федерации. [4]

Заключение

Подведя итог, можно резюмировать, что утверждение типа по своей сути является подтверждением соответствия средств измерений законодательно установленным требованиям. Разработанные мероприятия по утверждению типа средств измерений призваны давать гарантию заинтересованным сторонам в получении доподлинно верных результатов измерений в законодательно регулируемой области обеспечения единства измерений.

В работе представлена методика утверждения типа средств измерения, принадлежащих к определенной группе. Благодаря четко прописанной последовательности действий многократно упрощается процедура утверждения типа.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Архипов, А.В. Метрология. Стандартизация. Сертификация. Учебник для студентов вузов / А.В. Архипов, В.М. Мишин. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2017, – 495 с.
2. Приказ Росстандарта от 12.11.2018 N 2346 "Об утверждении Административного регламента по предоставлению Федеральным агентством по техническому регулированию и метрологии государственной услуги по утверждению типа стандартных образцов или типа средств измерений".
3. Приказ Минпромторга России от 28 августа 2020 г. N 2905 «Порядок утверждения типа стандартных образцов или типа средств измерений, внесения изменений в сведения о них».
4. Федеральный закон от 26.06.2008 N 102-ФЗ "Об обеспечении единства измерений".
5. Решение Совета Евразийской экономической комиссии от 18.10.2016 N 98 "Об утверждении Порядка утверждения типа средств измерений".

УДК 621.791

Стробыкин Никита Алексеевич, студент, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Strobykin Nikita Alekseevich, student, Komsomolsk-na-Amure State University

Бахматов Павел Вячеславович, кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой «Технология сварочного и металлургического производства имени В.И. Муравьева», Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Bakhmatov Pavel Vyacheslavovich, Candidate Of Engineering Sciences, Associate Professor, Head Of The Department "Technology of welding and metallurgical production named after V.I. Muravyov", Komsomolsk-na-Amure State University

СВАРКА ТИТАНОВЫХ СПЛАВОВ ИМПУЛЬСНО-ДУГОВЫМ МЕТОДОМ (ОБЗОР)

WELDING OF TITANIUM ALLOYS BY THE PULSE ARC METHOD (REVIEW)

Аннотация. Данная работа посвящена анализу исследований автоматической аргонодуговой сварке титана вольфрамовым электродом на импульсном токе. В ходе, которой была проведена работа с научными публикациями в данной области и выделены основные полученные результаты. В статье представлено преимуществ данного способа сварки в сравнении с текущими аналогами.

Abstract. This work is devoted to the analysis of studies of automatic argon-arc welding of titanium with a tungsten electrode on a pulsed current. In the course of which work was carried out with scientific publications in this area and the main results obtained were highlighted. The article presents the advantages of this welding method in comparison with current analogues.

Ключевые слова: титан, импульс, дуга, сварка, сварочная ванна, сила тока, дуговой разряд.
Key words: titanium, pulse, arc, welding, weld pool, current strength, arc discharge.

Введение

Титановые сплавы в сравнении с другими конструкционными металлами выделяется максимальной температурой плавления в пределах от 1470 °С до 1825 °С. В связи с данными параметрами для сварки титана необходимы концентрированные источники тепла. Но из-за не высокого коэффициента теплопроводности, высокого электросопротивления, а также пониженной теплоемкости во время сварки титана расходуется меньше энергии в сравнении со сваркой углеродистых сталей.

Сварка титана выполняется неплавящимся электродом в среде защитных газов, осуществляющиеся с непрерывной и импульсной подачей энергией. Швы могут быть как непрерывные, так и точечные. При пропускании импульса тока определенной длительности между вольфрамовым электродом и деталью возбуждается дуга, и на свариваемом материале образуется сварочная точка. Сварной шов образуется расплавлением отдельных точек с заданным перекрытием. Для стабильности периодического возбуждения импульсной дуги и получения идентичных сварных точек между изделием и неплавящимся электродом постоянно находится маломощная дежурная дуга. Дежурная дуга стабилизирует горячее катодное пятно, поддерживает в ионизированном состоянии дуговой промежуток и устраняет блуждание сварочной дуги. Благодаря этому устраняется блуждание дуги по электроду и повторные возбуждения импульсной дуги происходят только с конца вольфрамового электрода. Дежурная дуга имеет ток равной 15% от основного тока импульса, а также устанавливается исходя из толщины свариваемых деталей. Сварку пульсирующей дугой рекомендуется применять:

- при сварке встык или в отбортовку материалов толщиной от 0,5 до 2 мм;
- при изготовлении конструкций, не допускающих значительных деформаций в зоне шва;
- при сварке нахлесточных соединений;
- при исправлении дефектов;

Так же известно, что данный процесс обеспечивает высокую производительность, хорошее формирование швов как в вертикальном, так и в нижнем положении за счет существенного объема сварочной ванны в сравнении со сваркой в режиме постоянного тока.

Основная часть

В настоящее время импульсная сварка титановых сплавов только набирает популярность и в сравнении с другими способами нуждается в более подробном изучении. Так на предприятиях ОАО «Балтийский завод» и АО «Ленинградский металлический завод» на лабораторной базе ЦНИИ КМ «Прометей» занимались исследованием возможности получения качественного сварного соединения титановых труб с трубными решетками из биметалла титан-сталь. От качества, полученного в ходе сварки, зависит работоспособность конструкции. Целью исследования являлось получение необходимой циклической прочности у сварных швов с необходимой высотой сечения. Благодаря расчетам по балансу погонной энергии расплавленного металла шва, была получена зависимость глубины проплавления от режимов сварки. На основании полученной зависимости можно обоснованно выбирать оптимальные значения силы сварочного тока и скорости сварки. В качестве базы использовалась автоматическая аргодуговая сварка вольфрамовым электродом на импульсном токе без присадки [1].

Там же установлено, что конструктивно-технологическая подготовка кромок сильно влияет на качество сварного соединения. Так же теоретические расчеты и полученные опытные данные показали, что для сохранения стабильной глубины проплавления и предотвращения наплыва металла шва внутрь трубы, необходимо строго позиционировать электрод относительно стыка.

Известно, что одним из самых проверенных способов для снятия остаточных сварочных напряжений в титановых сплавах является отжиг, но не всегда представля-

ется возможность термообработки из-за больших габаритов конструкции. Экспериментальным путем была получена возможность снятия сварочных деформаций после сварки путем ввода дополнительной силовой развальцовки труб со степенью деформации до 8%. Немаловажным достоинством данной операции является увеличение плотности соединения труба – трубная решетка, что предотвращает образование щелевой коррозии в стыке [2].

В некоторых промышленных отраслях есть необходимость в получении длинных сварных швов. В Оренбургском государственном университете были проведены исследования на влияние постоянного и переменного тока на получение деформации длинномерных листов после сварки. Исследования проводились при аргодуговой сварке неплавящимся электродом в среде защитных газов на постоянном токе прямой полярностью и на импульсном режиме. Как показали исследования, при сварке титановых листов малых толщин в пределах от 1,5 до 2 мм наиболее эффективно себя проявила сварка в импульсном режиме, которая обеспечила стабильное качество соединения. Для обеспечения такого результата были заданы параметры продолжительности импульса от 0,2 до 0,3 с и паузе от 0,1 до 0,2 с. Благодаря этим параметрам удалось выполнить сварку точно с перекрытием и снизить погонную энергию в 2-2,5 раза, что привело к увеличению производительности в 2-3 раза.

При импульсно-дуговой сварке длинномерных титановых листов без присадочной проволоки деформации в сравнении с обычным способом сварки понижаются в зависимости от толщины металла: при толщине 0,5 мм уменьшение на 30%; при толщине 1 мм уменьшение на 25%; при толщине 2 мм уменьшение на 15%;

Если составить зависимость уменьшения внутренних деформации от толщины металла, то можно сделать вывод что с уменьшением толщины свариваемых деталей уменьшается и коробление металла, что благоприятно сказывается на качестве изделий.

В работах [3-5] описаны возможности использования импульсно-дуговой сварки титана для управления формированием шва, благодаря которой создаются условия за счет периодического охлаждения сварочной ванны препятствующие образованию внутренних деформаций в зоне кристаллизации. За счет повышения импульсного давления дуги идет благоприятное формирование сварного шва с равномерной мелкочешуйчатостью. Также благодаря ударным воздействиям импульса, переносимых капель с последующим затвердеванием идет образование мелкозернистости в образовавшейся точке.

Заключение

Обзор литературных источников показал, что благодаря использованию импульсно-дугового метода в сравнении с постоянным током при сварке титана можно добиться качественного сварного соединения, а именно:

- за счет снижения силы сварочного тока получается наиболее стабильное горение сварочной дуги, что приводит к снижению размеров сварочной ванны;
- лучше удерживается жидкий металл давлением дуги благодаря стабильному горению дуги;
- за счет уменьшения температуры вложения снижается коробление металла;
- благодаря наличию правильно подобранных режимов дежурной дуги можно исключить образование кратера;
- за счет импульсного переноса капель металла образуется мелкозернистая структура, что благоприятно сказывается на прочностных характеристиках.

Благодарности

Научно-исследовательские работы выполнены за счёт средств ФГБОУ ВО «Комсомольский-на-Амуре государственный университет» (грант № ВН001/2020).

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1 ПИ 1.4.1898-2003. Сварка дуговая сплавов титана в среде защитных газов. – Введ. 2004-01-01. – Москва : Производственная инструкция, 2004. – 114 с.

2 Онучин, С. В. Автоматическая аргоно-дуговая сварка криволинейных швов изделий из титана / С. В. Онучин, В. Д. Проскурин // Промышленность: новые экономические реалии и перспективы развития : сборник статей I Всероссийской научно-практической конференции (с международным участием): в 2-х частях, Оренбург, 17 мая 2017 года. Том Часть 2. – Оренбург: Агентство Пресса, 2017. – С. 232-237.

3 Крампит, А. Г. Способы управления формированием сварного шва / А. Г. Крампит, Н. Ю. Крампит // Технологии и материалы. – 2015. – № 3. – С. 21-26.

4 Крампит, Н. Ю. Механические свойства сварных соединений при сварке непрерывной и импульсной дугой / Н. Ю. Крампит, А. Г. Крампит // Сварочное производство. – 2010. – № 3. – С. 3-5.

5 Крампит, А. Г. Влияние параметров импульсов сварочного тока на формирование сварного шва / А. Г. Крампит, Н. Ю. Крампит // Сварка и диагностика. – 2013. – № 2. – С. 11-13.

УДК 665,6 (004.67)

Сунь Син, студент, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Sun Xing, student, Komsomolsk-na-Amure State University

Серебренникова Анжела Геннадьевна, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры «Машиностроение», Комсомольский-на-Амуре государственный университет
Serebrennikova Anzhela Gennadievna, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Mechanical Engineering Department, Komsomolsk-na-Amure State University

Устинов Владимир Александрович, старший преподаватель кафедры «Машиностроение», Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Ustinov Vladimir Alexandrovich, Senior Lecturer, Mechanical Engineering Department, Komsomolsk-na-Amure State University

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРИЧИН ВЫХОДА ИЗ СТРОЯ ЦЕНТРОБЕЖНЫХ НАСОСОВ НЕФТЕПЕРЕРАБАТЫВАЮЩИХ ЗАВОДОВ И ПУТИ ИХ РЕШЕНИЯ

RESEARCH OF THE REASONS FOR CENTRIFUGAL PUMPS FAILURE IN OIL REFINERY AND WAYS TO SOLUTION THEM

Аннотация. В данной статье дается обзор существующего насосного оборудования нефтеперерабатывающих заводов. К данному оборудованию относятся центробежные насосы для перекачки жидкостей с примесями. В состав данного оборудования входят такие элементы как вал, подшипники качения, корпуса и рабочие колеса. Данные элементы выходят из строя, начинают работать неправильно, что приводит к снижению перекачки жидкости к другим объектам нефтеперерабатывающего завода. Основным признаком неправильной работы насоса, является повышенная вибрация, повышение температуры подшипников, уменьшение напора от номинального. Анализ причин выхода из строя частей центробежного насоса позволил выявить узкие места и предложить пути их восстановления.

Abstract. This article provides an overview of existing refinery pumping equipment. This equipment includes centrifugal pumps for pumping liquids with impurities. The composition of this equipment includes such elements as a shaft, rolling bearings, housings and impellers.

These elements fail, start to work incorrectly, which leads to a decrease in the pumping of liquid to other facilities of the refinery. The main sign of improper operation of the pump is an increase in vibration, an increase in the temperature of the bearings, and a decrease in pressure from the nominal one. An analysis of the reasons for the failure of parts of a centrifugal pump made it possible to identify bottlenecks and suggest ways to restore them.

Введение

В нефтеперерабатывающей и нефтехимической промышленности интенсификация химико-технологических процессов во многом определяется эффективностью восстановления применяемых машин и аппаратов, вследствие их объективного старения и выхода из строя.

На предприятиях отрасли основную долю машинного оборудования, эксплуатируемого на технологических установках, составляют центробежные, поршневые и плунжерные насосы.

Нефтяные насосы участвуют во всех перекачках нефти и нефтепродуктов из резервуара в резервуар, задействованы в транспортировке готовой продукции потребителю или в транспортные средства. На технологических установках перекачивают рабочие среды из аппарата в аппарат, и они задействованы во всех процессах нефтехимической промышленности включая и нефтебазы. Для обеспечения работоспособности оборудования необходимо непрерывно отслеживать техническое состояние его механизмов.

В связи с этим, целью настоящей работы является анализ причин нарушения работоспособности насосного оборудования с предложением методик его восстановления.

Основная часть

Объектом исследования в этой статье, является центробежный насос 12НДс-Нм-т-Е. На рисунке 1 представлены его основные элементы.

В процессе анализа литературных источников, которые дают полное представление о проблематике работы, были выявлены следующие проблемы эксплуатации насосного оборудования:

1. Возникающая коррозия и эрозия элементов насосов, которые имеют непосредственный контакт с перекачиваемой средой. Наиболее серьезные повреждения наблюдается на рабочих колесах, валах, подшипниках и корпусах насосов как максимально нагруженных элементов оборудования. Влияние агрессивных сред приводит к уменьшению толщины стенок и ухудшению параметров работы всего агрегата.

2. Процесс кавитации, при котором происходит появление ударов во время работы, повышение вибрации всего агрегата, и как следствие, сокращение срока службы подшипников, происходит увеличение износа внутрикорпусных элементов и утоньшение стенок корпуса.

3. Твердые включения в перекачиваемой среде приводят к абразивному износу проточной части насоса.

4. Недогруженные ($0,5 \dots 0,7 Q_{опт}$) и нерасчетные режимы (ниже $0,5 Q_{опт}$) работы насосных аппаратов ухудшают вибродинамические характеристики.

5. Неоптимальные режимы работы насоса приводят к неравномерному нагреву вала и стенок корпуса из-за разных коэффициентов расширения используемых материалов и способов крепления оборудования, и приводят к уменьшению нормированных зазоров в насосе и увеличению нагрузок на него.

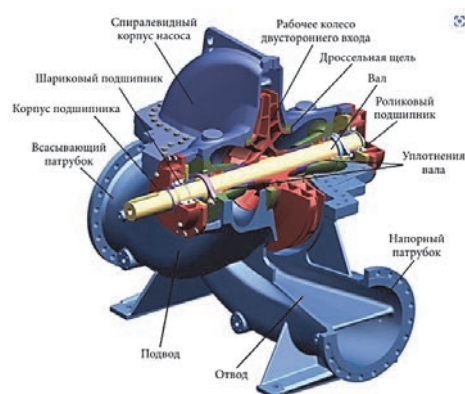


Рисунок 1 – Устройство центр обежного насоса 12НДс-Нм-т-Е

Обычно, подшипники промышленного оборудования работают в тяжелых условиях в течение длительных периодов времени. Самый надежный индикатор состояния подшипников – это их температура.

Контролировать температуру подшипников можно с помощью миниатюрных датчиков. Вибродиагностика позволяет контролировать техническое состояние магистральных и опорных агрегатов в режиме непрерывного наблюдения за уровнем вибрации.

На рисунке 2 показаны места установки датчиков регистрации вибрации.

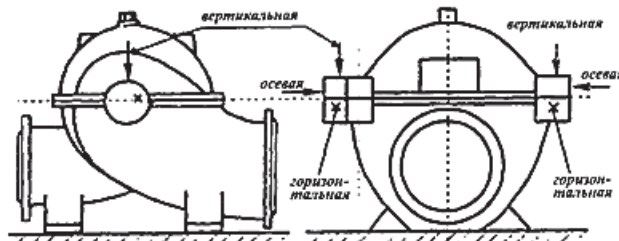


Рисунок 2 – Точки измерения на опоре подшипника

Данное оборудование позволяет следить за параметрами в процессе. Если нормативный параметр снижается, это говорит о том, что пора производить ремонт. Ремонт бывает текущий, средний и капитальный.

Еще один из главных элементов центробежного насоса, это рабочее колесо. Рабочее колесо – это вращающийся компонент центробежного насоса, который разгоняет жидкость наружу от центра вращения, таким образом, передавая энергию от двигателя, приводящего в действие насос, к перекачиваемой жидкости. Скорость, достигаемая рабочим колесом, переходит в давление, когда движение жидкости наружу ограничено корпусом насоса.

Износ рабочих колес приводит к падению подачи и напора при практически неизменной потребляемой мощности. При сильном износе колеса и щелевого уплотнения на входе нарушается балансировка: возникает неуравновешенная осевая сила. Последствия – нагрузка на подшипники и их износ, смещение рабочего колеса в полости насоса, трение его о корпус (всасывающий патрубок) и износ колеса и корпуса. Износившиеся рабочие колеса необходимо заменить. Еще одной причиной выхода из строя рабочего колеса является засорение каналов рабочих колес или направляющих аппаратов (насос работает с меньшей подачей или прекращает подачу). В этом случае насос необходимо разобрать, каналы очистить.

В список путей восстановления насосного оборудования, можно отнести методы очистки и напыления.

Такие методы позволяют продлить срок жизни данного оборудования без его замены, что в свою очередь приводит к экономии средств промышленных предприятий.

Заключение

В процессе работы, были проанализированы причины нарушения работоспособности насосного оборудования нефтеперерабатывающей и нефтехимической промышленности. В качестве примера, был взят центробежный насос 12НДс-Нм-т-Е. Выявлены причины выхода из строя, таких элементов насоса как валы, подшипники и рабочее колесо. Регулярное проведение планово-предупредительных ремонтов, позволяет вовремя выявлять поломки и производить либо замену, либо местный ремонт оборудования без выведения его из технологического процесса.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Берлин, М. А. Ремонт и эксплуатация насосов нефтеперерабатывающих заводов / М. А. Берлин. – М. : Химия, 1998. – 280 с.
2. Краснов В. И. Ремонт центробежных и поршневых насосов нефтеперерабатывающих и нефтехимических предприятий / В. И. Краснов, А. М. Жильцов, В. В. Набержнев. – М. : Химия, 1996. – 320 с.

3. Нарышкин, В. Н. Подшипники качения / В. Н. Нарышкин, Р. В. Коросташевский. – М. : Машиностроение, 1999. – 281 с.
4. Двинин, А. А. Типовые центробежные насосы в нефтяной промышленности : учеб.пособие / А. А. Двинин, А. А. Безус. – Тюмень : ТюмГНГУ, 2010. – 232 с.
5. Гайнутдинов, Ш. А. Оптимизация системы технического обслуживания и ремонта для насосного оборудования нефтеперерабатывающих предприятий / Ш. А. Гайнутдинов. – Текст : непосредственный // Молодой ученый. – 2023. – № 10 (457). – С. 22-28. – URL: <https://moluch.ru/archive/457/100592/> (дата обращения: 19.04.2023). Молодой ученый. Международный научный журнал № 10 (457) / 2023.

УДК 658.512.22

Хрипкива Валерия Анатольевна, студент, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Khripkova Valeria Anatolyevna, student, Komsomolsk-na-Amure State University

Серебренникова Анжела Геннадьевна, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры «Машиностроение», Комсомольский-на-Амуре государственный университет
Serebrennikova Anzhela Gennadievna, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Mechanical Engineering Department, Komsomolsk-na-Amure State University

ИССЛЕДОВАНИЕ СИЛОВЫХ НАГРУЗОК ДЕТАЛИ «КАРЕТКА», ВХОДЯЩЕЙ В СОСТАВ ЗАКРЫЛКА КРЫЛА ГРАЖДАНСКОГО САМОЛЕТА

INVESTIGATION OF THE POWER LOADS OF THE «CARRIAGE» PART, WHICH IS PART OF THE WING FLAP OF A CIVIL AIRCRAFT

Аннотация. Гражданский самолет – это очень сложная конструкция, состоящая из огромного количества деталей. Деталь «Каретка» входит в состав элементов средств механизации взлетно-посадочных характеристик гражданского самолета, а именно, закрылка. В процессе полета, деталь испытывает большие нагрузки, так как является связующим звеном элементов закрылка. Основной проблемой авиастроения является необходимость снижения массы без потери прочности. Цель работы: определение напряженно-деформированного состояния детали «Каретка» для дальнейшей оптимизации ее формы с помощью инструмента «топологическое прототипирование» в программе NX 12. В результате проведенного анализа, было определено напряженно-деформированное состояние детали «Каретка». Рассчитаны ответные силы реакции в опорах подшипника. Результаты работы являются основой для проектирования эффективной формы детали «Каретка».

Abstract. A civil aircraft is a very complex structure, consisting of a huge number of parts. Detail "Carriage" is part of the elements of mechanization means of take-off and landing characteristics of a civil aircraft, namely, the flap. During the flight, the part experiences heavy loads, as it is the connecting link of the flap elements. The main problem of the aircraft industry is the need to reduce weight without loss of strength. The purpose of the work: determination of the stress-strain state of the "Carriage" part for further optimization of its shape using the "topological prototyping" tool in the NX 12 program. As a result of the analysis, the stress-strain state of the "Carriage" part was determined. The response forces of the reaction in the bearing supports are calculated. The results of the work are the basis for designing an effective form of the "Carriage" part.

Ключевые слова: самолет, деталь, крыло, закрылок, сборочный узел, топология, силовые нагрузки, ответные силы реакции, , CAD/CAE-системы.

Key words: aircraft, part, wing, flap, assembly, topology, force loads, response reaction forces, CAD/CAE systems.

Введение

Гражданский самолет – это очень сложная конструкция, состоящая из огромного количества деталей. В устройстве любого самолета, немаловажную роль играют закрылки, расположенные на крыле [1]. Закрылки – подвижные элементы крыла, расположенные в его хвостовой части и увеличивающие его подъёмную силу за счёт отклонения вниз. Принцип работы закрылков заключается в том, что при их выпуске увеличивается кривизна профиля, следовательно, увеличивается и подъёмная сила, и в общем случае нос самолёта будет подниматься вверх.

Ответственной деталью закрылка является деталь «Каретка». В процессе полета, деталь испытывает большие нагрузки, так как является связующим звеном элементов закрылка. Поэтому к этой детали предъявляются высокие требования по прочности. Однако, прочность неразрывно связана с массой. Основной проблемой авиастроения является необходимость снижения массы без потери прочности.

Цель работы: определение напряженно-деформированного состояния детали «Каретка» для дальнейшей оптимизации ее формы с помощью инструмента «топологическое прототипирование» в программе NX 12.

Основная часть

Для оптимизации конструкции изделий по массе применяется топологическое прототипирование.

Топологическое прототипирование – это математический метод, который заложен в программный продукт и предлагает математическую основу для определения наиболее эффективной формы детали под заданные ограничения и условия нагрузки, оптимизации и распределения материала для максимизации производительности системы. Материал выберет кратчайший путь от нагрузки до ограничения, в результате чего математически получается наиболее эффективная форма [2, 3].

Любое тело, находящееся во взаимодействии с другим твердым телом, вызывает силы реакции опоры или иначе говоря, силы упругости. Эти силы всегда направлены перпендикулярно поверхности соприкосновения тел.

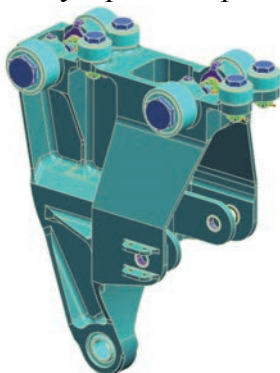


Рисунок 1 – Деталь «Каретка»

В начале работы над прототипированием необходимо определить наиболее нагруженные зоны детали «Каретка», которая является основной деталью в сборке закрылка крыла гражданского самолета [4].

Деталь «Каретка» (рисунок 1) изготавливается из титанового сплава ВТ6ч. Данный сплав применяется при изготовлении штампованных деталей самолета, длительно работающих при температурах 400-500 °С.

Проанализируем, какие же нагрузки испытывает эта деталь в работе.

На рисунке 2 представлена схема работы всего сборочного узла, который опускает и поднимает закрылок. Схематично указан монорельс, по которому катается каретка с помощью подшипников, приводимая в движение шариковым винтовым механизмом. Данное положение детали «Каретки» соответствует убранному положению закрылка. После приложения нагрузки $P_{\text{винт}}$ (кгс), деталь «Каретка» переместится по винту, по оси Y и закрылок будет полуоткрыт на 34°.

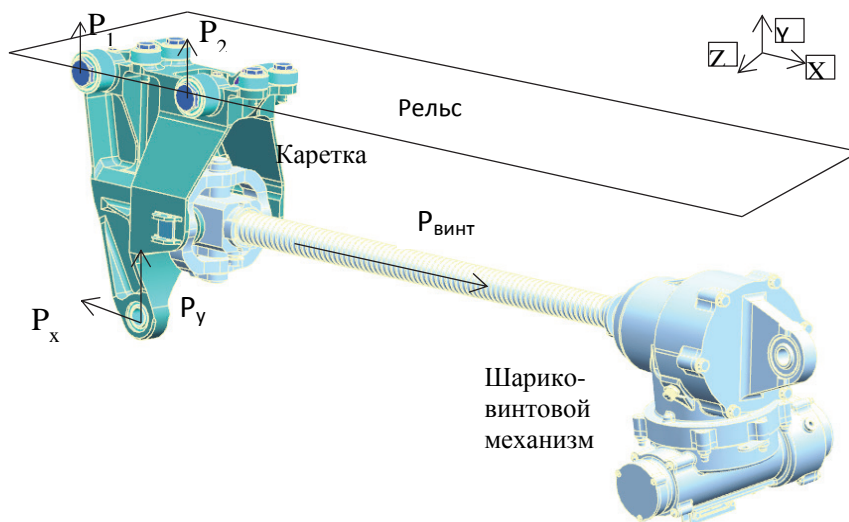


Рисунок 2 – Механизм уборки и выпуска закрылка на крыле

Теперь необходимо определить, выдержит ли деталь те нагрузки, которые возникают в процессе полета самолета, для этого нужно составить уравнение равновесия. На рисунке 3 представлена схема нагрузок детали «Каретка» [5].

Известно, что $P_x = 496$ кгс, $P_y = 1189$ кгс, $P_{\text{винт}} = 496$ кгс.

Уравнение, определяющее нагрузку, приходящуюся на переднюю ось равно:

$$P_1 = \frac{-P_{\text{винт}} * 120 + P_x * 210 + P_y * 60.7}{130},$$

$$P_1 = 898 \text{ кгс.}$$

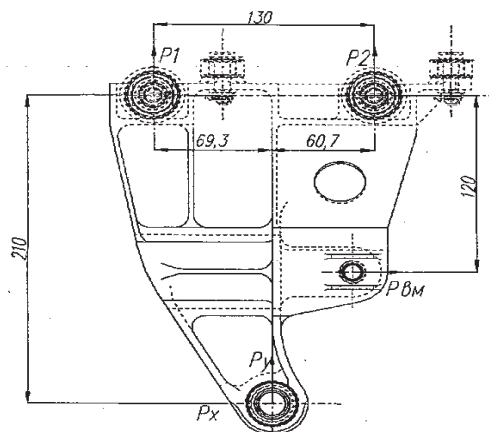


Рисунок 3 – Распределение нагрузок на вертикальные ролики

Уравнение, определяющее нагрузку, приходящуюся на заднюю ось равно:

$$P_2 = \frac{-P_{\text{винт}} * 120 - P_x * 210 + P_y * 69.3}{130},$$

$$P_2 = 290 \text{ кгс.}$$

Для положения выпущенного закрылка, ответные силы реакции опор, будут иметь другие значения.

Следующий этап в данной работе - это проведение инженерного анализа в программе NX 12, который зрительно даст напряженно-деформированное состояние детали «Каретка» и покажет зоны, в которых может возникнуть поломка детали «Каретка».

Заключение

В результате проведенного выше анализа, было определено напряженно-деформированное состояние детали «Каретка». Рассчитаны ответные силы реакции в опорах подшипника.

Результаты работы являются основой для проектирования эффективной формы детали «Каретка» при определенных значениях и условиях нагрузок, которые были распределены на передний и задний ролик механизма уборки и выпуска закрылка на крыле гражданского самолета. Для этого используется инструмент «топологическое прототипирование» в программе NX12.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Корнеев, В.М. Конструкция и основы летательных аппаратов. Учебник для техн. вузов. – М.: «Машиностроение». – 2010, 263 с. с ил.
2. Гранкин. А. Аддитивные технологии в NX CAM. Часть 2: Топологическая оптимизация/ А. Гранкин // Softline : Электронный журнал - URL: [HTTPS://ISICAD.RU/RU/ARTICLES.PHP?ARTICLE_NUM=19737](https://isicad.ru/ru/articles.php?article_num=19737) Дата публикации: 22.03.2018.
3. Обзор софта для топологической оптимизации и бионического дизайна // top3dshop.ru - URL: [HTTPS://HABR.COM/RU/COMPANIES/TOP3DSHOP/ARTICLES/411999/](https://habr.com/ru/companies/top3dshop/articles/411999/) Дата публикации: 27.04.2018.
4. Гребеньков, О.А. Конструкция самолета. М.: Машиностроение. 1984. 302 с.
5. Горшков, А.Г. Сопротивление материалов. / А.Г. Горшков, Трошин В.Н., Шалашилин В.И./ М.: Высшая школа. – 2010, 560 с.

УДК 621.791.754.6

Шилиев Алексей Вячеславович, студент, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Shilyaev Aleksey Vyacheslavovich, student, Komsomolsk-na-Amure State University

Бахматов Павел Вячеславович, кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой «Технология сварочного и металлургического производства имени В.И. Муравьева», Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Bakhmatov Pavel Viacheslavovich, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, Head of the Department "Technology of Welding and Metallurgical Production named after V.I. Muravyev", Komsomolsk-na-Amure State University

РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ТАКТИЧЕСКИХ ПРИЕМОВ АРГОНОДУГОВОЙ СВАРКИ

CALCULATION OF PARAMETERS FOR THE IMPLEMENTATION OF TACTICAL TECHNIQUES OF ARGON ARC WELDING

Аннотация. В работе представлена схема расчета основных тактических параметров (вылет электрода, угол наклона сварочной горелки, дуговой зазор) ручной аргонодуговой сварки, влияющих на точность геометрических параметров сварного шва (ширина, высота усиления, глубина проплавления). Описан составленный для вычисления тактических параметров калькулятор.

Abstract. The paper presents a scheme for calculating the main tactical parameters (electrode stickout, welding torch angle, arc gap) of manual argon-arc welding, which affect the accuracy of the geometric parameters of the weld (width, reinforcement height, penetration depth). A calculator designed to calculate tactical parameters is described.

Ключевые слова: аргонодуговая сварка, расчетная схема, калькулятор тактических параметров.

Key words: argon arc welding, calculation scheme, tactical parameters calculator.

Введение

В практике получения сварных соединений различных сталей и сплавов ручной аргонодуговой сваркой неплавящимся вольфрамовым электродом все чаще применяется технология обкатки (опирания) керамическим соплом горелки свариваемой поверхности, получившая название «бабочка» или «американка». Эта техника проста, за счет упора горелки на деталь позволяет поддерживать стабильные значения дугового зазора, тем самым облегчает монотонную работу сварщика. Тем не менее, ни в справочной, ни в какой-то другой нормативно-технической литературе, не задаются такие параметры как вылет электрода, дуговой зазор, а как видно из расчетной схемы (рисунок 1) они параметризованы. Например, выбор меньшего радиуса керамического сопла потребует меньшего вылета электрода при сохранении угла наклона горелки [1, 2].

Основная часть

Учитывая, что керамическое сопло (1) постоянно опирается на поверхность свариваемой детали (3), а угол между вольфрамовым электродом (2) и выходной плоскостью сопла прямой, для расчета тактических параметров следует принять за расчетную, схему прямоугольного треугольника (рисунок 1), где r - диаметр сопла, α - угол наклона горелки, ℓ - вылет вольфрамового электрода, e - дуговой зазор.

- 1 – керамическое сопло горелки
- 2 – вольфрамовый электрод
- 3 – поверхность детали

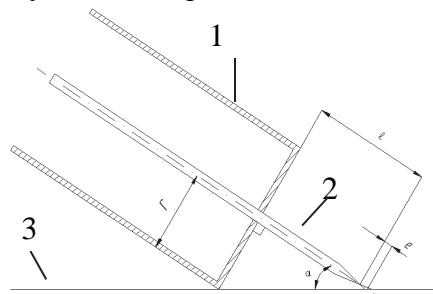


Рисунок 1 – Расчетная схема для определения величин тактических параметров аргонодуговой сварки неплавящимся электродом

При математическом расчете вылета электрода данные угла наклона сварочной горелки α (град) переведены в радианы, полученные значения переводим в $\text{tg}(\alpha)$ и получаем формулу (1):

$$\ell = r / (\text{tg}(\alpha) - e) \quad (1)$$

При выборе величины вылета вольфрамового электрода следует учитывать её влияние на угол наклона горелки, следовательно, ширину сварочной ванны, ширину колебательного движения, чешуйчатость шва, глубину проплавления, надежность газовой защиты. Так, при уменьшении вылета электрода увеличивается угол наклона горелки, сварочная ванна приобретает концентрические очертания, минимизируется в диаметре, увеличивается глубина проплавления, улучшается газовая защита, что видно по соломенному цвету следов побежалости на поверхности сформированного валика. Увеличение вылета электрода, уменьшает угол наклона, вытягивает сварочную ванну в направлении сварки, что минимизирует величину диапазона колебательного движения, снижается глубина проплавления, ухудшается газовая защита (цвета побежалости от синего до фиолетового свидетельствуют о перегреве металла шва) [3, 4].

Расчет данных параметров для получения неразъемных соединений позволит получить равномерную защиту сварочной ванны инертным газом, избежать наружных и внутренних дефектов, в том числе вольфрамовых включений, возникающих при касании электродом сварочной ванны [5].

Для упрощения вычислений разработан калькулятор расчета тактических параметров при сварке (рисунок 2): угла наклона горелки, вылет электрода, размер газового сопла, а также дуговой зазор при сварке.

Для получения расчета принято постоянное положение горелки 45 градусов, дуговой зазор 2 мм, радиус рабочего сопла для корневого, заполняющего и облицовочного прохода. В ходе вычисления получаем размер вылета электрода при сварке (рисунок 2).

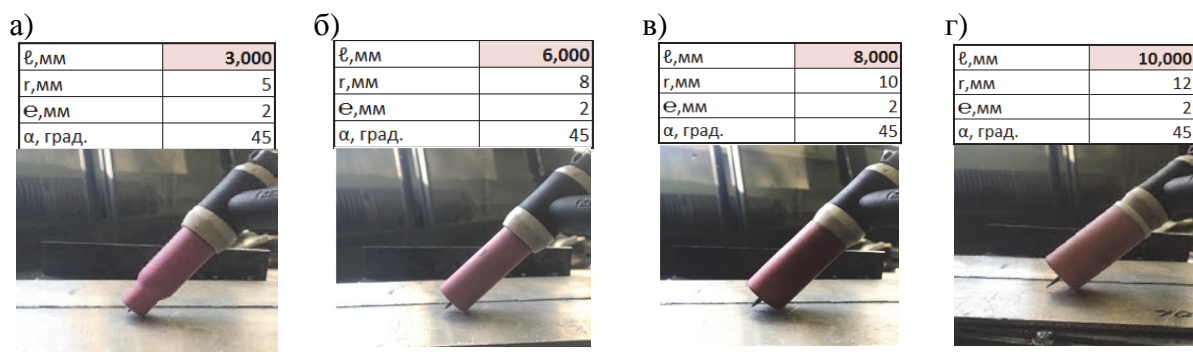


Рисунок 2 – Калькулятор расчета тактических параметров и его практическое применение для многопроходного шва

На рисунке 2, показана удовлетворительная сходимость параметров калькуляции с параметрами, полученными на практике: при сохранении угла наклона горелки, изменяя радиус сопла (требуется при многопроходной сварке) рассчитывается вылет электрода.

Закключение

В практическом использовании калькулятора облегчится задача составление технологических карт при описании тех. процесса, решится проблема с расчетом вылета вольфрамового электрода для формирования сварных швов, а также сварщику не потребуется подбирать параметры, для получения геометрических размеров сварных соединений согласно нормативно-технической документации таких как: ширина шва, высота усиления, глубина проплавления, катет в угловых соединениях, выпуклость корневого прохода с обратной стороны.

Благодарности

Научно-исследовательские работы выполнены за счёт средств ФГБОУ ВО «Комсомольский-на-Амуре государственный университет» (грант № ВН001/2020).

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Шияев, А. В. Тактические приемы выполнения швов аргодуговой сварки / А. В. Шияев, П. В. Бахматов // Наука, инновации и технологии: от идей к внедрению : Материалы II Международной научно-практической конференции молодых ученых, Комсомольск-на-Амуре, 14–18 ноября 2022 года / Редколлегия: А.В. Космынин (отв. ред.) [и др.]. Том Часть 2. – Комсомольск-на-Амуре: Комсомольский-на-Амуре государственный университет, 2022. – С. 188-192. – EDN RBFDNW.
2. Бахматов, П. В. Исследование влияния техники манипулирования рабочим торцом электрода при TIG сварке на качество формирования шва / П. В. Бахматов, А. В. Фролов, А. С. Кравченко // Ученые записки Комсомольского-на-Амуре государственного технического университета. – 2021. – № 3(51). – С. 90-94. – DOI 10.17084/20764359-2021-51-90. – EDN AJMALF.
3. Киселев, Г. В. Проблемы аргодуговой сварки силовых конструкций летательных аппаратов из листовых титановых сплавов / Г. В. Киселев, В. И. Муравьев, В. В. Григорьев // Молодежь и наука: актуальные проблемы фундаментальных и прикладных исследований : Материалы III Всероссийской национальной научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, в 3 ч., Комсомольск-на-Амуре, 06–10 апреля 2020 года. Том Часть 1. – Комсомольск-на-Амуре: Комсомольский-на-Амуре государственный университет, 2020. – С. 60-62. – EDN VOSFJB.
4. Муравьев, В. И. Обеспечение качества неразъемных соединений титановых конструкций летательных аппаратов, выполненных сваркой плавлением: монография / В. И. Муравьев, П. В. Бахматов, В. В. Григорьев. – Москва; Вологда: Инфра-Инженерия, 2022. – 296 с.
5. Юхин, Н. А. Ручная дуговая сварка неплавящимся электродом в защитных газах / Н. А. Юхин. – Москва: Соуэло, 2007. – 49 с.

СЕКЦИЯ 2

МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ И ХИМИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ

УДК 621.565

Бабак Яков Иванович, студент, Комсомольский-на-Амуре государственный университет
Babak Yakov Ivanovich, student, Komsomolsk-na-Amure State University

Щетинин Владимир Сергеевич, доктор технических наук, доцент, профессор кафедры
«Машиностроение», Комсомольский-на-Амуре государственный университет
Shchetinin Vladimir Sergeevich, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Professor of the Mechanical Engineering Department, Komsomolsk-na-Amure State University

СОКРАЩЕНИЕ ПРЯМЫХ ВЫБРОСОВ ПАРНИКОВЫХ ГАЗОВ ОТ НЕФТЕДОБЫЧИ

REDUCTION OF DIRECT GREENHOUSE GAS EMISSIONS FROM OIL PRODUCTION

Аннотация. В данной статье рассматриваются актуальные способы сокращения прямых выбросов парниковых газов от нефтедобычи, а также проводится их анализ с целью поиска наилучшего способа решения проблемы. Предлагается к рассмотрению инновационный метод сокращения прямых выбросов парниковых газов от нефтепереработки.

Abstract. This article discusses current ways to reduce direct greenhouse gas emissions from oil production, and analyzes them in order to find the best way to solve the problem. An innovative method for reducing direct greenhouse gas emissions from oil refining is proposed for consideration.

Ключевые слова: парниковые газы, нефтедобыча, метан.

Key words: greenhouse gases, oil production, methane.

Введение

Накопление парниковых газов вызывает ряд серьезных проблем, от климатических, таких как увеличение числа экстремальных погодных явлений, повышение уровня Мирового океана, таяния вечной мерзлоты - до социально-экономических последствий и ухудшения здоровья населения [1]. Нефтегазовая отрасль занимает лидирующие позиции среди антропогенных источников выбросов парниковых газов. В связи с тем, что Россия один из крупнейших производителей и экспортеров нефти и газа в мире, то проблема эмиссии парниковых газов является весьма актуальной.

В данной статье производился анализ актуальных способов сокращения выбросов парниковых газов от нефтедобычи с целью поиска наилучшего способа решения проблемы.

Основная часть

Основным источником выбросов парниковых газов в процессе нефтедобычи является сжигание попутного нефтяного газа (ПНГ) на факельных установках.

Так как одним из основных парниковых газов является метан (также входящий в состав ПНГ), который может использоваться в качестве источника энергии, то потенциальную энергию ПНГ можно направлять на выработку электроэнергии, обогрев помещений, а также на технологические процессы. Для этих целей подходит приведенный ниже вариант установки.

1. Максимально возможное локальное использование – Генерация тепла и электроэнергии (рисунок 1)

Попутный газ утилизируется из факельного коллектора и направляется на предварительную обработку, а затем используется в качестве топлива для генерации тепла и электроэнергии с дополнительной возможностью рекуперации тепла отработанного газа с помощью парогенератора [2].

Плюсы данного способа:

- позволяет максимально использовать ресурсы;

- обеспечивает независимое локальное энергоснабжение;
- снижает затраты на жидкое топливо или электроэнергию.

Минусы:

- Ограниченность локальных потребностей в тепле и электроэнергии;
- Необходимость наличия резервной системы для случаев ограниченности или временной недоступности ПНГ.

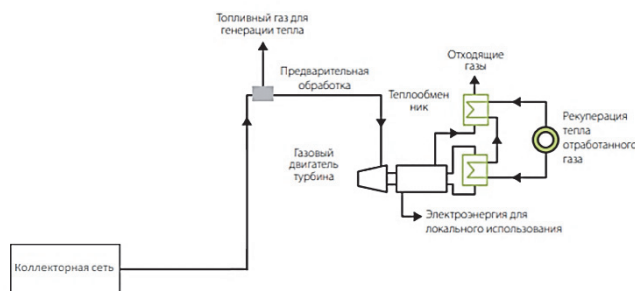


Рисунок 1 – Схема установки для генерации тепла и электроэнергии

Также существует вариант продажи газа, для которого подходит схема приведенная ниже.

2. Продажа товарной продукции (рисунок 2)

Попутный газ утилизируется из факельной трубы и направляется на предварительную обработку и отделение газоконденсатных жидкостей. Далее газ проходит процесс сжатия или сжижения и транспортируется к потребителю.

Плюсы:

- Максимальное использование ресурсов;
- Доход от продаж газа;
- Вероятное снижение выбросов CO₂ за счет замещения газом других топлив.

Минусы:

- Обеспечение непрерывного потока ПНГ
- Затраты на транспортировку.

Наиболее экологически полезный вариант – оптимизация условий сжигания.

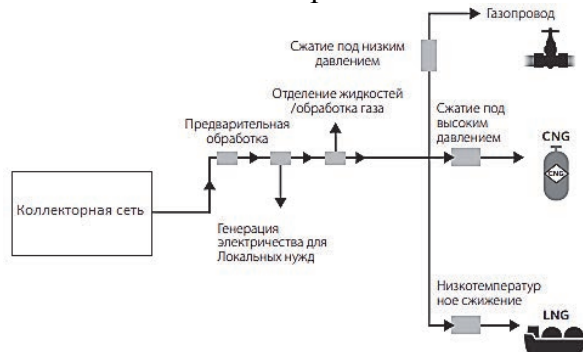


Рисунок 2 – Схема установки формирования товарной продукции

3. Оптимизация условий сжигания – Усовершенствование факельной системы (рисунок 3)

Попутный газ утилизируется из факельного коллектора и направляется в сепаратор для удаления тяжелых углеводородов из потока. Далее его направляют в улучшенную факельную трубу, где происходит сжигание с использованием усовершенствованного факельного оголовка и современной системы розжига [3].

Плюсы:

- Обеспечивает техническую альтернативу более экологичной практики факельного сжигания;
- Способ снизить выбросы от внепланового, периодического сжигания.

Минусы:

- Требования к конструкции и обслуживанию;
- Стоимость технологий;
- Отсутствие прямых экономических выгод, только опосредованные - от снижения выбросов загрязнителей и соответствующего экологического ущерба.

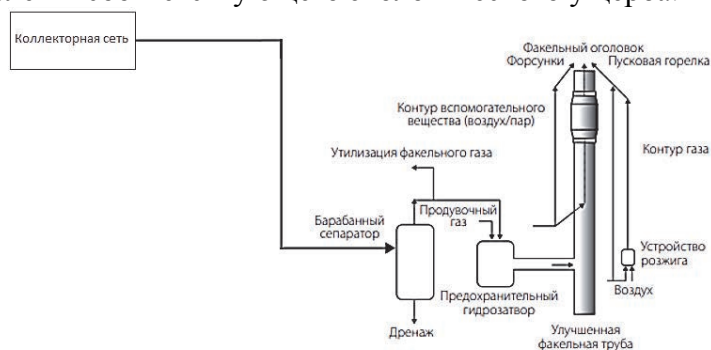


Рисунок 3 – Схема установки с усовершенствованной факельной системой

Заключение

Анализируя все вышеперечисленные методы, мы пришли к выводу, что наименее выгодным будет являться продажи товарной продукции, в связи с относительно малыми объемами ПНГ по отношению к затратам на транспортировку продукта и постройку трубопровода.

Наиболее эффективным способом, на наш взгляд, будет являться совмещение схем 1 и 3 (рисунок 4).

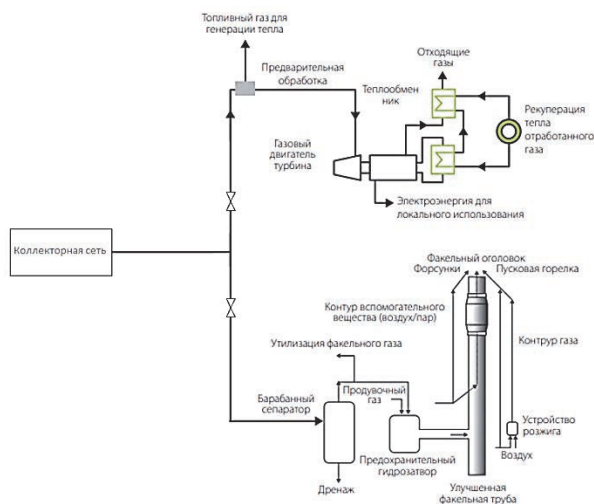


Рисунок 4 – Совмещенная схема вывода ПНГ

Такая схема позволит перенаправлять поток ПНГ в зависимости от его объема и текущих задач.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Портал Neftegaz.ru: [Электронный ресурс] // URL: <https://neftegaz.ru/science/ecology/770984-pkhg-analiz-metodov-sokrashcheniya-emissii-metana/>
2. Scientific Research: Утилизация попутного газа с использованием газовой турбины [Электронный ресурс] // URL: https://file.scirp.org/Html/3-6201920_64571.htm
3. Oil & Gas journal: Факельные системы – Варианты конструкции, ключевые параметры для оптимизации [Электронный ресурс] // URL: <https://www.ogj.com/home/article/17219054/flare-systems1-design-alternatives-components-key-to-optimum-flares>

УДК 620.022

Будникова Яна Николаевна, студент, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Budnikova Yana Nikolaevna, student, Komsomolsk-na-Amure State University

Проценко Александр Евгеньевич, кандидат технических наук, доцент, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Protsenko Alexander Evgenievich, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Komsomolsk-na-Amure State University

ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАМЕТРА РАСТВОРИМОСТИ МАТРИЦЫ ЭПОКСИВИНИЛЭФИРНОГО СТЕКЛОПЛАСТИКА

INVESTIGATION OF THE SOLUBILITY PARAMETER OF THE EPOXY VINYL ESTER FIBERGLASS MATRIX

Аннотация. В статье отображены результаты исследования растворимости матрицы эпоксивинилэфирного стеклопластика. Выполнен расчет параметра растворимости эпоксивинилэфирной смолы по методу Аскадского, а также подобраны растворители, пригодные для растворения данного олигомера заданного химического строения. Проведено экспериментальное исследование растворимости образцов стеклопластика в подобранных растворителях. На основе опытных данных были построены графики изменения массы образцов. Установлено, что среди рассмотренных растворителей наиболее эффективными оказались азотосодержащие соединения (анилин, пиридин).

Abstract. The article presents the results of a study of the solubility of the matrix of epoxy vinyl ester fiberglass. The solubility parameter of epoxy vinyl ether resin was calculated using the Askadsky method, and solvents suitable for dissolving this oligomer of a given chemical structure were selected. An experimental study of the solubility of fiberglass samples in selected solvents was carried out. On the basis of experimental data, graphs of changes in the mass of samples were constructed. It was found that nitrogen-containing compounds (aniline, pyridine) were the most effective among the considered solvents.

Ключевые слова: растворимость, эпоксивинилэфирная матрица, стеклопластик, растворители.

Key words: solubility, epoxy vinyl ester matrix, fiberglass, solvents.

Введение

Полимерные композиционные материалы используются во многих промышленных отраслях таких, как авто-, судо-, машиностроение, авиационная и космическая промышленность, приборостроение [2,4]. Такое широкое распространение ПКМ получили благодаря своим уникальным физико-механическим свойствам: высокой прочности, жесткости, малой плотности, хорошим тепло- и электроизоляционным свойствам, химической и температурной стойкости. Однако изделия на основе ПКМ имеют ограниченный срок эксплуатации. Когда срок службы подходит к концу, возникает проблема утилизации и переработки. Поскольку ПКМ изготавливают на основе терморезистивных связующих, то изделия на их основе перерабатывать затруднительно [3].

Сольволиз является одним из способов, позволяющих извлекать наполнитель из ПКМ [5]. Сольволиз может проводиться при различных условиях. Наиболее экономически выгодным является самопроизвольное протекание процесса при нормальных условиях. Сольволиз – это продолжительный процесс, так как проникновение молекул растворителя в полимер происходит постепенно. Также будет оказывать влияние параметр растворимости и совместимость растворителя и мономера. На растворимость влияют

свойства макромолекул и их взаимная упаковка в полимере, так как они предопределяют структуру полимерных материалов. Чем более гибкими являются макромолекулы и чем меньше плотность их упаковки, тем быстрее процесс растворимости. Молекулы растворителя постепенно диффундируют в структуру полимера, что приводит к разрыву межмолекулярных связей между цепями, вследствие чего увеличивается их подвижность.

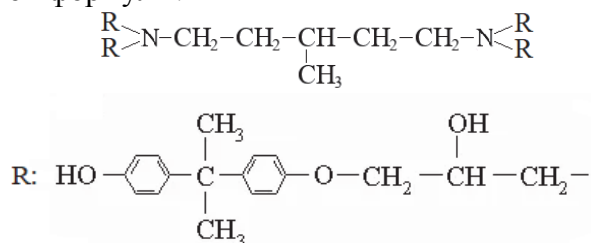
Отличительной особенностью процесса растворения полимеров является набухание, которое предшествует растворению [6]. Набухание может быть ограниченным и неограниченным, это во многом зависит от многих факторов: наличия и природы боковых заместителей в звеньях полимерной цепи, регулярности строения макромолекулы.

Оценить способность полимера растворяться в различных низкомолекулярных жидкостях возможно с помощью расчетного параметра растворимости.

Целью данной работы является расчет параметра растворимости эпоксивинилэфирной смолы, подбор растворителей, сравнение расчетных и экспериментальных данных. [1]

Материалы и методы

В качестве объекта исследования использовалось эпоксивинилэфирное связующее общей структурной формулы:



где R:

Расчет параметра растворимости полимера проводился по методу Аскадского [1]. Согласно данному методу, параметр растворимости находится по формуле $\delta = \frac{\Delta E^*}{N_A \cdot \Delta V}$

Результаты и обсуждение

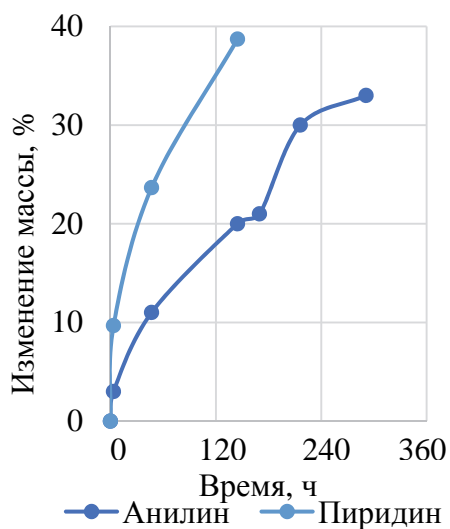
Результаты расчетов параметра растворимости для элемента эпоксивинилэфирного терморектопластичного полимера представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты расчетов

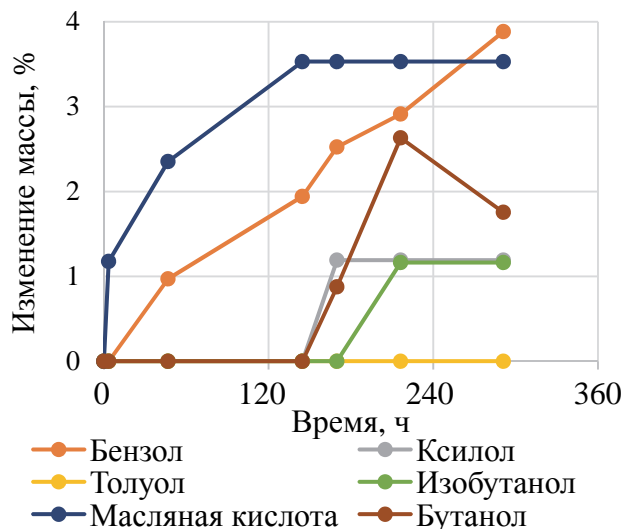
Полимер	ΔE^* , кал/моль	ΔV , Å	δ , (кал/см ³) ^{0,5}
Отвержденная эпоксивинилэфирная смола	74507	1206	10,095

По разности параметров растворимости отвержденной эпоксивинилэфирной смолы и органического растворителя, которая должна составлять ± 2 (кал/см³)^{0,5}, были подобраны растворители: анилин, бензол, ксилол, толуол, пиридин, спирт изобутиловый, масляная кислота, бутанол.

В пробирки с растворителями были помещены образцы стеклопластика, массой 2 г. В ходе проведения эксперимента образцы вынимались из пробирок, промокались фильтровальной бумагой для удаления излишков растворителя и взвешивались на весах. В результате эксперимента были получены данные изменения массы образцов, на основании которых были построены графики (рисунок 1).



а)



б)

Рисунок 1 – Кривые изменения массы эпоксивинилэфирного пластика в а) пиридине и анилине; б) бензоле, ксилоле, масляной кислоте, толуоле, изобутаноле, бутаноле

Во всех растворителях образцы эпоксивинилэфирного полимера вели себя по-разному. В присутствии азотсодержащих растворителей (пиридин и анилин) наблюдалось максимальное набухание. В среде анилина степень набухания составила 33%. В пиридине масса образца увеличилась на 39% через 144 ч, после чего расслоился на отдельные листы стеклоткани. (рисунок 2). В остальных из рассматриваемых растворителей образцы стеклопластиков только ограниченно набухали. В масляной кислоте предел набухания был достигнут через 96 ч и составил 3,5%. В бензоле образец постепенно набирал массу, прирост которой через 288 ч составил 3,9%. При этом зависимость носит линейных характер в рассматриваемом диапазоне.

При экспозиции образцов полимера в среде изобутанола, бутанола и ксилола наблюдается длительный индукционный период, в течение которого масса не изменяется. Через 170 ч выдержки происходит увеличение массы образцов, находившихся в ксилоле и бутаноле. В изобутаноле образец начинает явно набухать через 216 ч. При этом образец, выдерживаемый в бутаноле, через 288 ч начинает терять массу, что может свидетельствовать о начале деструктивных процессов.

Выводы

Метод Аскадского позволяет рассчитать лишь приблизительное значение растворимости. Процесс растворения полимеров – это сложный физический процесс, зависящий от многих факторов. Вследствие этого расчетные значения могут не подтвердиться опытным путем. Также необходимо учесть, что в данных условиях процесс растворения мог проходить довольно медленно, и для растворения требовалось больше времени, чем проходил эксперимент. Среди рассмотренных растворителей лучший результат показали азотсодержащие соединения. В среде пиридина удалось разделить композит на отдельные слои. Данный растворитель может использоваться в перспективе в процессах утилизации и рециклинга материалов на основе эпоксивинилэфирной смолы.

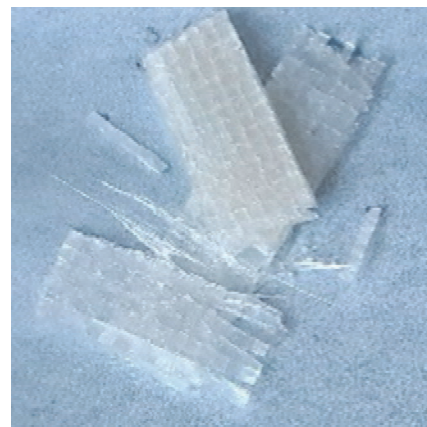


Рисунок 2 – Образец, растворенный в пиридине

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Аскадский, А. А. Методы расчета физических свойств полимеров / А. А. Аскадский // *Обзорный журнал по химии*. – 2015. – Т. 5, № 2. – С. 101. – DOI 10.1134/S2218114815020013. – EDN TQBARL.
2. Булкин, В. А. Применение перспективных композиционных материалов в надводном судостроении / В. А. Булкин, Н. Н. Федонюк, А. В. Шляхтенко // *Морской вестник*. – 2013. – № 1(45). – С. 7-8. – EDN PXHGBH.
3. Oliveux, G. Degradation of a Model Epoxy Resin by Solvolysis Routes / G. Oliveux, L. O. Dandy, G. A. Leeke // *Polym Degrad Stab*. – 2015. – P. 96–103. – DOI 10.1016/J.POLYMDEGRADSTAB.2015.04.016.
4. Каблов, Е. Н. Стратегические направления развития материалов и технологий их переработки на период до 2030 года / Е. Н. Каблов // *Авиационные материалы и технологии*. – 2012. – № 5. – С. 7-17. – EDN PFTMWB.
5. Borjan, D. Recycling of Carbon Fiber-Reinforced Composites-Difficulties and Future Perspectives / D. Borjan, Ž. Knez, M. Knez // *Materials*. – 2021. – Vol. 14. – P. 41-91. – DOI 10.3390/MA14154191.
6. Xiao, G. Z. Swelling of DGEBA/DDA Epoxy Resin during Hygrothermal Ageing / G. Z. Xiao, M. E. R. Shanahan // *Polymer (Guildf)*. – 1998. Vol. 39. – P. 3253–3260. – DOI S0032-3861(97) IO060.X.

УДК 66.083.3

Бузунова Александра Евгеньевна, студент, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Buzunova Aleksandra Evgenyevna, student, Komsomolsk-na-Amure State University

Проценко Александра Николаевна, кандидат химических наук, доцент, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Protsenko Aleksandra Nikolaevna, Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor, Komsomolsk-na-Amure State University

ОПТИМИЗАЦИЯ БЛОКА ПРЕДВАРИТЕЛЬНОГО ФРАКЦИОНИРОВАНИЯ ПРЯМОГОННОГО БЕНЗИНА И БЛОКА ИЗОМЕРИЗАЦИИ ПУТЁМ БАЙПАСИРОВАНИЯ КОЛОННЫ К – 2

OPTIMIZATION OF THE PRE-FRACTIONATION UNIT OF STRAIGHT-RUN GASOLINE AND THE ISOMERIZATION UNIT BY BYPASSING THE K -2 COLUMN

Аннотация. Данная работа посвящена оптимизации блока предварительного фракционирования прямогонного бензина и блока изомеризации путём управления давлением на верхней ступени колонны за счет обхода холодильника «перепуском горячего пара». Данная система позволяет контролировать давление в очень узких пределах и поддерживать качество выходного продукта по концу кипения, что способствует увеличению выхода светлых на 1 – 1,5% не зависимо от внешних условий.

Abstract. This work is devoted to optimizing the pre – fractionation unit of straight – run gasoline and the isomerization unit by controlling the pressure at the upper stage of the column by bypassing the cooler with a "hot steam bypass". This system allows you to control the pressure within very narrow limits and maintain the quality of the output product at the end of boiling, which contributes to an increase in light output by 1 – 1.5%, regardless of external conditions.

Ключевые слова: дистилляционная установка, ректификационная колонна, байпас горячего пара, клапан перепускного потока, датчик перепада давления.

Key words: distillation unit, distillation column, hot steam bypass, bypass flow valve, differential pressure sensor.

Изучение и разработка эффективных структур управления конкретными переменными дистилляционной системы, означающими, главным образом, верхнее давление и температуру колонны, чрезвычайно важны для уменьшения влияния потенциальных помех, которые могут возникнуть во время работы любой ректификационной колонны, будь то из-за изменений номинальных условий или сбоев в работе восходящего потока или последующие процессы, которые прямо или косвенно связаны с основным разделительным блоком.

Колебания верхнего давления в колонне и условий подачи относительно их рабочих значений тесно связаны с нежелательными изменениями температуры и состава по всей колонне, а также с эффективностью разделения, поскольку эти факторы связаны с относительной изменчивостью компонентов на каждой стадии. Таким образом, изменения в этих переменных будут вызывать испарение тяжелых компонентов и конденсацию легких компонентов, тем самым получая несконденсированный конечный продукт и, в конечном счете, влияя на экономичность процесса.

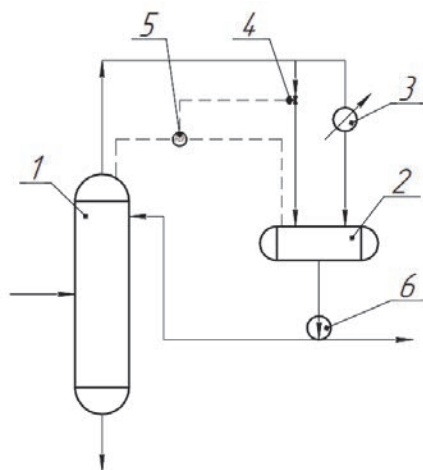
Давление является наиболее важной переменной для регулирования в ректификационных колоннах, поскольку оно влияет на конденсацию, температуру испарения, летучесть и почти все процессы, происходящие в колонне. Однако предположение о постоянном давлении часто оправдано, поскольку давление жестко контролируется, но общая динамика давления и их влияние на поведение колонны изучены недостаточно хорошо.

На самом деле, существует мало исследований о том, как давление влияет на динамическое поведение ректификационных колонн и их системы управления. Эффективное регулирование верхнего давления в колонне в дистилляционной установке может свести к минимуму возможные перепады температуры во время ее работы из-за помех или соответствующего шума, а также предотвратить затопление внутри колонны.

Использование байпасной системы горячего пара для регулирования давления в ректификационных колоннах не требует прямого регулирования расхода охлаждающей жидкости; оно предполагает разделение горячего потока таким образом, что часть этого потока перенаправляется для обеспечения быстрой динамики в определенной части процесса, обеспечивая, таким образом, приемлемые условия для управления желаемой переменной [1].

Была исследована реализация схема управления, которая включает байпас горячего пара для нагрева и охлаждения потока жидкости через холодильник; согласно результатам, добавление обходного потока горячего пара вокруг холодильника может способствовать надежному регулированию температуры на выходе за счет регулирования верхнего потока пара, выходящего из колонны, и перенаправления в ресивер через перепускной поток; регулирование расхода перепускного пара выполняется путем регулирования клапана перепускного потока как показано на рисунке 1.

Датчик перепада давления 5 настроен на поддержание определенного перепада давления между колонной 1 и ресивером 2. Если давление в ресивере 2 становится слишком низким, вызванное чрезмерным охлаждением конденсата, датчик перепада давления 5 открывает клапан 4, позволяя горячим парам смешиваться с конденсатом, стекающим в ресивер 2, повышая температуру в холодильнике 3 до тех пор, пока не будет создано давление пара, достаточное для поддержания фиксированной разницы давлений между колонной 1 и ресивером 2. Когда давление повысится датчик перепада давления 5 закроет клапан 4, позволяя конденсату в ресивере 2 охладиться, снижая давление его пара; тем самым поддерживая на фиксированном значении.



1 – ректификационная колонна; 2 – ресивер; 3 – холодильник; 4 – клапан;
5 – датчик перепада давления; 6 – насос

Рисунок 1 – Схема регулирования расхода пара байпасом

Подводя итог, можно сделать вывод о том, что, управляя давлением на верхней ступени колонны «перепуском горячего пара», можно контролировать температуру (график 1) и давление в очень узких пределах и поддерживать качество выходного продукта по концу кипения.

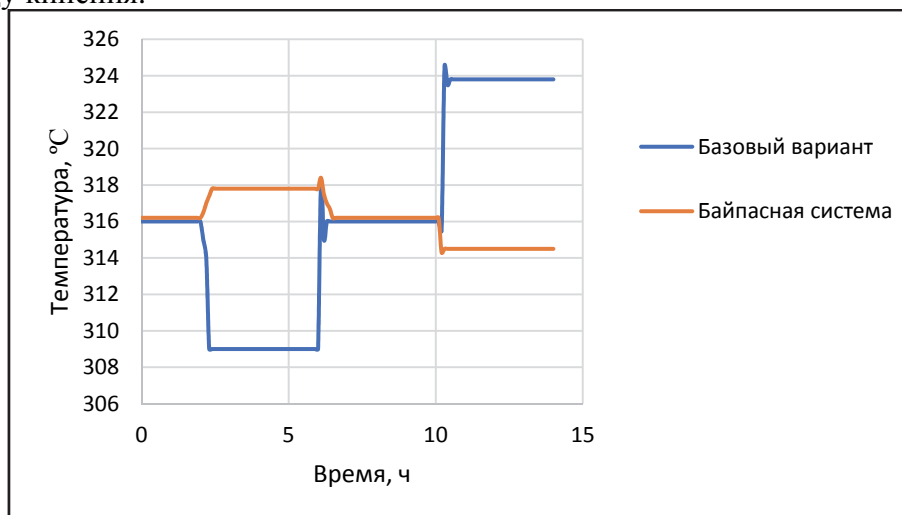


График 1 – Динамика температуры на момент выхода из колонны

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Втюрин, В.А. Системы управления химико – технологическими процессами / В.А. Втюрин, Илющенко В.В. – СПб.: СПбГЛТУ, 2010. – 179 с. – EDN: XYODZR
2. Дудников Е.Г. Автоматическое регулирование в химической промышленности / Е.Г. Дудников. – М.: Химия, 1987. - 368 с.
3. Kister, H.Z. Control column pressure via hot-vapor bypass, / Kister H.Z., Hanson D.W. – Chem. Eng. Prog., 2005. – 45.
4. Skogestad, S. Dynamics and control of distillation column: A critical survey / Skogestad S. – IFACSymposium, 1997, – 197.
5. Селевцов, Л.И. Автоматизации технологических процессов: учебник для студ. учреждений сред, проф, образования / Л.И. Селевцов, А.Л. Селевцов. – 3-е изд., стер. – М.: Издательский центр «Академия», 2014. — 352 с.

УДК 678.09

Духовников Кирилл Петрович, студент, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Dukhovnikov Kirill Petrovich, student of Komsomolsk-na-Amure State University

Проценко Александр Евгеньевич, кандидат технических наук, доцент, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Protsenko Alexander Evgenievich, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Komsomolsk-na-Amure State University

ТЕРМОАНАЛИЗ ПРОДУКТОВ ПИРОЛИЗА ЭПОКСИДНОГО ПОЛИМЕРА

THERMAL ANALYSIS OF PYROLYSIS PRODUCTS OF EPOXY POLYMER

Аннотация. В данной работе рассматриваются результаты термоанализа продуктов пиролиза эпоксидного термореактопластичного полимера. Полученная в результате пиролиза жидкость разделяется на две фазы. Каждая из фаз является гомогенной смесью органических продуктов с различными температурами кипения. Результаты исследований в этой области могут помочь улучшить экологическую ситуацию и обеспечить устойчивое развитие промышленности.

Abstract. In this paper, the results of thermal analysis of pyrolysis products of an epoxy thermoset polymer are considered. The resulting pyrolysis liquid is divided into two phases. Each of the phases is a homogeneous mixture of organic products with different boiling points. The results of research in this area can help improve the environmental situation and ensure the sustainable development of industry.

Ключевые слова: термореактопласт, эпоксидный полимер, пиролиз, деструкция, термоанализ.

Key words: thermosetting plastic, epoxy polymer, pyrolysis, destruction, thermal analysis.

Введение

Под вторичными сырьевыми источниками производства понимают остатки сырья, материалов, полуфабрикатов, образовавшихся при производстве продукции и утратившие полностью или частично исходные потребительские свойства [1]. Одним из крупнотоннажных источников вторсырья являются пластики. Большое количество полимеров подвергаются повторной переработки в изделия. Однако, данный технологический процесс наиболее характерен для термопластов. Термореактопласты не могут переходить в плавкое состояние, а, следовательно, и их переработка ограничена. Большое количество термореактопластичных полимеров используются в промышленности для получения полимерных композиционных материалов в качестве матриц. Наибольшее распространение получили эпоксидные связующие, при отверждении которых образуются материалы с высокими показателями физико-механических свойств [2]. Одним из способов вторично переработки таких материалов является пиролиз [3-4]. Пиролизом называется разложение твердого вещества под действием тепла.

Основная часть

В данной работе в качестве исследуемого сырья был взят эпоксидный полимер, полученный отверждением связующего SR8100 (Sicomín) аминным отвердителем SD8824 (Sicomín).

В реакционную колбу помещали кусочки нарезанного полимера размером 10x10 мм общей массой 150 г. Колбу нагревали при 450-500 °С со скоростью 6 °С/мин [5]. В результате пиролиза протекали реакции термодеструкции, сопровождающиеся разрывом поперечных связей в трехмерной полимерной цепи и образованием жидких и газо-

образных продуктов, которые при нагреве отводились из реакционной среды и конденсировались в прямоточном холодильнике Либиха.

С целью установления термических свойств, полученные пиролизные жидкости исследовали методом синхронного термического анализа на приборе STA 409 PC Luxx (Netzsch).

По данным дифференциальной сканирующей калориметрии (рисунок 1) установлено, что тяжелая фракция пиролизной жидкости является многокомпонентной. Можно выделить пять ступеней потери массы. При этом наблюдаются три эндотермических пика, отвечающие испарению вещества при 113 °С, 240 °С, 385,9 °С. Также отмечается, что в диапазоне температур до 113 °С происходит удаление наиболее легких компонентов, что соответствует падению массы на 2,51 %. Эндотермический пик не просматривается, ввиду начала интенсивного испарения компонента или смеси с температурой 113°С. Все выделенные пики на кривой ДСК накладываются друг на друга, что свидетельствует о том, что получена гомогенная смесь, с близкими температурами кипения веществ в исследуемых областях. Экзотермический пик соответствует выгоранию 20 % оставшегося вещества.

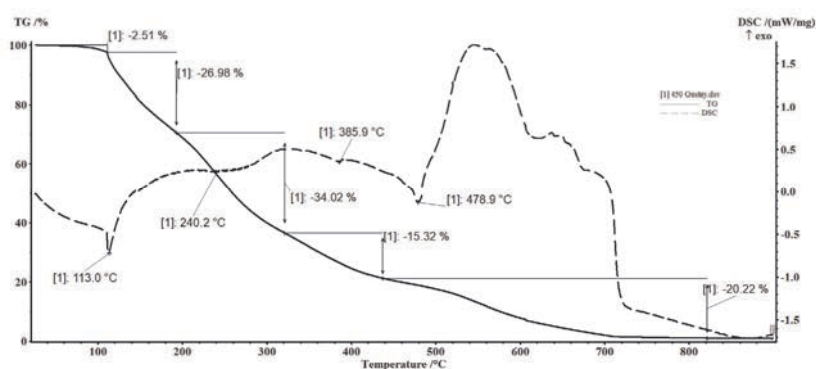


Рисунок 1 – Термограмма образца тяжелой фракции
 — TG; - - - DSC

На рисунке 2 представлена термограмма легкой фракции, полученной пиролизной жидкости, 95,5 % которой удаляется до 300 °С. При этом на кривой ДСК можно выделить три экстремума в эндотермической области: 75,9 °С, 107,9 °С, 133 °С.

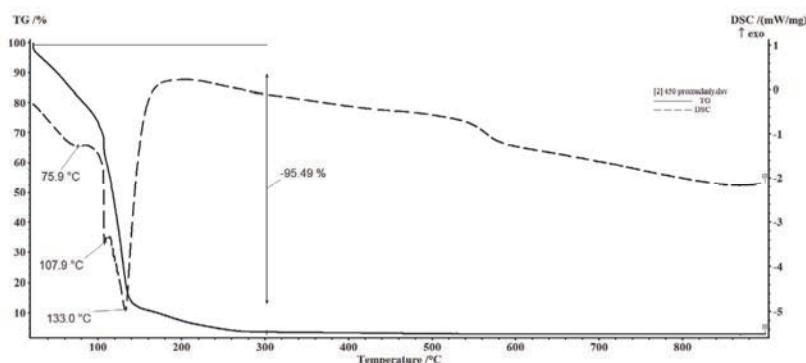


Рисунок 2 – Термограмма образца легкой фракции
 — TG; - - - DSC

Заключение

В данной работе было проведено термическое исследование продуктов пиролиза отвержденного эпоксидного связующего, полученных при 450 °С. Установлен факт многокомпонентности фаз полученной двухфазной жидкости. Были выявлены температуры кипения компонентов смеси. В дальнейшем это позволит разделить полученные продукты на более узкие фракции и их дальнейшее использование для нужд химической промышленности.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Девяткин, В.В. Бытовой мусор или вторичное сырье? / В.В. Девяткин, Ф.Ф. Гаев // Твёрдые бытовые отходы. – 2009. – №. 10. – С. 10-16.
2. Palmer, J., Ghita, O.R., Savage, L., Evans, K. E. Successful closed-loop recycling of thermoset composites // Composites Part A: Applied Science and Manufacturing. – 2009. – Т. 40. – №. 4. – С. 490-498. – DOI: 10.1016/j.compositesa.2009.02.002
3. Abdallah, R., Juaidi, A., Sava_{ssava}, M.A., Çamur, H., Albatayneh, A., Abdala, S., Manzano-Agugliaro F. A Critical Review on Recycling Composite Waste Using Pyrolysis for Sustainable Development // Energies. – 2021. – Т. 14. – №. 18. – С. 5748. – DOI:10.3390/en14185748
4. Schwarz, S., Höftberger, T., Burgstaller, C., Hackl, A., Schwarzingler, C. Pyrolytic Recycling of Carbon Fibers from Prepregs and Their Use in Polyamide Composites // Open Journal of Composite Materials. – 2020. – Т. 10. – №. 04. – С. 92-105. – DOI: 10.4236/ojcm.2020.104007
5. Люхо, И.А. Разработка методов рециклинга отходов полимерных композиционных материалов / И. А. Люхо, К. П. Духовников, А. Е. Проценко // Молодежь и наука: актуальные проблемы фундаментальных и прикладных исследований : Материалы V Всероссийской национальной научной конференции молодых учёных, Комсомольск-на-Амуре, 11–15 апреля 2022 года. Том Часть 2. – Комсомольск-на-Амуре: Комсомольский-на-Амуре государственный университет, 2022. – С. 124-126. – EDN WECOZF.

УДК 539.422.52

Караченков Дмитрий Леонидович, аспирант, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Karachenkov Dmitry Leonidovich, post-graduate student, Komsomolsk-na-Amure State University

Башков Олег Викторович, доктор технических наук, доцент, заведующий кафедрой «Материаловедение и технология новых материалов», Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Bashkov Oleg Viktorovich, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Head of the Materials Science and Technology of New Materials Department, Komsomolsk-na-Amure State University

ВИДЫ И ПРИНЦИПЫ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКИХ ДАТЧИКОВ

TYPES AND PRINCIPLES OF OPERATION OF FIBER OPTICAL SENSORS

Аннотация. В статье рассматриваются основные виды волоконно-оптических датчиков, принципы их работы, актуальность применения датчиков в современной науке, производстве, технологическом контроле особо важных объектов. В работе представлены преимущества волоконно-оптических датчиков, перспективность их использования при мониторинге структурного состояния объектов различными методами неразрушающего контроля, в том числе методом акустической эмиссии.

Abstract. The article discusses the main types of fiber-optic sensors, the principles of their operation, the relevance of the use of sensors in modern science, production, technological control of critical facilities. The paper presents the advantages of fiber-optic sensors, the prospects for their use in monitoring the structural state of objects by various non-destructive testing methods, including the acoustic emission method.

Ключевые слова: волоконно-оптический датчик, неразрушающий контроль, мониторинг, акустическая эмиссия

Key words: optical fiber sensor, mathematical model, unbrakable control, monitoring, acoustic emission

Внутренние напряжения и деформации, влияющие на структуру объектов контроля (ОК), трудноизмеримы. Обнаружение трещины в бетоне до того, как она станет видна, может помочь предотвратить обрушение здания. Таким образом, диагностика состояния конструкций является важной предпосылкой разработки новых видов датчиков, позволяющих эффективно детектировать микроповреждения материала в процессе эксплуатации [1]. Волоконно-оптические датчики (ВОД) занимают особое место среди многообразия различных видов датчиков деформаций и микроперемещений. Оптические волокна, используемые в коммуникационных сетях оптической связи, могут быть использованы и уже используются в настоящее время в качестве датчиков, информирующих о температуре, деформации и вибрации из любой точки оптического волокна за счет рассеяния света. Стандартные коммуникационные волокна могут быть встроены в такие конструкции, как мосты, здания, плотины, электрогенераторы, самолеты и другие сооружения, чтобы сообщать об их внутреннем состоянии.

Распределенные ВОД также находят все большее применение в оценке структурного состояния особо важных объектов методами неразрушающего контроля (НК). Таких методов существует достаточно большое количество, но наиболее информативным методом, позволяющим производить пассивный контроль всей структуры материала, считается метод акустической эмиссии (АЭ). Метод АЭ использует регистрацию акустических сигналов, которые возникают при нарушении физических свойств исследуемых материалов. При физическом воздействии на исследуемый материал возникают акустические волны, так называемый сигнал АЭ, который образуется за счет необратимой деформации и изменения внутренней структуры материала. В зависимости от характера регистрации сигналов АЭ принимается решение либо о выводе объекта из эксплуатации, либо о продолжении его эксплуатации, если отклонения показаний находятся пределах нормы.

Основные преимущества ВОД:

- малый вес, небольшие размеры;
- устойчивость к сложным климатическим условиям и агрессивным химическим средам;
- пассивность к электромагнитным полям и радиации;
- уверенная работа при высокой температуре;
- устойчивость к ударам, вибрации;
- возможность мультиплексирования чувствительных элементов;
- достаточно большое расстояние до места испытаний [2-4].

Принцип работы ВОД основан на преобразовании параметров измеряемого физического поля в информационный оптический сигнал: измеряемое физическое поле изменяет свойства оптического волокна, что сказывается на проходящем по волокну оптическом сигнале - его параметры изменяются. Таким образом зондирующий сигнал становится информационным: его измененные параметры несут информацию об измеряемом воздействии.

По локализации измеряемого параметра ВОД различают: точечные, в волокнах которых формируются локальные чувствительные к внешнему воздействию участки; распределенные, в которых все волокно является чувствительным элементом; квазираспределенные, представляющие собой сеть точечных элементов, непрерывно распределенных по волокну локальных чувствительных к внешнему воздействию участков[5].

Распределенный датчик может заменить множество точечных датчиков и использоваться для мониторинга состояния конструкций промышленного и авиационного назначения с пространственным разрешением от одного миллиметра до нескольких метров, а длина зондирования может варьироваться от нескольких метров до нескольких километров и более.

Волоконно-оптические датчики можно классифицировать по отклику на зондирующее излучение. Данная классификация указана на рисунке 1.

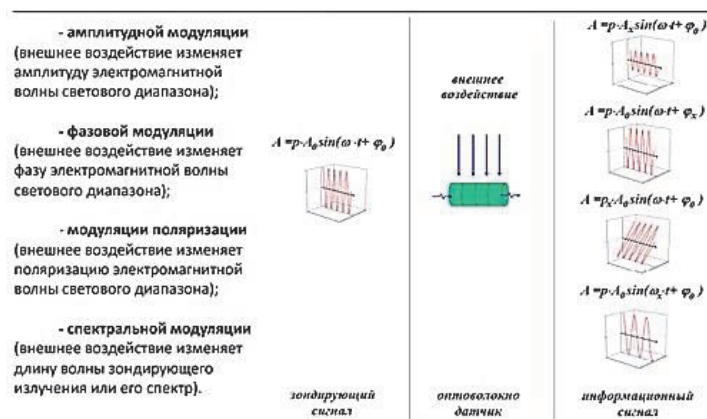


Рисунок 1—Типы датчиков по отклику на зондирующее излучение

По принципу действия ВОД можно также классифицировать на следующие типы: датчики на основе рассеяния света, интерференционные, и датчики на основе внутриволоконных решеток.

Первый тип датчиков основан на эффектах релеевского, бриллюэновского и комбинационного (рамановское) рассеяния света в оптическом волокне. В таких распределенных ВОД используется короткий световой сигнал, рассеяние которого фиксируется приемным оборудованием. По времени прихода и параметрам принятого импульса определяют величину и координаты физического воздействия на оптоволокно. Релеевские рефлектометры, основанные на упругом рассеянии света, не так точны в измерениях как ВОД, использующие бриллюэновское или комбинационное рассеивание, так как измеряют не параметры рассеянного сигнала на длине волны излучения, а сдвинутые по частоте стоксовы и антистоксовы компоненты, зарождающиеся в случае рамановского рассеяния на термических колебаниях молекул, а в случае бриллюэновского – на акустической волне[6].

Интерференционные ВОД используют интерференцию света двух лучей – опорного и сигнального. Зондирующий луч света, проходящий по оптоволокну, чувствительному к физическому воздействию, претерпевает сдвиг фазы и становится информационным, сравнивается с опорным (эталонным) сигналом. По разнице фаз между опорным и зондирующим сигналом делаются выводы об измеряемом физическом воздействии. Такие ВОД отличаются чрезвычайно высокой чувствительностью[6]. Применение лазерных голографических интерферометров на фоторефрактивных кристаллах позволяет стабилизировать рабочую точку интерферометрической измерительной системы, что дает возможность использовать интерферометры на практике для регистрации колебаний и в гидроакустике [7]. Использование ВОД катушечного типа позволяет повысить чувствительность датчиков и использовать их в качестве датчиков АЭ наряду локальными пьезоэлектрическими датчиками [8]. Возможность встраивания ВОД в структуру полимерных композиционных материалов дает возможность их использования в системах мониторинга повреждений [9, 10].

Брэгговские ВОД, основанные на внутриволоконных брэгговских решетках, представляют собой точечные датчики. Брэгговская решетка имеет период, сопоставимый с длиной волны опорного сигнала датчика, и отражает свет в узком спектральном диапазоне с максимумом на длине волны Брэгга, зависящем от показателя преломления материала оптоволокну. Физическое воздействие изменяет показатель преломления оптического материала, что в свою очередь сказывается на длине волны отражения. ВОД на основе брэгговских решеток с разной длиной волны Брэгга на практике часто объединяют в систему датчиков, что позволяет с помощью одного оптического волокна получать данные до сотни датчиков.

Краткий обзор видов волоконно-оптических датчиков выполнен при поддержке гранта Президента РФ государственной поддержки ведущих научных школ Российской Федерации (проект НШ-452.2022.4) и Российского научного фонда (проект № 21-19-00896).

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Bao X., Chen L. Recent progress in distributed fiber optic sensors //sensors. – 2012. – Т. 12. – №. 7. – С. 8601-8639. – DOI: 10.3390/s120708601
2. Волоконно-оптические датчики. Вводный курс для инженеров и научных работников / под ред. Э. Удда ; пер. с англ. И. Ю. Шкадиной. – Москва : Техносфера, 2008. – 518 с. – (Мир электроники). – ISBN 978-5-94836-191-8. – EDN QMSYJP.
3. Волоконно-оптические датчики температуры / А. О. Кобулиев, П.С.Гончарова //Студенческий научный форум. Дальневосточный государственный Университет Путей и Сообщения. – 2020.
4. Шишкин, В.В. Отечественный опыт производства и применения волоконно-оптических датчиков. – Пермь: ООО «Инверсия-Сенсор», 2016. – С. 62-75.
5. Шапортов, А.В. Обзор основных видов волоконно-оптических датчиков и способов их внедрения для контроля состояния технологических процессов в горном деле / А.В. Шапортов, В.Д. Цыганков // Инновации в науке и практике: Сборник статей по материалам XII международной научно-практической конференции, Барнаул 26 ноября 2018 года. – Москва: НИТУ «МИСиС», 2018. – Т. 1, часть 4. – С. 199-206.
6. Волоконно-оптические датчики для контроля параметров состояния объектов и окружающей среды в задачах мониторинга / А. И. Вялышев, В. М. Добров, А. А. Долгов [и др.] // Природообустройство. – 2014. – № 3. – С. 32-37. – EDN STHXBL.
7. Лазерный адаптивный голографический гидроакустический интенсиметр / Р. В. Ромашко, Ю. Н. Кульчин, В. П. Дзюба [и др.] // Квантовая электроника. – 2020. – Т. 50, № 5. – С. 514-518. – EDN QLHAQO.
8. Волоконно-оптические датчики катушечного типа для акустико-эмиссионного анализа / Е. А. Рассолов, Т. А. Ефимов, Р. В. Ромашко [и др.] // Краткие сообщения по физике ФИАН. – 2022. – Т. 49, № 3. – С. 33-38. – EDN AJESTK.
9. Характеристики сигналов акустической эмиссии, зарегистрированных адаптивными голографическими волоконно-оптическими датчиками на пластине алюминиевого сплава Д16 / О. В. Башков, А. А. Брянский, Т. А. Ефимов [и др.] // Ученые записки Комсомольского-на-Амуре государственного технического университета. – 2022. – № 7(63). – С. 102-108. – DOI 10.17084/20764359-2022-63-102. – EDN XPERCG.
10. Детектирование сигналов акустической эмиссии волоконно-оптическими интерференционными преобразователями / О. В. Башков, Р. В. Ромашко, В. И. Зайков [и др.] // Дефектоскопия. – 2017. – № 6. – С. 18-25. – EDN YPQGAD.

УДК 620.022

Ковалев Максим Игоревич, студент, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Kovalev Maxim Igorevich, student of Komsomolsk-na-Amure State University

Проценко Александр Евгеньевич, кандидат технических наук, доцент, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Protsenko Alexander Evgenievich, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Komsomolsk-na-Amure State University

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ РАСТВОРИМОСТИ ЭПОКСИДНОГО ПОЛИМЕРА

THEORETICAL AND EXPERIMENTAL STUDIES OF THE SOLUBILITY OF AN EPOXY POLYMER

Аннотация. В данной работе приводятся экспериментальные данные исследование возможности растворения эпоксидного полимера в разных растворителях. Представлены результаты проведенного расчета по методу Гильдебранда-Смолла, а также растворе-

ния эпоксидного полимера в выбранных растворителях. В ацетоне, нитробензоле, бутилацетате, этилацетате, бутиловом спирте происходит ограниченное набухание. Максимальная степень набухания достигается в присутствии ацетона и составляет 34%. В нитробензоле и бутиловом спирте, также, как и в ацетоне, полимер набухает ограниченно. В присутствии бутилацетата и этилацетата после достижения максимума степени набухания наблюдается ее снижение. При этом в этилацетате процесс протекает более интенсивно, достигая 20 % набухания.

Abstract. This paper presents experimental data on the possibility of dissolving the epoxy polymer in different solvents. Results of the Hildebrand-Small calculation, as well as the dissolution of the epoxy polymer in the selected solvents presented. There is limited swelling observed in acetone, nitrobenzene, butyl acetate, ethyl acetate, butyl alcohol. The maximum degree of swelling is achieved in the presence of acetone and is 34%. In nitrobenzene and butyl alcohol, as well as in acetone, the polymer swells to a limited extent. Swelling degree reaching the maximum and decreases after that in the presence of butyl acetate and ethyl acetate. At the same time, in ethyl acetate, the process proceeds more intensively, reaching 20% swelling.

Ключевые слова: эпоксидная матрица, термореактопласт, растворимость, набухание.
Key words: epoxy matrix, thermoset, solubility, swelling.

Введение

Эпоксидные матрицы являются одними из наиболее распространенных материалов, используемых в промышленности и строительстве [1–3]. Они широко применяются для производства композитных материалов, покрытий и клеев благодаря своим превосходным механическим свойствам и химической стойкости. Высокий спрос на данные материалы приводит к значительному накоплению техногенных отходов [4]. Вследствие чего возникает потребность в разработке технологии утилизации и вторичного применения материалов, содержащих данные соединения. Одним из направлений утилизации является поиск эффективных растворителей, способствующих разрушению макромолекулярных цепей вследствие сольволиза [5] или приводящих к ограниченному набуханию [6]. Таким образом, целью данной работы является изучение растворимости эпоксидной матрицы на примере олигомеров на основе бисфенола-А, бисфенола-Ф и эпихлоргидрина, отвержденных метилтетрагидрофталевым ангидридом

Основная часть

Расчет растворимости полимера, производим по методу Гильдебранда-Смолла [7]. Величина δ_{II} рассчитывалась, исходя из мольных констант взаимодействия, рассматривая параметр растворимости как аддитивную величину:

$$\delta_{II} = \frac{\sum \gamma \cdot \rho_{II}}{M_0}$$

где $\sum \gamma$ - сумма мольных констант взаимодействия атомных группировок, входящих в элементарное звено, $(\text{кал}/\text{см}^3)^{0,5}$;

M_0 - молекулярная масса мономерного звена, г/моль;

ρ - плотность полимера, г/см³.

В результате отверждения эпоксидного олигомера ($\rho = 1,21$ г/см³) метилтетрагидрофталевым ангидридом образуется эпоксидный термореактопластичный полимер (рисунок 3).

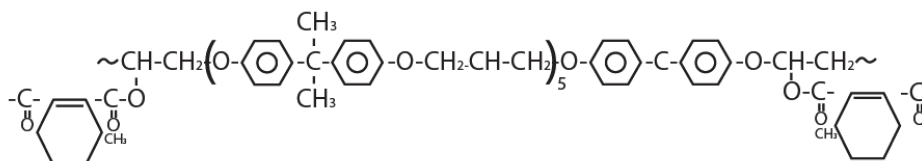


Рисунок 3 – Отвержденный фрагмент эпоксидной матрицы

Сумма мольных констант взаимодействия атомных группировок определяется по табличным данным [7] и для рассматриваемого сегмента равна $7166 \text{ (кал/см}^3)^{0,5}$. Таким образом параметр растворимости составит $9,94 \text{ (кал/см}^3)^{0,5}$.

Воспользовавшись таблицей значений коэффициентов рассчитанных и экспериментальных параметров растворимости низкомолекулярных жидкостей, находим подходящие вещества для растворения в них полимера. В данной работе рассматриваются: бутилацетат, ацетон, этилацетат, бутиловый спирт, нитробензол.

Образцы отвержденного эпоксидного полимера массой 5 г погружались в растворители. По данным изменения массы полимера в результате экспозиции в течении 10 дней строился график (рисунок 1).

Степень набухания эпоксидного полимера в бутилацетате через 1 час экспозиции составила 2%. При достижении выдержки 148 часов в данном растворителе степень набухания увеличилась в 7 раз и достигла максимума. После 172 часов масса начала уменьшаться, что может свидетельствовать о начале деструктивных процессов, вызванных разрушением поперечных связей макромолекул и частичным растворением. В присутствии этилацетата наблюдается аналогичная картина, однако, максимальная степень набухания составила 21 %, после чего наблюдалось снижение до 17%.

В ацетоне степень набухания через 1 час составила 3 %. При последующей выдержке показатель увеличился в 12,5 раз при достижении 148 часов и вышел на плато. В нитробензоле максимум набухания составил 28 % через 148 ч, после чего вышел на плато. начали терять массу преодолев отметку 148 часов.

Таким образом, с использованием метода Гильдебранда-Смолла были выбраны растворители для эпоксидного полимера, растворяющая способность которых была проверена на практике. Ни один из растворителей не смог полностью растворить полимер. В случае с ацетоном, нитробензолом и бутиловым спиртом наблюдается ограниченное набухание с выходом на плато в период проведения исследования, который составил 244 ч. Максимальная степень набухания достигалась в присутствии ацетона и составила 34%.

В присутствии бутилацетата и этилацетата после достижения максимума степени набухания наблюдается ее снижение. При этом в этилацетате процесс протекает более интенсивно.

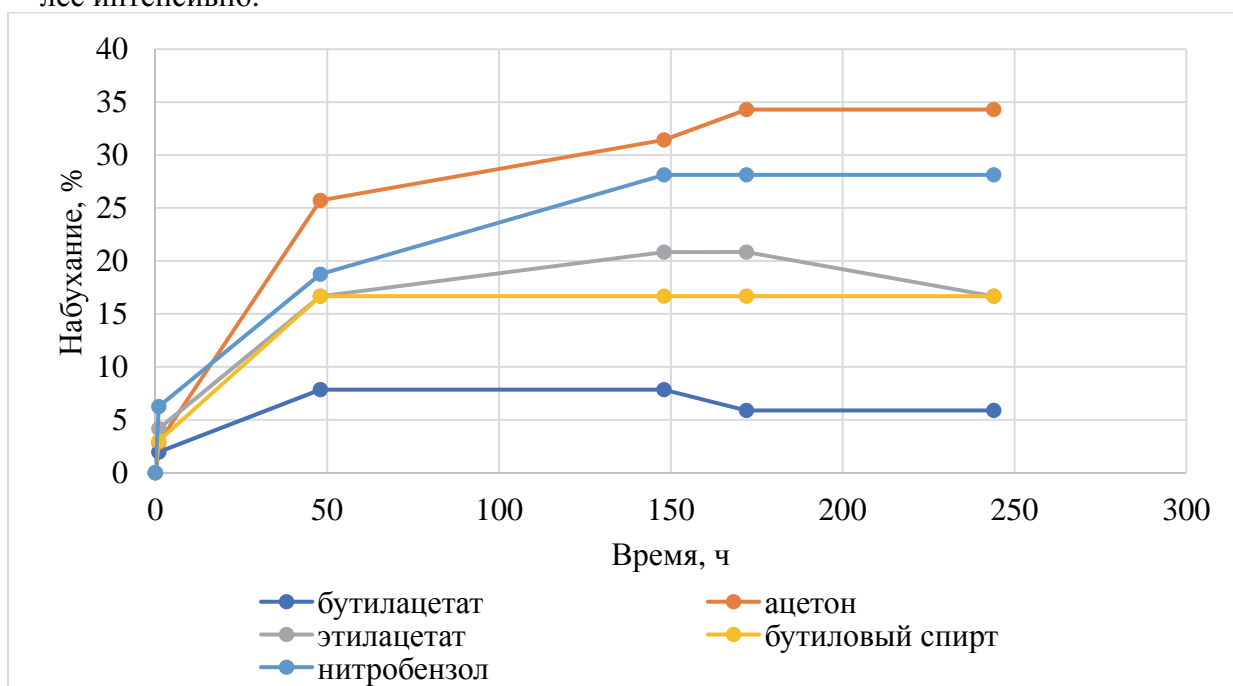


Рисунок 1 – Зависимость степени набухания от времени экспозиции в растворителе

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Erenkov, O. Y. Production of fiberglass components / O. Y. Erenkov, V. L. Nikishechkin, M. V. Zelenov // Russian Engineering Research. – 2014. – Vol. 34, No. 10. – P. 628-631. – DOI 10.3103/S1068798X14100050. – EDN UGGOWV.
2. Булкин, В. А. Применение перспективных композиционных материалов в надводном судостроении / В. А. Булкин, Н. Н. Федонюк, А. В. Шляхтенко // Морской вестник. – 2013. – № 1(45). – С. 7-8. – EDN PХНGBН.
3. Каблов, Е. Н. Стратегические направления развития материалов и технологий их переработки на период до 2030 года / Е. Н. Каблов // Авиационные материалы и технологии. – 2012. – № 5. – С. 7-17. – EDN PFTMWB.
4. Xue X. et al. A technology review of recycling methods for fiber-reinforced thermosets // Journal of Reinforced Plastics and Composites. – 2022. – Т. 41. – №. 11-12. – С. 459-480. – DOI: 10.1177/07316844211055208.
5. Проценко, А. Е. Рециклинг стеклоармирующих наполнителей из полимерных композитов на основе эпоксивинилэфирного связующего / А. Е. Проценко, В. В. Петров, Д. П. Малышева // II-я Международная конференция «Композитные материалы и конструкции»: Тезисы, Москва, 16 ноября 2021 года. – Москва: Издательство "Перо", 2021. – С. 51-52. – EDN GNQSSD.
6. Protsenko, A. E. Investigation of the influence of heat treatment on the strength of FGRP used in sandwich constructions / A. E. Protsenko, V. V. Petrov, D. P. Malysheva // Key Engineering Materials. – 2018. – Vol. 773 KEM. – P. 72-76. – DOI 10.4028/www.scientific.net/KEM.773.72. – EDN PBOYUZ.
7. Аскадский, А. А. Методы расчета физических свойств полимеров / А. А. Аскадский // Обзорный журнал по химии. – 2015. – Т. 5, № 2. – С. 101. – DOI 10.1134/S2218114815020013. – EDN TQBARL.

УДК 691.771

Косович Александр Александрович, доцент, канд. техн. наук, Сибирский федеральный университет

Kosovich Aleksandr Aleksandrovich, assistant professor, C.Sc., Siberian Federal University

Богданова Татьяна Александровна, старший преподаватель, канд. техн. наук, Сибирский федеральный университет

Bogdanova Tatyana Aleksandrovna, senior lecturer, C.Sc., Siberian Federal University

Партыко Евгений Геннадьевич, младший научный сотрудник, Сибирский федеральный университет

Partyko Evgeniy Gennadyevich, research fellow, Siberian Federal University

Степаненко Никита Андреевич, инженер, Сибирский федеральный университет

Stepanenko Nikita Andreevich, engineer, Siberian Federal University

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ LA-СОДЕРЖАЩИХ МАТЕРИАЛОВ В AL-СПЛАВАХ ДЛЯ АВТОМОБИЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

PROSPECTS FOR USING LA-CONTAINING MATERIALS IN AL- ALLOYS FOR THE AUTOMOTIVE INDUSTRY

Аннотация. Данная работа посвящена анализу современного состояния разработки направления по использованию лантан-содержащих материалов в качестве армирующих частиц, легирующих и модифицирующих компонентов для алюминий-кремниевых сплавов при производстве деталей методами литья. Рассматриваются аспекты влияния La на морфологию образующихся фаз, микроструктуру сплавов в литом состоянии, а также уровень механических свойств.

Abstract. This work is devoted to the analysis of the current state of development of the direction for use of lanthanum-containing materials as reinforcing particles, alloying and modifying components for aluminum-silicon alloys in the production of parts by casting methods. Aspects of the influence of La on the morphology of the formed phases, the microstructure of alloys in the cast state, and also the level of mechanical properties are considered.

Ключевые слова: алюминиевый сплав, силумин, лантан, отливка, легирование, микроструктура.

Key words: aluminum alloy, silumin, lanthanum, casting, alloying, microstructure.

Введение

Растущий спрос на более экономичные транспортные средства, обусловленный необходимостью снижения потребления энергии и загрязнения воздуха, является проблемой для мировой автомобильной промышленности. Одно из решений, получивших широкое распространение в последнее десятилетие, заключается в использовании легких сплавов для изготовления деталей металлоемких узлов и агрегатов. Характерные свойства алюминия, такие как высокая прочность, удельная прочность по отношению к массе изделия, обрабатываемость, коррозионная стойкость и возможность вторичной переработки делают его идеальной альтернативой, применяемой стали различных марок. Из алюминия, литейных и деформируемых сплавов и композитов на его основе, изготавливаются профили и листы для элементов корпуса, детали силовых агрегатов и шасси [1].

При этом, в зависимости от предъявляемых требований, промышленная технология производства отливок зачастую включает в себя определённый подход к легированию и модифицированию сплава: добавка Sr, Na и других элементов способна повысить пластичность сплава за счет воздействия (измельчения и сфероидизации) на игольчатую эвтектическую фазу Si в доэвтектических и эвтектических силуминах; в заэвтектических необходимо проводить измельчение первичных кристаллов кремния путем ввода фосфорсодержащих лигатур под воздействием ультразвуковой обработки; для измельчения зерна легированных силуминов широко распространено модифицирование Ti, Zr, Al-Ti, Al-Ti-B [2].

С другой стороны, благодаря развитию аэрокосмической техники и приборостроения, все более широкое применение находят сплавы алюминия с редкоземельными металлами (РЗМ), а также использование РЗМ и переходных металлов (ПМ) в качестве легирующих и модифицирующих добавок для улучшения технологических и эксплуатационных свойств изделий. С целью удешевления процесса получения сплавов Al-РЗМ, в данном случае алюминий легируется мишметаллом (ММ), содержащим в основном La (20-25%), Ce (45-50%), Nd (15%) и Fe.

В последние годы схожая тенденция наблюдается и в автомобильной промышленности, что выражается в увеличении количества поисковых исследований по вовлечению РЗМ и ПМ (Sc, La, Ce, Nb, Er, Yb, Eu) в состав используемых в данной отрасли алюминиевых сплавов. Например, La-содержащие материалы применяются для армирования композитов, легирования и модифицирования сплавов, так как он (наряду с Ce и Nd) является довольно распространенным редкоземельным элементом.

Армирование композитов на основе алюминиевой матрицы

Известна технология [3], включающая получение нано-порошка LaPO₄ (ортофосфат лантана, LAP) с размером частиц от 50 до 80 нм с помощью золь-гель процесса, и дальнейшее использование его в качестве армирующего материала при изготовлении композита с алюминиевой матрицей (сплав 6061) методом литья с перемешиванием под воздействием ультразвука. Благоприятная форма армирующих частиц и их значительная сила связи с матрицей приводит к тому, что образцы Al-15% LAP обладают пределом прочности на растяжение равном 204 Мпа и прочностью на сжатие – 1078 Мпа.

Легирование алюминиевых сплавов

Увеличение содержания железа во вторичных источниках алюминия приводит к увеличению количества железосодержащих интерметаллических соединений в алюминиевых сплавах. Например, β -AlFeSi, считается доминирующей фазой в сплавах серии бxxx, снижает формуемость деформируемых сплавов, что, в свою очередь, ограничивает их использование в автомобильной промышленности для производства элементов корпуса. Добавка лантана в количестве 0,1-0,2 мас. % к экспериментальному сплаву Al-7Mg-0,7Si-0,45Fe-0,2Cu оказывает положительное влияние: размер зерна равномерно уменьшается с увеличением содержания La; подавляется образование β -фазы [4].

В работе [5] представлены результаты исследования кристаллизации доэвтектического сплава Al-6Si при введении различного количества лигатуры Al-9La (от 0,01 до 0,1 % по лантану). Добавление La в количестве 0,06 мас. % достаточно для достижения измельчения зерна α -Al, эвтектической модификации кремния и повышения пластичности сплавов. Лантан измельчает зерна α -Al, работая в качестве поверхностно-активного вещества и уменьшая угол смачивания между подложкой для зародышеобразования и ядром; модифицирует эвтектический кремний, способствуя образованию значительных множественных двойников и изменяя характер роста Si посредством осаждения атомов La на растущую поверхность раздела. Крупная фаза LaAlSi образуется в сплаве при добавке La выше 0,06 мас. %, что может быть причиной снижения пластичности.

Модифицирование алюминиевых сплавов

В производственной практике литья алюминиево-кремниевых сплавов применяется модифицирование для получения мелких зерен α -Al вместе с волокнистыми эвтектическими фазами кремния, а также достижения хороших показателей по комплексу механических свойств отливок. Например, Al-5Ti-1B широко используется для рафинирования дендритов α -Al в деформируемых алюминиевых сплавах, благодаря эффекту гетерогенного зародышеобразования с TiB₂. С другой стороны, стронций обычно использовался в качестве модификатора, который превращает эвтектические фазы Si из пластинчатых в волокнообразные. Однако измельчители зерна с высоким соотношением Ti:B работают с пониженной эффективностью из-за взаимодействия Ti с Si, образуя силициды титана, что истощает эффективное количество частиц Ti в расплаве. Кроме того, взаимный эффект отравления между B и Sr, образующими частицы SrB₆, является причиной снижения эффективности измельчения зерна.

Чтобы исключить вышеупомянутое взаимное отравление в литейных Al-Si сплавах, проводились исследования [6, 7] показавшие, что при замене титана ниобием в тройных Al-Ti-B лигатурах можно получить превосходную эффективность измельчения зерна в коммерческих силуминах. Учитывая несоответствие кристаллической решетки между LaB₆ и Al, составляющее менее 5%, совместное сплавление элементов La и B может подавить взаимный эффект отравления Sr и B как в бинарных, так и в тройных литейных сплавах Al-Si, что приводит к более мелким равноосным зернам α -Al и волокнистым эвтектическим фазам Si в микроструктуре.

Заключение

Обобщая вышесказанное, можно сделать вывод о перспективности разработки направления по вовлечению РЗМ (в частности La) и МП в технологии легирования и модифицирования силуминов для повышения уровня свойств отливок. Особенно актуальной данная тематика представляется в контексте изготовления деталей для автомобильной промышленности специальными способами литья, например, литьем под низким давлением. Замена традиционно применяемых Al-Ti-B и AlSr на La-содержащие материалы позволит избежать образования нежелательных фаз и дополнительной пористости, снижающих выход годного на этапе механической обработки продукции.

Благодарности

Работа выполнена в рамках государственного задания на науку ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет», номер проекта FSRZ-2020-0013.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Recent development in aluminium alloys for the automotive industry / W.S. Miller, L. Zhuang, J. Bottema, A.J. Wittebrood, P. De Smet, A. Haszler, A. Vieregge // *Materials Science and Engineering: A*. – 2000. – Vol. 280. – No 1. – P. 37-49.
2. Модифицирование силуминов - разные подходы для одной системы легирования / А. О. Кузнецов, Д. А. Шадаев, В. Ю. Конкевич [и др.] // *Технология легких сплавов*. – 2014. – № 4. – С. 75-81. – EDN TPNPGV.
3. A Study on the Mechanical Properties of Rare Earth-based Aluminium Composite / K. Balamurugan, T. Deepthi, A.K. Subramanian, et al. // *J. Inst. Eng. India Ser. D*. – 2022. – DOI: 10.1007/s40033-022-00373-7
4. Hosseinifar, M., Malakhov, D. V. Effect of Ce and La on microstructure and properties of a 6xxx series type aluminum alloy // *Journal of materials science*. – 2008. – Т. 43. – С. 7157-7164. – DOI: 10.1007/s10853-008-3022-2
5. Zheng, Q. et al. Effect mechanisms of micro-alloying element La on microstructure and mechanical properties of hypoeutectic Al-Si alloys // *Journal of Materials Science & Technology*. – 2020. – Т. 47. – С. 142-151. – DOI: 10.1016/j.jmst.2019.12.021
6. Nowak, M., Bolzoni, L., Babu, N. H. The effect of Nb–B inoculation on binary hypereutectic and near-eutectic LM13 Al–Si cast alloys // *Journal of alloys and compounds*. – 2015. – Т. 641. – С. 22-29. – DOI: 10.1016/j.jallcom.2015.04.053
Nowak, M., Bolzoni, L., Babu, N. H. Grain refinement of Al–Si alloys by Nb–B inoculation. Part I: Concept development and effect on binary alloys // *Materials & Design (1980-2015)*. – 2015. – Т. 66. – С. 366-375. – DOI: 10.1016/j.matdes.2014.08.066

УДК 539.422.24

Кривобоков Анатолий Артемович, студент, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Krivobokov Anatoly Artemovich, Student, Komsomolsk-na-Amure State University

Чжо Зин Оо, аспирант, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Kyaw Zin Oo, Graduate Student, Komsomolsk-na-Amure State University

Башков Олег Викторович, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Материаловедение и технология новых материалов», Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Bashkov Oleg Viktorovich, Doctor of Sciences, Professor, Head of the Department “Materials Science and Technology of New Materials”, Komsomolsk-na-Amur State University

Казанцева Наталия Васильевна, доктор физико-математических наук, главный научный сотрудник лаборатории магнитного структурного анализа, Институт физики металлов имени М.Н. Михеева Уральского отделения Российской академии наук

Kazantseva Natalia Vasilievna, Doctor of Sciences, Chief Researcher of the Laboratory of Magnetic Structural Analysis, M.N. Mikheev Institute of Metal Physics of the UB RAS

ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ ИЗЛОМОВ И ХАРАКТЕРА РАЗВИТИЯ УСТАЛОСТНЫХ ТРЕЩИН АУСТЕНИТНЫХ СТАЛЕЙ, ПОЛУЧЕННЫХ ИЗ ПОРОШКА МЕТОДОМ 3D – ПЕЧАТИ

INVESTIGATION OF THE STRUCTURE OF FRACTURES AND THE NATURE OF THE DEVELOPMENT OF FATIGUE CRACKS IN AUSTENITIC STEELS OBTAINED FROM POWDER BY 3D PRINTING

Аннотация. В статье представлены результаты исследования структуры изломов и характера развития усталостных трещин аустенитных сталей, полученных из порошка методом 3D - печати. В работе описаны 3D - печать для получения материалов, с по-

мощью металлических порошков, методом селективного лазерного спекания, фазовые структурные соединения в аустенитных сталях при температуре и деформации. Были проведены некоторые результаты усталостных испытаний образцов при различных напряжениях цикла с целью изучения структуры изломов и характера развития усталостных трещин.

Abstract. The article presents the results of a study of the structure of fractures and the nature of the development of fatigue cracks in austenitic steels obtained from powder by 3D printing. The paper describes 3D printing for the production of materials using metal powders, selective laser sintering, phase structural compounds in austenitic steels at temperature and deformation. Some results of fatigue testing of samples at various cycle stresses were carried out in order to study the structure of fractures and the nature of the development of fatigue cracks.

Ключевые слова: 3D-печать, селективное лазерное сплавление, усталостное разрушение.
Key words: 3D printing, selective laser melting, fatigue failure.

Введение

Аддитивные технологии (от английского Additive Fabrication) – обобщенное наименование технологий, предполагающих производство изделия по данным цифровой модели (или САД-модели) способом послойного наращивания (add, англ. – добавлять, отсюда и название) материала. 3D-принтер – внешнее устройство компьютера, которое представляется ничем иным, как установкой с числовым программным управлением (ЧПУ) предназначенным для быстрого получения прототипов изделий, спроектированных на ПК, методом послойной печати [1, 2]. Среди многообразия видов аддитивных технологий, используемых в настоящее время, наиболее значимой из них и получившей широкое применение является селективное лазерное спекание (СЛС) - изготовление изделий с использованием лазера как источника энергии для спекания порошкообразных материалов (нейлон, полиамид или металл), наводя лазер автоматически по спроектированной 3D модели в точках пространства, тем самым спекая порошок и создавая единую прочную структуру. Структура, полученная в процессе спекания, не всегда является сплошной и имеет дефекты в виде пор, что сказывается на прочностных и усталостных характеристиках изделий [3]. Установлено, что более 80% всех случаев эксплуатационного разрушения происходит в следствие циклического нагружения. В работе представлены результаты предварительных испытаний на усталость образцов аустенитной стали, изготовленных методом 3D печати, выполненные совместно с научным коллективом Института физики металлов им. М.Н. Михеева УрО РАН как продолжение работы над исследованием структуры и свойств металлических материалов, получаемых 3D печатью.

Материалы и методы

Предметом изучения выступили образцы нержавеющей аустенитной стали, изготовленные методом СЛС. Испытания на циклический изгиб выполнялись на лабораторной установке путем циклического изгиба с одним неподвижным концом образца, имеющего форму с двумя радиальными выточками радиусом 15 мм [4]. В процессе испытания регистрировалась акустическая эмиссия для дальнейшего исследования кинетики накопления структурных повреждений в процессе накопления циклической усталости.

Шлифовка образцов выполнялась на станке EcoMet 250 Pro. Структура поверхности образцов после образования усталостной трещины исследовалась на металлографическом микроскопе Nikon MA200, а изломы исследовались на сканирующем электронном микроскопе S3400N.

Результаты усталостных испытаний

Были проведены усталостные испытания образцов при различных напряжениях цикла с симметричной знакопеременной нагрузкой с целью изучения структуры изломов и характера развития усталостных трещин. В результате усталостных испытаний

было установлено, что характерной особенностью развития разрушения образцов является образование одной трещины с одной из сторон или двух противоположно расположенных друг относительно друга трещин (рисунок 1).



(а)

(б)

Рисунок 1 – Трещины на образце аустенитной стали, полученном 3D печатью СЛС методом после усталостных испытаний образца 1: а) начало трещины, б) окончание трещины и зародившаяся с противоположной стороны трещина, x100

Характер развития трещины на образце, показанном на рисунке 1 немного прерывистый и угловатый с изменением направления развития, что хорошо видно при большем увеличении (рисунок 2).

Характер же развития трещины на втором испытанном образце более равномерный без существенного изменения направления и с вязкой деформацией берегов трещины. Это хорошо видно даже при увеличении x100 на рисунке 3.

Под действием циклических напряжений в металлах и сплавах зарождаются и постепенно развиваются усталостные трещины, активизирующие в конечном результате разрушение детали или образца. Это разрушение особенно опасно, так как может проходить под действием напряжений, намного меньших пределов прочности и текучести.

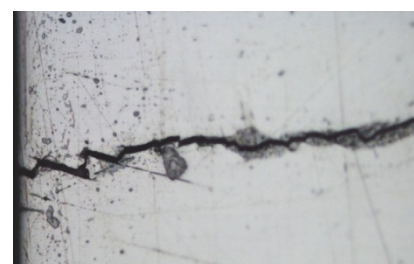


Рисунок 2 – Трещина на образце 1 вблизи поверхности



(а)

(б)

Рисунок 3 – Трещины на образце аустенитной стали, полученной 3D печатью СЛС методом после усталостных испытаний образца 2: а) начало трещины, б) окончание трещины, x100

Усталостная трещина обычно зарождается в поверхностных слоях материала в местах наибольшего скопления дефектов или в местах, содержащих концентраторы напряжений. Далее трещина развивается вглубь образца или детали, образуя острый надрез. Распространение усталостной трещины без роста нагрузки обычно процесс длительный и зависит от амплитуды напряжений. Постепенный рост трещины продолжается до тех пор, пока сечение не окажется столь малым, что действующее в нем механическое напряжение превысит предел прочности материала в локальной области. В данный момент происходит стремительное развитие трещины и последующее разруше-

ние материала, называемое доломом, происходящее в зависимости от структурного состояния материала хрупко или вязко. Задача усталостных испытаний – дать количественную оценку способности материала сопротивляться разрушению в условиях циклического нагружения.

Для установления характера развития усталостного разрушения была проанализирована структура излома, полученная на растровом электронном микроскопе Hitachi S3400N (рисунок 4).

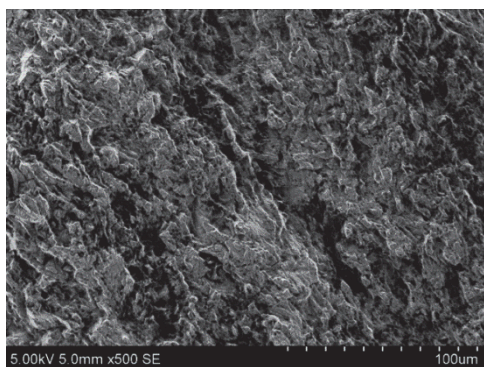


Рисунок 4 – Структура излома образца аустенитной стали, полученного 3D печатью СЛС методом после усталостных испытаний

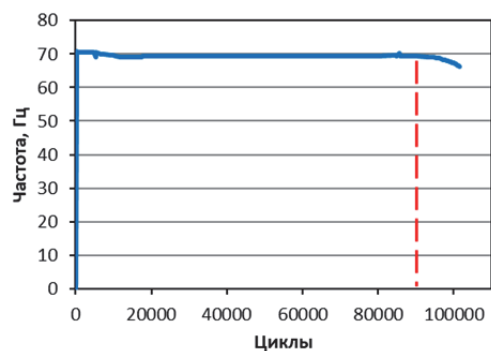


Рисунок 5 – Зависимость частоты резонансных колебаний от числа циклов колебаний

Внешний вид излома при увеличении $\times 500$ имеет волокнистое строение. Поверхность излома с плоскими участками равной шероховатости равномерно рассеивают свет при наблюдении без увеличения. Следовательно, поверхность излома представляется матовой. Развитие трещины сопровождается интенсивной пластической деформацией и локальным разрушением материала в ее устье, что оставляет наблюдаемые на поверхности излома волокнистые образования. В результате анализа поверхности излома можно сделать вывод о том, что разрушение образцов происходило постепенно, не по механизму развития хрупкого излома, а наоборот, характеризуя вязкое разрушение.

Относительно медленно формирующаяся вязкая трещина может быть обнаружена при выполнении испытаний по нескольким характерным признакам. При использовании резонансной системы возбуждения колебаний начало развития магистральной трещины может быть определено по снижению частоты резонансных колебаний образца. На рисунке 5 показана характерная зависимость частоты резонансных изгибных колебаний от числа циклов нагружения при испытании образца с максимальной амплитудой напряжения 480 МПа.

Рост магистральной трещины начинается уже с 90 тыс. циклов испытания, что наблюдается по началу снижения от средней за период испытания частоты колебаний 69,9 Гц. По мере роста трещины снижение частоты колебаний до остановки испытания составило 3,5 Гц. Длина трещины при этом составила 0,80 мм при толщине образца в месте приложения максимальных напряжений 1,88 мм. Полученный результат показывает, что чувствительность данного метода регистрации не высока: при снижении частоты резонансных колебаний на 5 % размер образовавшейся трещины вырос на 43 % от первоначальной толщины образца.

Еще одним методом регистрации начала развивающейся трещины может являться метод акустической эмиссии (АЭ), используемой в процессе испытания. На диаграмме (рисунок б) приведена зависимость от числа циклов испытания наиболее часто используемого параметра – суммарной АЭ.

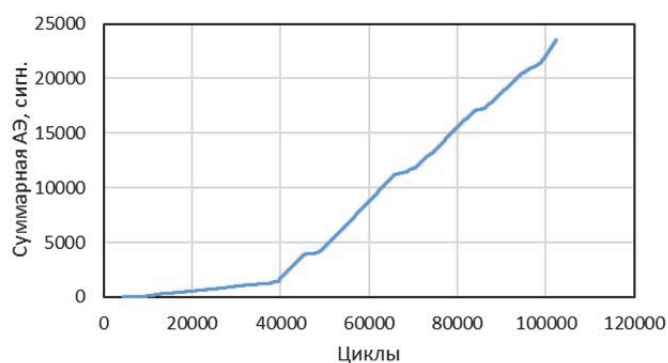


Рисунок 6 – Зависимость частоты резонансных колебаний от числа циклов колебаний

Из диаграммы видно, что кумулятивное накопление сигналов происходило не равномерно, а с повышением и снижением активности. Предельная частота регистрации АЭ аппаратуры, применяемой в эксперименте, не позволила определить периоды, различающиеся по активности накопления сигналов АЭ, что видно по предельному углу наклона графика в периоды высокой активности АЭ. Однако при этом можно утверждать, что начало развития субмикро- и микротрещин в образце началось в еще до начала развития магистральной трещины при достижении 40 тыс. циклов испытания, что свидетельствует о высокой чувствительности метода АЭ для его использования при анализе усталостного разрушения материалов. Более детальный анализ параметров сигналов позволит установить механизмы циклической усталости вновь создаваемых по аддитивной технологии материалов, что позволит выявить причины, влияющие на прочностные характеристики новых материалов.

Благодарности

Работа выполнена при поддержке гранта Президента РФ государственной поддержки ведущих научных школ Российской Федерации (проект НШ-452.2022.4).

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Назаров А. П., Окунькова А. А. Типовые образцы изделий, получаемых методом селективного лазерного спекания // Вестник СГТУ. – 2012. – №3(67). – С. 76-83.
2. Шевченко Д.Ю. Аддитивные технологии в машиностроении / Комплексные проблемы развития науки, образования и экономики региона: Научно-практический журнал Коломенского института (филиала) МГМУ (МАМИ). – 2015. – № 2 (7). – С. 89-97.
3. Сапунов, В.Т., Морозов Е.М. Сопротивление материалов распространению трещины при циклическом нагружении / В.Т. Сапунов, Е.М. Морозов. – М.: Изд-во МИФИ, 1978. – 69 с.
4. Чжо З.Оо., Башков О.В., Бурдасова А.А., Башкова Т.И. Методика испытания образцов стали 12Х18Н10Т, полученных 3D печатью, на циклическую долговечность // В сборнике: Молодежь и наука: актуальные проблемы фундаментальных и прикладных исследований. Материалы V Всероссийской национальной научной конференции молодых учёных. Комсомольск-на-Амуре. – 2022. – С. 152-154.

УДК 621.565

Крупина Кристина Александровна, студент, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Krupina Kristina Alexandrovna, student, Komsomolsk-na-Amure State University

Отряскина Татьяна Александровна, кандидат технических наук, доцент, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Otryaskina Tatyana Aleksandrovna, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Komsomolsk-na-Amure State University

МОДЕРНИЗАЦИЯ УСТАНОВКИ КАТАЛИТИЧЕСКОГО РИФОРМИНГА ПУТЁМ ЗАМЕНЫ ПЕЧИ П-4 НА ПАРОВОЙ РЕБОЙЛЕР

MODERNIZATION OF THE CATALYTIC REFORMING UNIT BY REPLACING THE P-4 WITH A STEAM REBOILER

Аннотация. В данной статье рассматривается способ модернизации установки каталитического риформинга путём замены печи П-4 на паровой ребойлер.

Abstract. This article discusses a way to modernize the catalytic reforming unit by replacing the P-4 furnace with a steam reboiler.

Ключевые слова: паровой ребойлер, установка каталитического риформинга, печь П-4.
Key words: steam reboiler, installation of catalytic reforming, Furnace P-4.

Введение

Процесс каталитического риформинга предназначен для получения высокооктановых неэтилированных бензинов. Установка включает следующие блоки: гидроочистки сырья, отпарки гидрогенизата, каталитического риформинга, осушки водородсодержащего газа, стабилизации катализата (рисунок 1), утилизации тепла дымовых газов. Требуемое для процесса стабилизации в колонне К-2 тепло создаётся циркулированием насосами кубового остатка через печь П-4 с горелками. Основная проблема установки – это неэффективное использование печи П-4 [1]. На данный момент использование печи П-4 для поддержания необходимой температуры для стабилизации уже не является эффективным, экологичным и эксплуатационно надёжным.

В данной статье производился анализ типов теплообменного оборудования, повышающих КПД процесса подвода тепла к стабилизационной колонне, с целью выявления наиболее эффективного варианта, повышающего эффективность процесса теплопередачи.

Основная часть

П-4 – печь стабилизационной колонны К-2 – трубчатого вида, вертикальная, цилиндрическая, с конвекционной и радиантной секциями, змеевик однопоточный. В подду печи для равномерного сжигания топлива установлены две основные горелки и две пилотные.

Температура продукта на входе в печь – 200 °С, а на выходе - 234 °С, ребойлер сможет обеспечить такие условия.

Перечень причин для замены печи на ребойлер достаточно обширный. Во-первых, компоненты трубчатых печей процессе эксплуатации подвергаются различным видам повреждений: коррозии, газообразивному изнашиванию, ползучести. Во-вторых, для проведения процесса стабилизации бензина не требуется настолько большая поверхность теплообмена как у трубчатой печи.

Металлоёмкость печи (≈ 440 тонн) существенно больше металлоёмкости ребойлера (≈ 30 тонн).

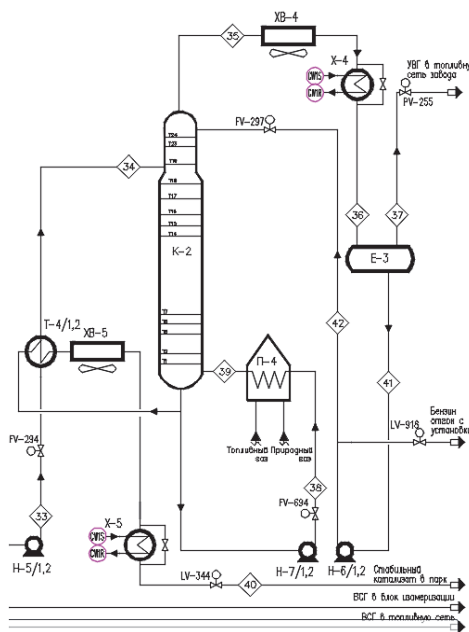


Рисунок 1 - Блок стабилизации катализата

Печь установлена таким образом, что её наличие на блоке приводит к высокой доли выбросов в атмосферу вредных и токсичных веществ, в случае аварий. Аварии чаще всего связаны с разгерметизацией трубчатых змеевиков технологических печей.

Также причинами являются:

- Отказы печей
- Потери в печи
- Выбросы
- Простои в ремонте
- Затраты на ремонт и обслуживание

Модернизация блока включает удаление из технологического процесса блока стабилизации бензина технологической трубчатой печи П-4, с последующим монтажом теплообменного аппарата с паровым пространством типа «испаритель» - ребойлера для подогрева низа колонны К-2.

Ребойлер – испаритель с паровым пространством. Используется в качестве донного подогревателя и для поддержания процесса в ректификационных колоннах. Выпаривает газообразные фракции из жидких сред с помощью пара.

Конструктивно пространство ребойлера делится на две зоны: трубную и межтрубную, каждая из которых имеет свое расчетное давление, расчетную температуру и материальное исполнение. Выделяют три основных вида ребойлеров:

- термосифонный;
- с вынужденной циркуляцией;
- ребойлер с паровым пространством (кипятильник).

Термосифонный ребойлер работает благодаря естественной циркуляции жидкости. В вертикальном термосифоне жидкая среда циркулирует ввиду несхожести плотности между жидким остатком колонны на входе в ребойлер и жидко-паровой смесью на выходе из ребойлера, чтобы снабдить необходимый напор жидкости для транспортировки кубового остатка в ребойлер. К недостаткам можно отнести проблемы с надёжностью, не используется для большой площади поверхности, могут возникнуть проблемы при работе в вакууме.

Ребойлер с принудительной циркуляцией похож на вертикальный термосифонный ребойлер, не считая того, что связь с колонной возникает за счет помощи работы насоса. Это важно, если ребойлеру необходимо быть настроенным в отдалении от колонны, или если кубовый продукт особенно густой. Из-за этого возможна работа прак-

тически с любыми продуктами. Однако при этом появляются дополнительные затраты на побочное оборудование.

Самый подходящий и оптимальный по своим характеристикам является – ребойлер с паровым пространством (рисунок 2).

В межтрубную часть подаётся теплоноситель, в трубы - бензин. При подаче теплоносителя в аппарат окружающая жидкость моментально начинает испаряться (полностью или частично). Перегретый пар проходит через пучок труб и выходит через патрубков в виде конденсата. Происходит теплообмен между водяным паром и продуктом в трубах. Если пар успевает конденсироваться, то пучок труб данного аппарата пребывает непрерывно окунутым в идущую из колонны жидкость. За сохранение постоянного уровня жидкости в аппарате отвечает переливная перегородка. Накопленный до высоты перегородки сконденсировавшийся пар переливается через пластину или удаляется насосом, либо уходит самостоятельно через штуцер, размещённый в нижней части ребойлера.

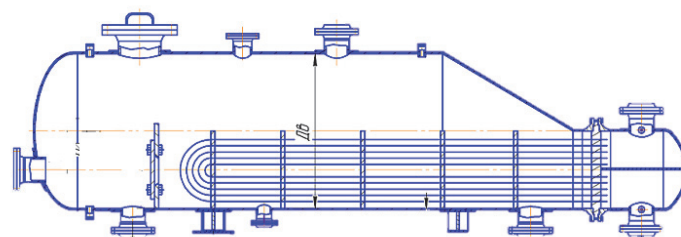


Рисунок 2 – Ребойлер с паровым пространством

Достоинства ребойлера с паровым пространством перед другими типами ребойлеров:

- используется для работы под вакуумом;
- подходит для высокой скорости испарения жидкости;
- меньшие габариты аппарата, в особенности длинна;
- в аппарате только одна камера, задняя отсутствует, это ведёт к снижению степени вероятности того, что рабочая среда может протечь;
- трубный пучок можно извлекать для очистки или замены;
- форма труб в трубном пучке выполняет роль компенсаторов, что снижает влияние температурной деформации на аппарат.

К недостаткам можно отнести:

- низкую теплопередачу по сравнению с другими типами ребойлеров;
- нельзя использовать с загрязнёнными потоками;
- сложно механически очищать трубы как внутри, так и снаружи, поэтому используют только для очищенных сред.

Замена печи на ребойлер обусловлена потребностью в повышении конструкционной надёжности промышленного оборудования, в уменьшении длительности ремонтного периода и снижении его стоимости, в уменьшении количества материала и энергии, затрачиваемой на аппарат, в устранении выбросов, в снижении уровня потребления тепло- и электроэнергии, в уменьшении потерь тепла, в повышении КПД процесса, в уменьшении эксплуатационных затрат, связанных с монтажом, ремонтом и обслуживанием.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Основные процессы и аппараты химической технологии : пособие по проектированию : учебное пособие для студентов химико-технологических специальностей высших учебных заведений / [Г. С. Борисов и др.] ; под ред. Ю. И. Дытнерского. – 5-е изд., стер., перепеч. с изд. 1991 г. (2-е изд., перераб. и доп.). – Москва : Альянс, 2010. – 493 с. – ISBN 978-5-903034-87-1. – EDN QNEVQJ.

2. Андреев, В.А. Теплообменные аппараты для вязких жидкостей. Основы расчёта и проектирования. / В.А. Андреев. – Л: «Энергия», 1971. – 152 с.

3. Трубчатые печи: назначение, конструкции, расчеты и безопасность эксплуатации / Р. Г. Шарафиев, Г. К. Зиганшин, А. А. Осинцев, И. Р. Киреев. – Уфа : Уфимский государственный нефтяной технический университет, 2015. – 180 с. – EDN WKRSQB.

УДК 678.09

Люхо Илья Андреевич, студент, Комсомольский-на-Амуре государственный университет
Lyukho Ilya Andreevich, student, Komsomolsk-na-Amure State University

Проценко Александр Евгеньевич, кандидат технических наук, доцент, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Protsenko Alexander Evgenievich, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Komsomolsk-na-Amure State University

УСТАНОВЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНОЙ КОНЦЕНТРАЦИИ NAOH ПРИ ПРОВЕДЕНИИ АЛКОГОЛИЗА МАТРИЦ РАЗНОЙ ПРИРОДЫ

ESTABLISHING THE OPTIMAL NOX CONCENTRATION DURING ALCOHOLYSIS OF MATRIXES OF DIFFERENT NATURE

Аннотация. ПКМ или полимерные композиционные материалы являются результатом взаимодействия наполнителей различной природы и объединяющей их матрицы. Большой спрос на ПКМ вызван возможностью задания ему необходимых свойств, с помощью подбора комбинации наполнителей и связующего. Постепенно ПКМ, из-за своих улучшенных характеристик и более низкой стоимости, вытесняют традиционно-применяемые в отраслях материалы. Однако, возникает проблема утилизации постоянно накапливающихся отходов, возникающих при производстве и эксплуатации полимерной продукции, с которой современная отрасль переработки твердых бытовых отходов (ТБО) не справляется из-за недостаточного развития.

Abstract. PCM or polymer composite materials are the result of the interaction of fillers of various nature and the matrix that unites them. The great demand for PCM is caused by the possibility of setting the necessary properties for it by selecting a combination of fillers and a binder. Gradually, PCM, due to their improved characteristics and lower cost, are replacing materials traditionally used in industries. However, there is a problem of disposal of constantly accumulating waste arising from the production and operation of polymer products, which the modern industry of processing municipal solid waste (MSW) cannot cope with due to insufficient development.

Ключевые слова: ПКМ, сольволиз, деструкция, рециклинг.

Key words: PCM, experiment, solvolysis, destruction, recycling.

Основная часть

В качестве образцов были взяты 2 стеклопластика на основе наполнителя-стеклоткани марки «Ст.62004» и двух связующих: Derakane 411-350 для одного и Sicomin SR8100/SD8824 для второго. Помимо них был взят образец углепластика на основе наполнителя-углеткани марки «ЗК-1000-200 (Umatex group)» и связующим Sicomin SR8100/SD8824 (рисунок 1).

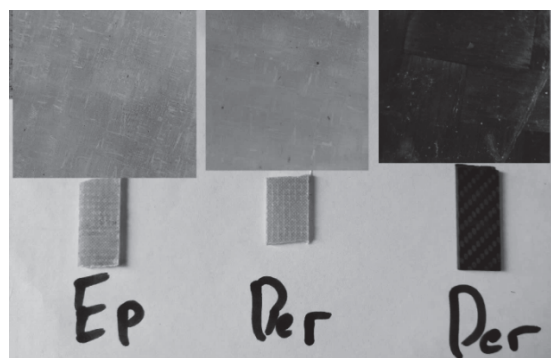


Рисунок 1 – Образцы пластиков

В качестве метода оценки степени деструкции полимерной матрицы использовался метод синхронного термического анализа. Начальной точкой сравнения была выбрана термограмма отвержденного связующего соответствующей марки и определен процент потерянной массы. Образец, подвергшийся сольволизу, помещался в прибор, в результате чего устанавливался процент потерянной массы после обработки, который был меньше первоначальной точки отсчета (рисунок 2). Степень деструкции определялась по формуле:

$$f = 100 - \left(\frac{m_{обр}}{m_{чс}} \right) * 100 \quad (1)$$

где $m_{обр}$ – процент потерянной массы у образца;
 $m_{чс}$ – процент потерянной массы у чистого связующего

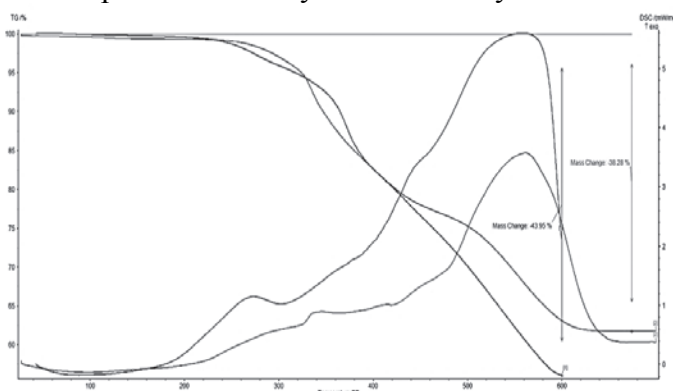


Рисунок 2 – Синхронный термический анализ

При низких концентрациях наблюдался неполное разложения матрицы. При увеличении концентрации, которой увеличивался процент переработки.

Для определения влияния концентрации щелочи была выполнена серия экспериментов по 5 проб на исследуемую концентрацию. От 0,01 до 0,1 с шагом 0,01. От 0,1 до 0,3 с шагом 0,05. От 0,3 до 0,6 с шагом 0,1.

Для ПКМ на основе эпоксидного связующего со стекловолокном был получен спектр точек, определяющих облако полученных значений (рисунок 3).

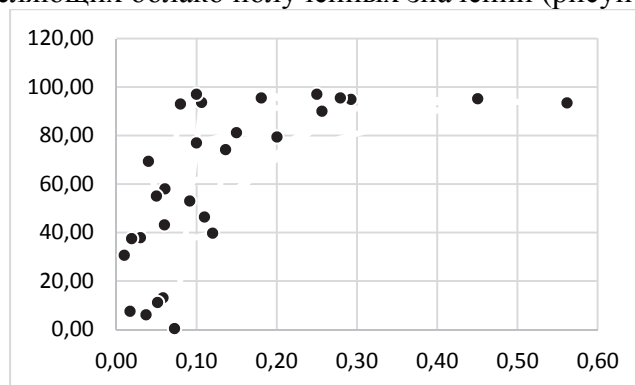


Рисунок 3 – Результаты эксперимента для эпоксидной матрицы

С учетом допустимой погрешности были рассчитаны предельные отклонения и построен следующий график (рисунок 4).

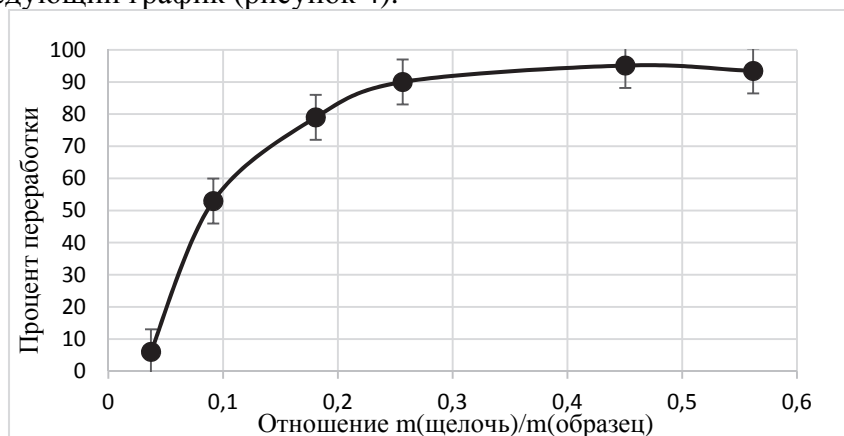


Рисунок 4 – График зависимости для ПКМ с матрицей на основе эпоксидного связующего

Для образцов с аналогичным наполнителем и матрицей на основе эпоксивинилэфирного связующего также была проведена серия экспериментов (рисунок 5).

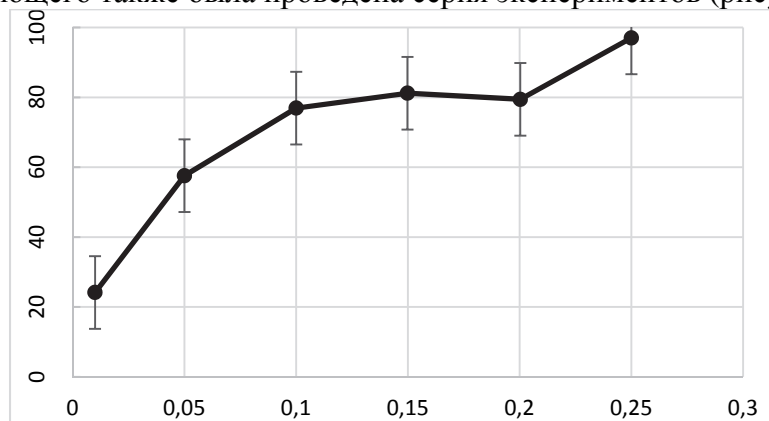


Рисунок 5 – График зависимости для связующего Der

Результаты исследования показали, что сольволиз является эффективным методом утилизации ПКМ и может быть использован для получения волокон наполнителя и полезных компонентов для химической технологии. Полученные волокна обладают достаточно высокими механическими свойствами и могут быть вторично использованы в качестве наполнителя для композиционных материалов. Кроме того, полезные компоненты могут быть использованы в химической промышленности, что позволяет улучшить экологическую ситуацию в регионе и повысить эффективность использования ресурсов. Дальнейшие исследования будут направлены на оптимизацию процесса сольволиза и расширение спектра получаемых продуктов, так как разработка эффективных методов рециклинга ПКМ имеет большое значение для уменьшения негативного влияния этих материалов на окружающую среду и рационального использования природных ресурсов.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Climatic aging of composite aviation materials: III. Significant aging factors / E. N. Kablov, V. N. Kirillov, O. V. Startsev, A. S. Krotov // Russian Metallurgy (Metally). – 2012. – Vol. 2012, No. 4. – P. 323-329. – DOI:10.1134/S0036029512040040. – EDN RFZITF.
2. Chen, J. Z. et al. Prediction of long-term properties of fiberglass pipe based on the shift factors method //Advanced Materials Research. – Trans Tech Publications Ltd, 2013. – T. 748. – С. 411-41. – DOI:10.4028/www.scientific.net/AMR.748.411

3. André, A. et al. Re-use of wind turbine blade for construction and infrastructure applications //IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – IOP Publishing, 2020. – Т. 942. – №. 1. – С. 012015. –DOI:10.1088/1757-899X/942/1/012015
4. Pimenta, S., Pinho, S. T. Recycling carbon fibre reinforced polymers for structural applications: Technology review and market outlook //Waste management. – 2011. – Т. 31. – №. 2. – С. 378-392. – DOI: 10.1016/j.wasman.2010.09.019
5. Петров, А.В., Дориомедов, М.С., Скрипачев, С.Ю. Технологии утилизации полимерных композиционных материалов (обзор) // Труды Виам. - 2015. - С. 62-73. – DOI: 10.18577/2307-6046-2015-0-8-9-9
6. Meyer, L. O., Schulte, K., Grove-Nielsen, E. CFRP-recycling following a pyrolysis route: process optimization and potentials //Journal of composite materials. – 2009. – Т. 43. – №. 9. – С. 1121-1132. – DOI: 10.1177/0021998308097737
7. Protsenko, A. E., Pimenova, E. D., Petrov, V. V. Recycling of glass fibers sheets from thermoset reinforced plastic using thermolysis method //IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – IOP Publishing, 2020. – Т. 734. – №. 1. – С. 012185. – DOI: 10.1088/1757-899X/734/1/012185
8. Ginder, R. S., Ozcan, S. Recycling of commercial E-glass reinforced thermoset composites via two temperature step pyrolysis to improve recovered fiber tensile strength and failure strain //Recycling. – 2019. – Т. 4. – №. 2. – С. 24. – DOI: 10.3390/recycling4020024

УДК 620.022

Маркевич Надежда Витальевна, студент, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Markevich Nadezhda Vitalievna, student, Komsomolsk-na-Amure State University

Проценко Александр Евгеньевич, кандидат технических наук, доцент, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Protsenko Alexander Evgenievich, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Komsomolsk-na-Amure State University

ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАМЕТРА РАСТВОРИМОСТИ ФЕНОПЛАСТА

THE STUDY OF SOLUBILITY OF PHENOPLAST

Аннотация. Статья посвящена результатам исследования растворимости фенопласта. Расчёт параметра растворимости фенопласта марки АГ-4С по методу Аскадского, а также подбор необходимых для растворения олигомеров заданного химического строения растворителей. По результатам исследования было проведено экспериментальное исследование растворимости образцов материала в подобранных растворителях. На основе этих данных был построен график изменений в массе образцов, которые были получены на основе опыта. Среди исследованных растворителей наиболее эффективным оказался хлороформ.

Abstract. The article is devoted to the results of the study of the solubility of phenoplast. Calculation of the solubility parameter of the AG-4S phenoplast by the Askadsky method, as well as the selection of solvents necessary for the dissolution of oligomers of a given chemical structure. According to the results of the study, an experimental study of the solubility of material samples in selected solvents was carried out. Based on these data, a graph of changes in the mass of samples was constructed, which were obtained on the basis of experience. Among the solvents studied, chloroform turned out to be the most effective.

Ключевые слова: растворимость, фенопласты.

Key words: solubility, phenoplast.

Введение

Фенопласты – термореактивные пластические материалы, которые состоят из фенолформальдегидных смол. За счет своих полезных свойств фенопласты используются в огромном количестве отраслей промышленности [2]. Не менее надежный материал используется для создания электронных компонент, деталей судовой автоматики и материалов отделки. Данные материалы обладают высокой прочностью и твердостью. Данный материал относится к термореактопластичным полимерам и ввиду наличия развитой системы поперечных связей не растворяется в обычных растворителях и устойчив к старению. При этом детали на его основе имеют небольшую плотность, высокое электросопротивление и химическую стойкость [3].

На растворимость влияет свойство макромолекул, а также их взаимное расположение в полимерном материале. Чем гибче макромолекулы и чем меньше плотность упаковки, тем быстрее процесс растворения. Процесс диффундирования молекул растворителя постепенно проникает в структуру полимера, что приводит к разрыву межмолекулярных связей между цепями и увеличению их подвижности.

Целью данной работы является расчёт параметров растворимости фенопласта марки АГ-4С по методике [1], подбор растворителей, сравнение расчетных и экспериментальных данных.

Материалы и методы

В качестве объекта исследования использовался фенопласт марки АГ-4С. Исследовался сырьевой материал с истекшим сроком годности, термическая обработка не проводилась. В работе первым рассчитывался параметр растворимости по методу Аскадского.

Результаты и обсуждение

Результаты расчета представлены в таблице 1. На основании литературных данных были подобраны растворители с минимальным отличием по данному параметру.

Таблица 1 – Результаты расчетов

Полимер	ΔE^* , кал/моль	ΔV , Å	δ , (кал/см ³) ^{0,5}
Отвержденная фенолформальдегидная смола	15167	188	10,45

По разности параметров растворимости отвержденной фенолформальдегидной смолы и органического растворителя, которая должна составлять ± 2 (кал/см³)^{0,5}, были подобраны растворители. Названия подобранных растворителей и параметры их растворимости представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Параметр растворимости низкомолекулярных жидкостей

Растворитель	δ , (кал/см ³) ^{0,5}	
	расч.	эксп.
Бензол	9,3	-1,2
Ксилол	8,7	-1,8
Хлороформ	8,7	-1,8
Стирол	8,6	-1,9
Нитробензол	10,9	0,4
Масляная кислота	11,2	0,7

Из этого следует, что фенопласт может растворяться в бензоле, ксилоле, хлороформе, стироле, нитробензоле и в масляной кислоте. Объем каждого растворителя составил 5 мл. В начале эксперимента были взвешены сухие образцы, фиксируя начальную массу до погружения в растворители. После измерения образцы погружались в раствор на несколько суток, после чего также взвешивались. На основании полученных данных был построен график растворимости (рисунок 1).

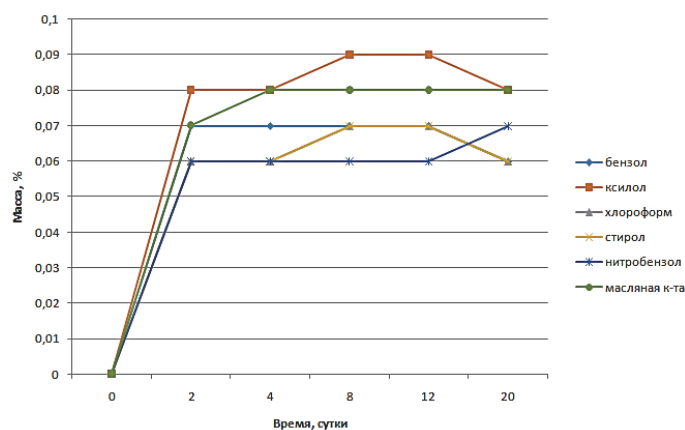


Рисунок 1 - Кривые изменения массы фенопласта в растворителях

При экспозиции образцов фенопласта в растворителях через 2 суток наблюдалось приращение массы на 6-8 %. Среди рассматриваемых растворителей образцы ограниченно набухали в нитробензоле, максимальная степень набухания через 12 суток составила 1%. В хлороформе наблюдается максимум набухания, который составил 7 %, после чего следует падение массы образца, что свидетельствует о деструкции, протекающей в среде данного растворителя. Аналогичная картина наблюдается в остальных растворителях.

Таким образом, полимерная матрица не пригодна к переработке фенопласта может быть удалена при длительной экспозиции. При этом недостатком данного метода является длительность процесса.

Выводы

Для определения растворимости методом Аскадского используется коэффициент молекулярной упаковки и энергия когезии. Не менее сложным процессом является растворение полимеров, который зависит не только на уровне химических свойств, но и на уровне физических свойств. Однако, в силу этого расчетные значения могут не совпасть с опытом. Стоит отметить также то, что в данных условиях процесс растворения мог происходить очень медленно и для его полного завершения требовалось больше времени. Лучшим из представленных растворителей оказался хлороформ. Для утилизации и рециклинга таких материалов можно использовать этот растворитель.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Аскадский, А. А. Методы расчета физических свойств полимеров / А. А. Аскадский // Обзорный журнал по химии. – 2015. – Т. 5, № 2. – С. 101. – DOI 10.1134/S2218114815020013. – EDN TQBARL.
2. Бахман, А, Мюллер, К. Фенопласты. / А. Бахман, К Мюллер. - Москва.: Химия, 1978. - 288 с.
3. Архангельский, Б.А. Пластические массы. / Б.А. Архангельский. - Л.: Лениздат, 1950. - 124 с.
4. Стрекалова, Г. Р. Концепция параметра растворимости и ее применения для прогнозирования растворимости полимеров : учеб. пособие / Г. Р. Стрекалова, О. Т. Шипина, А. В. Косточко ; Г. Р. Стрекалова , О. Т. Шипина , А. В. Косточко ; Федер. агентство по образованию, Гос. образоват. учреждение высш. проф. образования "Казан. гос. технол. ун-т". – Казань : Изд-во Казан. гос. технол. ун-та, 2006. – EDN QKBVXL.
5. Зуев, В. В. Физика и химия полимеров : Учебное пособие / В. В. Зуев, М. В. Успенская, А. О. Олехнович. – Санкт-Петербург : Университет ИТМО, 2010. – 47 с. – EDN ZUXHOF.

УДК 547.979.733

Матрохина Анна Николаевна, студент, Ивановский государственный химико-технологический университет

Matrokhina Anna Nikolaevna, student, Ivanovo State University of Chemistry and Technology

Трифонова Ирина Павловна, кандидат химических наук, доцент, Ивановский государственный химико-технологический университет

Trifonova Irina Pavlovna, Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor, Ivanovo State University of Chemistry and Technology

Бурмистров Владимир Александрович, доктор химических наук, профессор, Ивановский государственный химико-технологический университет

Burmistrov Vladimir Aleksandrovich, Doctor of Chemistry, Professor, Ivanovo State University of Chemistry and Technology

ИССЛЕДОВАНИЕ ХИРАЛЬНЫХ СВОЙСТВ ТЕТРАФЕНИЛПОРФИНА МЕТОДОМ КРУГОВОГО ДИХРОИЗМА

INVESTIGATION OF THE CHIRAL PROPERTIES OF TETRAPHENYLPORPHIN BY THE CIRCULAR DICHROISM METHOD

Аннотация. Методом спектроскопии кругового дихроизма выполнены исследования оптических свойств и хиральной активности тетрафенилпорфина. Выявлено значительное влияние концентрации порфирина в растворе на характер спектров кругового дихроизма. Сравнение теоретических и экспериментальных спектров указывает на ассоциированное состояние тетрафенилпорфина в растворах.

Abstract. Circular dichroism spectroscopy was used to study the optical properties and chiral activity of tetraphenylporphine. A significant effect of the porphyrin concentration in solution on the nature of the circular dichroism spectra was revealed. Comparison of the theoretical and experimental spectral curves indicates the associated state of tetraphenylporphine in solutions.

Ключевые слова: круговой дихроизм, тетрафенилпорфин, спектры поглощения.

Key words: circular dichroism, tetraphenylporphin, absorption spectra.

В последние десятилетия значительно расширилась область применения порфиринов. Их используют для разработки искусственных рецепторов молекулярного распознавания, для исследования стереохимии окислительно-восстановительных реакции в биокатализе, для создания новых хиральных катализаторов для асимметричного синтеза. В этих исследованиях спектроскопия кругового дихроизма (КД) является наиболее чувствительным инструментом для изучения хиральных взаимодействий [1-3].

Спектроскопия КД позволяет измерять дифференциальное поглощение хромофорсодержащих хиральных молекул в направлении света с левой и правой круговой поляризацией. Разница в поглощении света с определенной длиной волны отражается в спектре в виде максимума или минимума спектральной кривой (эффект Коттона) [4].

Порфирины как хромофоры обладают уникальными свойствами с точки зрения спектроскопии КД. Полоса Soret или основная полоса поглощения порфиринов в области 418 нм смещена в красную область по сравнению с поглощением органических растворителей. Интенсивное поглощение порфиринов и высокие коэффициенты экстинкции значительно повышают чувствительность спектроскопии КД. Правильный выбор порфирина и растворителя приводит к межмолекулярному или внутримолекулярному π - π –взаимодействию, что увеличивает оптическую активность соединений.

В работе были выполнены исследования оптических свойств и хиральной активности тетрафенилпорфина (ТФП) в растворе хлороформа. Спектры получены на спектрометре кругового дихроизма JASCO серии J-1000. Анализ спектральных кривых по-

казал, что уменьшение концентрации ТФП приблизительно в 10 раз приводит к значительным изменениям в спектрах КД (рисунок 1). Отрицательный сигнал КД уменьшается, а затем становится положительным. При этом в электронных спектрах поглощения уменьшается интенсивность полосы Sore при 418 нм и плеча при 410 нм.

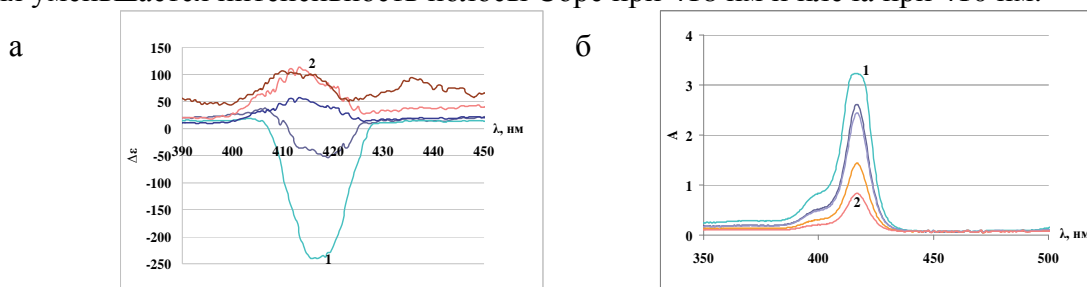


Рисунок 1 – Изменение в спектрах кругового дихроизма (а) и поглощения (б) при разбавлении раствора ТФП в хлороформе: 1 – $C=2,88 \cdot 10^{-6}$ моль/л, 2 – $C=3,6 \cdot 10^{-7}$ моль/л

Для выявления причин изменения оптической активности порфирина были выполнены квантово-химические расчеты молекулы и спектров тетрафенилпорфина методом DFT [5]. Полученный теоретический спектр КД приведен на рисунке 2.

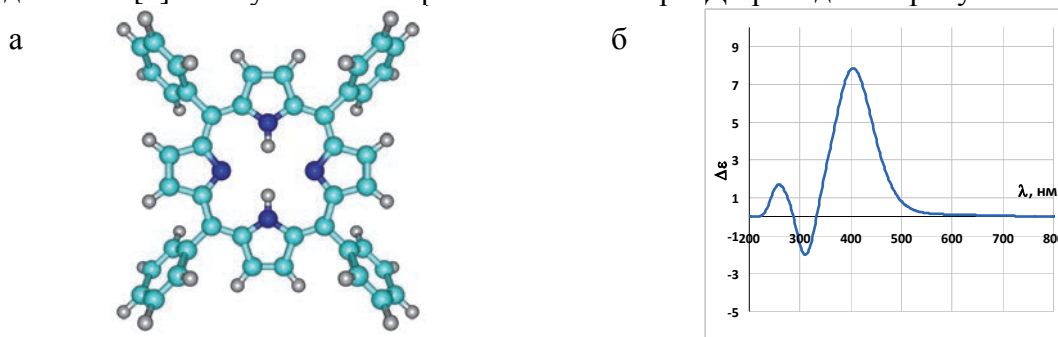


Рисунок 2 – Структура молекулы ТФП (а) и теоретический спектр кругового дихроизма ТФП (б)

На основе сравнительного анализа экспериментальных и теоретических спектров можно предположить, что в определенном диапазоне концентраций ТФП существует в растворе в виде ассоциированных структур, так как только для разбавленных растворов вид спектральных кривых соответствует расчетным кривым. Склонность к агрегации для ТФП в слабосольватирующем растворителе хлороформе определяется планарностью молекулы и большой вероятностью возникновения сильного межмолекулярного взаимодействия по π - π -типу. В то же время мономерный ТФП обладает собственной хиральностью, очевидно, обусловленной искажением плоскостной структуры порфирина.

Благодарности. Исследование проведено с использованием ресурсов Центра коллективного пользования научным оборудованием ИГХТУ (при поддержке Минобрнауки России, соглашение № 075-15-2021-671)

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Huang, X., Nakanishi, K., Berova, N. Porphyrins and metalloporphyrins: versatile circular dichroic reporter groups for structural studies //Chirality: The Pharmacological, Biological, and Chemical Consequences of Molecular Asymmetry. – 2000. – Т. 12. – №. 4. – С. 237-255. – DOI: 10.1002/(SICI)1520-636X(2000)12:4<237::AID-CHIR10>3.0.CO;2-6
2. Lu, H., Kobayashi, N. Optically active porphyrin and phthalocyanine systems //Chemical reviews. – 2016. – Т. 116. – №. 10. – С. 6184-6261. – DOI: 10.1021/acs.chemrev.5b00588
3. Lindorfer, D. et al. Non-conservative circular dichroism of photosystem II reaction centers: Is there an enhancement by a coupling with charge transfer states? //Journal of

Photochemistry and Photobiology A: Chemistry. – 2021. – Т. 404. – С. 112883. – DOI:10.1016/j.jphotochem.2020.112883

4. Berova, N., Nakanishi, K., Woody, R. W. (ed.). Circular dichroism: principles and applications. – John Wiley & Sons, – 2000. – 912 с.

5. Šebek, J., Bouř, P. Ab initio modeling of the electronic circular dichroism induced in porphyrin chromophores //The Journal of Physical Chemistry A. – 2008. – Т. 112. – №. 13. – С. 2920-2929. – DOI: 10.1021/jp711364j

УДК 620.022

Михайленко Денис Алексеевич, студент, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Mikhailenko Denis Alekseevich, student, Komsomolsk-na-Amure State University

Проценко Александр Евгеньевич, кандидат технических наук, доцент, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Protsenko Alexander Evgenievich, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Komsomolsk-na-Amure State University

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ РАСТВОРИМОСТИ МАРОК ПОЛИАМИДА

THEORETICAL AND EXPERIMENTAL STUDIES OF SOLUBILITY OF POLYAMIDE GRADES

Аннотация: В данной работе приводятся экспериментальные данные исследование возможности растворения полиамида 6 и полиамида 66 в разных растворителях. Полученные графики отражают скорость изменения степени набухания и растворения полимеров. Процессы растворения и набухания в феноле кратно превосходят по скорости аналогичные процессы в других исследуемых растворах.

Abstract: This paper presents experimental data on the possibility of dissolving polyamide 6 and polyamide 66 in different solvents. The resulting graphs reflect the rate of change in the degree of swelling and dissolution of polymers. The processes of dissolution and swelling in phenol are many times faster than similar processes in other studied solutions.

Ключевые слова: полиамид, растворимость, набухание.

Key words: polyamide, solubility, swelling.

Полимерные материалы находят широкое применение в различных областях, таких как медицина, электроника, авиационная и космическая промышленность [1, 4]. При эксплуатации полимерных изделий они могут контактировать с различными агрессивными средами [5], которые могут оказывать влияние на их физико-механические свойства. В связи с этим, изучение растворимости полимерных материалов в различных растворителях является актуальным. Также растворители могут использоваться для вторичной переработки и ремонта изделий из термопластичных материалов [2]. В данной работе исследуется влияние строения полиамида на его растворимость и набухание. В качестве объекта исследования выбран полиамид 6 и полиамид 66.

Расчет растворимости полимера производим по методу Аскадского [3]. Величину δ_n Аскадский предложил вычислять по инкрементам энергий для отдельных атомов и групп атомов.

$$\delta_n = \frac{\sum_{i=1}^n \Delta E_i^*}{N_A \cdot \sum \Delta V_i}$$

где N_A - число Авогадро,

ΔE_i^* - вклад каждого атома и типа межмолекулярного взаимодействия,

ΔV_i – ван-дер-ваальсовы объёмы атомов 1-го вида



Рисунок 1 – Структурные формулы: а) полиамида бб; б) полиамида б
 В таблице 1 приведены данные по расчету параметра растворимости для двух полимеров и растворителей выбранных для исследования.

Таблица 1 – Расчет параметра растворимости для полимеров

Полимер	ΔE_i^* , ккал/моль	ΔV_i , см ³ /моль	$\delta_{\text{п}}$, (кал/см ³) ^{0,5}
Полиамид б	8580,8	109,9	11,35
Полиамид бб	18221	229,9	11,43
Ацетон	3704	74,0	10,0
Диметилформамид	6484	77,0	11,8
Фенол	8375	87,5	12,10

Воспользовавшись таблицей значений коэффициентов рассчитанных и экспериментальных параметров растворимости низкомолекулярных жидкостей, находим подходящие образцы для растворения в них полимеров.

Образцы полимеров были взвешены и погружены в рабочие растворы.

После нескольких измерений были получены данные набухания и растворения полимеров в рабочих растворах. На основе полученных данных построены графики зависимости изменения массы от времени экспозиции в растворителе для различных марок полимеров (рисунки 1а, 1б, 2)

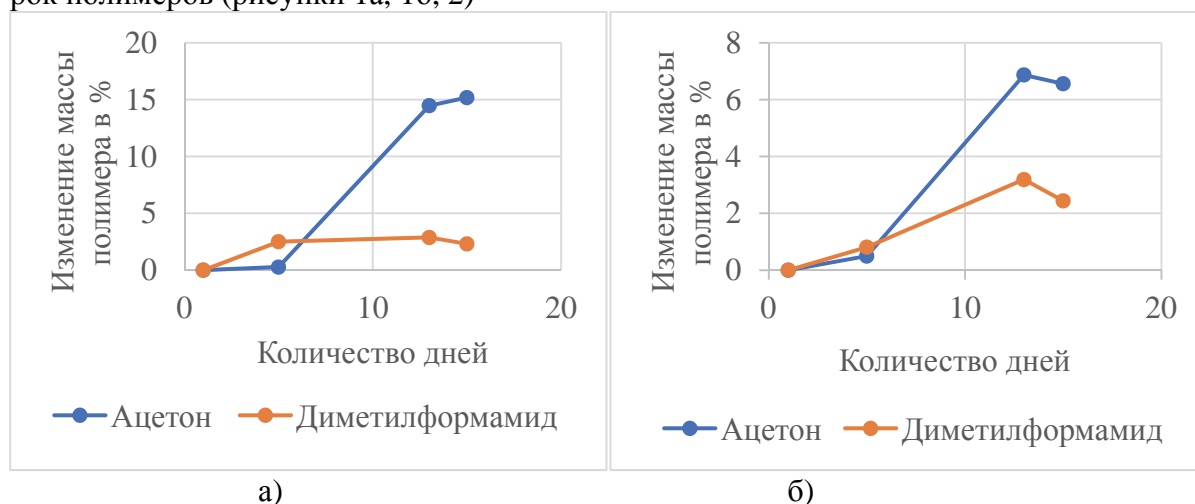


Рисунок 1 – Кривые изменения массы полиамидов в ацетоне и диметилформамиде: а) полиамид бб; б) полиамид б

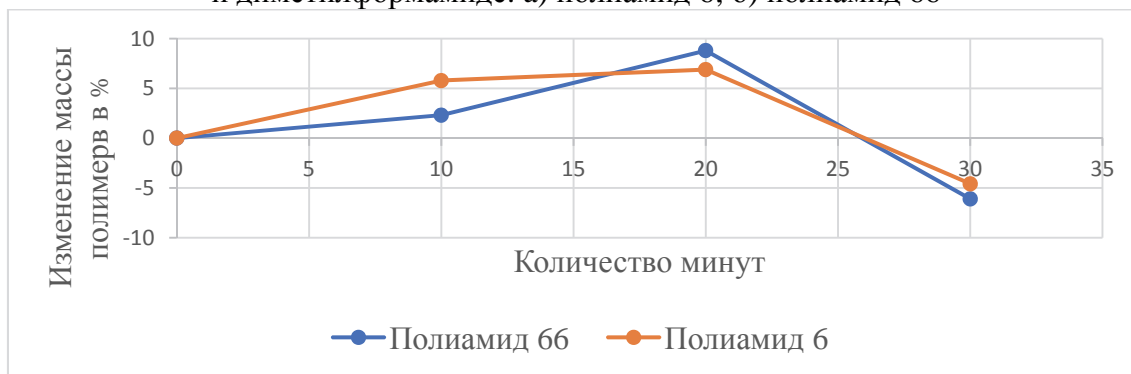


Рисунок 2 – График изменения массы полимеров в феноле

Из полученных графиков хорошо заметно, что степень набухания полимера в ацетоне приблизительно в два раза выше степени набухания полимера в диметилфор-

мамиде за одинаковый период времени. На 13-й день эксперимента полимеры начали растворяться в данных растворах. В растворе фенола полимеры набухали в течении первых 20-ти минут, после чего начали растворяться. Характер набухания полиамида б и полиамида бб отличается друг от друга во всех используемых растворителях, но при этом результаты эксперимента оказались одинаковыми для обоих полимеров. Теоретические расчеты подтвердились, поскольку оба полимера после процесса набухания начали растворяться в растворах. К недостаткам метода можно отнести отсутствие информации о скорости набухания и растворения полимера.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Карсакова, Е. В. Свойства и области применения полиамидов различных типов / Е. В. Карсакова, Т. П. Кравченко // Успехи в химии и химической технологии. – 2008. – Т. 22, № 5(85). – С. 10-13. – EDN QZVOKN.

2. Анализ существующих способов утилизации и переработки отходов полимеров / Э. В. Гоголь, И. Х. Мингазетдинов, Г. И. Гумерова [и др.] // Вестник Казанского технологического университета. – 2013. – Т. 16, № 10. – С. 163-168. – EDN QILGDF.

3. Аскадский, А. А. Методы расчета физических свойств полимеров / А. А. Аскадский // Обзорный журнал по химии. – 2015. – Т. 5, № 2. – С. 101. – DOI 10.1134/S2218114815020013. – EDN TQBARL.

4. Арзамасов, И. В. Применение пластмасс в современном машиностроении / И. В. Арзамасов // Образование, наука, производство, Белгород, 20–22 октября 2015 года / Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. – Белгород: Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, 2015. – С. 1604-1608. – EDN VNPFSR.

5. Акаева, М. М. Исследование влияния жидких агрессивных сред на физико-механические свойства полиамида и полипропилена, модифицированных микродобавками высокодисперсной смеси - Fe/FeO / М. М. Акаева // Известия Чеченского государственного университета. – 2016. – № 1(1). – С. 7-9. – EDN WMLKUT.

УДК 541.49

Морозова Татьяна Дмитриевна, студент, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Morozova Tatiana Dmitrievna, student, Komsomolsk-na-Amure State University

Шакирова Ольга Григорьевна, доктор химических наук, профессор, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Shakirova Olga Grigoryevna, Doctor of Chemical Sciences, Professor, Komsomolsk-na-Amure State University

СИНТЕЗ И СПЕКТРОСКОПИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ КОМПЛЕКСА МЕДИ(II) С БИС(3-ТРИФТОРМЕТИЛПИРАЗОЛ-5-ИЛ)КЕТАЗИНОМ

SYNTHESIS AND SPECTROSCOPIC STUDY OF COPPER(II) COMPLEX WITH BIS(3-TRIFLUOROMETHYLPYRAZOL-5-YL)KETAZINE

Аннотация. При соединении растворов различных солей меди(II) с бис(3-трифторметилпиразол-5-ил)кетазинном (H_2L) при различных соотношениях металл:лиганд всегда образуется одинаковый комплекс темно-зеленого цвета. Трилонометрическое определение меди в нем соответствует составу $[(CuOH)_2L]$, что показывает, что полученный комплекс является органическим аналогом малахита $(CuOH)_2CO_3$, а изучаемый лиганд H_2L является слабой двухосновной кислотой. Координационное соединение изучено с помощью ИК-спектроскопии. Полученные данные свидетельству-

ют о том, что полидентатный лиганд координируется как атомами внециклического азота, так и азота гетероциклов. Полосы валентных колебаний координированных гидроксильных групп также хорошо регистрируются в ИК-спектрах комплекса.

Abstract. When solutions of various copper(II) salts are combined with bis(3-trifluoromethylpyrazol-5-yl)ketazine (H_2L) at different ratios of metal:ligand, the same dark green complex is always formed. The trilonometric determination of copper in it corresponds to the composition $[(CuOH)_2L]$, which shows that the resulting complex is an organic analogue of malachite $(CuOH)_2CO_3$, and the investigated ligand H_2L is a weak dibasic acid. The coordination compound was studied using IR spectroscopy. The data obtained indicate that the polydentate ligand is coordinated by both acyclic nitrogen atoms and heterocyclic nitrogen atoms. The bands of valence vibrations of coordinated hydroxyl groups are also well recorded in the IR spectra of the complex.

Ключевые слова: синтез, комплекс меди(II), бис(3-трифторметилпиразол-5ил)кетазин, ИК-спектроскопия.

Key words: synthesis, copper(II) complex, bis(3-trifluoromethylpyrazol-5 yl)ketazine, IR spectroscopy.

Введение

Почти $\frac{1}{4}$ часть лекарств на сегодняшнем фармакологическом рынке содержат в своем составе фтор, ввиду высокой электроотрицательности, малого размера и низкой поляризуемости которого содержащие его органические молекулы приобретают ярко выраженную биологическую активность, в том числе противораковую [1]. Для химиков-неоргаников исследование любого нового фторсодержащего соединения является важной и актуальной задачей.

Основная часть

Нам представлялось целесообразным изучить процессы комплексообразования эндогенных металлов (Fe(II) и Cu(II)) с новым лигандом бис(3-трифторметилпиразол-5ил)кетазином (H_2L), который был специально получен к.х.н. Д.Н. Бажиным (ИОС УО РАН, Екатеринбург), при этом функционализирован двумя группами CF_3 (рисунок 1), поскольку новый лиганд может в растворе диссоциировать по связи N–H и содержит шесть реакционно способных (донорных) атомов азота.

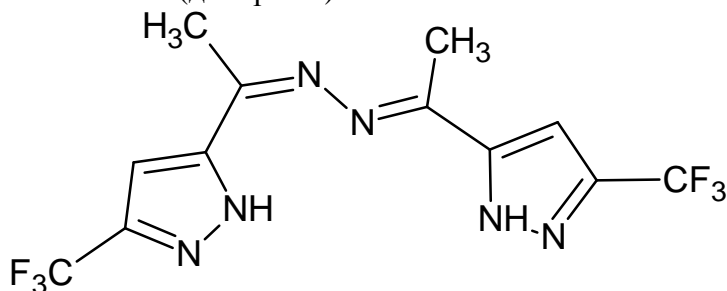


Рисунок 1 – Строение H_2L

К нашему удивлению, лиганд не взаимодействует с солями железа(II) вообще. Синтез же комплексов меди(II) приводит к тому, что при различных соотношениях металл:лиганд и использовании растворов различных солей меди(II) с бис(3-трифторметилпиразол-5ил)кетазином (H_2L) всегда образуется одинаковый комплекс темно-зеленого цвета. Трилометрическое определение меди(II) с мурексидом после разложения комплекса в конц. кислотах [2] показало, что этот комплекс соответствует составу $[(CuOH)_2L]$, который является органическим аналогом малахита $(CuOH)_2CO_3$ [3], следовательно, изучаемый лиганд H_2L является слабой двухосновной кислотой.

В высокочастотной области ИК-спектров лиганда (рисунок 2) в области 3250 см^{-1} наблюдаются полосы, связанные с колебаниями $\nu(NH)$, в спектре комплекса (рисунок 3) присутствуют полосы $\nu(OH)$ в широком диапазоне $3500\text{-}3000\text{ см}^{-1}$. В интервале 3090-

2830 cm^{-1} расположены полосы $\nu(\text{C}-\text{H})$ метильных групп и пиразольных колец. Для H_2L при 1630 cm^{-1} наблюдается полоса валентно-деформационного колебания экзоциклической связи $-\text{C}=\text{N}-$, которая весьма чувствительна к координации. В спектре комплекса эта полоса проявляется при 1608 cm^{-1} . Также для H_2L в области 1550-1400 cm^{-1} наблюдаются полосы валентно-деформационных колебаний пиразольных колец. В спектре комплекса все эти полосы расщеплены или смещены на 10-30 cm^{-1} . Изменения положения и формы полос вызвано координацией к $\text{Cu}(\text{II})$ атомов N [4, 5]. Таким образом, полученные данные свидетельствуют о том, что лиганд является полидентатным и координируется как атомами внециклического азота, так и азота гетероциклов.

Заключение

С учетом валентных колебаний координированных гидроксильных групп и проведенного трилометрического определения процентного содержания меди(II) в комплексе, мы можем с уверенностью считать, что полученный нейтральный комплекс $[(\text{CuOH})_2\text{L}]$ является органическим аналогом малахита, а изучаемый лиганд H_2L является слабой двухосновной кислотой, способной одновременно связывать центральный ион металла несколькими координационными связями.

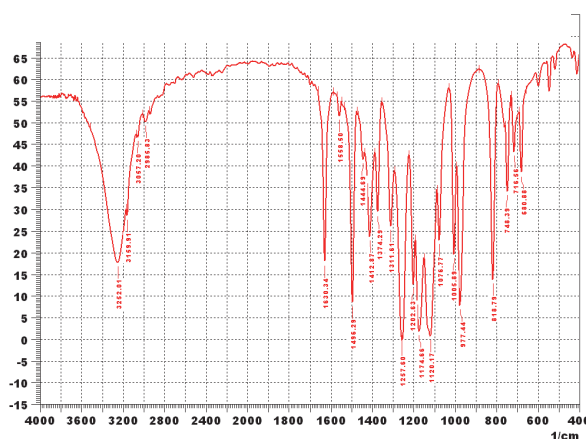


Рисунок 2 – ИК спектр H_2L

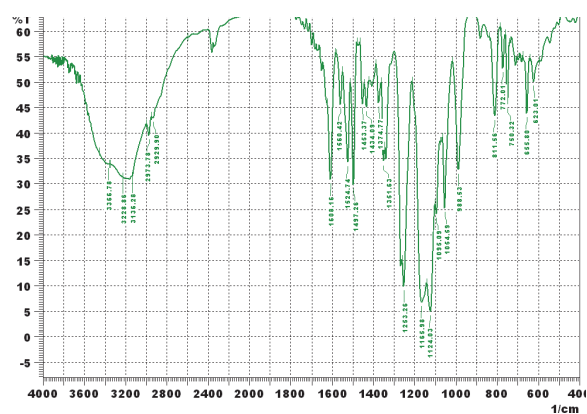


Рисунок 3 – ИК спектр $[(\text{CuOH})_2\text{L}]$

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Siegemund, G., Schwertfeger, W., Feiring, A., Smart, B., Behr, F., Vogel, H., McKusick, B., Kirsch, P. Fluorine compounds, organic. // Ullmann's encyclopedia of industrial chemistry. – 2016. – Т. 11. – С. 361. – DOI:10.1002/14356007.a11_349.pub2
2. Основы аналитической химии : учебник для студентов высших учебных заведений, обучающихся по химическим направлениям : в 2 т. / [Т. А. Большова и др.] ; под ред. Ю. А. Золотова. – 5-е изд., стер.. – Москва : Академия, 2012. – 24 с. – (Высшее профессиональное образование. Естественные науки). – ISBN 978-5-7695-9123-5. – EDN QKDBOF.
3. Anthony, J.W., Bideaux, R.A., Bladh, K.W., Nichols, M.C., eds. (2003). Malachite, Handbook of Mineralogy. Vol. V (Borates, Carbonates, Sulfates). Chantilly, Virginia: Mineralogical Society of America.
4. Nakamoto, K. Infrared and Raman Spectra of Inorganic and Coordination Compounds / K. Nakamoto. Vol. Part B. – New York : John Wiley & Sons, 2008. – 408 p. – ISBN 978-0-471-74493-1. – DOI 10.1002/9780470405888. – EDN FGLASN.
5. Lever, A.B.P. Inorganic Electronic Spectroscopy, 2nd ed.; Elsevier: Amsterdam, The Netherlands. 1985.

УДК 621.01

Павловская Дарья Алексеевна, студент, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Pavlovskaya Daria Alekseevna, student, Komsomolsk-na-Amure State University

Отряскина Татьяна Александровна, кандидат технических наук, доцент, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Otryaskina Tatyana Aleksandrovna, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Komsomolsk-na-Amure State University

ЗАЩИТА КОТЕЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ ПРИ СЖИГАНИИ СЕРОСОДЕРЖАЩИХ ГАЗОВ

PROTECTION OF BOILER EQUIPMENT WHEN BURNING SULFUR-CONTAINING GASES

Аннотация. В статье рассматриваются виды коррозии, способы борьбы с ней. Особенно сильно наличие низкотемпературной коррозии сказывается на надежности работы последней по ходу газов теплообменной поверхности – воздухоподогревателя, и, как следствие, на надежности работы котлоагрегата в целом. Природа коррозионных процессов поверхностей нагрева котлов и тракта уходящих газов (включая дымовую трубу) лежит в органическом составе топлива, которое может содержать элементы, которые в процессе сжигания образуют коррозионно-активные соединения. В основном это сера, хлор и фтор в твердом топливе и сера и ванадий в жидком и газообразном. При использовании систем каталитической очистки газов котельная и оборудование обеспечивается более чистыми дымовыми газами, предотвращая аварии и возможный ущерб.

Abstract. The article discusses the types of corrosion, ways to deal with it. The presence of low-temperature corrosion has a particularly strong effect on the reliability of the operation of the last heat exchange surface in the direction of the gases - the air heater, and, as a result, on the reliability of the operation of the boiler unit as a whole. The nature of the corrosion processes of the heating surfaces of boilers and the exhaust gas path (including the chimney) lies in the organic composition of the fuel, which may contain elements that form corrosive compounds during combustion. These are mainly sulfur, chlorine and fluorine in solid fuels and sulfur and vanadium in liquid and gaseous. When using catalytic gas purification systems, the boiler room and equipment are provided with cleaner flue gases, preventing accidents and possible damage.

Ключевые слова: коррозия, низкотемпературная коррозия, котельное оборудование, серосодержащий газ.

Key words: corrosion, low-temperature corrosion, boiler equipment, sulfur-containing gas.

Содержащаяся в топливе сера при сгорании окисляется с образованием диоксидов серы (SO_2) и в малых количествах триоксида серы (SO_3). Последний активно реагирует с водяными парами в газах, с образованием паров серной кислоты, которые конденсируются при температурах ниже точки росы, образуя на поверхности металла пленку кислоты высокой концентрации.

Основная часть SO_3 образовывается в зоне пламени, где при высоких температурах происходит окисление SO_2 атомарным кислородом. Прямое влияние на концентрацию SO_3 оказывает содержание серы в топливе и коэффициент избытка воздуха в топке.

Эффективное средство борьбы, с данным типом коррозии, сжигание топлива с предельно низкими избытками воздуха, что затруднено при условии сжигания в котлах топливной смеси. [1].

Предложенный способ очистки дымовых газов. Каталитическая установка SC с блоком контактной конденсации предназначена для задач промышленной очистки сильно загрязненных выбросов при перевалке и хранении углеводородов.

Каталитическая установка SC применяется для очистки промышленных выбросов от загрязняющих веществ:

- * оксид углерода (СО)
- * Летучие Органические Соединения (ЛОС)
- * бензол, толуол, ксилол, фенол, формальдегид, метанол, бутилацетат, ацетон, уксусная кислота, стирол и другие предельные, непредельные, циклические, ароматические углеводороды и их производные (спирты, альдегиды, кетоны и пр.)
- * хлорметан, хлорбензол, метилхлорид и другие хлорорганические соединения

Степень очистки:

- * Не менее 98-99%
- * Объем загрязнителей = 20-600 г/м³ (по С5)



Рисунок 1 – Схема расположения оборудования

ЭТАП 1. Абсорбционная колонна. Частичная абсорбция углеводородов

Высококонцентрированные газовые выбросы вентилятором (1) нагнетаются в нижнюю часть насадочного колонного аппарата – абсорбера (2). Орошение абсорбера осуществляется жидкими углеводородами, сконденсированными в процессе работы. Охлаждение циркулирующего конденсата осуществляется через пластинчатый теплообменник* с целью увеличения его поглотительной способности. Теплоноситель (раствор гликоля), циркулирующий во втором контуре теплообменника, охлаждается в рефрижераторной установке (3). Проходящие через абсорбер газы охлаждаясь десорбируют большую часть тяжелых углеводородов. Сконденсировавшийся жидкий компонент отводится в накопительную емкость (4). Охлажденный газ направляется на доочистку в блок каталитического окисления.

ЭТАП 2. Дожигатель. Каталитическое обезвреживание.

Каталитический блок (5) предварительно прогревается ТЭНами до температуры активации процесса. После выхода Установки на эксплуатационный режим ТЭНы отключаются. Рабочая температура входящего потока обеспечивается за счет рекуперации тепла отходящих газов. Для поддержания теплового режима работы блоков и концентрации окислителя предусмотрено дополнительное разбавление газа атмосферным воздухом вентилятором (6). На платиновом катализаторе (5) осуществляется процесс окисления органических веществ до безвредных углекислого газа и воды. Обезвреженные газы охлаждаются в рекуператоре (7) входящим потоком и сбрасываются в атмосферу.

Заключение

В ходе данной работы были рассмотрены и изучены установки каталитической очистки топливных газов. Рассмотрена система автоматизации технологического про-

цесса, было выбрано наиболее подходящее оборудование, рассчитана экономическая эффективность.

Таким образом, в результате проделанной работы можно прогнозировать повышение эффективности рабочего процесса, безопасности эксплуатации оборудования [2].

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Сидельковский, Л. Н. Котельные установки промышленных предприятий : учебник для студентов вузов, обучающихся по специальности "Промышленная теплоэнергетика" / Л. Н. Сидельковский, В. Н. Юренев ; Л. Н. Сидельковский, В. Н. Юренев. – Изд. 4-е, репр.. – Москва : Бастет, 2009. – ISBN 978-5-903178-13-1. – EDN QMKLAZ.

2. Авторское свидетельство № 1298481 А1 СССР, МПК F23C 6/02. Топка котла : № 3847130 : заявл. 03.12.1984 : опубл. 23.03.1987 / А. Н. Штым, В. А. Рудницкий ; заявитель Дальневосточный Политехнический Институт Им.В.В.Куйбышева. – EDN TXINCG.

3. Москвин, Л. Н. Защитное окисление поверхностей нагрева котельного оборудования с одновременным удалением золовых отложений / Л. Н. Москвин, А. А. Ефимов, Б. А. Гусев // Теплоэнергетика. – 2020. – № 3. – С. 33-38. – DOI 10.1134/S0040363620030042. – EDN HGEGPI.

4. Коротков, К. Е. Влияние изменения режимов работы оборудования теплоснабжения и котельного оборудования на эффективность ингибиторов коррозии / К. Е. Коротков, А. Г. Сагадеев, О. Р. Латыпов // Современные технологии: достижения и инновации-2020 : Сборник материалов II Всероссийской научно-практической конференции, Стерлитамак, 25 марта 2020 года. – Стерлитамак: Нефтегазовое дело, 2020. – С. 205-206. – EDN WJZZPE.

5. Баканов, М. О. Оценка параметров аварийной ситуации при эксплуатации котельного оборудования / М. О. Баканов, А. В. Антипов // . – 2018. – Т. 4, № 11(27). – С. 804-808. – EDN PWTEID.

УДК 621.565

Полковникова Мария Константиновна, студент, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Polkovnikova Maria Konstantinovna, student, Komsomolsk-na-Amure State University

Отряскина Татьяна Александровна, кандидат технических наук, доцент, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Otryaskina Tatyana Aleksandrovna, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Komsomolsk-na-Amure State University

СОКРАЩЕНИЕ ПОТЕРЬ НЕФТЕПРОДУКТОВ В РЕЗЕРВУАРАХ ПУТЁМ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЭЖЕКЦИОННОЙ СИСТЕМЫ УЛАВЛИВАНИЯ ЛЁГКИХ ФРАКЦИЙ

REDUCTION OF LOSSES OF PETROLEUM PRODUCTS IN TANKS BY USING AN EJECTION SYSTEM FOR CAPTURING LIGHT FRACTIONS

Аннотация. В данной статье рассматривается способ сокращения потерь легких фракций нефти в резервуарах нефтеперерабатывающей промышленности, путём использования эжекторной системы улавливания лёгких фракций.

Abstract. This article discusses a way to reduce the loss of light fractions of oil in the tanks of the oil refining industry by using an ejector system for capturing light fractions.

Ключевые слова: эжекторная система, потери легких фракций бензина, резервуар.

Key words: ejector system, loss of light fractions of gasoline, reservoir.

Введение

Потери от испарения случаются при хранении в резервуарах нефти и легкоиспаряющихся нефтепродуктов, представляющих собой сложные смеси большого числа индивидуальных углеводородных компонентов. Во время испарения сначала испаряются легкие фракции, в результате чего жидкая фаза постепенно утяжеляется [1].

В данной статье производится анализ способов, предотвращающих потери нефтепродуктов из вертикальных цилиндрических резервуаров, с целью выявления наиболее эффективного метода борьбы с испарениями, а так же сохранения количества и качества хранимого нефтепродукта.

Актуальность

На данный момент используемые методы позволяют только на 80-85% уменьшить испарение лёгких фракций в резервуарах нефтепромышленности.

Для уменьшения расхода нефти и нефтепродуктов на предприятии можно проводить технико-организационные процедуры и использовать особые промышленные системы.

В современной нефтехимической промышленности, для уменьшения испарений и потерь нефти, примеряют различные способы:

- Использование дисков – отражателей;
- Эксплуатация плавающих крыш или понтонов;
- Содержание нефтепродуктов под давлением, превышающим давление в резервуарах;
- Снижение разницы температур уровня нефти, нефтепродуктов и газовой зоны резервуара;
- Выполнение организационных процедур;
- Использование азотной подушки;
- Употребление системы улавливания легких фракций (УЛФ).

Система улавливания легких фракций формируется, как многокомпонентная система дополнительной установки, которая осуществляет сбор и обработку легких нефтяных фракций и нефтепродуктов (рисунок 1). Она используется при высоком давлении в газовой области резервуара до того, как появится его «выдох» в атмосферу.

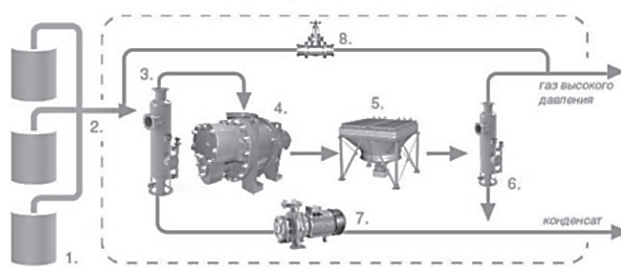


Рисунок 1. Принципиальная схема системы улавливания легких фракций

1 – резервуары; 2 – трубопроводы газоразделительной системы; 3 – входной сепаратор; 4 – компрессор; 5 – аппарат воздушного охлаждения; 6 – выходной сепаратор; 7 – насос; 8 – байпасная линия.

Применение системы улавливания легких фракций даёт возможность:

- приобретать дополнительную прибыль после уменьшения потерь от испарения легких углеводородов из резервуаров;
- снизить экологический ущерб в районе резервуарного парка;
- поддерживать заданный химический состав нефтепродукта;
- обеспечить пожарную безопасность резервуарного парка;
- свести к минимуму коррозию крыш резервуаров, и-за уменьшения концентраций лёгких фракций в газовом пространстве.

Эжекторные системы улавливания лёгких фракций

Лёгкие фракции нефтепродукта сжимаются при помощи жидкостных эжекторов (рисунок 2).

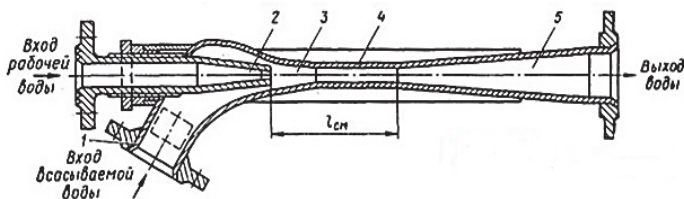


Рисунок 2. Жидкостный эжектор

1 – патрубок; 2 - сопло; 3 – камера смешивания; 4 – горловина;
5 – диффузор.

Жидкая слой просачивается в эжектор-смеситель через сопло, унося за собой пассивный поток из приёмной камеры, промежуточную часть которой занимает сопло. В приёмной камере давление уменьшается, возникает приток в неё пассивной среде. После энергообмена и объединения в цилиндрической смесительной камере оба потока, пройдя диффузор и увеличив в нем уровень потенциальной энергии за счёт кинетической, транспортируется потребителю. [2].

Достоинства эжекторных систем улавливания легких фракций:

- несложность работы системы;
- обеспечение надёжности использования оборудования;
- простота в обслуживании;
- доступность используемых деталей устройства, позволяет легко провести замену.

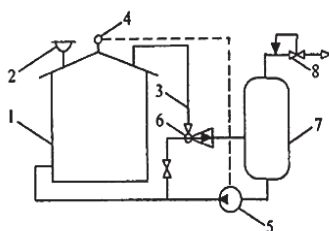


Рисунок 3. Схема эжекторной системой улавливания легких фракций:

1 — резервуар с нефтью (нефтепродуктом); 2 — дыхательный клапан; 3 — газовая обвязка; 4 — датчик вакуума; 5 —насос; 6 —жидкостно - газовый эжектор; 7 — рабочая емкость; 8 —регулятор давления типа «до себя».

Заключение

Эжекционная система улавливания лёгких фракций наиболее эффективна в резервуарах с большими объёмами испаряющихся углеводородов.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1 Бунчук В.А. Транспорт и хранение нефти, нефтепродуктов и газа/ В.А. Бунчук – Москва: Недра, 1977. – 176 с.

2 Спиридонов, Е. К. О работе жидкостного эжектора при малых коэффициентах эжекции / Е. К. Спиридонов, С. Ю. Битюцких // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2014. – Т. 16, № 1-2. – С. 538-542. – EDN SNGZLL.

3. Оборудование резервуаров : учебное пособие для студентов вузов, обучающихся по специальности 130501 "Проектирование, сооружение, и эксплуатация газонефтепроводов и газонефтехранилищ" / Н. И. Коновалов, Ф. М. Мустафин, Г. Е. Коробков [и др.]. – 2-е издание, переработанное и дополненное. – Уфа : ДизайнПолиграфСервис, 2005. – 214 с. – (СТ. Сооружение объектов газонефтепроводов). – ISBN 5-94423-076-2. – EDN QNEAHJ.

УДК 691.771

Степаненко Никита Андреевич, младший научный сотрудник, Сибирский федеральный университет

Stepanenko Nikita Andreevich, research fellow, Siberian Federal University

Косович Александр Александрович, доцент, канд. техн. наук, Сибирский федеральный университет

Kosovich Aleksandr Aleksandrovich, assistant professor, C.Sc., Siberian Federal University

Партыко Евгений Геннадьевич, младший научный сотрудник, Сибирский федеральный университет

Partyko Evgeniy Gennadyevich, research fellow, Siberian Federal University

Юрьев Павел Олегович, заведующий лабораторией низкоуглеродной металлургии и энергетики, Сибирский федеральный университет

Yuryev Pavel Olegovich, Head of the Laboratory of Low-Carbon Metallurgy and Energy, Siberian Federal University

МОДИФИЦИРОВАНИЕ ЗАЭВТЕКТИЧЕСКИХ СИЛУМИНОВ ФОСФОРСОДЕРЖАЩИМИ МАТЕРИАЛАМИ

MODIFICATION OF HYPEREUTECTIC SILUMINS WITH PHOSPHORUS-CONTAINING MATERIALS

Аннотация. Данная работа посвящена анализу возможностей применения P-содержащих материалов в качестве модифицирующих добавок для заэвтектических сплавов системы Al-Si. Актуальность тематики заключается в необходимости воздействия на структуру отливок из данной группы сплавов с целью измельчения кристаллов первичного кремния до размеров, позволяющих получить качественные отливки с высокой прочностью и хорошей обрабатываемостью для производства поршней автомобильных двигателей.

Abstract. This work is devoted to the analysis of the possibilities of using P-containing materials as modifiers for hypereutectic alloys of the Al-Si system. The relevance of the topic lies in the need to influence the structure of castings from this group of alloys in order to grind primary silicon crystals to sizes that make it possible to obtain high-quality castings with high strength and good machinability for the production of automobile engine pistons.

Ключевые слова: алюминиевый сплав, поршневой силумин, фосфор, отливка, модифицирование, микроструктура.

Key words: aluminum alloy, piston silumin, phosphorus, casting, modification, microstructure.

Введение

Стремительное развитие автомобилестроения предъявляет высокие требования к топливной экономичности, снижению веса и повышению надежности конструкций. В настоящее время основными материалами для изготовления поршней являются чугун, алюминивно-кремниевые (Al-Si) сплавы и некоторые композиты. Тем не менее, использование заэвтектических сплавов Al-Si (содержание Si более 12 %) в последние годы расширяется в автомобильной и аэрокосмической промышленности. Применение силуминов обусловлено такими их свойствами, как хорошая тепло- и электропроводность, высокое отношение прочности к массе, хорошая коррозионная стойкость, низкий коэффициент теплового расширения [1].

В поршневых сплавах высокое содержание Si (более 16 %) значительно влияет на свойства отливок: увеличивается размер кристаллов первичного кремния и твердость, но снижается обрабатываемость. Для улучшения их свойств и удовлетворения высоких требований промышленности требуется изменение структуры этих сплавов. Измельчение и равномерное распределение первичного кремния в заэвтектических

сплавах обычно осуществляется с помощью ультразвуковой обработки, перемешивания магнитным полем, высоко- и низкотемпературных флюсовых смесей, повышения скорости кристаллизации и модифицирования [2, 3].

Наибольшее распространение получило модифицирование как относительно простой в реализации метод. Однако рациональный выбор и применение того или иного модификатора во многом зависит от конкретного химического состава сплава, технологии литья и требований, предъявляемых к полуфабрикатам и готовой продукции. В этой связи научный и практический интерес носит задача поиска оптимального модификатора первичного кремния для заготовительного литья цилиндрических слитков из поршневого силумина Al-16,5Si-3,8Cu-1,2Ni-Mg-Mn-Fe.

P-содержащие модификаторы первичного кремния

В литом состоянии микроструктура поршневых силуминов в литом состоянии содержит довольно крупные изолированные кристаллы первичного кремния, хаотично расположенные в алюмокремниевой эвтектике. При воздействии механических нагрузок данные кристаллы служат концентраторами напряжений, ускоряющими выход деталей из строя. Наиболее технологичным модификатором для данных сплавов является фосфид меди (Cu_3P). Эффект модифицирования фосфористой медью проявляется тем отчетливее, чем мельче ее частицы. Механизм модифицирования в этом случае объясняется формированием зародышей AlP, структура которых близка структуре кристаллов кремния [4].

С другой стороны, для модифицирования эвтектического кремния также применяются флюсовые композиции или их отдельные компоненты, содержащие натриевые соли (NaF , NaCl , Na_3AlF_6 и другие). Однако установлено, что совместное введение Na и P не только не оказывает существенного модифицирующего воздействия, наоборот, приводит к формированию грубого соединения Na_3P и росту кристаллов кремния. Этот факт указывает на необходимость исключения подобных флюсов из технологической цепочки или разделения операций ввода компонентов [5].

Известно, что существующие методы модифицирования лигатурами на основе систем Al-Cu-P, Al-Fe-P и Al-Si-P, которые вводятся непосредственно в плавильную печь при приготовлении расплава или миксер-копильник позволяют получить отливки с размерами первичного кремния 30-50 мкм. При этом результаты испытаний показывают, что предел прочности, относительное удлинение и ударная вязкость увеличиваются [6].

В то же время, разработанная авторами технология получения цилиндрических слитков из поршневого силумина Al-16,5Si-3,8Cu-1,2Ni-Mg-Mn-Fe так же включает операцию модифицирования лигатурой Al-4,5Cu-0,5P, но дополнительно проводится продувка Ar и ультразвуковая обработка расплава непосредственно перед кристаллизатором установки полунепрерывного литья. Обозначенный комплекс мер дает возможность получить кристаллы первичного кремния со средним размером 21 ± 8 мкм. Равномерное распределение фаз Si в объеме отливки обеспечивает повышенный ресурс работы поршней, изготавливаемых из данного сплава.

Заключение

Таким образом, показано, что для улучшения обрабатываемости заэвтектических сплавов системы Al-Si и повышения механических свойств получаемых отливок обязательным условием является модифицирование первичного кремния. При этом наиболее распространенным методом воздействия на структуру данных сплавов является вовлечение P-содержащих материалов, в частности вносящих в расплав частицы фосфида меди. Экспериментально подтверждено, что для полунепрерывного заготовительного литья поршневого силумина с содержанием кремния более 16 %, перспективным является комплексное двухстадийное воздействие: введение P-содержащей лигатуры с последующей ультразвуковой обработкой жидкого металла. Данный подход позволяет получать слитки с размерами кристаллов первичного кремния менее 30 мкм.

Благодарности

Работа выполнена в рамках государственного задания на науку ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет», номер проекта FSRZ-2020-0013.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Recent development in aluminium for automotive applications / J. Hirsch // Transactions of Nonferrous Metals Society of China. – 2014. – Vol. 24. – No 7. – P. 1995-2002. – DOI: 10.1016/S1003-6326(14)63305-7.
2. Hypereutectic Aluminum Alloys and Composites: A Review / S. Miladinovic, B. Stojanovic, S. Gajevic, et al. // Silicon. – 2022. – DOI 10.1007/s12633-022-02216-2.
3. Влияние особенностей технологии плавления на состав и морфологию фаз заэвтектических силуминов / Д. А. Шадаев, П. Ю. Предко, Т. И. Лебедева [и др.] // Технология легких сплавов. – 2015. – № 2. – С. 105-111. – EDN VKABEX.
4. Модифицирование заэвтектических алюминиевых сплавов с применением активных добавок / Ю.П. Скоробагатько // Металл и литье Украины. – 2009. – № 9. – С. 19-28.
5. Волочко, А. Т. Модифицирование эвтектических и первичных частиц кремния в силуминах. Перспективы развития / А. Т. Волочко // Литье и металлургия. – 2015. – № 4(81). – С. 38-45. – EDN VJYWRL.
6. Effect of Various Refinement Methods on the Morphologies of Primary Si in a Hypereutectic Al-18Si Alloy / G.Y. Yeom, S.S. Shin, G. Eisaabadi, Y.O. Yoon, S.K. Kim, S. Hyun // Materials Transactions. – 2015. – Vol. 56. – No 8. – P. 1269-1277. – DOI: 10.2320/matertrans.M2015071.

УДК 665.6:502.171

Струк Владислав Леонидович, студент, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Struk Vladislav Leonidovich, student, Komsomolsk-na-Amure State University

Отряскина Татьяна Александровна, кандидат технических наук, доцент, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Otryaskina Tatyana Aleksandrovna, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Komsomolsk-na-Amure State University

СПОСОБЫ ОЧИСТКИ ТОПЛИВНОГО ГАЗА НАГРЕВАТЕЛЬНЫХ ПЕЧЕЙ ОТ СЕРОВОДОРОДА НА УСТАНОВКАХ НЕФТЕПЕРЕРАБАТЫВАЮЩЕГО ЗАВОДА

METHODS FOR PURIFYING FUEL GAS OF HEATING FURNACES FROM HYDROGEN SULFIDE AT OIL REFINERY INSTALLATIONS

Аннотация. Данная статья посвящена рассмотрению основных способов очистки от сероводорода газообразного топлива на площадках нефтеперерабатывающих заводов. Рассмотрена проблема загрязнения окружающей среды продуктами сгорания сероводорода, а также предложена схема блока абсорбции газов разложения установки атмосферно-вакуумной перегонки нефти.

Abstract. This article is devoted to the consideration of the main methods of purification of gaseous fuel from hydrogen sulfide at the sites of oil refineries. The problem of environmental pollution by products of hydrogen sulfide combustion is considered, and a diagram of the block for the absorption of decomposition gases of an atmospheric-vacuum oil distillation unit is proposed.

Ключевые слова: сероводород, топливный газ, нефтепереработка, нефтеперерабатывающий завод, абсорбция, очистка, газы разложения.

Key words: hydrogen sulfide, fuel gas, oil refining, refinery, absorption, purification, decomposition gases.

Введение

Нефтехимические и нефтеперерабатывающие предприятия входят в число крупнейших источников загрязнения окружающей среды. Помимо различных стоков, с растворенными в них токсичными веществами, основой загрязнения являются вредные вещества, содержащиеся в дымовых газах нагревательных печей и образующиеся в результате горения вредных примесей топливной смеси.

Можно определить несколько причин [1, с. 19-27], исходя из которых следует вывод, что не стоит пренебрегать технологией очистки топливного газа: экономическая выгода и защита биосферы. Прибыль может быть получена при извлечении сероводорода из газовой смеси и восстановлением его до элементарной серы.

Второй причиной является защита работников предприятия и охрана окружающей среды. Диоксид серы, являющийся продуктом сгорания сероводорода, представляет собой вещество, выбросы которого, уничтожают растительность, разрушают строения в промышленном городе и причиняют массу других проблем.

Еще одной, но не менее важной причиной является образование отложений серы в газоходах нагревательных печей. Сера значительно уменьшает коррозионную стойкость металла, что приводит к образованию различных негерметичностей и в конечном итоге к нарушению режима работы печи, уменьшению ее КПД, повышенному расходу топливно-энергетических ресурсов.

В настоящий момент на площадках ООО «РН-Комсомольский НПЗ» пристальное внимание специалистов направлено на проблему повышенного содержания вредных примесей в составе дымовых газов.

На установке ЭЛОУ-АВТ-2 существует проблема значительного превышения количества диоксида серы в дымовых газах. Причиной этому является повышенное содержание сероводорода и органических сернистых соединений в составе топливного газа, половина объема которого направляется с топливной сети завода, а вторая половина является собственной выработкой установки, не подвергающаяся никаким дополнительным процессам очистки. Причем больше всего сернистых соединений содержится в газах разложения вакуумной колонны, направляющихся на дожиг в печь.

Основная часть

Существующие методы очистки углеводородного газа можно разделить на три группы – адсорбционные, абсорбционные и каталитические [5, с. 6-23].

Адсорбционные методы основаны на выборочном поглощении извлекаемого вещества твердым поглотителем, в качестве которого чаще всего используются активные угли и цеолиты.

Методы каталитической очистки используются в случаях, когда адсорбенты и жидкие поглотители неспособны обеспечить необходимую степень очистки газа.

Абсорбционные методы, а в частности процессы хемосорбции, где активные компоненты вещества абсорбента, в качестве которого используются амины, при химическом взаимодействии с абсорбируемым газом поглощают сероводород.

Самыми широко применяемыми в области очистки углеводородного газа от сероводорода и других сернистых примесей являются аминовые процессы. Ввиду своей высокой избирательности к кислым компонентам и относительной простоты технологического оформления процесса.

На основании патента РФ 2544993 [4] сформировано предложение ввести в действие на установке ЭЛОУ-АВТ-2 блок по очистке газов разложения мазута, отводимых с вакуумной колонны, с использованием существующего оборудования. Описанный в па-

тенте способ очистки заключается в процессе абсорбции сероводородсодержащих газов разложения с вакуумной колонны водным раствором метилдиэтанолamina в абсорбере, под давлением близким к атмосферному, в диапазоне 1,01-1,05 кгс/см² или ниже. Возможность проведения этого процесса под таким низким давлением обеспечивается использованием в аппарате в качестве контактных устройств специальных насадок перекрестно-точного типа, благодаря чему на них достигается минимальный перепад давления в пределах 0,005 кгс/см².

Пары нефтепродукта, образующиеся при нагреве мазута с верха вакуумной колонны К-3 направляются в парожекторный насос ЭН-1, куда также подается водяной пар. Далее эта смесь поступает в барометрическую емкость Е-16, где конденсируется. Кислая вода может использоваться для технологических нужд установки, а не сконденсировавшиеся газы разложения поступают в абсорбер низкого давления А-1, куда на верхнюю насадку подается регенерированный метилдиэтанолamin. С верхней части абсорбера выводится очищенный углеводородный газ и направляется на дожиг в печь П-1, на одну из форсунок, с низа абсорбера насыщенный сероводородом водный раствор метилдиэтанолamina с помощью существующего на установке насоса Н-24 поступает на блок регенерации.

Для регенерации абсорбента можно использовать существующий для этой цели блок на установке производства серы.

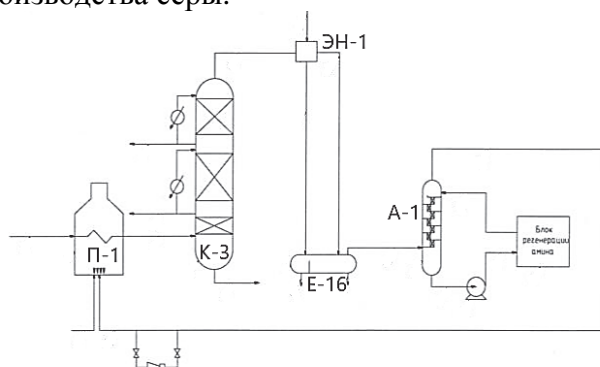


Рисунок 1 – Предлагаемая схема реализации блока абсорбции газов разложения

Для реализации данной схемы необходим монтаж нового оборудования (абсорбер А-1), переобвязка существующих технологических трубопроводов и прокладка двух новых трубопроводов на установку производства серы (для абсорбента, поступающего на регенерацию, для регенерированного метилдиэтанолamina).

Заключение

Предложенный к реализации блок очистки газов разложения с вакуумной колонны, используемых в качестве топлива для печи нагрева мазута, на установке ЭЛОУ-АВТ-2 производственной площадки ООО «РН-Комсомольский НПЗ» позволяет выделять из газов разложения сероводород и другие сернистые соединения и использовать их в других технологических процессах, повышает уровень экологической безопасности установки.

Об эффективном результате работы блока абсорбции газов, содержащих в своем составе сероводород, говорит значительное уменьшение количества серных отложений в газоходах печи, снижение вредных выбросов в окружающую среду, что позволяет увеличить срок службы производственного оборудования, улучшить условия жизни людей, проживающих вблизи нефтеперерабатывающего предприятия.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Страус, В. Промышленная очистка газов / В. Страус. – М. : Химия, 1981. – 616 с.
2. Ветошкин, А. Г. Процессы и аппараты защиты окружающей среды. Учебное пособие / А. Г. Ветошкин. – Москва : Высшая школа, Абрис, 2012. – 639 с. – ISBN 978-5-4372-0032-2. – EDN RAZVHT.

3. Семенова, Т. А. Очистка технологических газов / Т. А. Семенова, И. Л. Лейтес. – М. : Химия, 1977. – 488 с.

4. Пат. 2544993 Российская федерация, МПК В01D 53/48. Способ очистки от сероводорода газов разложения с установки атмосферно-вакуумной или вакуумной перегонки нефти / И. А. Мнушкин, В. А. Кованов, Л. К. Минибаева, Т. Х. Рахимов; заявитель и патентообладатель И. А. Мнушкин. - 2013157667/04; заявл. 24.12.2013; опубл. 20.03.2015, Бюл. № 8.

5. Мазгаров А.М. Технологии очистки попутного нефтяного газа от сероводорода / А.М. Мазгаров, О.М. Корнетова. – Казань: Казан. ун-т, 2015. – 70 с.

УДК 620.18

Таирова Алена Александровна, студент, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Tairova Alena Aleksandrovna, student of Komsomolsk-na-Amure State University

Белова Инна Валерьевна, кандидат технических наук, доцент, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Belova Inna Valerevna, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, Komsomolsk-na-Amure State University

МЕТАЛЛОГРАФИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПОКОВКИ ИЗ СТАЛИ 20X13

METALLOGRAPHICAL INVESTIGATION OF A FORGING FROM STEEL 20X13

Аннотация. В статье представлены результаты анализа поверхности излома поковки, макро- и микроструктурного анализа. Результаты исследования сопровождаются иллюстрациями. В выводе дается заключение о качестве металла поковки и рекомендации по его улучшению.

Abstract. The article presents the results of the analysis of the fracture surface of the forging, macro- and microstructural analysis. The results of the study are accompanied by illustrations. The conclusion gives a conclusion about the quality of the forging metal and recommendations for its improvement.

Ключевые слова: излом, анализ, макроструктура, микроструктура.

Key words: fracture, macrostructure, microstructure.

Введение

Проведено металлографическое исследование металла поковки из стали 20X13, включающее в себя анализ поверхности излома, макро- и микроструктурный анализ.

Анализ излома

На рисунке 1 представлен общий вид поверхности излома, на рисунке 2 - локальный участок с камневидным строением (выделенная область на рисунке 1).

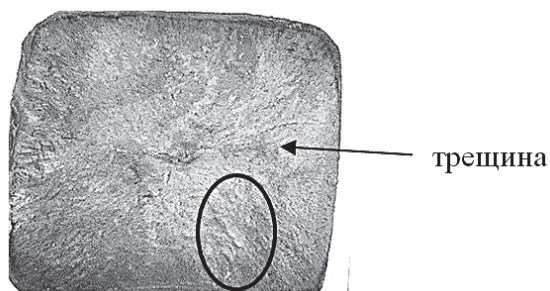


Рисунок 1 – Общий вид излома

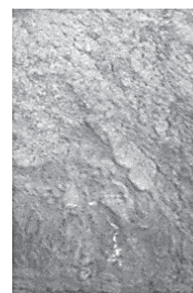


Рисунок 2 – Область камневидного излома

По морфологии поверхности разрушения излом относится к дендритному – неоднородная поверхность разрушения, характеризуется наличием столбчатых кристаллов с четко выраженным рельефом элементов дендритного строения металла. Поверхность разрушения матовая, серого цвета и носит вязкий характер.

По макрогеометрии излом неоднородный, имеют место несколько зон, отличающихся по макрорельефу. В области угла, не подвергающегося деформации имеется участок с зернами правильной равноосной полиэдрической формы, что характеризует данный участок как камневидный (рисунок 2). При наличии участков с камневидным строением снижается пластичность стали и её способность к деформации. Так как на изломе данный участок носит локальный характер, а наличие такого вида излома вызвано перегревом, то причинами возникновения может являться как неравномерный нагрев (возможно вблизи нагревательного элемента), так и повышенная химическая ликвация данного участка.

Различные зоны соответствуют различным стадиям разрушения, имеется граница между зонами, выявляющаяся по изменению цвета и шероховатости. Зона № 1 расположена по контуру поковки неравномерным кольцом, указывает на область, подвергающуюся деформации. Зона № 2 имеет выраженную дендритную структуру, характеризует литое состояние. Контур зоны № 1 имеет более насыщенную по цвету окраску, практически черного цвета, указывает что разрушение берет начало от поверхности. Поковка имеет отклонение размеров и формы поперечного сечения – ромбичность. Ромбичность поковки является следствием неправильного ведения процессаковки или неудовлетворительного состояния инструмента и оборудования. На поверхности разрушения обнаружен дефект в изломе – продольная трещина, проходящая через зону транскристаллизации и осевую зону.

Макроструктурный анализ

Для точного определения вида дефекта проведен макроструктурный анализ. Выявленная трещина имеет незначительное раскрытие, начало её образования находится в районе тупого угла на некотором расстоянии от поверхности (рисунок 3). Серный отпечаток, снятый с поверхности темплета, показал, что трещина не содержит следов обогащения легкоплавкими ликватами (рисунок 4). Таким образом можно сделать вывод, что трещина образовалась в момент деформации.

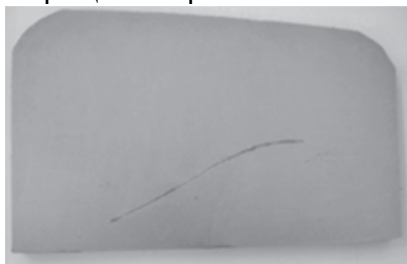


Рисунок 3 – Поверхность после глубокого травления

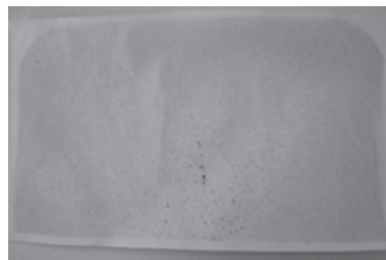


Рисунок 4 – Серный отпечаток

Микроструктурный анализ

При микроструктурном анализе установлено, что металл имеет значительное загрязнение силикатами или силикатными стеклами и сульфидами (рисунки 5, 6). Основная масса включений силикатов имеет размер 1 микрон, а также имеются отдельные грубые включения до 2,5 микрон. В поверхностном слое поковки дефекты микроструктуры отсутствуют. На участке отбора пробы в районе трещины следов выделения неметаллических включений в виде вторичных оксидов и (или) нитридов не выявлено. Трещина распространяется по границам зерен (рисунок 7).

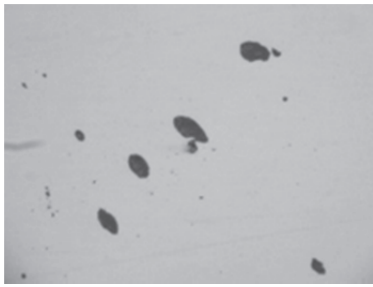


Рисунок 5 - Силикатные включения

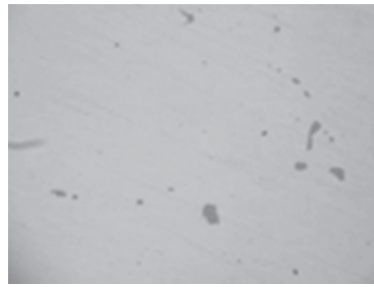


Рисунок 6 - Сульфидные включения

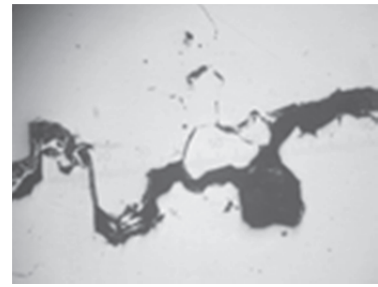


Рисунок 7 - Трещина

Микроструктура стали выявлена при помощи 50% спиртового раствора HCl. В структуре карбиды на фоне мартенситной матрицы, имеются участки структурной неоднородности и границы зерен сопровождаются легкоплавкими выделениями. На представленных рисунках 8-10 показаны выделения по границам зерен различного состава в светлом и поляризованном свете: ликвационный участок с обогащением границ выделениями серого цвета, которые в поляризованном свете имеют более темную окраску, при этом наблюдается диффузионное изменение вблизи границ зерен; в светлом поле границы зерен более темного цвета, в поляризованном свете ярко освещены и проходят через силикаты (при высоких температурах происходит подплавление силикатных стекол и распределение их по границам).

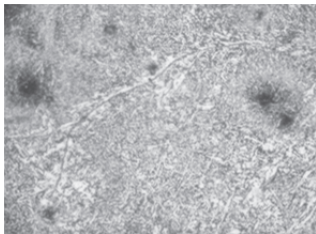


Рисунок 8 - Окисление границ зерен

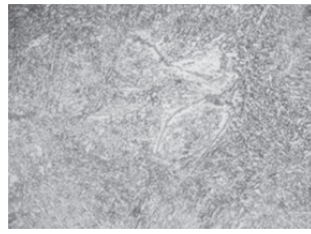


Рисунок 9 - Серая фаза с коричневатым оттенком по краям, может быть идентифицирована как FeO

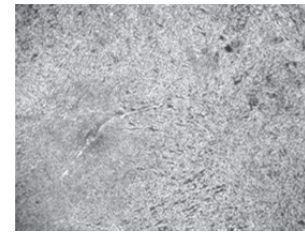


Рисунок 10 - Выделения по границам зерен, проходящие через центр силикатов (светлые полосы)

Выводы

Металлографическое исследование металла поковки из стали 20X13 показало:

- 1) Продольная трещина, проходящая через осевую и транскристаллитную зоны, является следствием неравномерных обжатий поковки, применением больших первичных обжатий и отклонением от оптимальной температуры деформации.
- 2) Имеет место повышенное загрязнение металла неметаллическими включениями такими как силикаты и сульфиды, которые при неудовлетворительном режиме нагрева способствуют зернограничному разрушению.
- 3) Наличие окисленных границ зерен микроструктуры свидетельствует о неудовлетворительных условия нагрева отливки.
- 4) Для особо ответственных труднодеформируемых отливок из стали 20X13 рекомендуется производить обязательный контроль качества УЗК и для устранения химической неоднородности - гомогенизирующий отжиг при температуре 1100-1200 °С.

Благодарности. Работа выполнена при поддержке гранта Президента РФ для государственной поддержки ведущих научных школ Российской Федерации (проект НШ-452.2022.4)»

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Белова, И. В. Исследование деградации структуры стали 15X5M / И. В. Белова // Технология машиностроения. – 2022. – № 12. – С. 5-12. – EDN DVDFXS.

2. Белова, И. В. Количественный анализ деградации структуры змеевика П-1-201 из стали 08X18H10T / И. В. Белова // Упрочняющие технологии и покрытия. – 2022. – Т. 18, № 5(209). – С. 195-199. – DOI 10.36652/1813-1336-2022-18-5-195-199. – EDN SYWDXN.

3. Ким, В. А. Структурная организация межзёренных границ при локальном лазерном легировании / В. А. Ким, И. В. Белова // Ученые записки Комсомольского-на-Амуре государственного технического университета. – 2019. – Т. 1, № 1(37). – С. 61-69. – EDN WGBSML.

УДК 620.18

Таирова Алена Александровна, студент, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Tairova Alena Aleksandrovna, student of Komsomolsk-na-Amure State University

Белова Инна Валерьевна, кандидат технических наук, доцент, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Belova Inna Valerievna, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, Komsomolsk-na-Amure State University

МЕТАЛЛОГРАФИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ОТЛИВОК ИЗ СТАЛИ 110Г13Л

METALLOGRAPHIC STUDY OF CASTINGS FROM STEEL 110Г13Л

Аннотация. В статье представлены результаты микроструктурного анализа металла отливок, а также определения загрязненности металла отливок неметаллическими включениями с характеристикой отдельных видов. Результаты исследования сопровождаются иллюстрациями.

Abstract. The article presents the results of microstructural analysis of castings metal, as well as determination of contamination of castings metal by non-metallic inclusions with characteristics of certain types. The results of the study are accompanied by illustrations.

Ключевые слова: неметаллическое включение, микроструктура.

Key words: non-metallic inclusion, microstructure.

Введение

Проведено металлографическое исследование металла отливок из стали 110Г13Л, включающее в себя характеристику отдельных видов содержащихся в металле неметаллических включений.

Химический состав

В таблице 1 представлен химический состав исследованных отливок.

Таблица 1- Химический состав отливок

№ образца	Массовая доля химических элементов, %							
	C	Mn	Si	S	P	Cr	Ni	Cu
1	1,22	13,48	0,41	0,010	0,057	0,23	0,15	0,18
2	1,15	12,26	0,49	0,010	0,070	0,32	0,32	0,19

Оценка неметаллических включений

Образец №1.

Выявлены следующие виды неметаллических включений:

- оксиды сложного состава глобулярной формы с размером глобулей от 3 до 25 мкм (рисунок 1);

- мелкие включения алюмосиликатов группы $Al_2O_3-SiO_2-FeO$, размером 1 мкм (рисунок 2);

- нитриды;
- оксисульфиды.

Грубые включения располагаются преимущественно по периметру отливки и в местах грубой пористости. Пористость по сечению образца рассредоточена.

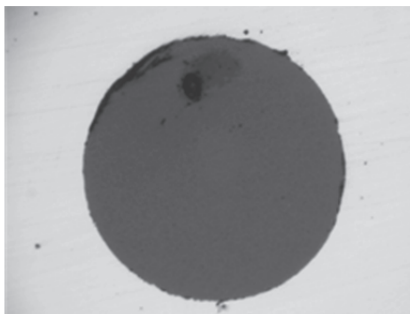


Рисунок 1 - Оксид сложного состава, глобулярной формы



Рисунок 2 - Мелкие оксидные включения

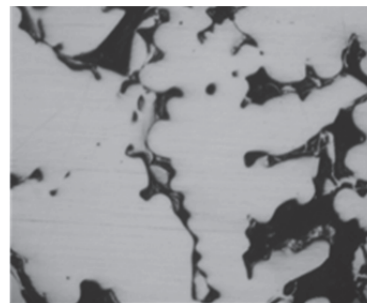


Рисунок 3 – Усадочная пористость

Образец №2.

Выявлены следующие виды неметаллических включений:

- оксиды сложного состава глобулярной формы (состав включений более сложный, чем в образце №1) с размером глобулей от 4 до 31 мкм (рисунок 4);
- множество мелких включений SiO_2 от темно-серого до черного цвета с блестящей точкой в центре, размером до 2 мкм (рисунок 5);
- нитриды;
- оксисульфиды.

Грубые включения располагаются преимущественно по периметру отливки. Пористость сосредоточена в центре образца (рисунок 6).

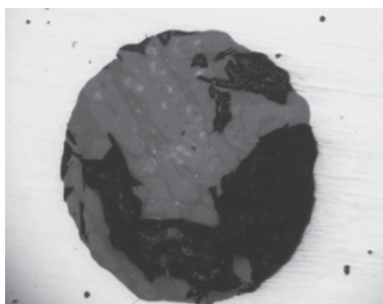


Рисунок 4 - Оксид сложного состава, глобулярной формы



Рисунок 5 - Мелкие оксидные включения



Рисунок 6 – Усадочная пористость

Микроструктурный анализ

Образец №1.

Размер аустенитного зерна находится в пределах от 4 до 6 балла (средний размер зерна 5 балл). Наблюдаются ликвационные многослойные квадраты, которые указывают на неравномерность химического состава по сечению отливки (рисунок 7).

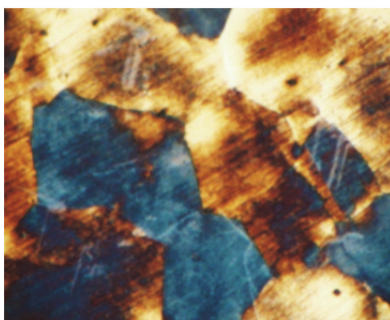


Рисунок 7 – Микроструктура образца № 1

Образец №2.

Размер аустенитного зерна находится в пределах от 2 до 5 балла (средний размер зерна 2,5 балла). В основном преобладает крупнозернистая структура, участки с мелким зерном 5 балла имеют локальное распределение. Наблюдается равномерная кристаллизация, что указывает на равномерность химсостава (рисунок 8).

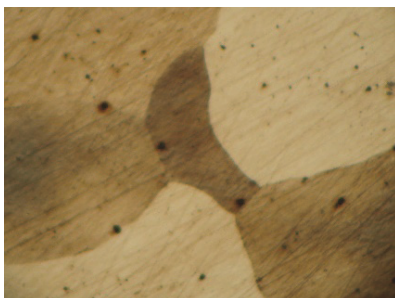


Рисунок 8 – Микроструктура образца № 2

Выводы

Микроструктура образцов металла отливок из стали 110Г13Л соответствует термообработанному состоянию и состоит из аустенита, карбиды отсутствуют. Разница состоит в размере аустенитного зерна и характере кристаллизации, что свидетельствует о химической неоднородности отливок.

Благодарности. Работа выполнена при поддержке гранта Президента РФ для государственной поддержки ведущих научных школ Российской Федерации (проект НШ-452.2022.4).

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Белова, И. В. Исследование деградации структуры стали 15X5M / И. В. Белова // Технология машиностроения. – 2022. – № 12. – С. 5-12. – EDN DVDFXS.
2. Белова, И. В. Количественный анализ деградации структуры змеевика П-1-201 из стали 08X18H10T / И. В. Белова // Упрочняющие технологии и покрытия. – 2022. – Т. 18, № 5(209). – С. 195-199. – DOI 10.36652/1813-1336-2022-18-5-195-199. – EDN SYWDXN.
3. Ким, В. А. Структурная организация межзёренных границ при локальном лазерном легировании / В. А. Ким, И. В. Белова // Ученые записки Комсомольского-на-Амуре государственного технического университета. – 2019. – Т. 1, № 1(37). – С. 61-69. – EDN WGBSML.

УДК 620.18

Таирова Алена Александровна, студент, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Tairova Alena Aleksandrovna, student of Komsomolsk-na-Amure State University

Белова Инна Валерьевна, кандидат технических наук, доцент, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Belova Inna Valerievna, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, Komsomolsk-na-Amure State University

МИКРОСТРУКТУРНЫЙ АНАЛИЗ ИМПРЕГРИРОВАННОЙ КОРОНКИ

MICROSTRUCTURAL ANALYSIS OF AN IMPREGNATED CROWN

Аннотация. В статье представлены результаты микроанализа образца импрегрированной коронки для бурения. Исследование включает в себя описание микроструктуры с распределением по зонам вдоль сечения фрагмента. Результаты исследования сопровождаются иллюстрациями.

Abstract. The article presents the results of microanalysis of a sample of an impregnated drill bit. The study includes a description of the microstructure with a zonal distribution along the fragment section. The results of the study are accompanied by illustrations.

Ключевые слова: микроструктура, механические свойства, разрушение.

Key words: microstructure, mechanical properties, destruction.

Введение

Проведено микроисследование металла импрегнированной коронки по представленному на рисунках 1, 2 фрагменту.



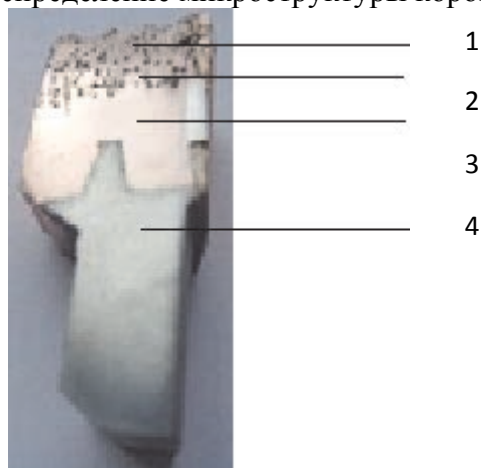
Рисунок 1 – Внешний вид фрагмента



Рисунок 2 – Продольное сечение фрагмента

Коронка состоит из корпуса с резьбовой частью и припаянного к нему кольца (матрицы).

На рисунке 3 показано распределение микроструктуры коронки по зонам.



1 – поверхностный слой матрицы; 2 – основа матрицы; 3 – зона сплавления; 4 – корпус
Рисунок 3 – Распределение микроструктуры фрагмента импрегнированной коронки

Микроструктурный анализ

Для микроисследования металла из представленного фрагмента были изготовлены шлифы, включающие материал матрицы и корпуса.

Рассмотрим микроструктуру матрицы (рисунок 4). Весь поверхностный слой матрицы наплавленного кольца до глубины 9 мм насыщен равномерно расположенными

ми вкраплениями геометрической формы. Размер вкраплений от 0,40 до 0,60 мм. Вкрапления имеют очень высокую твердость и при изготовлении шлифа их поверхность не поддавалась обработке. Идентификация состава вкраплений в рамках проведенного исследования не представляется возможным.

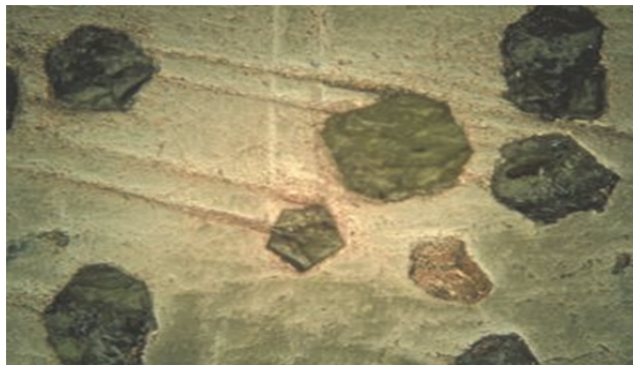


Рисунок 4 – Микроструктура матрицы

Микроструктура основы матрицы (рисунок 5) характерна для микроструктуры твердого сплава с включениями некристаллизованных карбидов, имеющих глобулярную неправильную форму. Химический состав сплава возможно определить при проведении рентгеноспектрального химического анализа.

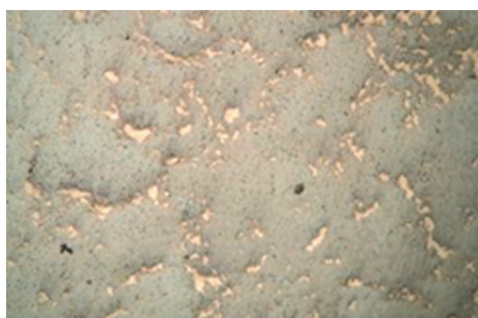


Рисунок 5 – Микроструктура основы матрицы



Рисунок 6 – Микроструктура в зоне сплавления

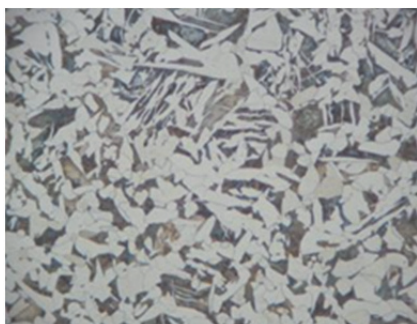


Рисунок 7 – Микроструктура корпуса

Микроструктура металла в зоне сплавления (рисунок 6) при переходе наплавленного материала матрицы к металлу корпуса характеризуется зоной перегрева с крупнозернистой видманштеттовой структурой.

Микроструктура корпуса (рисунок 7) детали равномерная, состоит из феррита (70 %) и пластинчатого перлита (30 %). Дисперсность перлита оценивается: от 3 балла (тонкопластинчатый) до 7 (среднепластинчатый). Видманштетт соответствует 3 баллу шкалы ГОСТ 5640.

Выводы

Микроисследование металла импрегнированной коронки для бурения показало распределение микроструктуры представленного фрагмента по зонам продольного сечения и различное строение этих зон.

Благодарности.

Работа выполнена при поддержке гранта Президента РФ для государственной поддержки ведущих научных школ Российской Федерации (проект НШ-452.2022.4)»

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Белова, И. В. Исследование деградации структуры стали 15X5M / И. В. Белова // Технология машиностроения. – 2022. – № 12. – С. 5-12. – EDN DVDFXS.
2. Белова, И. В. Количественный анализ деградации структуры змеевика П-1-201 из стали 08X18H10T / И. В. Белова // Упрочняющие технологии и покрытия. – 2022. – Т. 18, № 5(209). – С. 195-199. – DOI 10.36652/1813-1336-2022-18-5-195-199. – EDN SYWDXN.
3. Ким, В. А. Структурная организация межзёренных границ при локальном лазерном легировании / В. А. Ким, И. В. Белова // Ученые записки Комсомольского-на-Амуре государственного технического университета. – 2019. – Т. 1, № 1(37). – С. 61-69. – EDN WGBSML.

УДК 620.022

Трапезников Виктор Игоревич, студент, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Trapeznikov Victor Igorevich, student, Komsomolsk-na-Amure State University

Проценко Александр Евгеньевич, кандидат технических наук, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Protsenko Alexander Evgenievich, Candidate of Technical Sciences, Komsomolsk-na-Amure State University

УВЕЛИЧЕНИЕ ЗНАЧИМОСТИ ПРОЦЕССА ЗАМЕДЛЕННОГО КОКСОВАНИЯ В НЕФТЕПЕРЕРАБОТКЕ

INCREASING THE IMPORTANCE OF THE DELAYED COKING PROCESS IN OIL REFINING

Аннотация. В статье рассматривается вторичная переработка нефтепродуктов с целью уменьшения отходов промышленности, что в свою очередь скажется на экологии и экономической части предприятия. Рассмотрены плюсы и минусы процесса коксования и изучена технологическая часть.

Abstract. The article discusses the recycling of petroleum products in order to reduce industrial waste, which in turn will affect the ecology and economic part of the enterprise. The pros and cons of the coking process are considered and the technological part is studied.

Ключевые слова: кокс, замедленное коксование, вторичная переработка.

Key words: coke, delayed coking, recycling.

Введение

Нефтепереработка - это важнейшая отрасль промышленности, которая обеспечивает энергетическую безопасность и экономическое развитие многих стран мира. Сегодня, в условиях постоянного увеличения потребления энергоресурсов, растущих цен на нефть и ужесточения экологических требований, поиск новых методов и технологий для повышения эффективности переработки нефти является одной из актуальных задач отрасли.

Один из наиболее перспективных методов нефтепереработки — это замедленное коксование (ЗК), которое используется для переработки вторичных продуктов НПЗ. Хотя существуют и другие разновидности процессов коксования, они используются гораздо меньше, поскольку ЗК является более перспективным и эффективным методом.

Основная часть

Процесс ЗК заключается в непрерывной подаче сырья в реактор, где в течение 24-48 часов происходят химические реакции крекинга. В результате этого процесса получают ценные продукты, такие как дизельное топливо, газойли, газы и кокс различных типов. Установка ЗК (УЗК) широко используется также в металлургической и других отраслях промышленности.

Сырьем для УЗК являются мазуты, гудроны, которые поступают с установок АВТ, и углеводородный газ. Важным преимуществом УЗК является возможность получения большого количества высококачественных продуктов при использовании низкосортных нефтей. Также этот метод обладает более высокой экологической эффективностью по сравнению с другими процессами коксования [1].

Колонны УЗК работают попарно, что обеспечивает непрерывную работу всей установки за исключением времени на ремонт и плановую остановку. Это позволяет значительно повысить эффективность производства и снизить затраты на производство.

Помимо этих достоинств, замедленное коксование имеет и ряд недостатков, которые могут оказаться критичными в некоторых случаях. Один из главных недостатков заключается в том, что процесс коксования занимает много времени. Это означает, что установка работает в режиме непрерывной подачи сырья на протяжении длительного времени, что может привести к значительным накоплениям кокса, если производство не будет регулироваться соответствующим образом [2].

Кроме того, замедленное коксование требует значительных затрат на оборудование и поддержание высоких температур, что может оказаться неприемлемым для некоторых предприятий с ограниченными ресурсами или с высокой стоимостью энергии. Также существует риск пожара или взрыва, связанный с высокими температурами и химическими реакциями, которые происходят в процессе коксования.

Тем не менее, несмотря на эти недостатки, замедленное коксование остается одним из наиболее эффективных способов переработки нефтепродуктов на многих предприятиях. Благодаря своей универсальности и гибкости в работе, этот процесс остается незаменимым для производства широкого спектра продуктов, от дизельного топлива до кокса и газа. Однако для оптимальной работы установок необходимо постоянное совершенствование технологий и усовершенствование оборудования, что позволит сохранить конкурентоспособность производства на рынке нефтепродуктов [3].

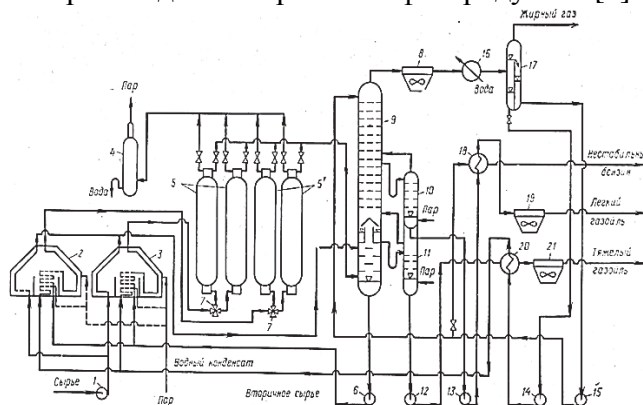


Рисунок 1 – Схема УЗК

Сырье поступает в печь, где оно нагревается и начинается процесс крекинга. После чего сырье идет в реактор, где накапливается кокс. Пары уходят в ректификационную колонну, где из них выделяется пропан-бутановая смесь, газойли и нефтя, которые после стабилизации жидкой фракции поступают в товарный парк.

Как плюсы можно рассматривать экологическую сторону данного вопроса, а именно уменьшение количества отходов нефтепромысла, которые загрязняют не только почву, воду, но и воздух. Также к плюсам относится и глубина переработки, которая позволяет из всего этого получить максимальную экономическую прибыль. Почти постоянную работу установки не считая остановок на ремонт и промежуточные выгрузки кокса [4].

У всего этого есть и отрицательные стороны, например, не все предприятия смогут использовать вторичную переработку, а именно УЗК, потому что необходим постоянный поток сырья, поддержка высоких температур, помимо всего перечисленного к этим факторам можно добавить дополнительную пожарную безопасность, более профессиональный персонал.

Выводы

Подводя итоги анализа значимости процесса замедленного коксования можно сказать, что это неотъемлемая часть вторичной переработки, с помощью которой повышается КПД завода в целом. Кроме этого в экономическом аспекте предприятия повышается прибыль с того же самого количества сырой нефти по отношению к первичной переработке и даже если небольшое предприятие начнет модернизироваться, то со временем все инвестиции окупятся и даже будет возможность для дальнейшего развития не только установок, но и технологических процессов.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Ахметов, С. А. Технология переработки нефти, газа и твердых горючих ископаемых : учебное пособие для студентов высших учебных заведений, обучающихся по специальности 250400 "Химическая технология природных энергоносителей и углеродных материалов" / С. А. Ахметов ; С. А. Ахметов, М. Х. Ишмияров, А. А. Кауфман ; под ред. С. А. Ахметова. – Санкт-Петербург : Недра, 2009. – 827 с. – (Для высшей школы). – ISBN 978-5-94089-124-4. – EDN QNEVHN.

2. Капустин, В. М. Технология переработки нефти : учебное пособие для студентов высших учебных заведений, обучающихся по специальности "Химическая технология природных энергоносителей и углеродных материалов" направления подготовки дипломированных специалистов "Химическая технология органических веществ и топлива" : [в 2 частях] / В. М. Капустин, А. А. Гуреев ; В. М. Капустин, А. А. Гуреев. – Москва : КолосС, 2007. – 24 с. – (Для высшей школы). – ISBN 978-5-9532-0530-6. – EDN QNEJCF.

3. Рябов, В. Д. Химия нефти и газа / В. Д. Рябов. – Изд. 3-е, испр. и доп. : Общество с ограниченной ответственностью «Научно-издательский центр ИНФРА-М», 2020. – 311 с. – (Высшее образование: Бакалавриат). – ISBN 978-5-16-015106-9. – DOI 10.12737/1017513. – EDN NTOOUO.

4. Подвинцев, И. Б. Нефтепереработка : практический вводный курс / И. Б. Подвинцев ; И. Б. Подвинцев. – Долгопрудный : Интеллект, 2011. – 119 с. – ISBN 978-5-91559-107-2. – EDN QNFЕAV.

5. Глаголева, О. Ф. Коксование нефтяных остатков. Принципы технологического расчета аппаратов установки замедленного коксования: учебное пособие для вузов / О. Ф. Глаголева, Т. П. Клокова, О. И. Корба: Под ред. О. Ф. Глаголева – СПб.: ИЦ РГУ нефти и газа, 2010. – 578 с.

УДК 504.054

Тырышкин Сергей Игоревич, студент, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Tyryshkin Sergey Igorevich, student, Komsomolsk-na-Amure State University

Шакирова Ольга Григорьевна, доктор химических наук, доцент, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Shakirova Olga Grigorievna, Doctor of Chemical Sciences, Associate Professor, Komsomolsk-na-Amure State University

ХИМИЧЕСКИЕ И ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ОЧИСТКИ НЕФТЕСОДЕРЖАЩИХ СТОЧНЫХ ВОД

CHEMICAL AND PHYSICO-CHEMICAL METHODS OF PURIFICATION OIL-CONTAINING WASTE WATER

Аннотация. Для очистки сточных вод от сырой нефти и продуктов её переработки на нефтеперерабатывающих предприятиях используют данные методы: механический, химический, физико-химический и биологический. Каждый из этих методов обладает как преимуществами, так и недостатками. В данной статье рассматриваются достоинства и недостатки физико-химического и химического способов обезвреживания нефтесодержащих сточных вод, используемых в настоящее время на нефтеперерабатывающих заводах, и проводится сравнительный анализ этих методов выявления наиболее эффективных.

Abstract. To pure wastewater from crude oil and its products at oil refineries, these methods are used: mechanical, chemical, physicochemical and biological. Each of these methods has both advantages and disadvantages. This article examines the advantages and disadvantages of physicochemical and chemical methods of decontamination of oily wastewater currently used in oil refineries and compare these methods to identify the most effective ones.

Ключевые слова: нефть, нефтесодержащие сточные воды, очистка сточных вод от нефти, методы очистки сточных вод.

Key words: oil, oily wastewater, waste water purification from oil, methods of wastewater purification.

На нефтеперерабатывающих предприятиях в настоящее время применяются различные химические и физико-химические методы очистки нефтесодержащих сточных вод (НСВ) от нефти и продуктов ее переработки, достоинства и недостатки каждого из них представлены в таблице 1.

Таблица 1 Физико-химические и химические методы очистки нефтесодержащих сточных вод

Наименование методов	Процессы	Достоинства	Недостатки
Химические	Озонирование Огневое обезвреживание Электрохимическая очистка Нейтрализация	Обычно оптимален для локальной очистки, так как нефтесодержащие стоки дезинфицируются и осветляются.	В процессе химической очистки сточных вод от сырой нефти и продуктов ее переработки могут образовываться токсичные вещества.
Физико-химические	Флотация Коагуляция Флокуляция	Очистка воды от твёрдых взвесей и эмульгированных частиц.	Сложность оборудования. Необходимость точного подбора дозировки реагентов

На НПЗ широко используются такие химические способы очистки стоков, содержащих нефть и продукты её переработки, как термическое обезвреживание, озонирование, огневое обезвреживание и электрохимическая очистка. Озонирование – очистка нефтесодержащих сточных вод, основанная на использовании окислительной способности атомарного кислорода, образующегося при самопроизвольном разложении озона, которая позволяет обезвредить как эмульгированные, так и растворённые в воде нефть и продукты её переработки. Преимуществами этого метода являются одновременные осветление, насыщение воды кислородом и дезинфекция. Данный способ очистки имеет существенные недостатки: высокий расход металла и электрической энергии. Огневое обезвреживание – процесс очистки нефтесодержащих стоков путём распыления загрязнённых вод через нагретые до температуры 900-1000°С топочные газы. В ходе этого процесса нефть и нефтепродукты сгорают при испарении воды. К достоинствам этого метода относятся полная очистка сточных вод от нефти и продуктов её переработки, а недостатками являются большие затраты энергии и топлива. Электрохимическая очистка – способ очистки нефтесодержащих сточных вод при помощи электролиза на растворимых и нерастворимых электродах. Преимуществами данного метода являются высокая степень очистки, а к недостаткам этого способа относятся высокий расход металла и электрической энергии.

На НПЗ применяются и такие физико-химические способы очистки сточных вод, содержащих нефть и нефтепродукты, как флотация, коагуляция и флокуляция. Флотация – очистка нефтесодержащих сточных вод за счёт повышения интенсивности всплывания нефти и нефтепродуктов путём их обволакивания пузырьками воздуха. К преимуществам флотации относятся непрерывность очистки, возможность извлечения нефти и нефтепродуктов для дальнейшего применения, устойчивость к изменениям нагрузки на оборудование. Недостатки метода: зависимость эффективности от свойств нефтесодержащих сточных вод таких, как pH, температура и загрязнённость воды. Коагуляция и флокуляция – технология очистки НСВ путём осаждения растворённых и эмульгированных в воде частиц нефти и нефтепродуктов с помощью коагулянтов. К достоинствам способа относятся высокая скорость очистки, а также удаление мелких частиц. Недостатками данного метода являются необходимость точной дозировки применяемых реагентов и сложная утилизация осаждённых загрязнителей.

Проведённый в ходе работы сравнительный анализ химического и физико-химического анализа позволяет сделать вывод о том, что наиболее эффективен химический метод очистки, так как позволяет добиться наиболее глубокой очистки загрязнённых нефтью и нефтепродуктами сточных вод. Однако, физико-химический метод более экологичен по сравнению с химическим и даёт возможность извлечения нефти и нефтепродуктов для будущего использования. Для полного обезвреживания НСВ необходимо применять несколько различных методов очистки.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Байтелова, А. И. Промышленная экология : учебное пособие для студентов, обучающихся по программам высшего профессионального образования по специальности 280201.65 "Охрана окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов" / А. И. Байтелова, М. Ю. Гарицкая, О. В. Чекмарева ; А. И. Байтелова, М. Ю. Гарицкая, О. В. Чекмарева ; М-во образования и науки Российской Федерации, Федеральное агентство по образованию, Гос. образовательное учреждение высш. проф. образования "Оренбургский гос. ун-т". – 2-е изд., испр. и доп.. – Оренбург : ИПК ГОУ ОГУ, 2010. – 21 с. – ISBN 978-5-7410-1006-8. – EDN QMGTX.

2. Касаткин, А. Г. Основные процессы и аппараты химической технологии : учебник для вузов : учебник для студентов химико-технологических специальностей

вузов / А. Г. Касаткин ; А. Г. Касаткин. – Изд. 15-е, стер.. – Москва : Альянс, 2009. – 750 с. – ISBN 978-5-903034-62-8. – EDN QNESFD.

3. Лазарев, В.В., Кучер, М.И., Френкель, Е.Э. Проблемы нефтяных загрязнений вод и способы их очистки // Материалы IX Международной студенческой научной конференции «Студенческий научный форум» URL: <https://scienceforum.ru/2017/article/2017030748>.

4. Фурсов, С. В. Совершенствование электрохимических методов очистки сточных вод предприятий нефтехимического комплекса : специальность 03.02.08 "Экология (по отраслям)" : автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук / Фурсов Сергей Владимирович. – Уфа, 2015. – 22 с. – EDN ZPWNJP.

5. Экология очистки сточных вод физико-химическими методами / Н. С. Серпокрылов [и др.]. – Москва : Изд-во Ассоциации строит. вузов, 2009. – 261 с. – ISBN 978-5-93093-645-2. – EDN QNOEEN.

УДК 66.048

Удальцов Максим Александрович, студент, Вологодский государственный университет
Udaltsov Maxim Alexandrovich, student, Vologda State University

Старостин Александр Владимирович, кандидат технических наук, доцент, Вологодский государственный университет

Starostin Alexander Vladimirovich, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Vologda State University

ДИМЕТИЛОВЫЙ ЭФИР ДЛЯ РАСТВОРЕНИЯ УГЛЕВОДОРОДОВ

DIMETHYL ETHER FOR THE DISSOLUTION OF HYDROCARBONS

Аннотация. Данная статья представляет собой обзор проблемы образования нефтесодержащего шлама в процессе добычи и переработки нефти. Нефтесодержащий шлам является одним из наиболее серьезных проблемных отходов в нефтегазовой промышленности. Он содержит множество вредных веществ, которые могут нанести непоправимый вред окружающей среде и здоровью людей.

Abstract. This article is an overview of the problem of formation of oily sludge in the process of oil extraction and refining. Oily sludge is one of the most serious problematic wastes in the oil and gas industry. It contains many harmful substances that can cause irreparable harm to the environment and human health.

Ключевые слова: нефтесодержащий шлам, нефть, углеводороды, эфир.

Key words: oily sludge, oil, hydrocarbons, ether.

Нефтесодержащий шлам является одним из основных отходов, образующихся в нефтяной промышленности [1]. Это сложная эмульсия различных нефтяных углеводородов, воды, тяжелых металлов и твердых частиц. Если с ним не обращаться должным образом, это будет опасно для окружающей среды и здоровья человека. Нефтесодержащий шлам содержит не только токсичные и вредные вещества, но и некоторые нефтяные вещества, особенно те, которые богаты углеводородами. Если его переработать, можно добиться огромной экономии энергии.

За несколько последних лет было разработано множество технологий для извлечения углеводородов из нефтесодержащего шлама перед окончательной утилизацией [2]. Распространенные методы обработки нефтесодержащего осадка включают центрифугирование, экстракцию растворителем и пиролиз. Однако

большинство методов, как правило, имеют недостатки, заключающиеся в высокой стоимости, длительном времени обработки и легкости вторичного загрязнения.

Диметиловый эфир – простейший эфир. При нормальных условиях это газ, но сжиженный при умеренном давлении или при охлаждении. После повышения давления диметилового эфира демонстрирует отличные характеристики в качестве органического растворителя [3], которые имеют преимущества, заключающиеся в хорошей химической инертности, нереакционной способности, частичной смешиваемости с водой, высоком сродстве к органическим соединениям и легко отделяется после экстракции.

До сих пор неизвестно, может ли сжиженный диметиловый эфир эффективно обезвоживать нефтесодержащий осадок и каковы ключевые факторы, влияющие на обезвоживание [4].

Для проведения эксперимента было разработано устройство с периодической экстракцией. Результаты показаны ниже (рисунок 1) – влияние температуры на состав группы.

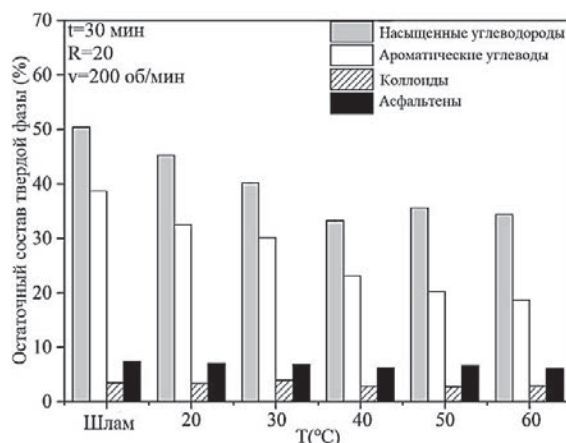


Рисунок 1 – Температура и остаточный состав твердой фазы

Можно увидеть, что содержание насыщенных углеводородов резко упало с 50,26% до 35,64%, после чего практически не изменилось. Содержание ароматических веществ, напротив, снижалось по прямой вплоть до 50°C, с 38,72% до 20,21%, и впоследствии не снижалось. Также насыщенные углеводороды линейно снижались до 40°C, с 50,26% до 35,64%, и после этого изменений было мало. Содержание ароматических углеводородов линейно уменьшалось до 50°C, с 38,72% до 20,21%, и после этого оставалось практически неизменным. Коллоиды немного уменьшились при 40-50°C, но асфальтены явно не изменялись с температурой.

На самом деле, в чистом сжиженном диметиловом эфире водородные связи отсутствуют [5, 6]. Однако при смешивании с водой действует как акцептор водородных связей и образует слабые водородные связи между его атомами кислорода и атомами водорода воды. Метильные группы являются гидрофобными, что при более низкой температуре компенсируется гидрофильным взаимодействием эфира с атомом кислорода, образующим водородные связи. С повышением температуры водородные связи все больше и больше разрушаются, что приводит к более высокому доминированию гидрофобного взаимодействия [7]. Исследования молекулярного моделирования показали, что диметиловый эфир проявляет минимальную растворимость в воде с повышением температуры, хотя и при температурах выше нормальной точки кипения воды [4]. Интересно, что содержание нефти (насыщенных углеводородов и ароматических углеводородов), после 40°C, больше не менялось, но содержание воды продолжало снижаться. Согласно результатам, было обнаружено, что коллоид немного уменьшился при 40-50°C, что, возможно, и было причиной этого явления. Как асфальтены, так и смолы являются поверхностно-активными материалами

и обладают потенциалом накапливаться на границе раздела нефть-вода из-за наличия гидрофильных функциональных групп [8, 9].

Для изучения состояния эмульсии в нефтесодержащем осадке была использована дифференциальная сканирующая калориметрия для характеристики изменений в каплях эмульгированной воды в твердофазном продукте после экстракции. Кривые теплового потока твердофазных продуктов при различных массовых соотношениях при регулировании температуры по программе дифференциальной сканирующей калориметрии (рисунок 2).

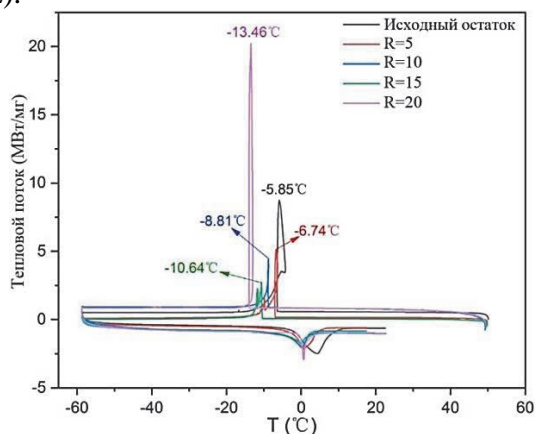


Рисунок 2 – Термограмма дифференциальной сканирующей калориметрии с различными массовыми соотношениями

При сканировании при различных температурах была получена кривая теплового потока тестируемого объекта. Пиковое значение представляет точку, в которой произошла замерзающая конденсация, а соответствующая температура является максимальной температурой кристаллизации замерзающей конденсации. Из рисунка видно, что температура пика кристаллизации сырого шлама составляла 5,85°C, в то время как после экстракции температура пика кристаллизации твердой фазы снизилась, а температура пика кристаллизации линейно уменьшалась по мере увеличения массового соотношения. Когда $R \approx 20$, температура пика кристаллизации была снижена до 13,46°C.

Экспериментальные результаты по различным параметрам показали, что содержание воды в нефтесодержащем осадке после экстракции сжиженного диметилового эфира значительно снизилось, и твердофазный продукт выглядел как сухой шлам, с которым было легко обращаться.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Surikova A. et al. Thermal calculation of the installation for the moisture evaporation from petroleum products //IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. – IOP Publishing, 2019. – Т. 337. – №. 1. – С. 012072. – DOI: 10.1088/1755-1315/337/1/012072
2. Surikova A. et al. Increasing the productivity of a plant for moisture evaporation from oil sludge by application of efficient method for technological parameters calculation //E3S Web of Conferences. – EDP Sciences, 2020. – Т. 178. – С. 01071. – DOI: 10.1051/e3sconf/202017801071
3. Евстафьева, А. А. Исследование зависимости производительности БРНШ-3 от испарительных полок и движения нефтешлама по ним / А. А. Евстафьева, А. Н. Сурикова // Энергия-2019 : Четырнадцатая международная научно-техническая конференция студентов, аспирантов и молодых ученых. Материалы конференции в 6-ти томах, Иваново, 02–04 апреля 2019 года. Том 1. – Иваново: Ивановский государственный энергетический университет им. В.И. Ленина, 2019. – С. 73. – EDN OVPLJQ.

4. Евстафьева, А. А. Использование пара утилизационных установок для подогрева питательной воды котлов / А. А. Евстафьева, А. Н. Сурикова // Энергия-2019 : Четырнадцатая международная научно-техническая конференция студентов, аспирантов и молодых ученых. Материалы конференции в 6-ти томах, Иваново, 02–04 апреля 2019 года. Том 1. – Иваново: Ивановский государственный энергетический университет им. В.И. Ленина, 2019. – С. 72. – EDN XGOTAC.

5. Сурикова, А. Н. Метод расчета теплопередачи в основном выпарном аппарате блока разделения нефтешлама / А. Н. Сурикова // Энергетика и энергосбережение: теория и практика : Сборник материалов IV Всероссийской научно-практической конференции: электронный сборник, Кемерово, 19–21 декабря 2018 года / Под редакцией В.Г. Каширских, И.А. Лобур. – Кемерово: Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева, 2018. – С. 168.1-168.5. – EDN YWOCQH.

6. Сурикова, А. Н. Процессы тепломассообмена при выпаривании влаги из нефтешламов / А. Н. Сурикова // Энергия-2018 : Тринадцатая международная научно-техническая конференция студентов, аспирантов и молодых ученых: в 6 томах, Иваново, 03–05 апреля 2018 года. Том 1. – Иваново: Ивановский государственный энергетический университет им. В.И. Ленина, 2018. – С. 54. – EDN XTIDVR.

7. Соловьева, Е. В. Деформационные параметры вторичного поливинилхлорида / Е. В. Соловьева, А. Н. Сурикова // Вестник Вологодского государственного университета. Серия: Технические науки. – 2021. – № 1(11). – С. 69-70. – EDN ALNAYT.

8. Свид. 2020620396 РФ. База данных для определения нормативов потребления коммунальных благ расчетным методом по многоквартирным домам Вологодской области : № 2020620205 : заявл. 21.02.2020 : опубл. 03.03.2020 / А. И. Метляхин, Н. А. Никитина, Э. О. Орлова [и др.] ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Вологодский государственный университет». – EDN WUNVMS.

9. Основы создания микроклимата в помещениях жилых, общественных и коммунальных зданий : Учебное пособие. – Е.В. Сыщанко, А.Н. Сурикова. – Вологда : Вологодский государственный университет, 2018. – 71 с. – EDN ZAIPVR.

УДК 66.048

Удальцов Максим Александрович, студент, Вологодский государственный университет
Udaltsov Maxim Alexandrovich, student, Vologda State University

Старостин Александр Владимирович, кандидат технических наук, доцент, Вологодский государственный университет

Starostin Alexander Vladimirovich, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Vologda State University

УДАЛЕНИЕ ВОДЫ ИЗ НЕФТЕСОДЕРЖАЩЕГО ШЛАМА

REMOVAL OF WATER FROM OILY SLUDGE

Аннотация. Все большее беспокойство вызывает эффективная утилизация нефтесодержащего шлама, образующегося в промышленности. Основной трудностью для сокращения и использования ресурсов нефтесодержащего шлама является обезвоживание. Поэтому поиск эффективной и энергосберегающей технологии обезвоживания является насущной необходимостью.

Abstract. The effective disposal of oil-containing sludge generated in industry is of increasing concern. The main difficulty for reducing and using the resources of oil-containing sludge is

dehydration. Therefore, the search for an efficient and energy-saving dewatering technology is an urgent necessity.

Ключевые слова: нефтесодержащий шлам, нефть, углеводороды, эфир.

Key words: oily sludge, oil, hydrocarbons, ether.

В этой статье для обработки нефтесодержащего осадка используется метод с использованием сжиженного диметилового эфира для обезвоживания [1, 2]. Были измерены изменения скорости дегидратации, нефтеотдачи пластов, групповых при различном времени экстракции, температурах и добавках сжиженного диметилового эфира. Водосвязывающая форма нефтесодержащего шлама отличается от осадка сточных вод и другой биомассы, и вода в нефтесодержащем шламе находится в стабильном эмульгированном состоянии суспензии. Растворение насыщенных углеводородов, ароматических углеводородов и небольших количеств коллоида с помощью сжиженного диметилового эфира играет важную вспомогательную роль в удалении воды.

Эксперимент был разработан как периодическая экстракция, которая состоит из шести частей (рисунок 1): резервуар для хранения диметилового эфира (емкость 1); емкость для наполнения сжиженного диметилового эфира (емкость 2); емкость для экстракции (емкость 3); газожидкостное отделение резервуар (емкость 4); сушильная камера (емкость 5); и бак для рециркуляции (емкость 6).

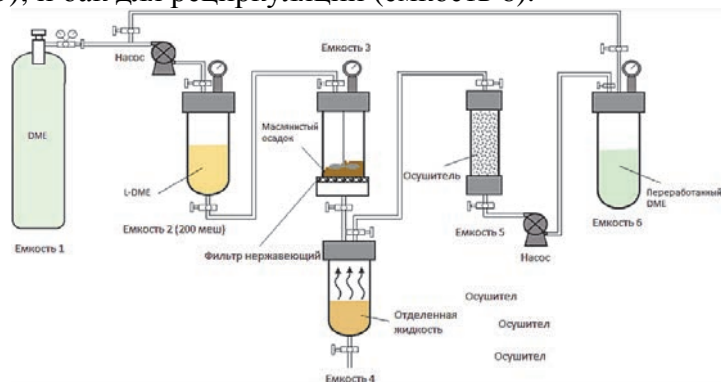


Рисунок 1 – Экспериментальное устройство.

Сначала маслянистый ил помещали в сосуд 3, а затем сжиженный диметиловый эфир под давлением из сосуда 2 поступал в сосуд 3, смешиваясь с маслянистым илом в течение определенного периода времени. Открыв клапан под сосудом 3 и используя разницу давлений между сосудами 3 и 4, можно разделить твердую и жидкую фазы. После поступления жидкой фазы емкость 4 подвергали декомпрессии, сжиженный диметиловый эфир высушивали через емкость 5 и затем хранили в емкости 6 для повторного использования, в то время как вода и другие продукты жидкой фазы оставались в емкости 4 [3, 4].

Исследуемый материал нагревают с растворителем, не смешивающимся с водой, который совместно дистиллируется с водой в образце. Конденсированный растворитель и вода непрерывно разделяются в ловушке, вода оседает в градуированной секции ловушки, а растворитель возвращается в перегонный куб. Асфальтен в масле осаждали н-гексаном, а фильтрат частично элюировали с помощью силикагеля и колонки для хроматографии на оксиде алюминия, а затем насыщенные, ароматические соединения и коллоид последовательно элюировали различными растворителями и разделяли. Дифференциальная сканирующая калориметрия использовалась для анализа эмульгированных капель воды в маслянистом осадке [5].

Ниже показана зависимость между временем экстракции, содержанием воды (рисунок 2). Содержание воды и коэффициент извлечения нефти изменялись в процессе ввода сжиженного диметилового эфира [6]. Как видно из рисунка, извлечение в основном происходило в течение первых 30 минут.

Сырую нефть разделили на насыщенные углеводороды, ароматические углеводороды, коллоиды и асфальтены. Растворение сжиженного диметилового эфира до различных групп компонентов в нефтесодержащем осадке было определено для изучения взаимосвязи между ними и удалением воды [7].

На самом деле, как органический растворитель, по сравнению с традиционной технологией экстракции растворителем, сжиженный диметиловый эфир растворим в воде [8]. Таким образом, вода может быть удалена из исходного сырья одновременно с органическими компонентами. В большинстве предыдущих исследований для обезвоживания биомассы использовался сжиженный диметиловый эфир, а механизм его действия, используемый для обезвоживания, был основан на принципе растворения воды. Исследователи использовали его в эксперименте по обезвоживанию осадка сточных вод и обнаружили, что основной принцип удаления воды заключается в том, что сжиженный диметиловый эфир превращает коллоидную или студенистую связанную воду в свободную воду путем растворения органических веществ. Однако водосвязывающая форма нефтесодержащего осадка отличается от осадка сточных вод и другой биомассы [9, 10]. Вода в нефтесодержащем осадке находится в стабильном эмульгированном состоянии суспензии "вода в масле".

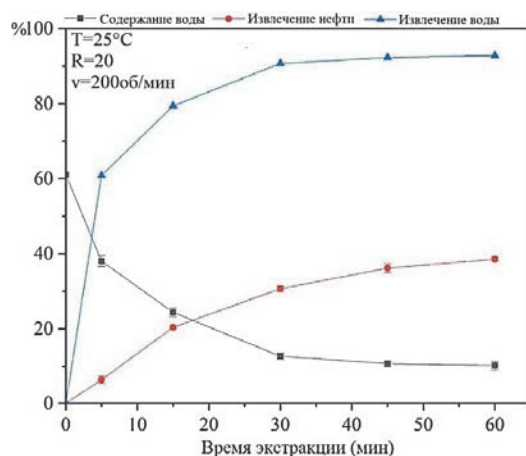


Рисунок 2 – Влияние времени экстракции на содержание воды

Экспериментальные результаты по различным параметрам показали, что содержание воды в нефтесодержащем осадке после экстракции сжиженного диметилового эфира значительно снизилось, и твердофазный продукт выглядел как сухой шлам, с которым было легко обращаться.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Surikova A. et al. Thermal calculation of the installation for the moisture evaporation from petroleum products //IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. – IOP Publishing, 2019. – Т. 337. – №. 1. – С. 012072. – DOI: 10.1088/1755-1315/337/1/012072
2. Surikova A. et al. Increasing the productivity of a plant for moisture evaporation from oil sludge by application of efficient method for technological parameters calculation //E3S Web of Conferences. – EDP Sciences, 2020. – Т. 178. – С. 01071. – DOI: 10.1051/e3sconf/202017801071
3. Евстафьева, А. А. Исследование зависимости производительности БРНШ-3 от испарительных полок и движения нефтешлама по ним / А. А. Евстафьева, А. Н. Сурикова // Энергия-2019 : Четырнадцатая международная научно-техническая конференция студентов, аспирантов и молодых ученых. Материалы конференции в 6-ти томах, Иваново, 02–04 апреля 2019 года. Том 1. – Иваново: Ивановский государственный энергетический университет им. В.И. Ленина, 2019. – С. 73. – EDN OVPLJQ.

4. Евстафьева, А. А. Использование пара утилизационных установок для подогрева питательной воды котлов / А. А. Евстафьева, А. Н. Сурикова // Энергия-2019 : Четырнадцатая международная научно-техническая конференция студентов, аспирантов и молодых ученых. Материалы конференции в 6-ти томах, Иваново, 02–04 апреля 2019 года. Том 1. – Иваново: Ивановский государственный энергетический университет им. В.И. Ленина, 2019. – С. 72. – EDN XGOTAC.

5. Сурикова, А. Н. Метод расчета теплопередачи в основном выпарном аппарате блока разделения нефтешлама / А. Н. Сурикова // Энергетика и энергосбережение: теория и практика : Сборник материалов IV Всероссийской научно-практической конференции: электронный сборник, Кемерово, 19–21 декабря 2018 года / Под редакцией В.Г. Каширских, И.А. Лобур. – Кемерово: Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева, 2018. – С. 168.1-168.5. – EDN YWOCQH.

6. Сурикова, А. Н. Процессы тепломассообмена при выпаривании влаги из нефтешламов / А. Н. Сурикова // Энергия-2018 : Тринадцатая международная научно-техническая конференция студентов, аспирантов и молодых ученых: в 6 томах, Иваново, 03–05 апреля 2018 года. Том 1. – Иваново: Ивановский государственный энергетический университет им. В.И. Ленина, 2018. – С. 54. – EDN XTIDVR.

7. Соловьева, Е. В. Деформационные параметры вторичного поливинилхлорида / Е. В. Соловьева, А. Н. Сурикова // Вестник Вологодского государственного университета. Серия: Технические науки. – 2021. – № 1(11). – С. 69-70. – EDN ALNAYT.

8. Свид. 2020620396 РФ. База данных для определения нормативов потребления коммунальных благ расчетным методом по многоквартирным домам Вологодской области : № 2020620205 : заявл. 21.02.2020 : опубл. 03.03.2020 / А. И. Метляхин, Н. А. Никитина, Э. О. Орлова [и др.] ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Вологодский государственный университет». – EDN WUNVMS.

9. Основы создания микроклимата в помещениях жилых, общественных и коммунальных зданий : Учебное пособие. – Е.В. Сыцялко, А.Н. Сурикова. – Вологда : Вологодский государственный университет, 2018. – 71 с. – EDN ZAIPVR.

10. Сурикова, А. Н. Повышение энергоэффективности зданий и сооружений : Учебное пособие / А. Н. Сурикова, Е. В. Сыцялко. – Вологда : Вологодский государственный университет, 2022. – 114 с. – ISBN 978-5-87851-985-4. – EDN SKLCYL.

УДК 621

Эйснер Ульяна Геннадьевна, студент, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Eisner Ulyana Gennadievna, student, Komsomolsk-na-Amure State University

Щетинин Владимир Сергеевич, доктор технических наук, профессор, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Shchetinin Vladimir Sergeevich, Doctor of Technical Sciences, Professor, Komsomolsk-na-Amur State University

ИЗНОС ДЕТАЛЕЙ И УЗЛОВ ОБОРУДОВАНИЯ ПЕРЕКАЧИВАЮЩЕЙ СТАНЦИИ. МЕТОДЫ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ И УЗЛОВ ОБОРУДОВАНИЯ

WEAR OF PARTS AND ASSEMBLY OF EQUIPMENT OF THE PUMPING STATION. METHODS OF RESTORATION OF EQUIPMENT PARTS AND UNITS

Аннотация. Приводится обоснование увеличения срока службы быстро изнашиваемых деталей в узлах перекачивающих станций за счет их восстановления синтетическими материалами. Сделан анализ, показавший, что процент увеличения износостойкости восстанавливаемых деталей синтетическими материалами по сравнению с восстановлением их металлическими материалами гораздо выше.

Abstract. The rationale is given for increasing the service life of wear parts in the units of pumping stations due to their restoration with synthetic materials. An analysis has been made that the percentage of increase in the wear resistance of restored parts with synthetic materials is much higher compared to restoring them with metal materials.

Ключевые слова: износ, восстановление, применение, деталь, допустимый.

Key words: wear, restoration, share, application, detail, allowable.

Износ деталей и узлов оборудования - это процесс постепенного изменения размеров детали при трении, проявляющийся в отделении с поверхности трения материала или его остаточной деформации.

Так, при определенном износе оборудования происходит изменение в размерах и, соответственно, составляющие оборудования утрачивают свою целостность. При этом стоит отметить, что целостность нарушается за счет снижения плотности в деталях оборудования, а также увеличения зазоров в посадках неподвижных деталей.

Максимальный износ детали при эксплуатации оборудования перекачивающей станции наступает в случае невозможности его дальнейшего использования, а также с учетом возможного нарушения всего рабочего процесса, который может привести к аварийной ситуации. Допустимый износ детали предполагает возможность её установки в станцию без ремонта и удовлетворительную работу в течении предстоящего межремонтного периода. [4]

Здесь стоит отметить, что определение возможности использования детали происходит следующим образом. В случае, если деталь изношена не более чем на 0,3 мм, она может быть восстановлена и принята к дальнейшей эксплуатации. В данном случае на деталь наносится защитное покрытие, которое позволяет ей функционировать дальше и ее работоспособность, таким образом, считается восстановленной. Такая деталь может многократно использоваться. [1]

Нанесение металла на несущие поверхности с последующей механической обработкой позволит многократно использовать деталь.

Процент восстанавливаемых поверхностей [4]:

- цилиндрические поверхности, включая внутренние и наружные возможно восстановить порядка до 53%, и их возможное использование не несет технологических повреждений при эксплуатации;
- поверхности, имеющие резьбовую конструкцию, возможно восстановить на 12% для дальнейшего использования в оборудовании;
- шлицевые поверхности подлежат восстановлению до 10,4 %;
- в отношении зубчатых поверхностей предусмотрено восстановление на 10,2 %;
- и наконец, плоские и все остальные поверхности деталей оборудования можно восстановить на 6,5 % и 6,9 % соответственно.

Объемы восстановления деталей определяются наличием соответствующих по наименованию и стоимости запасных частей.

Применение синтетических материалов при ремонте по сравнению с другими способами позволяет значительно снизить трудоемкость восстановления на 20-30 %, себестоимость ремонта – на 15-20 %, расход материалов – на 40-50 %.

Плюсами применения пластмассовых полимеров являются следующие факторы:

- не оказывает сильного давления на детали, поскольку обладает небольшим удельным весом, и соответственно не снижает прочность восстановленных деталей после их износа.
- при использовании данного полимера деталь в результате ее эксплуатации не подлежит сильному нагреву. [2]

- при использовании данного полимера отсутствует необходимость найма квалифицированного персонала или приобретения дополнительного профессионального оборудования. [4]

- возможностью восстановления деталей без разборки агрегатов.

Полимерные материалы делятся на две группы:

- терморезистивные (реактопласты) – эпоксидные композиции, и другие материалы – при нагревании вначале размягчаются, а затем в результате химических реакций затвердевают и необратимо переходят в неплавкое и нерастворимое состояние.

- термопластичные (термопласты) – пластмассы, при переработке которых не происходит химических реакции отверждения полимеров и материал в изделии сохраняет способность плавиться. [2]

Термопласты под воздействием высоких температур обладают способностью многократно переходить в вязкотекучее (пластичное) состояние и вновь отверждаться при понижении температуры.

Здесь стоит подчеркнуть, что реактопласты не обладают свойствами обратимости при воздействии на них высоких температур, то есть при повторном нагревании материал уже не способен к формованию и остается твердым. [3]

Для того чтобы увеличить сцепляемость материала из полимерных веществ с поверхностью детали производят следующие манипуляции. В самой крайней детали оборудования производят сверление, нарезают канавки, резьбу, а также производится струйная обработка. [4]

Также чтобы обеспечить надежное скрепление деталей с полимером, поверхности подлежат тщательному обезжириванию, а также производится механическая их очистка от устойчивых загрязнений. В дальнейшем такая деталь просушивается и уже после этого происходит непосредственное скрепление. [5]

Заключение

В работе рассмотрен подход к восстановлению быстро изнашиваемых деталей в узлах перекачивающих станций с помощью синтетических материалов, что позволит многократно восстанавливать изношенные поверхности. Это существенно снижает затраты на ремонт и эксплуатацию оборудования.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Мониторинг гидродинамических и технических характеристик трубопроводных систем : учебное пособие / Ю. Д. Земенков, Ю. В. Богатенков, А. Д. Прохоров [и др.] ; Федеральное агентство по образованию, Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Тюменский государственный нефтегазовый университет". – Тюмень : Издательство "ВекторБук", 2008. – 445 с. – ISBN 978-5-91409-071-2. – EDN QNVQCD.

2. Курчаткин В. В., Тельников Н.Ф., Ачкасов К. А. и др. Надежность и ремонт машин. – М.: Колос, 2000. – 776 с.

3. Эксплуатация механико-технологического оборудования. Курс лекций; под общей ред. Ю.Д. Земенкова. – Тюмень: ТИУ, 2019. – 257 с.

4. Диагностика в системе технического обслуживания объектов трубопроводного транспорта : допущено учебно-методическим объединением вузов Российской федерации по высшему нефтегазовому образованию (УМО НГО) в качестве учебного пособия для студентов нефтегазового профилянефтегазового профиля / А. С. Бачериков, М. И. Пашков, Ю. В. Богатенков [и др.]. – Санкт-Петербург : Издательство "Недра", 2007. – 385 с. – ISBN 978-5-94089-112-3. – EDN QNVCHF.

УДК 62.984

Янченко Кристина Романовна, студент, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Yanchenko Christina Romanovna, student, Komsomolsk-na-Amure State University

Проценко Александра Николаевна, кандидат химических наук, доцент, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Protsenko Aleksandra Nikolaevna, Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor, Komsomolsk-na-Amure State University

ПОВЫШЕНИЕ ВЫХОДА ВОДОРОДА В РЕАКТОРНОМ БЛОКЕ УСТАНОВКИ КАТАЛИТИЧЕСКОГО РИФОРМИНГА ЗА СЧЕТ УВЕЛИЧЕНИЯ ДАВЛЕНИЯ

INCREASING THE YIELD OF HYDROGEN IN THE REACTOR UNIT OF A CATALYTIC REFORMING PLANT DUE TO INCREASE IN PRESSURE

Аннотация. Данная работа посвящена одному из основных контролируемых показателей процесса каталитического риформинга – давлению. Цель работы – показать эффективность реакторного блока установки при пониженном давлении для повышения выхода водорода.

Abstract. This work is devoted to one of the main controlled indicators of the catalytic reforming process - pressure. The purpose of the work is to show the efficiency of the reactor unit of the installation at reduced pressure to increase the hydrogen yield.

Ключевые слова: установка каталитического риформинга, прямогонные бензиновые фракции, высокооктановый компонент, водородсодержащий газ, платформат, ароматические углеводороды, рабочее давление,

Key words: catalytic reformer, straight-run gasoline fractions, high-octane component, hydrogen-containing gas, platformate, aromatic hydrocarbons, operating pressure.

Введение

На сегодняшний день каталитический риформинг является одним из значимых процессов в нефтеперерабатывающей и нефтехимической промышленности. Установка каталитического риформинга (УКР) считается преимущественно распространенным методом вторичной переработки нефти. Связанно это с тем, что регулярно растет спрос на высокооктановые моторные топлива, а также на ароматические углеводороды, которые используются в качестве сырьевого материала для получения различных органических растворителей.

На установке риформинга происходит улучшение качества бензиновых фракций посредством повышения октанового числа. Также удается получить товарные ароматические углеводороды и технический водород.

Водород, получаемый на установке является очень важным и ценным продуктом, так как он значительно дешевле специально получаемого. Этот продукт необходим для всех гидрогенизационных процессов нефтепереработки, а именно в процессах гидроочистки, гидрокрекинга, изомеризации и т.д. [1].

Основная часть

В качестве сырья УКР используются прямогонные бензиновые фракции, а также вторичные бензины с температурой кипения 62-180 °С. Данные фракции как правило подвергают гидроочистке с целью удаления смол, непредельных углеводородов, а также азотистых соединений, наличие которых в сырье токсично влияет на катализатор. Начало кипения бензиновых фракций должно составлять не менее 60–62

°С, так как наличие легкой фракции в сырье приведет к лишнему газообразованию. А утяжеление фракционного состава сырья свыше 180 °С приведет к крупным отложениям кокса на катализаторе, что приводит к уменьшению его срока службы [2].

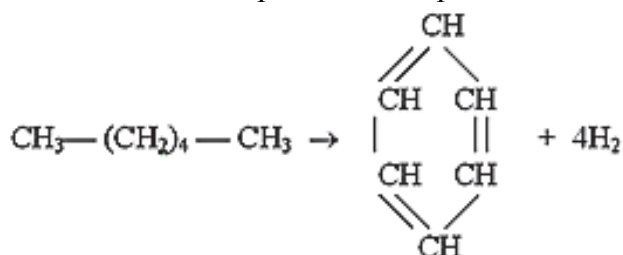
В ходе каталитического риформинга образуются газы и жидкие продукты - платформат. Платформат используется как высокооктановая составляющая автомобильных и авиационных бензинов или же направляется на извлечение аренов. Газ, возникающий при риформинге разделяют. Выделяется сухой газ (это углеводородные газы $C_1 - C_2$ либо $C_1 - C_3$), а также сжиженные газы ($C_3 - C_4$).

Выделившийся в процессе водород частично применяют для пополнения потерь циркулирующего водородсодержащего газа (ВСГ), а также для гидроочистки сырья. Однако значительную часть водорода с установки выводят. Такого рода водород существенно экономичнее намеренно получаемого. Непосредственно этим и объясняется его обширное использование в процессах, потребляющих водород.

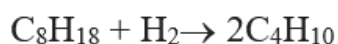
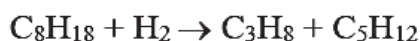
Одним из главных параметров, который существенно влияет на выход водорода является – давление. К значительному повышению глубины реакции превращения алканов в арены приводит понижение рабочего давления. Таким образом, если понизить давление с 2,5 МПа до 1,5 Мпа, то глубина ароматизации увеличиться с 39 % до 48 %.

Также, благодаря пониженному давлению наблюдается увеличение избирательности превращений алканов, а связано это с тем, что происходит изменения соотношений скоростей реакций - дегидроциклизации и гидрокрекинга. Понижение давления способствует протеканию реакции дегидроциклизации, но тормозит реакцию гидрокрекинга [3].

Дегидроциклизация алканов с образованием аренов [4]:



Гидрокрекинг алканов:



По мере повышения октанового числа бензина каталитического риформинга увеличивается разница в выходах при 1,5 и 2,5 МПа. Например, если октановое число составляет 78, то выход бензина при давлении 1,5 МПа будет на 2% больше, чем при 2,5 МПа. А если октановое число будет 96, то разница в выходах будет 5 %. Следовательно, чем больше значение октанового число получаемого бензина, тем сильнее наблюдается эффект, достигнутый при снижении давления процесса [5].

При понижении давления от 3 до 1,5 МПа выход катализата увеличится на 7 %, а выход водорода при этом увеличивается в 2 раза. Концентрация водорода в циркулирующем газе повышается с 77 до 86 %.

Таким образом, вышеизложенные литературные данные показывают, что изменяя давление в установке можно добиться высокого значения выхода водорода. Для определения точного значения используемого давления в реакторном блоке риформинга планируется провести поверочный расчет оборудования и провести технологический анализ.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Ахметов, С. А. Технология переработки нефти, газа и твердых горючих ископаемых : учебное пособие для студентов высших учебных заведений, обучающихся по специальности 250400 "Химическая технология природных энергоносителей и углеродных материалов" / С. А. Ахметов ; С. А. Ахметов, М. Х. Ишмияров, А. А. Кауфман ; под ред. С. А. Ахметова. – Санкт-Петербург : Недра, 2009. – 827 с. – (Для высшей школы). – ISBN 978-5-94089-124-4. – EDN QNEVHN.
2. Химия нефти и газа: Учеб. Пособие для вузов/ А.И. Богомолов, А.А. Гайле, В.В. Громова и др.; Под ред. В.А. Проскурякова, А.Е. Драбкина. - 3-е изд., доп. и испр. - Спб: Химия, 1995. - 448 с.
3. Технология переработки нефти и газа. Ч. 3-я Черножуков, Н.И. Очистка и разделение нефтяного сырья, производство товарных нефтепродуктов. Под ред. А.А. Гуреева и Б.И. Бондаренко. - 6-е изд., пер. и доп. - М.: Химия, 1978 г. - 424с., ил.
4. Магарил, Р. З. Теоретические основы химических процессов переработки нефти : учебное пособие для студентов вузов, обучающихся по специальности 3925002 "Химическая технология переработки нефти и газа" / Р. З. Магарил ; Р. З. Магарил. – Москва : КДУ, 2008. – ISBN 978-5-98227-371-0. – EDN QNELAZ.
5. Ваулин, А. С. Разработка системы управления процессом каталитического риформинга / А. С. Ваулин // Национальная Ассоциация Ученых. – 2018. – № 9(36). – С. 32-34. – EDN YWFTOK.

УДК 621.573

Янченко Максим Иванович, студент, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Yanchenko Maxim Ivanovich, student, Komsomolsk-na-Amure State University

Проценко Александра Николаевна, кандидат химических наук, доцент, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Protsenko Aleksandra Nikolaevna, Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor, Komsomolsk-na-Amure State University

ЗАМЕНА ХОЛОДИЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ НА АТМОСФЕРНОМ БЛОКЕ ЭЛЕКТРООБЕССОЛИВАНИЯ С АТМОСФЕРНО-ВАКУУМНОЙ ТРУБЧАТКОЙ С ЦЕЛЬЮ ОПТИМИЗАЦИИ ОТБОРА ЦЕЛЕВОГО ПРОДУКТА

REPLACEMENT OF REFRIGERATION EQUIPMENT AT THE ATMOSPHERIC UNIT OF THE ELECTRIC DESALINATION PLANT WITH ATMOSPHERIC VACUUM TUBE UNIT IN ORDER TO OPTIMIZE THE SELECTION OF THE TARGET PRODUCT

Аннотация. В данной работе показано влияние модели и расположения холодильного оборудования, охлаждающего продукт верха атмосферной колонны, на технологический процесс первичной нефтепереработки на нефтеперерабатывающем заводе в Комсомольск-на-Амуре. Цель работы – показать более высокую эффективность горизонтальных воздушных холодильников по сравнению с вертикальными аппаратами.

Abstract. This paper shows the influence of the model and location of refrigeration equipment, which cools the product of the top of the atmospheric column, on the technological process of primary oil refining at an oil refinery in Komsomolsk-on-Amur. The purpose of the work is to show the higher efficiency of horizontal air coolers compared to vertical ones.

Ключевые слова: первичная нефтепереработка, электрообессоливающая установка с атмосферно-вакуумной трубчаткой, аппарат воздушного охлаждения, вертикальный и горизонтальный воздушные холодильники, атмосферный блок, верхний продукт атмосферной колонны.

Key words: primary oil refining, electric desalination plant with atmospheric vacuum tube, air cooler, vertical and horizontal air coolers, atmospheric unit, upper product of the atmospheric column.

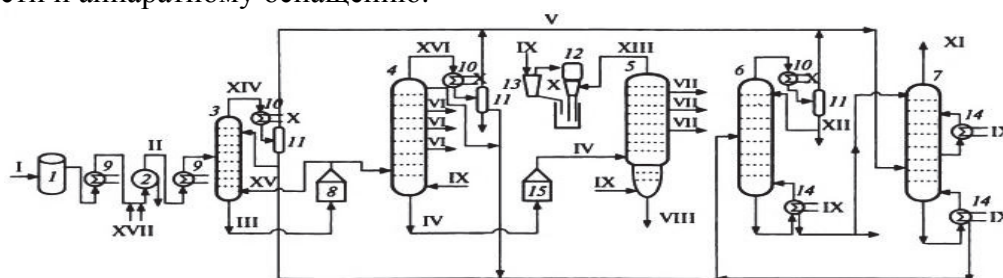
Введение

На нефтеперерабатывающем заводе «РН-Комсомольский НПЗ», как и на любом другом предприятии, нефтепереработка делится на первичную и вторичную. Первичная переработка представлена электрообессоливающими установками с атмосферно-вакуумными трубчатками (далее – ЭЛОУ-АВТ).

Основной аппарат на таких установках – это ректификационные колонны, внутри которых предварительно обессоленная и обезвоженная нефть подвергается разделению на составляющие её фракции, отличающиеся друг от друга по температуре кипения [1]. На установке ЭЛОУ-АВТ основной колонной является атмосферная.

Основная часть

На комсомольском НПЗ первичная нефтепереработка представлена двумя установками: ЭЛОУ-АВТ-2 (рисунок 1) и ЭЛОУ-АВТ-3, отличающиеся друг от друга по мощности и аппаратному оснащению.



- 1 – резервуар для сырой нефти; 2 – электродегидратор; 3 – колонна предварительного испарения; 4 – основная атмосферная колонна; 5 – вакуумная колонна;
 6 – стабилизационная колонна; 7 – абсорбер; 8 – атмосферная печь;
 9 – теплообменники; 10 – холодильники; 11 – газосепараторы;
 12 – барометрический конденсатор; I – сырая нефть; II – обезвоженная и обессоленная нефть; III – полуотбензиненная нефть; IV – мазут; V – стабильный бензин;
 VI – продукты атмосферной колонны; VII – продукты вакуумной колонны;
 VIII – гудрон; IX – водяной пар; X – обратная вода; XI – сухой газ

Рисунок 1 – Принципиальная технологическая схема установки ЭЛОУ-АВТ [2]

В атмосферную колонну на ЭЛОУ-АВТ-3 поступает обезвоженная и обессоленная нефть, из которой предварительно выделили большую часть бензиновой фракции в отбензинивающей колонне. Бензиновые и водяные пары выходят из верха колонны с температурой примерно 140°C и направляются на охлаждение в расположенную рядом секцию вертикальных аппаратов воздушного охлаждения, которые представлены моделью АВМ-В-20-0,6-Б5,1-В/8-2-3.

Данный аппарат воздушного охлаждения предназначен для работы на открытом воздухе в микроклиматических районах с умеренным климатом со средней температурой воздуха в течении пяти суток подряд в наиболее холодный период не ниже –40°C. Несущая конструкция аппарата рассчитана для установки аппарата в районах с сейсмичностью до 7 баллов. Аппарат предусмотрен для работы на высоте до 1000 м от уровня моря.

Габаритные размеры: высота - 3 м, ширина - 1,5 м.

Параметры АВМ-В-20-0,6-Б5,1-В/8-2-3:

- рабочее давление в секции 6 кгс/см², t = 20°C;
- рабочее давление в подогревателе воздуха до 16 кгс/см²;
- теплообменные трубы $\phi = 25 \times 2$; l = 3000 мм;
- решётки трубные l = 2600 мм;
- вентилятор – осевой, диаметр колеса 800 мм (2 шт);
- номинальная мощность электродвигателя 3 кВт;
- скорость вращения электродвигателя 1500 об/мин;

Секция вертикальных воздушных холодильников представляет собой обширную площадку, располагающуюся на высоте вблизи атмосферной колонны. На площадке расположены 28 вертикальных аппаратов воздушного охлаждения, разделённых на две секции по 14 холодильников, направленных друг на друга. Позади каждого аппарата расположены два осевых вентилятора, обдувающих воздухом трубчатый змеевик холодильника, по которому движется продукт верха атмосферной колонны. С целью повышения теплопередачи и увеличения отвода тепла, на трубах установлено металлическое оребрение [3]. Трубы собраны в трубной решетке и закреплены методом развальцовки с обваркой или без [4].

Таким образом, потоки воздуха двух секций, после прохождения зоны труб, направлены на встречу друг другу и только затем поднимаются вверх. Первая проблема заключается в том, что между секциями, в месте встречи двух воздушных потоков, расположены лестницы и площадка для передвижения рабочего персонала установки.

Температура продукта, выходящего с верха атмосферной колонны примерно 140°C. Пары бензина и воды проходя по трубопроводу до воздушных холодильников частично охлаждаются примерно до 135°C. Температура продукта после прохождения секции аппаратов приблизительно равна 90-100°C.

Соответственно, за счёт высокой температуры бензина и воды, которые перемещаются по трубам холодильников, воздушные потоки, встречающиеся на площадке для передвижения работников, также имеют высокую температуру и пагубно влияют на состояние людей, перемещающихся по этой площадке. Также не стоит забывать, что из-за образующейся между секциями высокой температуры воздуха, снижается эффективность охлаждения продукта верха колонны и аппараты вынуждены работать с большей мощностью, что с энергетической точки зрения экономически не выгодно.

Целесообразнее установить воздушные холодильники горизонтального типа, чтобы горячие воздушные потоки, образующиеся после прохождения зоны труб, уходили сразу вверх, не причиняя дискомфорта людям, работающим на установке, и не ухудшая охлаждающую способность аппаратов.

Второй проблемой вертикальных воздушных холодильников является образование в верхней части змеевика газообразной пробки, вследствие чего возможно снижение скорости движения потока и есть риск возникновения аварийной ситуации, при которой поток будет полностью остановлен. Особенно острой эта проблема становится в зимний период, когда в трубах змеевика вблизи вентилятора водяной пар может конденсироваться и замёрзнуть.

Нормальное рабочее давление в атмосферной колонне должно составлять приблизительно 0,6-0,65 кг, однако из-за снижения скорости потока в змеевиках холодильников, давление в колонне составляет 0,9-0,95 кг. В связи с чем, целесообразнее провести замену вертикальных аппаратов воздушного охлаждения на горизонтальные, благодаря чему сильно снизится риск образования газообразной пробки и движение продукта верха колонны не будет замедляться. Так же, как уже писалось ранее, горячие воздушные потоки не будут мешать работе персонала завода, а у самих аппаратов не будет снижаться охлаждающая способность.

Чтобы подобрать горизонтальный аппарат воздушного охлаждения необходимо провести расчёт холодильного цикла, тепловые расчёты, расчёт коммуникаций контура

рабочего тела, оценку энергетической эффективности холодильной установки и её технико-экономический анализ [5].

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Основные процессы и аппараты химической технологии : пособие по проектированию : учебное пособие для студентов химико-технологических специальностей высших учебных заведений / [Г. С. Борисов и др.] ; под ред. Ю. И. Дытнерского. – 4-е изд., стер. Перепечатка с изд. 1991 г.. – Москва : Альянс, 2008. – 493 с. – ISBN 978-5-903034-35-2. – EDN QNEKWT.

2. Основы конструирования и расчета химико-технологического и природоохранного оборудования. – Калуга : Ноосфера, 2015. – 1056 с. – ISBN 978-5-905856-94-5. – EDN VSKXWP.

3. Массообменные процессы : учеб. пособие / Федер. агентство по образованию, Вост.-Сиб. гос. технол. ун-т ; [Николаев Г. И. (ред.) и др.]. – Улан-Удэ : Изд-во ВСГТУ, 2005. – 238 с. – ISBN 5-89230-187-7. – EDN QNEBSH.

4. Бородулин, Д. М. Процессы и аппараты химической технологии / Д. М. Бородулин, В. Н. Иванец. – Кемерово : Кемеровский технологический институт пищевой промышленности (университет), 2007. – 168 с. – ISBN 978-5-89289-435-7. – EDN RBBWZN.

5. Техническое диагностирование холодильника х-6, установки ЭЛОУ-АВТ / Д. А. Скоблецкий, А. И. Семкичев, И. А. Докучаев, М. И. Полтавский // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. – 2016. – № 2-2. – С. 77-78. – EDN VOMKTX.

СЕКЦИЯ 3

АВТОМАТИКА, ЭЛЕКТРОПРИВОД И РОБОТОТЕХНИКА

УДК 681.5

Авакумов Данила Дмитриевич, студент, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Avakumov Danila Dmitrievich, student, Komsomolsk-na-Amure State University

Егоров Владислав Алексеевич, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры «Электропривод и автоматизация промышленных установок», Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Egorov Vladislav Alekseevich, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department "Electric drive and automation of production plants", Komsomolsk-na-Amure State University

ОРГАНИЗАЦИЯ ОДНОУРОВНЕВОГО МЕНЮ ДЛЯ ВВОДА СПИСКА ПАРАМЕТРОВ В МИКРОКОНТРОЛЛЕРНУЮ СИСТЕМУ

ORGANIZATION OF A SINGLE-LEVEL MENU FOR ENTERING A LIST OF PARAMETERS INTO A MICROCONTROLLER SYSTEM

Аннотация. Описан простейший алгоритм реализации одноуровневого меню для микроконтроллерной системы. Использование конструкции switch в описанном алгоритме позволяет реализовать задачу организации одноуровневого меню наиболее просто при минимальном размере программного кода. Алгоритм использован при разработке программного обеспечения микроконтроллерной системы управления нагрузкой по расписанию.

Abstract. The simplest algorithm for implementing a single-level menu for a microcontroller system is described. The use of the switch construction in the described algorithm makes it possible to implement the task of organizing a single-level menu in the simplest way with the minimum size of the program code. The algorithm was used in the development of software for the microcontroller system for controlling the load according to the schedule.

Ключевые слова: микроконтроллерная система, одноуровневое меню, алгоритм реализации.

Key words: microcontroller system, single-level menu, implementation algorithm.

Введение

В настоящее время разработка программного обеспечения для микроконтроллерных систем является важной задачей во многих отраслях промышленности и науки. Для управления такими системами часто необходимо иметь пользовательский интерфейс, который позволит выбирать настройки и режимы работы устройства. Для реализации этой задачи часто используется программирование меню.

Одноуровневое меню - это простой и удобный способ организации пользовательского интерфейса для микроконтроллерных систем. Оно позволяет пользователю осуществлять выбор настройки или режима работы при помощи нескольких кнопок. В простейшем случае, одноуровневое меню может состоять из нескольких пунктов, каждый из которых представляет собой отдельную настройку или режим работы.

Существуют два основных способа организации меню в программировании микроконтроллерных систем. Первый способ заключается в использовании switch-конструкции [1,2], а второй - в использовании таблиц [3]. Оба способа имеют свои преимущества и недостатки. Однако, при реализации простейшего одноуровневого меню, применение описанных выше способов может привести к усложнению алгоритма работы меню и увеличению объема кода программы.

Основная часть

В простейшем случае, при реализации одноуровневого меню, можно обойтись более простым алгоритмом, приведённым на рисунке 1.

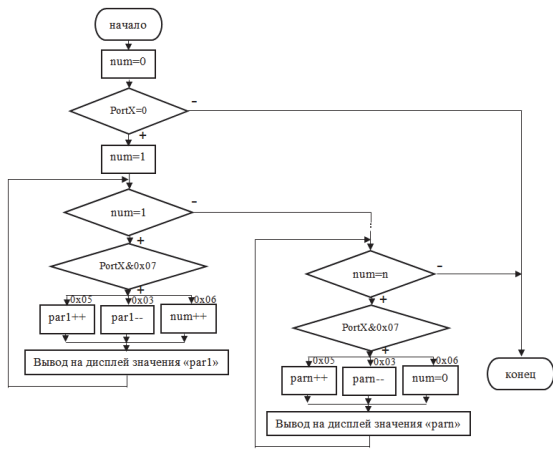


Рисунок 1 – Блок схема алгоритма одноуровневого меню для ввода списка из n параметров

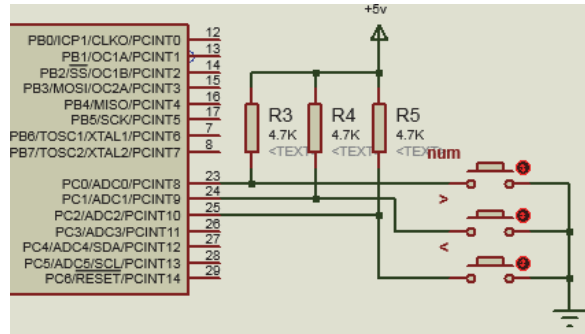


Рисунок 2 – Схема подключения кнопок управления меню к микроконтроллеру

Для работы алгоритма, необходима схема подключения кнопок управления меню к микроконтроллеру (рисунок 2).

На блок-схеме (рисунок 1) введены следующие обозначения: PortX – порт подключения кнопок к меню; par n – вводимый параметр с номером n; num – порядковый номер параметра в меню.

На схеме (рисунок 2) изображены: num - кнопка выбора параметра меню; >/< - кнопки увеличения/уменьшения значения параметра.

При нажатии кнопки num, контроллер входит в меню. Опрашивается PortX. Пришедшее двоичное слово с PortX, соответствует нажатию одной из кнопок и проверяется конструкцией switch. Осуществляется возможность коррекции значения параметра par1. Повторное нажатие кнопки выбора параметра num, приводит к переходу к корректировке следующего параметра в меню. Процесс продолжается о тех пор пока не введены и не откорректированы все n параметров, после чего происходит выход из меню.

Фрагмент кода [2,4,5], реализующий описанный алгоритм, для ввода параметров в часы реального времени:

```

num=0; //Обнуление переменной, необходимой для работы с кнопками
if(PINC.0==0) // Если нажата кнопка "num" переходим к настройке часов
{
delay_ms(200);
num=1;
while(num==1)
{
delay_ms(200);
switch (PINC&0b00000111) // Отслеживаем нажатие кнопок
{
//Если нажата кнопка ">" то увеличиваем количество часов на 1
case 0x05: hour++; if (hour>23){hour=0;}; break;
//Если нажата кнопка "<" то уменьшаем количество часов на 1
case 0x03: hour--; if (hour==255){hour=23;}; break;
//Если нажата кнопка "num", переходим к настройкам минут
case 0x06: delay_ms(200); num=2; break;
};
lcd_clear(); // Очистка экрана
sprintf(lcd_data0,"Hour: %02i",hour); //Запись в буфер значения часов
lcd_puts(lcd_data0); // Вывод на экран текущее значения часов
};
while(num==2)
{
delay_ms(200);
switch (PINC&0b00000111) // Отслеживаем нажатие кнопок
{
//Если нажата кнопка ">" то увеличиваем количество минут на 1
case 0x05: min1++; if (min1>59){min1=0;}; break;
//Если нажата кнопка "<" то уменьшаем количество минут на 1
case 0x03: min1--; if (min1==255){min1=59;}; break;
//Если нажата кнопка "num", переходим к настройкам минут
case 0x06: delay_ms(200); num=3; break;
};
};
};

```

Рисунок 3 – Первая часть фрагмента кода, реализующего одноуровневое меню

```

lcd_clear(); // Очистка экрана
sprintf(lcd_data0,"Min: %02i",min1); //Запись в буфер значения минут
lcd_puts(lcd_data0); // Вывод на экран текущее количество минут
};
while(num==3)
{
delay_ms(200);
switch (PINC&0b00000111) // Отслеживаем нажатие кнопок
{
//Если нажата кнопка ">" то увеличиваем колчество секунд на 1
case 0x05: sec++; if (sec>59){sec=0;}; break;
//Если нажата кнопка "<" то уменьшаем колчество секунд на 1
case 0x03: sec--; if (sec==255){sec=59;}; break;
//Если нажата кнопка "num", записать в часы новые значения времени
case 0x06: num=0;rtc_set_time(hour,min1,sec); break;
};
};
lcd_clear(); // Очистка экрана
sprintf(lcd_data0,"Sec: %02i",sec); //Запись в буфер значения секунд
lcd_puts(lcd_data0); // Вывод на экран текущее количество секунд
};
};

```

Рисунок 4 – Вторая часть фрагмента кода, реализующего одноуровневое меню

Заключение

Использование конструкции switch в описанном алгоритме, позволяет реализовать задачу организации одноуровневого меню наиболее просто и эффективно. Данный способ позволяет уменьшить количество кода, необходимого для реализации меню, что особенно важно при работе с микроконтроллерными системами, где часто ограничен объем доступной памяти.

Данный метод создания одноуровневого меню, позволяет задать условия для каждого пункта меню и соответствующий код, который будет выполнен при выборе пользователем соответствующего пункта. Это делает код более читаемым и понятным для разработчика.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Реализация меню на switch конструкции. Практический пример [Электронный ресурс] // chipenable.ru – URL: <https://chipenable.ru/index.php/programming-avr/10-realizatsiya-menyu-na-switch-konstruktsii-prakticheskiy-primer.html> (дата обращения: 21.03.2023). – Режим доступа: свободный.
2. Конструкция switch - case в C++ [Электронный ресурс] // easy-code.ru – URL: <http://easy-code.ru/lesson/switch-case-cpp> (дата обращения: 21.03.2023). – Режим доступа: свободный.
3. Реализация меню на таблицах. Теория и практический пример [Электронный ресурс] // chipenable.ru – URL: <https://chipenable.ru/index.php/programming-avr/26-realizatsiya-menyu-na-tablitsah-teoriya-i-prakticheskiy-primer.html> (дата обращения: 21.03.2023). – Режим доступа: свободный.
4. CodeVisionAVR V3.51 Evaluation. [Электронный ресурс] // hpinfotech.ro – URL: <http://www.hpinfotech.ro/cvavr-download.html> (дата обращения 21.03.2023). – Режим доступа: свободный.
5. Лебедев М. Б. CodeVisionAVR: пособие для начинающих / М. Б. Лебедев – Москва : Додэка-XXI, 2008. - 592 с.

УДК 681.5

Баранов Юрий Евгеньевич, студент, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Baranov Yury Evgenyevich, student, Komsomolsk-na-Amure State University

Егоров Владислав Алексеевич, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры «Электропривод и автоматизация промышленных установок», Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Egorov Vladislav Alekseevich, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department "Electric Drive and Automation of Industrial Installations", Komsomolsk-na-Amure State University

ПРИМЕНЕНИЕ АЛФАВИТНО-ЦИФРОВОГО ИНДИКАТОРА ДЛЯ ОТОБРАЖЕНИЯ ИНФОРМАЦИИ В МИКРОКОНТРОЛЛЕРНОЙ СИСТЕМЕ

APPLICATION OF AN ALPHA-NUMERIC INDICATOR FOR DISPLAYING INFORMATION IN A MICROCONTROLLER SYSTEM

Аннотация. Описаны вопросы аппаратной и программной реализации системы отображения информации, для микроконтроллерной системы управления, при использовании жидкокристаллического алфавитно-цифрового индикатора с контроллером HD44780, однокристального микроконтроллера серии AVR и среды программирования «CodeVisionAVR C».

Abstract. The issues of hardware and software implementation of the information display system for a microcontroller control system are described when using a liquid crystal alphanumeric indicator with an HD44780 controller, a single-chip micro-controller of the AVR series and the CodeVisionAVR C programming environment.

Ключевые слова: система отображения информации, алфавитно-цифровой индикатор, микроконтроллер.

Key words: information display system, alphanumeric indicator, microcontroller.

Введение

Современные устройства, машины и механизмы, как правило, могут функционировать в нескольких режимах работы. Для предварительной настройки режимов работы таких устройств, их блоки управления, построенные, как правило на однокристальных микроконтроллерах, снабжаются системой отображения информации (СОИ). В самых простых устройствах используются цифровые семисегментные светодиодные индикаторы. Они могут отображать только цифры. В устройствах средней сложности, применяются алфавитно-цифровые жидкокристаллические индикаторы. Эти индикаторы могут отображать как цифры, так и буквы. В сложных и дорогих устройствах, применяются графические жидкокристаллические индикаторы, которые могут отображать цифры, буквы и графику.

Большое количество производителей выпускают перечисленные типы индикаторов. Причём, алфавитно-цифровые индикаторы, являются сложными изделиями электронной техники, содержащими встроенный управляющий микроконтроллер. Для алфавитно-цифровых индикаторов, стандартом по умолчанию является встроенный управляющий HD44780-совместимый микроконтроллер.

Основная часть

Прежде всего, алфавитно-цифровой индикатор необходимо подключить к микроконтроллеру разрабатываемой системы. Вариант схемы подключения индикатора показана на рисунке 1. Цоколёвка индикатора у разных производителей, как правило,

совпадает. Выводы индикатора имеют следующее назначение: VSS – земля; VDD – питание (+3 или +5 вольт); VEE – контрастность символов; RS – сброс контроллера; RW – считывание/запись данных; E – активация внутреннего контроллера; D7..D0 – шина для передачи отображаемых символов. Код символа восьмиразрядный. Его можно передавать по восьми линиям, или потетрадно, по четырём старшим линиям шины данных, за два обращения. Кроме того, реальный индикатор имеет линии питания светодиодной подсветки: 15 – Анод и 16 – Катод. Для нормальной работы индикатора, достаточно тока подсветки 50 миллиампер.

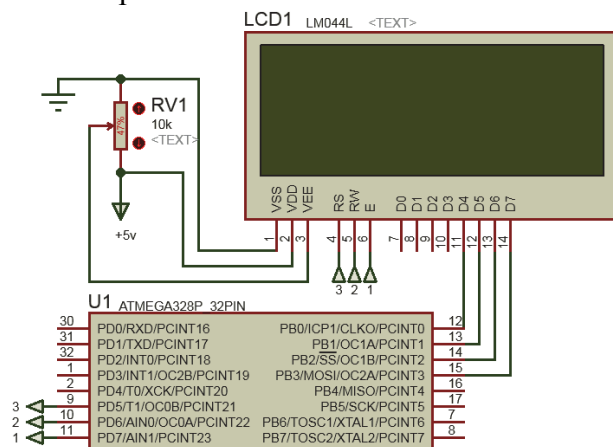


Рисунок 1 – Схема подключения индикатора к микроконтроллеру

Разработку программного обеспечения следует начинать с изучения порядка обмена данными с HD44780-совместимым микроконтроллером индикатора [1]. То есть, для вывода информации на индикатор необходимо организовать обмен между двумя микроконтроллерами управляющим и HD44780.

Задача по разработке программной части системы отображения информации существенно упрощается, при использовании среды программирования «CodeVisionAVR C» [3], имеющей необходимые встроенные библиотеки и программное обеспечение для автоматической конфигурации периферии управляющего микроконтроллера.

После создания проекта в среде «CodeVisionAVR C», для передачи информации о подключении индикатора к линиям портов микроконтроллера, в библиотеку alcd.lib, следует согласиться с запуском визарда. После чего, выполнить в нем настройки, приведенные на рисунке 2.

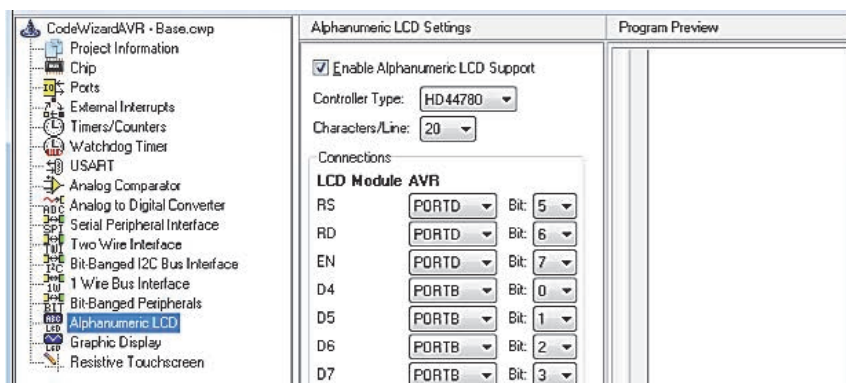


Рисунок 2 – Настройки визарда для работы с алфавитно-цифровым индикатором

Линии портов ввода/вывода микроконтроллера ATMEGA328p [2] [3], на рисунке 2, соответствуют схеме подключения индикатора к микроконтроллеру, изображённой на рисунке 1. В настройках так же заданы, тип контроллера индикатора (HD44780) и количество символов в строке (20).

```

10 #include <mega328p.h>
11 #include <alcd.h> // LCD функции
12 #include <stdio.h> // стандартные функции ввода/вывода
13 #include <delay.h> // функции задержки
14 // глобальные переменные
15 char lcd_data[20];
16 float data = 21.0;
17 void MC_Init(void); // функция инициализации периферии
18 void main(void) // главная функция
19 {
20     MC_Init(); // инициализация периферии
21     lcd_clear(); // очистка экрана
22     while (1)
23     {
24         //курсор в столбец 0, строки 0
25         lcd_gotoxy(0,0);
26         //сформировать строку lcd_data
27         sprintf(lcd_data,"DATA: %5.2f",data);
28         //Вывести на экран значение переменной data
29         lcd_puts(lcd_data);
30         delay_ms(200);
31     }
32 }

```

Рисунок 3 – Пример работы с алфавитно-цифровым индикатором

После генерации кода и перехода в текстовый редактор в программу автоматически будет включен головной файл:

```
#include <alcd.h> // Alphanumeric LCD functions
```

Для вывода вещественных переменных, следует так же включить опцию Project/Configure/C Compiler/(s)printf Features: float, width, precision.

В файле alcd.h описаны следующие основные функции для работы с HD44780-совместимым алфавитно-цифровым индикатором:

```
void lcd_init(unsigned char lcd_columns); // инициализация LCD контроллера
```

```
void lcd_clear(void); // очистка экрана
```

```
// установка курсора в позицию x=0..39 y=0..3
```

```
void lcd_gotoxy(unsigned char x, unsigned char y);
```

```
// запись строки str из ОЗУ на экран
```

```
void lcd_puts(char *str);
```

С использованием описанных функций составлен простейший пример [4], выводящий на алфавитно-цифровой жидкокристаллический индикатор, значение переменной data (рисунок 3).

Результаты работы, приведенного примера показаны на рисунке 4.

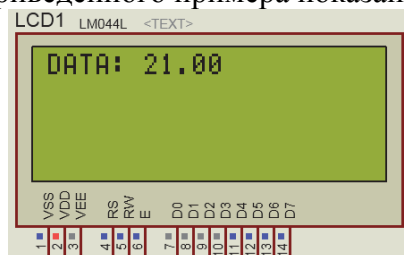


Рисунок 4 – Результат работы кода

Заключение

Результат работы приведенного выше кода, изображенный на рисунке 4, получен в результате моделирования микроконтроллерной системы с алфавитно-цифровым индикатором в программе Isis Proteus 8.9 SP0.

Полученные результаты демонстрируют работоспособность описанного решения по подключению алфавитно-цифрового индикатора, в микроконтроллерную систему управления технологическим оборудованием.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. HD44780 Datasheet. [Электронный ресурс]//alldatasheet.com – URL: <https://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/63673/HD44780> .html (дата обращения 19.03.2023). – Режим доступа: свободный.

2. Atmel-7810-Automotive-Microcontrollers-ATmega328P_Datasheet [Электронный ресурс] // microchip.com – URL: <https://ww1.microchip.com>

/downloads/en/DeviceDoc/Atmel-7810-Automotive-Microcontrollers-ATmega328P_Datasheet.pdf (дата обращения 10.03.2023). – Режим доступа: свободный.

3. Евстифеев А.В. Микроконтроллеры AVR семейства Mega. Руководство пользователя. – Москва : Издательский дом «Додэка-XXI», 2007. – 592с.

4. CodeVisionAVR V3.51 Evaluation. [Электронный ресурс] // hpinfotech.ro – URL: <http://www.hpinfotech.ro/cvavr-download.html> (дата обращения 15.03.2023). – Режим доступа: свободный.

5. Лебедев М. Б. CodeVisionAVR: пособие для начинающих / М. Б. Лебедев – Москва : Додэка-XXI, 2008. - 592 с.

УДК 681.5

Биримкулов Курманбек Кубанычбекович, студент Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Birimkulov Kurmanbek Kubanychbekovich, student, Komsomolsk-na-Amure State University

Егоров Владислав Алексеевич, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры «Электропривод и автоматизация промышленных установок», Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Egorov Vladislav Alekseevich, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department “Electric drive and automation of production plants”, Komsomolsk-na-Amure State University

РЕАЛИЗАЦИЯ РЕЛЕЙНОГО РЕГУЛЯТОРА ТЕМПЕРАТУРЫ НА ПРОМЫШЛЕННОМ КОНТРОЛЛЕРЕ ПЛК160

IMPLEMENTATION OF RELAY TEMPERATURE CONTROLLER ON INDUSTRIAL CONTROLLER PLC160

Аннотация. Описан проект реализации релейного регулятора температуры на основе промышленного контроллера. Приведена программная реализация регулятора. Выполнено тестирование работоспособности регулятора, с использованием программной модели объекта регулирования. Результаты тестирования регулятора показывают его работоспособность.

Abstract. A project for the implementation of a relay temperature controller based on an industrial controller is described. The software implementation of the controller is given. The performance testing of the regulator was carried out using the software model of the regulated object. The test results of the regulator shows its performance.

Ключевые слова: релейный регулятор температуры, промышленный контроллер, программная реализация.

Key words: relay temperature controller, industrial controller, software implementation.

Введение

Во многих сферах промышленности, сельского хозяйства и в быту, требуется поддерживать определённую температуру для процессов производства, либо для поддержания нормального функционирования узлов и устройств [1]. С этой задачей легко справляется простейший релейный терморегулятор. Область применения терморегулятора достаточно широка. Его можно использовать, например, в медицинском холодильнике для поддержания постоянной температуры хранения лекарств, либо в сельскохозяйственных погребах для управления температурой среды, дабы предотвратить порчу продуктов. Применение терморегулятора необходимо в инкубаторах, так как, отклонение температуры хотя бы на один два градуса ведёт к необратимым последствиям

и большим финансовым потерям. Так же, регулятор можно встроить в бойлер, для регулировки температуры воды. В промышленности терморегулятор может использоваться для регулирования температуры печей, для слежения за температурой двигателей и предотвращения их перегрева, так же может применяться для слежения за температурой в цехах производства и обеспечивать комфортную работу персонала.

Основная часть

Наиболее просто реализовать терморегулятор на основе недорогого промышленного контроллера с привлечением сопутствующей среды программирования [2], [3]. Например, ПЛК160, фирмы «Овен».

Код регулятора, оформленный в виде функционального блока, показан на рисунке 1.

```

0001 FUNCTION_BLOCK REL_REG
0002 VAR_INPUT
0003   t: REAL;
0004   Tz: REAL;
0005   deltaT: REAL;
0006 END_VAR
0007 VAR_OUTPUT
0008   TEN: BOOL;
0009 END_VAR
0001 IF t <= Tz-deltaT THEN TEN:=TRUE; END_IF
0002 IF t > Tz+deltaT THEN TEN:=FALSE; END_IF
  
```

Рисунок 1 – Код регулятора температуры на языке ST

На рисунке 1, использованы следующие обозначения: t – текущая температура объекта; Tz – заданная температура; ΔT – приращение температуры, задающее границы зоны стабилизации температуры; TEN - выходной сигнал регулятора.

Проверка работоспособности регулятора выполнялось на программной модели регулятор-объект регулирования, приведенной на рисунке 2.

При создании программной модели регулятор-объект регулирования, приведенной на рисунке 3, использованы следующие функциональные блоки: POW1 – силовой источник питания; CLOCK – счетчик времени цикла сканирования контроллера. Постоянная времени T_{obj} – характеризует тепловую инерцию нагреваемого объекта.

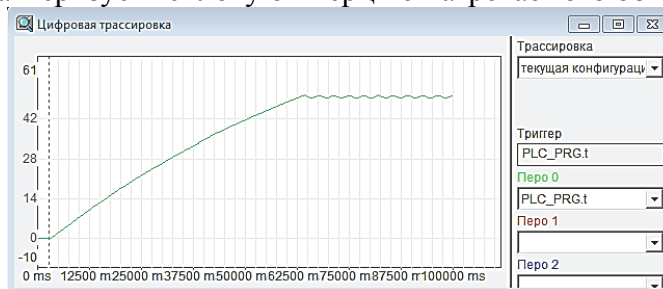


Рисунок 2 – Переходный процесс по температуре в замкнутом контуре регулирования, с релейным регулятором

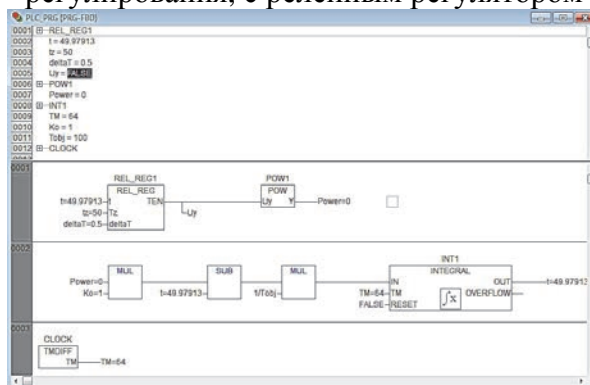


Рисунок 3 – Программная модель регулятор-объект

Результаты работы программной модели регулятор-объект представлены на рисунке 2.

Заключение

Из рисунка 2 видно, что установившаяся температура колеблется в зоне стабилизации релейного регулятора, с границами $50-0.5^{\circ}\text{C}$ и $50+0.5^{\circ}\text{C}$. Это соответствует, заданной в программе, температуре стабилизации $t_z = 50^{\circ}\text{C}$ и границам зоны стабилизации температуры $\Delta T = 0.5^{\circ}\text{C}$. Следовательно, описанный регулятор работоспособен.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Стабилизаторы температуры в бытовых устройствах. [Электронный ресурс] // martok.narod.ru – URL: <http://martok.narod.ru/bitov/termostab.htm> (дата обращения 11.03.2023). – Режим доступа: свободный.

2. Петров, И. В. Программируемые контроллеры. Стандартные языки и инструменты / Под ред. проф. В.П. Дьяконова – Москва : СОЛОН-Пресс, 2003. – 256 с.

3. Руководство пользователя по программированию ПЛК в CoDeSys V2.3. [Электронный ресурс] // owen.ru – URL: https://owen.ru/product/codesys_v2/documentation (дата обращения 11.03.2023). – Режим доступа: свободный.

УДК 534.014

Булов Серафим Андреевич, инженер 2 категории, АО «Цифра»

Bulov Serafim Andreevich, Engineer of the 2 category, JSC “CEPSA”

Смирнов Алексей Сергеевич, ассистент, Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, младший научный сотрудник, Институт проблем машиноведения Российской академии наук

Smirnov Alexey Sergeevich, Assistant Professor, Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, Junior Researcher, Institute of Problems of Mechanical Engineering of the Russian Academy of Sciences

КОЛЛИНЕАРНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ФОРМАМИ КОЛЕБАНИЙ ТРЕХЗВЕННОГО МАНИПУЛЯТОРА С ПЛАВНО ИЗМЕНЯЮЩИМСЯ КОЭФФИЦИЕНТОМ УСИЛЕНИЯ

COLLINEAR CONTROL OF THE OSCILLATION MODES OF A THREE-LINK MANIPULATOR WITH A SMOOTHLY VARYING GAIN

Аннотация. В работе обсуждается вопрос о возбуждении разгонных движений трехзвенного манипулятора по формам его колебаний. Для этой цели предлагается использовать коллинеарное управление с коэффициентом усиления, плавно понижающимся при приближении полной энергии к желаемому уровню. Показано, что в результате использования такого управления можно осуществить разгон системы по каждой из форм колебаний вплоть до достаточно больших амплитуд с переходом из линейной зоны в нелинейную и постепенным выходом на установившийся режим движения.

Abstract. The paper discusses the issue of excitation of overlocking movements of a three-link manipulator according to its oscillation modes. For this purpose, it is proposed to use a collinear control with a gain that smoothly decreases as the total energy approaches the desired level. It's shown that using such a control it is possible to overclock the system on each of the oscillation modes up to sufficiently large amplitudes with a transition from a linear to a nonlinear zone and a subsequent gradual exit to a steady-state mode of motion.

Ключевые слова: трехзвенный манипулятор, коллинеарное управление, переменное усиление.

Key words: three-link manipulator, collinear control, variable gain.

Введение

Вопросам управления движением трехзвенного манипулятора и его модификаций посвящен ряд статей, вышедших за последнее время [1-4]. Практически важной является задача о раскачивании такой системы в поле силы тяжести по формам ее колебаний, что позволяет получить наиболее выраженные резонансные режимы ее движения. Как известно, с этой задачей справляется коллинеарное управление, позволяющее передавать всю подводимую в систему энергию на возбуждение лишь одной формы колебаний [5]. При этом зачастую необходимо осуществить плавное выведение системы на режим движения с достаточно большим уровнем энергии, который целесообразно использовать на практике. В этой связи уместно варьировать коэффициент усиления, задавая его пропорциональным разности желаемого и текущего значения полной механической энергии [6].

Основной целью настоящей работы является демонстрация разгона трехзвенного манипулятора по каждой из форм колебаний с малых амплитуд при помощи коллинеарного управления с переменным усилением, что приводит к выходу на установившиеся колебания по нелинейной форме.

Основная часть

Рассмотрим трехзвенный математический маятник с одинаковыми длинами l звеньев и идентичными массами m концевых грузов. Математическая модель его движения под действием управляющих моментов в шарнирах, формируемых по принципу обратной связи при помощи коллинеарного управления, дана в работе [5], где коэффициент усиления был постоянным. В ней столбцу обобщенных координат $\varphi = [\varphi_1, \varphi_2, \varphi_3]^T$, в качестве которых приняты углы отклонения звеньев от вертикали, отвечает столбец обобщенных сил $Q = \gamma A(\varphi)\dot{\varphi}$, характеризующих управляющие воздействия, причем $A(\varphi)$ – матрица кинетической энергии, а γ – коэффициент усиления. Будем считать, что этот коэффициент задается в виде:

$$\gamma(\varphi, \dot{\varphi}) = \gamma_0 \frac{E_* - E}{mgl}, \quad (1)$$

где $\gamma_0 > 0$ – постоянная величина, $E = T + \Pi = E(\varphi, \dot{\varphi})$ – полная механическая энергия, составляющие которой T и Π определяются выражениями:

$$T = T(\varphi, \dot{\varphi}) = \frac{1}{2} ml^2 [3\dot{\varphi}_1^2 + 2\dot{\varphi}_2^2 + \dot{\varphi}_3^2 + 4 \cos(\varphi_2 - \varphi_1) \dot{\varphi}_1 \dot{\varphi}_2 + 2 \cos(\varphi_3 - \varphi_1) \dot{\varphi}_1 \dot{\varphi}_3 + 2 \cos(\varphi_3 - \varphi_2) \dot{\varphi}_2 \dot{\varphi}_3] = \frac{1}{2} \dot{\varphi}^T A(\varphi) \dot{\varphi}, \quad (2)$$

$$\Pi = \Pi(\varphi) = -mgl(3 \cos \varphi_1 + 2 \cos \varphi_2 + \cos \varphi_3), \quad (3)$$

а E_* – желаемый уровень энергии, который должен быть достигнут системой при ее выходе на установившееся движение. Отметим, что деление в (1) на mgl осуществляется из соображений удобства, чтобы γ и γ_0 имели одинаковую размерность. Выражение (1) показывает, что по мере нарастания энергии E и ее приближения к желаемому значению E_* коэффициент усиления будет постепенно снижаться до нуля. Это обстоятельство вместе с главным свойством коллинеарного управления – сохранением форм колебаний исходной консервативной модели – позволяет вывести данную трехстепенную механическую систему на режим колебаний с достаточно большим уровнем энергии. Сказанное означает, что управляющие воздействия, построенные на основе принципа коллинеарного управления, постепенно переводят линейную форму колебаний в нелинейную, причем последняя имеет намного более сложную структуру. Следует отметить также, что элементы столбца $Q = [Q_1, Q_2, Q_3]^T$ не являются управляющими моментами в шарнирах, т. к. в качестве обобщенных координат выбраны абсолютные углы отклонения звеньев, а не углы поворота в шарнирах, которые определяются выражениями: $\theta_1 = \varphi_1$, $\theta_2 = \varphi_2 - \varphi_1$ и $\theta_3 = \varphi_3 - \varphi_2$. Поэтому элементы столбца управляющих моментов $M = [M_1, M_2, M_3]^T$ согласно выражениям для элементарной работы $\delta'W = Q^T \delta\varphi = M^T \delta\theta$, где $\theta = [\theta_1, \theta_2, \theta_3]^T$, имеют вид: $M_1 = Q_1 + Q_2 + Q_3$, $M_2 = Q_2 + Q_3$ и $M_3 = Q_3$.

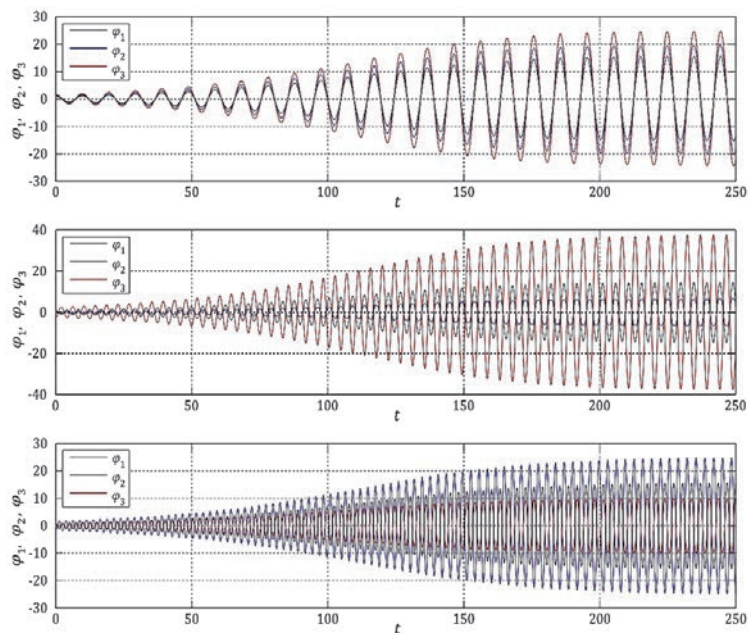


Рисунок 1 – Разгон трехзвенного манипулятора по каждой из форм колебаний с постепенным выходом на установившиеся режимы движения

Проведем далее численный эксперимент, опираясь на математическую модель управляемого движения трехзвенного манипулятора из работы [5] и модифицируя ее относительно коэффициента усиления с учетом сказанного выше. Положим начальные условия отвечающими поочередно каждой из трех форм малых колебаний, также найденных в [5], таким образом, чтобы во всех трех случаях начальный уровень энергии был одинаковым. Остается задать конкретные значения величин γ_0 и E_* в (1), после чего в результате численного интегрирования матричного уравнения движения можно получить зависимости абсолютных углов отклонения φ_1 , φ_2 и φ_3 от времени t при разгоне по каждой из форм колебаний (рисунок 1, причем все указанные углы для наглядности приведены в градусах).

Анализируя представленные графики, можно наблюдать ярко выраженный дрейф форм колебаний по мере постепенного перехода от линейной зоны к нелинейной с выходом на установившиеся движения для всех углов φ_1 , φ_2 и φ_3 , которые имеют периодический характер и отвечают уже нелинейным формам колебаний системы. Важно подчеркнуть, что в связи с переменностью коэффициента усиления процесс выведения системы на конечный режим имеет плавный характер, в отличие от той ситуации, которая была рассмотрена в работе [5] для случая ее разгона с постоянным коэффициентом усиления, где выход на установившиеся режимы происходил вследствие простого отключения коллинеарного управления. Наконец, отметим, что, несмотря на еще не сильно большие отклонения в установившихся режимах, характер движения системы по нелинейным формам оказывается весьма отличным от колебаний по линейным формам, которые имеют чисто гармоническую структуру, и в этом можно убедиться при более детальном рассмотрении графиков, приведенных на рисунке 1.

Заключение

Таким образом, посредством коллинеарного управления с переменным усилением можно осуществить разгон трехзвенного манипулятора по формам его колебаний в отдельности с их постепенным дрейфом из линейного варианта в нелинейный, и плавным выходом на установившиеся режимы движения, отвечающие колебаниям с заданным уровнем энергии. Полученные результаты имеют практическое применение в задачах, находящихся на стыке биомеханики и робототехники, поскольку трехзвенный манипулятор может имитировать конечности живых организмов.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Анохин, Н. В. Приведение многозвенного маятника в положение равновесия с помощью одного управляющего момента / Н. В. Анохин // Известия РАН. Теория и системы управления. – 2013. – № 5. – С. 44–53. – DOI: 10.7868/S0002338813040021. – EDN: RBUNXP.
2. Ананьевский, И. М. Управление трехзвенным перевернутым маятником в окрестности положения равновесия / И. М. Ананьевский // Прикладная математика и механика. – 2018. – Т. 82. – № 2. – С. 149–155. – EDN: ХМТВХН.
3. Glück, T. Swing-up control of a triple pendulum on a cart with experimental validation / T. Glück, A. Eder, A. Kugi // Automatica. – 2013. – Vol. 49. – No. 3. – Pp. 801–808. – DOI: 10.1016/j.automatica.2012.12.006.
4. Jibril, M. Comparison of a triple inverted pendulum stabilization using optimal control technique / M. Jibril, M. Tadese, E. A. Tadese // Report and Opinion. – 2020. – Iss. 12 (10). – Pp. 62–70. – DOI:10.7537/marsroj121020.10.
5. Булов, С. А. Управление формами колебаний трехзвенного маятника / С. А. Булов, А. С. Смирнов // Неделя науки ФизМех. Сборник статей Всероссийской научной конференции. – СПб., 04–09 апреля 2022 года. – СПб. : ПОЛИТЕХ-ПРЕСС, 2022. – С. 184–186. – EDN: UGWRVB.
6. Smirnov, A. S. Collinear control of oscillation modes of spatial double pendulum with variable gain / A. S. Smirnov, B. A. Smolnikov // Cybernetics and Physics. – 2021. – Vol. 10. – No. 2. – Pp. 90–96. – DOI: 10.35470/2226-4116-2021-10-2-88-96. – EDN: DBQMJF.

УДК 681.5

Григорец Роман Дмитриевич, студент, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Grigorets Roman Dmitrievich, student, Komsomolsk-na-Amure State University

Носаченко Родион Алексеевич, студент, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Nosachenko Rodion Alekseevich, student, Komsomolsk-na-Amure State University

Сухоруков Сергей Иванович, кандидат технических наук, доцент кафедры «Электропривод и автоматизация промышленных установок», Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Sukhorukov Sergei Ivanovich, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, Department “Electric Drives and Automation of Industrial Plants”, Komsomolsk-na-Amure State University

АЛГОРИТМ ОБРАБОТКИ СИГНАЛОВ ДАТЧИКОВ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА ПАРАМЕТРОВ ПЕРЕМЕЩЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННОГО РОБОТА

ALGORITHM FOR PROCESSING SENSOR SIGNALS OF THE INDUSTRIAL ROBOT MOVEMENT PARAMETERS MONITORING SYSTEM

Аннотация. В данной статье будет описана система мониторинга параметров перемещения промышленного робота. Так же разработан алгоритм обработки сигналов для датчика акселерометра. Будут предоставлены формулы для преобразования исходных параметров. Далее этот алгоритм будет опробован на экспериментальном образце, для проверки работоспособности.

Abstract. This article will describe a system for monitoring the parameters of the movement of an industrial robot. An algorithm for signal processing for the accelerometer sensor has also been developed. Formulas for converting the original parameters will be provided. Next, this algorithm will be tested on an experimental sample to test its operability.

Ключевые слова: датчик, промышленный робот, алгоритм, параметры перемещения, мониторинг.

Key words: sensor, industrial robot, algorithm, movement parameters, monitoring.

Введение

Промышленные роботы и робототехника в настоящее время очень востребованы и развиваются для использования в различных производственных задачах [1]. В некоторых сложных технологических процессах необходимо оперативно корректировать параметры функционирования внешнего технологического оборудования в соответствии с текущими параметрами перемещения инструмента робота. Системы управления роботами представляют собой законченные устройства с закрытыми алгоритмами, что ограничивает взаимодействие с ними [2]. Хотя система управления роботом рассчитывает эти параметры для своего собственного функционирования, закрытость системы не позволяет оперативно передавать данные на внешние устройства и системы.

В связи с этим требуется разработка системы мониторинга параметров движения инструмента. В данной работе будет разработан алгоритм обработки сигналов, получаемых с датчиков, такой системы.

Описание системы мониторинга параметров перемещения промышленного робота

Система состоит из датчиков, расположенных на инструменте робота или на его основании, и микроконтроллера, который осуществляет обработку сигналов с датчиков и расчет необходимых параметров перемещения инструмента робота [1]. В зависимости от выполняемых роботом технологических операций, может быть необходимо, осуществлять мониторинг следующих параметров:

- скорость перемещения инструмента в пространстве;
- проекции скорости на оси инструмента;
- ускорение перемещения инструмента;
- проекции ускорений на оси инструмента
- угловая скорость при вращении инструмента;
- угловое ускорение при вращении инструмента;
- углы поворота инструмента в пространстве.

Например, при реализации трехмерной печати на базе промышленного робота, наиболее важно определять мгновенные скорости и ускорения перемещения инструмента. В таком случае достаточно измерять с помощью датчиков только ускорения, определяя скорости расчетным способом. Для определения ускорений без непосредственной механической связи датчиков с началом системы координат, можно использовать акселерометры, устанавливаемые на инструменте и измеряющие ускорения по необходимым осям.

В ходе обзора имеющихся на рынке датчиков были выявлены модели, осуществляющие измерения одновременно по нескольким осям (двум или трем) [2]. Для дальнейшей реализации будет использоваться датчик 3-х осевой датчик MPU-6050 для уменьшения деталей конструкции. Обработать сигналы с датчика будет микроконтроллер ATmega328P с алгоритмом расчёта требуемых параметров [3].

Алгоритм обработки сигналов

Датчик MPU-6050 представляет собой модуль, который объединяет в себе гироскоп и акселерометр. Предназначен он для измерения угловой скорости, угла наклона и ускорения [4]. Сам датчик выдает сигналы, которые представляют собой цифровые

значения угловой скорости и ускорения вдоль трех измерительных направлений. Для получения требуемых параметров в понятных значениях необходимо обработать эти сигналы с помощью математических преобразований.

Значения ускорения вдоль измерительных осей обозначаются следующим образом:

- a_x – вдоль оси x ;
- a_y – вдоль оси y ;
- a_z – вдоль оси z .

Данные значения сперва требуется перевести в величины СИ по формуле (1), представляться они будут уже в ускорениях по осям в единицах g ($1 g = 9,8 \text{ м/с}^2$). Обозначатся эти значения будут соответственно acs , acy , acz .

$$acs = \frac{ax*2}{32768} \quad (1)$$

Так как датчик изначально выдаёт 16-битное знаковое значение в пределах $[-32768; 32767]$, разделив на 32768 получается значения в единицах g . Умножение на 2 увеличивает предел значений $[-2; 2]$. Далее методом интегрирования прямоугольником по формуле (2) вычисляем скорости v_x , v_y и v_z вдоль осей.

$$vx = vx + acx * 0.02 * 9.8 \quad (2)$$

Значение 0.02 короткий промежуток времени между считыванием ускорений, 9.8 перевод в м/с . Далее используя теорему Пифагора рассчитываются общие скорость v_o (3) и ускорение a_o (4) перемещения датчика. Только для расчёта ускорения необходимо учитывать значение вектора тяжести.

$$a_o = \sqrt{acs^2 + acy^2 + acz^2} - 1 \quad (3)$$

$$v_o = \sqrt{vx^2 + vy^2 + vz^2} \quad (4)$$

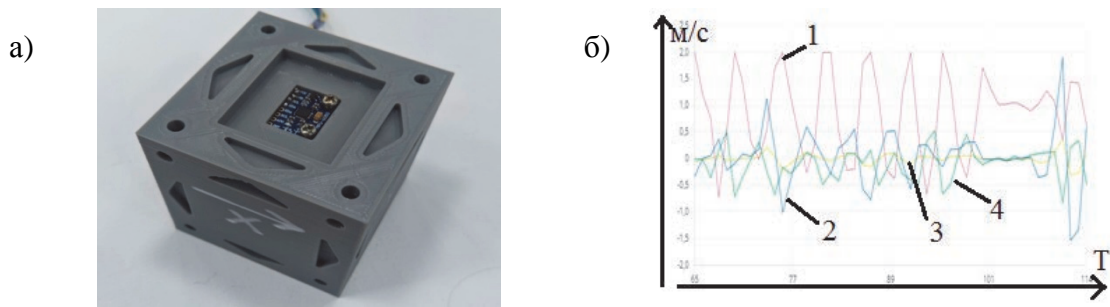
Блок-схема алгоритма приведена далее (рисунок 1).



Рисунок 1 – Блок-схема алгоритма обработки сигналов

Апробация алгоритма

Алгоритм был реализован в виде программного кода для микроконтроллера ATmega328P. Для проверки работоспособности был собран экспериментальный образец в виде небольшого кубика со встроенным в него датчиком MPU-6050 [5]. Измеренные и рассчитанные при перемещении кубика в пространстве величины выводятся соответственно в виде графиков. Внешний вид кубика и графики приведены далее (рисунок 2).



1 – график v_o , 2 – график v_z , 3 – график v_y , 4 – график v_x .
 Рисунок 2 – Внешний вид экспериментального образца (а) и графики выходных параметров перемещения (б)

Заключение

В рамках данной работы проведена разработка алгоритма обработки сигналов датчиков системы мониторинга параметров перемещения промышленного робота. Описана система мониторинга параметров перемещения промышленного робота. Выбран датчик для измерения параметров перемещения. Разработан алгоритм считывания и преобразования значений перемещения. Приведены формулы преобразований и расчётов параметров перемещения датчика. Работа алгоритма апробирована на экспериментальном образце. Были приведены графики параметров перемещения.

Благодарности. Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 22-79-00267, <https://rscf.ru/project/22-79-00267/>.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Булгаков, А. Г. Промышленные роботы. Кинематика, динамика, контроль и управление. Монография / А. Г. Булгаков, В. А. Воробьев. – Москва : СОЛОН-ПРЕСС, 2008. – 486 с. – ISBN 978-5-91359-013-8. – EDN RAZMMD.

2. Хусаинов, Р. Р. Разработка системы управления движением антропоморфной робототехнической платформы / Р. Р. Хусаинов, А. С. Климчик, Е. А. Магид // Интеллектуальные системы, управление и мехатроника - 2017 : Материалы III Всероссийской научно-технической конференции молодых ученых, аспирантов и студентов, Севастополь, 18–20 сентября 2017 года / Научный редактор А.Т. Барабанов. – Севастополь: Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования "Севастопольский государственный университет", 2017. – С. 161-165. – EDN ZOХТРD.

3. Микроэлектромеханические системы и датчики / М. Е. Калинкина, О. И. Пирожникова, В. Л. Ткалич, А. В. Комарова ; МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ, УНИВЕРСИТЕТ ИТМО. – Санкт-Петербург : Университет ИТМО, 2020. – 75 с. – EDN FZVХKZ.

4. Акселерометр и гироскоп MPU6050: первое включение на STM32 и исследование показаний в статике / В. А. Жмудь, К. А. Кузнецов, Н. О. Кондратьев [и др.] // Automation and Software Engineering. – 2018. – № 3(25). – С. 9-22. – EDN YALYRF.

5. 3-х осевой гироскоп и акселерометр GY-521 (MPU 6050) [Электронный ресурс] // 3diY shop – URL: <https://3d-diy.ru/wiki/arduino-datchiki/giroskop-i-akselerometr-gy521-mpu6050/> (дата обращения: 20.10.2022). – Режим доступа: свободный.

УДК 65.011.56

Демидов Иван Алексеевич, студент, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Demidov Ivan Alekseevich, student, Komsomolsk-na-Amure State University

Лямин Михаил Андреевич, магистрант, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Liamin Mikhail, master student, Komsomolsk-na-Amure State University

Сухоруков Сергей Иванович, кандидат технических наук, доцент кафедры «Электропривод и автоматизация промышленных установок», Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Sukhorukov Sergei Ivanovich, candidate of technical sciences, associate professor of the department «Electric drive and automation of industrial installations», Komsomolsk-na-Amure State University

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ КАМЕРЫ, УСТАНОВЛЕННОЙ НА ЗАХВАТЕ ПРОМЫШЛЕННОГО РОБОТА

AUTOMATED POSITIONING SYSTEM OF THE CAMERA MOUNTED ON THE CAPTURE OF AN INDUSTRIAL ROBOT

Аннотация. В данной работе приведено обоснование необходимости использования видеокамеры, установленной на захват коллаборативного робота, описана необходимость наличия поворотного механизма, подобраны исполнительные устройства системы, разработаны схемы подключения компонентов автоматизированной системы позиционирования камеры.

Abstract. This paper provides a justification for the need to use a video camera mounted on the capture of a collaborative robot, describes the need for a rotary mechanism, selects the system's actuators, and develops wiring diagrams for components of an automated camera positioning system.

Ключевые слова: коллаборативный робот, камера, автоматизированная система, сервопривод.

Key words: collaborative robot, camera, automated system, servo drive.

Введение

Коллаборативные роботы сегодня – это автоматические устройства, которые предназначены для совместной работы с человеком при производстве различных продуктов. На коллаборативном роботе в некоторых ситуациях необходима реализация смены инструмента. При этом, так как работа идет совместно с человеком, то инструмент может занимать произвольное положение в пространстве относительно робота. Для определения положения инструмента предлагается на захват установить камеру, по результатам распознавания изображения с которой можно определять положение инструмента, а также корректировать положение рабочей точки инструмента относительно заготовки [1, 2, 5].

Описание системы

Так как камера расположена близко к инструменту (непосредственно на захвате), очевидно, что у нее углов обзора заведомо не хватает для того, чтобы нормально снимать в двух областях сразу (перед захватом, и в том месте, где находится рабочая точка инструмента). По этой причине была поставлена задача разработать систему, обеспечивающую поворот камеры для ее перевода между разными ракурсами, и так как инструменты могут быть разными (вылет инструмента может быть разным), необходимо регулирование перемещения установки позиции в пределах от 0 до 90 градусов [4].

Для этой задачи была разработана система, функциональная схема которой представлена на рисунке 1.

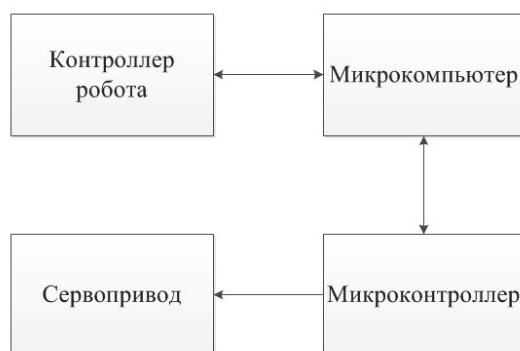


Рисунок 1 – Функциональная схема

В качестве микрокомпьютера была использована Nvidia Jetson Nano, так как на нем осуществляется обработка видеосигнала и распознавание изображения. На схеме так же видно, что к микрокомпьютеру подключен микроконтроллер (подключенный по интерфейсу I2C), который формирует управляющие сигналы для сервопривода, к которому он и подключен, и осуществляет непосредственно поворот.

В качестве микроконтроллера был использован Atmega328P. Это выбор был обусловлен тем, чтобы не занимать отдельный поток работы процессора микрокомпьютера Nvidia Jetson Nano на расчет управления сервоприводом, так как на микрокомпьютере и так достаточно высокая вычислительная нагрузка из-за необходимости обработки видео и расчета координат [3].

Ниже, на рисунке 2, представлена принципиальная схема подключения оборудования системы.

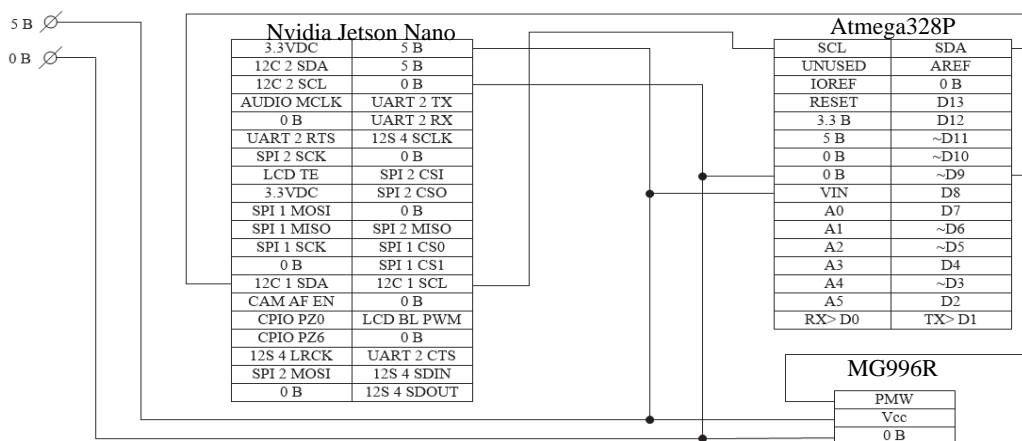


Рисунок 2 – Принципиальная схема

Для представленной системы были разработаны алгоритм передачи команд на поворот сервопривода камеры для микрокомпьютера и алгоритм формирования управляющих ШИМ-сигналов сервопривода для микрокомпьютера.

Заключение

В результате, была получена система позиционирования камеры, установленной на захвате промышленного робота. Данная система позволяет позиционировать камеру на различные углы относительно захвата и инструмента, что позволяет более точно и подробно оценивать положение сменного инструмента относительно робота и обрабатываемой заготовки.

Благодарности

Работа выполнена при поддержке Российского научного фонда № 22-71-10093 «Разработка и синтез перспективных мультимодальных адаптивных алгоритмов и методов управления поведением коллаборативных робототехнических систем с учетом нестандартных ситуаций и экстремальных условий в недетерминированной среде».

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. KUKA Roboter GmbH Operating and Programming Instructions for System Integrators: Augsburg, Pub KUKA Sunrise.OS 1.11 SI (PDF) en 2016.
2. Safeea M., Neto P. Users manual: KUKA Sunrise Toolbox. doi: 10.13140/RG.2.2.13313.56167.
3. Jetson Nano Возможности современного ИИ для миллионов устройств: сайт NVIDIA Corporation. [Электронный ресурс]. Дата обновления: январь 2023. URL: <https://www.nvidia.com/ru-ru/autonomous-machines/embedded-systems/jetson-nano/product-development/> (дата обращения: 20.03.2023).
4. IMU Calibration Tool for Intel® RealSense™ Depth Camera: сайт Intel Corporation. [Электронный ресурс]. Дата обновления: июль 2020. URL: <https://dev.intelrealsense.com/docs/imu-calibration-tool-for-intel-realsense-depth-camera> (дата обращения: 20.03.2023).
5. Анандан Т.М. Роботы и люди: безопасное сотрудничество // Control Engineering Россия. 2017. вып. 6(72) С. 46-49.

УДК 681.51

Дербенёв Александр Александрович, студент, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Derbenyov Alexander Alexandrovich, student, Komsomolsk-na-Amure State University

Горькавый Александр Иванович, кандидат технических наук, доцент, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Gorkavyu Alexander Ivanovich, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, Komsomolsk-na-Amure State University

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ МЕТОДОВ НАСТРОЙКИ РЕГУЛЯТОРОВ МЕХАТРОННЫХ МОДУЛЕЙ В СОСТАВЕ МНОГОКАНАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ

EVALUATION OF THE EFFICIENCY OF THE METHODS OF SETTING THE REGULATORS OF MECHATRONIC MODULES AS A PART OF A MULTICHANNEL SYSTEM

Аннотация. В работе представлен сравнительный анализ эффективности модального и оптимального подходов при синтезе регуляторов многоканальной системы управления манипуляционным механизмом в условиях обеспечения заданной траекторной точности и энергоэффективности. Исследования эффективности модальных и оптимальных регуляторов производились на имитационном стенде обеспечивающим сложные пространственные перемещения рабочего органа манипуляционной системы.

Abstract. This article presents a comparative analysis of the effectiveness of the modal and conventional approaches in the synthesis of controllers for a multichannel control system for a manipulation mechanism under the conditions of the required trajectory demand and energy efficiency. Studies of fashionable efficiency and optimal regulators were carried out on a simulation stand with an increase in the severity of switching the working organ manual system.

Ключевые слова: оптимальность, модальность, энергоэффективность, точность, промышленный робот.

Key words: optimality, modality, energy efficiency, accuracy, industrial robot.

Введение

Робототехнические комплексы (РТК), промышленные роботы (ПР) и отдельные манипуляционные механизмы являются основой нижнего уровня автоматизиро-

ванных систем управления технологическими процессами (АСУТП), где сигналом управления (аналоговые или цифровые) преобразуются мехатронными модулями в соответствующие перемещения исполнительных механизмов.

Качественные показатели работы мехатронных модулей во многом определяют эффективность функционирования ПР и РТК в составе АСУТП.

ПР являются совокупностью мехатронных модулей, которые формируют многоканальную систему управления траекторией перемещения рабочего органа. Повышение быстродействия, точности; понижение энергопотребления мехатронных модулей в процессе выполнения технологических операций определяют производительность, энергоэффективность РТК и качество выпускаемой продукции.

Целью работы является оценка эффективности настроек регуляторов состояния (модальных и оптимальных) мехатронных модулей в процессе траекторных перемещений манипуляционного механизма.

Основная часть

В работе оценка эффективности проводилась на базе разработанного имитационного стенда [2], оценивающего эффективность функционирования мехатронных модулей в составе манипуляционной системы с регуляторами по полному вектору состояния – модальными [1, 3], оптимальными [4].

Полученные результаты позволяют выбирать наиболее приемлемые настройки регуляторов в мехатронных модулях в зависимости от технологических требований и условий функционирования ПР в составе РТК.

Цифровой стенд (рисунок 1) имитирующий движения многоканальной (трёхканальной) системы управления, а именно – манипуляционные движения ПР, работающего в цилиндрической системе координат, включает в себя следующие функциональные блоки: блок формирования (БФ) траектории в декартовой системе координат (x, y, z), блок преобразования декартовой системы координат в цилиндрическую (ДвП) (r, φ, z), 3 мехатронных модуля (выдвижения (ММВ), поворота (ММП2), подъёма (ММП1)) с набором настраиваемых регуляторов состояния, блок преобразования цилиндрических координат в декартовые (ПвД) с последующей визуализацией движения рабочего органа.

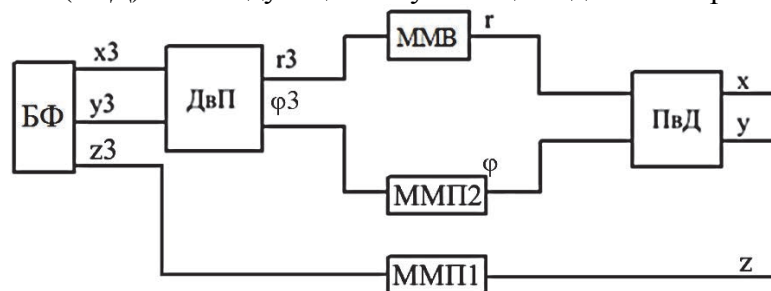


Рисунок 1 – Функциональная блок-схема стенда

Все три мехатронных модуля сформированы по схеме, представленной на рисунке 2 для ММП2 в соответствии с [5].

Регуляторы состояния рассчитывались на принципах модального управления (модальные регуляторы) и на принципах оптимального управления (оптимальные регуляторы). Исследование эффективности настроек регуляторов состояния, рассчитанных различными методами, осуществлялось в имитационном режиме на предложенном стенде при обходе рабочим органом различных траекторий. В работе представлены конкретные результаты исследования и оценки обхода траектории (рисунок 3), представляющей, например, технологическую операцию фрезерования.

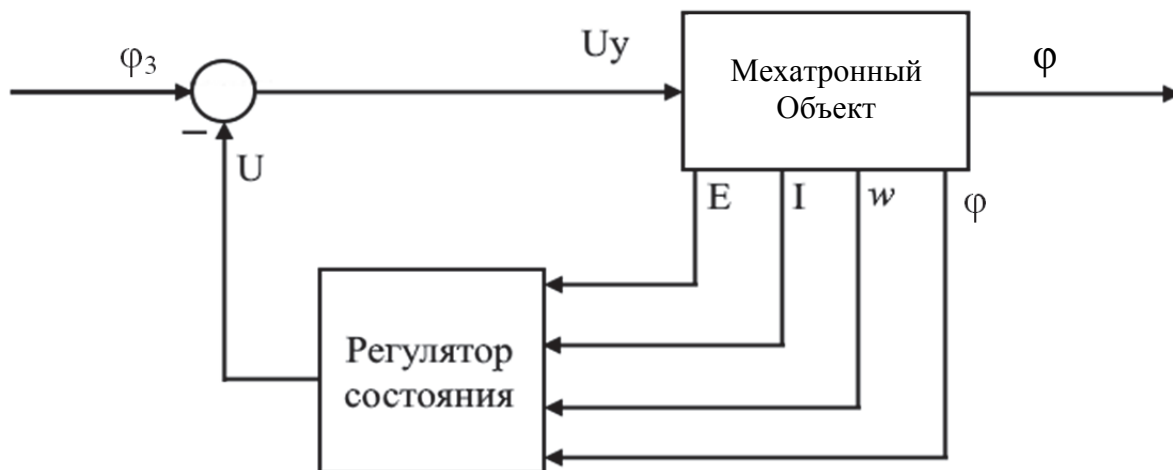


Рисунок 2 – Схема мехатронного модуля

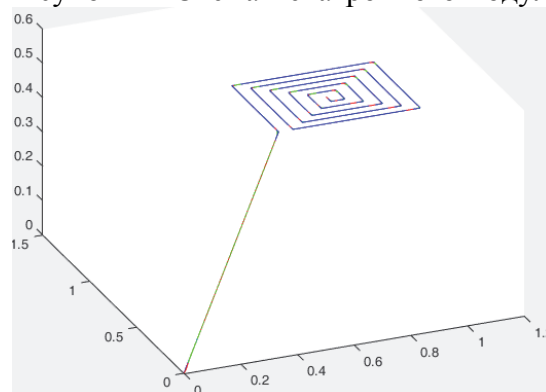


Рисунок 3 – Обход траектории робота рабочим органом

Точность обхода траектории оценивалось интегральной ошибкой отклонения траектории движения рабочего органа от заданного. Интегральные ошибки при модальном и оптимальном регуляторе практически совпадают. Потери энергии манипуляционной системы при оптимальном регуляторе на 6,4 % меньше, что позволяет сделать вывод о меньшем энергопотреблении, а, значит, о более высокой энергоэффективности мехатронных модулей с оптимальными настройками.

Заключение

Проведённые исследования и полученные сравнительные оценки регуляторов показали потенциальную возможность повышения энергоэффективности роботизированных систем за счёт оптимизации движения перемещения переменных состояния мехатронных систем, что достигается соответствующим выбором весовых коэффициентов в функционале качества. Дальнейшие исследования показали, что полученные цифры снижения энергопотребления не являются предельными. Применения оптимально-адаптивных регуляторов позволяет помимо придания мехатронным модулям адаптивных свойств повысить их энергоэффективность.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Горькавый, А. И. Математические основы элементов, систем и процессов управления : Учебное пособие / А. И. Горькавый, М. А. Горькавый ; . – Комсомольск-на-Амуре : ФГБОУ ВО «КнАГТУ», 2016. – 68 с. – ISBN 978-5-7765-1199-8. – EDN YQBDKY.

2. Горькавый, А. И. Разработка и исследование оптимальной по траекторной точности манипуляционной системы / А. И. Горькавый, А. А. Дербенев // Производственные технологии будущего: от создания к внедрению : Материалы VI Международной научно-практической конференции молодых ученых. В 2-х частях, Комсомольск-на-Амуре, 05–11

декабря 2022 года / Редколлегия: С.И. Сухоруков (отв. ред.) [и др.]. Том Часть 1. – Комсомольск-на-Амуре: Комсомольский-на-Амуре государственный университет, 2023. – С. 18-20. – EDN WVFHVA.

3. Квакернаак, Х. Линейные оптимальные системы управления / Х. Квакернаак, Р. Сиван; Пер. с англ. В. А. Васильева, Ю. А. Николаева; Предисл. Б. Н. Петрова. – Москва : Мир, 1977. – 650 с.

4. Кузовков, Н. Т. Модальное управление и наблюдающие устройства / Н. Т. Кузовков. – Москва : Машиностроение, 1976. – 184 с.

5. Терехов, В. М. Системы управления электроприводов : учебник для студентов высших учебных заведений, обучающихся по специальности 140604 "Электропривод и автоматика промышленных установок и технологических комплексов" направления подготовки дипломированных специалистов 340600 "Электротехника, электромеханика и электротехнологии" / В. М. Терехов ; В. М. Терехов, О. И. Осипов ; под ред. В. М. Терехова. – 3-е изд., стер.. – Москва : Академия, 2008. – (Высшее профессиональное образование. Электротехника). – ISBN 978-5-7695-5257-1. – EDN QMKEST.

УДК 004.896

Духнов Николай Николаевич, магистрант, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Dukhnov Nikolay Nikolaevich, graduate student, Komsomolsk-na-Amure State University

Черный Сергей Петрович, кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой «Электропривода и автоматизации промышленных установок», Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Cherny Sergey Petrovich – Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Electric Drive and Safety of Industrial Installations, Komsomolsk-na-Amure State University

АНАЛИЗ МНОГОКАСКАДНЫХ НЕЧЕТКИХ РЕГУЛЯТОРОВ В СИСТЕМАХ УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОПРИВОДОМ ПОСТОЯННОГО ТОКА В ШИРОКОМ ДИАПАЗОНЕ РЕГУЛИРОВАНИЯ

ANALYSIS OF MULTISTAGE FUZZY CONTROLLERS IN CONTROL SYSTEMS OF A CONSTANT CURRENT ELECTRIC DRIVE IN A WIDE RANGE OF REGULATION

Аннотация. В работе представлен синтез нечетких логических регуляторов с использованием совокупности механизмов выводов. Приведены параметры настройки многокаскадного нечеткого логического регулятора и сравнительный анализ классической системы с нечеткой многокаскадной системой регулирования.

Abstract. The paper presents the synthesis of fuzzy logic controllers using various output algorithms. The parameters of the multi-stage fuzzy logic controller settings and a comparative analysis of the classical two-zone control system with a fuzzy multi-stage control system are presented.

Ключевые слова: многокаскадный логический регулятор, нечеткое моделирование, нечеткий регулятор.

Key words: multistage logic controller, fuzzy modeling, fuzzy controller.

Введение

Современные электроприводы являются ключевыми компонентами в автоматизации производственных процессов и сфере транспорта. Их эффективность и точность работы во многом определяют производительность и качество выпускаемой продук-

ции. Одним из наиболее распространенных типов электроприводов является электропривод постоянного тока.

Однако, для обеспечения оптимальной работы электропривода необходимо использование соответствующих систем управления. В связи с этим, разработка и анализ многокаскадных нечетких систем управления электроприводом постоянного тока в широком диапазоне регулирования является актуальной проблемой на современном этапе.

Одной из основных задач разработки систем управления электроприводами является обеспечение высокой точности и стабильности работы при различных условиях эксплуатации. При этом, электроприводы постоянного тока имеют широкий диапазон регулирования, что усложняет процесс управления и требует применения сложных алгоритмов управления.

Основная часть

В настоящее время, для управления электроприводами постоянного тока широко применяются нечеткие системы управления, которые позволяют учитывать неопределенность и нечеткость входных данных. Многокаскадные нечеткие системы управления электроприводами постоянного тока имеют большую гибкость и адаптивность, что позволяет обеспечивать высокую точность управления при различных условиях эксплуатации.

Разработка математической модели многокаскадной нечеткой системы управления электроприводом постоянного тока является важным этапом в исследовании данной проблемы. Она позволяет описать поведение системы управления и ее характеристики при различных входных данных. Анализ характеристик системы управления в широком диапазоне регулирования позволяет оптимизировать ее работу и достичь максимальной эффективности [1].

Кроме того, существует множество направлений развития нечетких систем управления, одним из которых является принцип многокаскадности [2]. Многокаскадность позволяет распределить задачу по составлению продукционной базы знаний, снизить сложность блоков фаззификации и дефаззификации, а также позволяет расширить информационные и интеллектуальные возможности систем автоматического регулирования. Внешний каскад нечеткого регулятора выступает в роли экспертной системы для управления регуляторами во внутреннем каскаде.

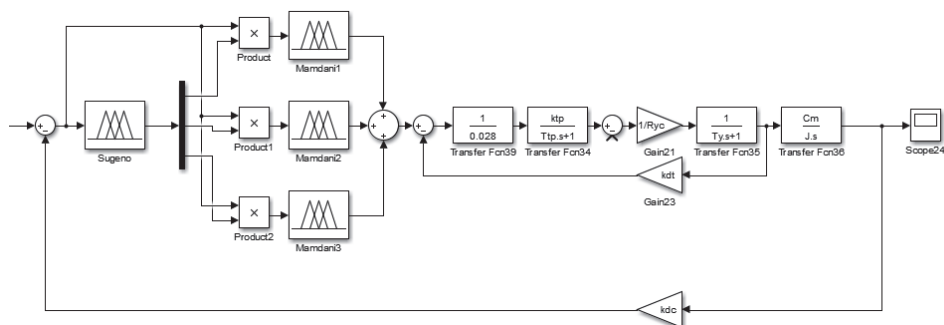


Рисунок 1 – Структурная схема системы управления с двухкаскадным нечетким логическим регулятором

Нечеткий регулятор во внешнем каскаде с алгоритмом логического вывода Сугено производит сбор и первичную обработку входных данных, далее формирует управляющие воздействия для регуляторов, которые находятся во внутреннем каскаде. В зависимости от величины входного сигнала будет задействован один из трех нечетких регуляторов второго каскада.

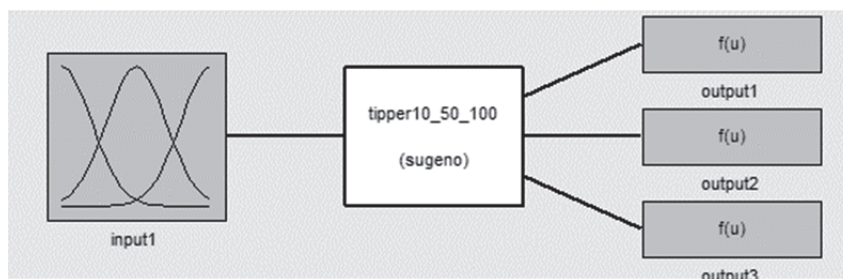


Рисунок 2 – Функциональная схема нечеткого логического регулятора алгоритмом вывода Сугено

Регуляторы во внутреннем каскаде представляют собой простейшие нечеткие регуляторы на базе логического вывода Мамдани формализация выходных переменных которых выполняется лингвистическими переменными $output1$, $output2$, $output3$. Основным назначением структуры второго каскада является конкретизация сформированного управляющего воздействия первого каскада.

Многокаскадный регулятор на своем входе имеет единственную лингвистическую переменную $input1$. Пять аппроксимированных функций принадлежности нечетких переменных треугольного вида равномерно распределены по области определения базового терм-множества лингвистических переменных [3-5].

Базовое терм-множество – T входных лингвистических переменных, состоит из следующего набора элементов элементов:

$$T = \{mf1, mf2, mf3, mf4, mf5\} \quad (1)$$

где $mf1$ – нулевое значение; $mf2$ – минимальное значение; $mf3$ – среднее значение; $mf4$ – большое значение; $mf5$ – максимальное значение;

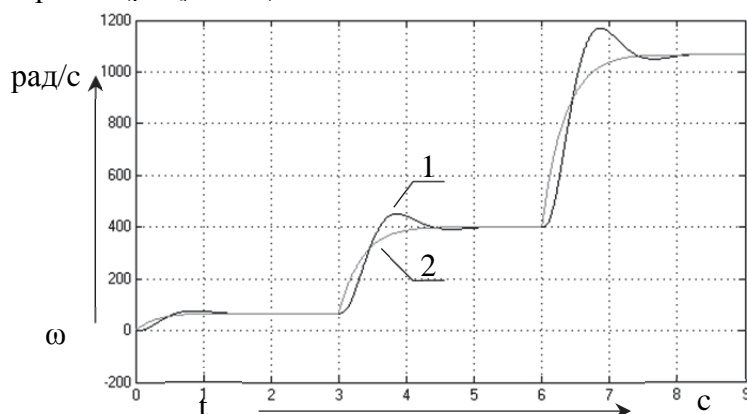
База знаний регулятора первого каскада состоит из трех продукционных правил вида:

1. Если «входное напряжение» есть $mf1$, то $Output1 = 1$, $Output2 = 0$, $Output3 = 0$;
2. Если «входное напряжение» есть $mf2$, то $Output1 = 0$, $Output2 = 1$, $Output3 = 0$;
3. Если «входное напряжение» есть $mf3$, то $Output1 = 0$, $Output2 = 0$, $Output3 = 1$;

База знаний для каждого регулятора Сугено, расположенных во втором каскаде, будет состоять из пяти правил вида:

1. Если «ошибка по скорости» есть $mf1$, то «выходное напряжение» есть $mf1$;

Проследим динамические характеристики систем управления с различными регуляторами скорости (рисунок 3).



1 – классическая система; 2 – двухкаскадная нечеткая система управления.

Рисунок 3 – Динамические характеристики систем управления электроприводом постоянного тока

Заключение

Полученные в результате моделирования характеристики переходных процессов системы с нечетким многокаскадным логическим регулятором обладают более высо-

кими показателями по быстрдействию и существенным снижением перерегулирования относительно классических систем управления, использующих ПИД-закон, что позволяет утверждать о повышении качества динамических свойств системы в целом.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Стельмашук, С. В. Синтез следящего электропривода с контуром скорости, настроенного на модульный оптимум / С. В. Стельмашук, В. А. Бунаков // Ученые записки Комсомольского-на-Амуре государственного технического университета. – 2016. – Т. 1, № 4(28). – С. 54-62. – EDN XEBNIP.
2. Нечеткое управление в системе регулирования позиционных электроприводов стержневой установки / В. А. Соловьев, Н. Е. Дерюжкова, А. Х. Чжо, В. В. Тетерин // Научно-технический вестник Поволжья. – 2019. – № 5. – С. 77-80. – EDN PZRNMU.
3. Леоненков, А. Нечеткое моделирование в средах MATLAB и fuzzyTECH / А. Леоненков. – Санкт-Петербург : БХВ-Петербург, 2010. – 736 с. – ISBN 978-5-94157-087-4. – EDN SDPPIF.
4. Нечеткое управление в системе регулирования позиционных электроприводов стержневой установки / В. А. Соловьев, Н. Е. Дерюжкова, А. Х. Чжо, В. В. Тетерин // Научно-технический вестник Поволжья. – 2019. – № 5. – С. 77-80. – EDN PZRNMU.
5. Analysis of approaches to modelling the fuzzy control systems with extension of their functional capabilities / S. P. Cherniy, V. I. Susdorf, A. V. Buzikaeva, V. N. Khrulkov // . – 2021. – No. 31. – P. 4. – DOI 10.4108/eai.13-7-2018.165496. – EDN RVZZPA.

УДК 681.5

Едич Максим Андреевич, студент, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Edich Maksim Andreevich, student, Komsomolsk-na-Amure State University

Егоров Владислав Алексеевич, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры «Электропривод и автоматизация промышленных установок», Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Egorov Vladislav Alekseevich, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department "Electric Drive and Automation of Industrial Installations", Komsomolsk-na-Amure State University

РЕАЛИЗАЦИЯ ЧАСОВ РЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ НА ОСНОВЕ МИКРОСХЕМЫ КАЛЕНДАРЯ DS1307

REAL TIME CLOCK IMPLEMENTATION BASED ON DS1307 CALENDAR CHIP

Аннотация. Описаны аппаратные и программные аспекты реализации часов реального времени, для микроконтроллерной системы управления, при использовании микросхемы-календаря DS1307, однокристального микроконтроллера серии AVR и среды программирования «CodeVisionAVR C».

Abstract. The hardware and software aspects of the implementation of a real-time clock for a microcontroller control system are described using the DS1307 calendar chip, an AVR series single-chip microcontroller and the CodeVisionAVR C programming environment.

Ключевые слова: часы реального времени, микросхема DS1307, микроконтроллер, среда программирования «CodeVisionAVR C».

Key words: real time clock, DS1307 chip, microcontroller, CodeVisionAVR C programming environment.

Введение

Любой промышленный контроллер имеет часы реального времени (RTC). Блок RTC позволяет реализовать управление технологическим процессом или объектом с привязкой к реальному времени. Однако, самый недорогой промышленный контроллер стоит десятки тысяч рублей. Снизить бюджет проекта по автоматизации, для неотвечественных объектов или при бытовом применении, в десятки раз, можно, реализовав систему управления на однокристальном микроконтроллере.

Для реализации блока RTC в системе на однокристальном микроконтроллере, как правило, используют микромощную интегральную микросхему-календарь. Микросхема DS1307 является именно таким устройством.

Основная часть

Микросхема DS1307 предназначена для счета времени, то есть - секунд, минут, часов, дней недели, чисел, месяцев и лет. Схема подключения DS1307 к микроконтроллеру [1], показана на рисунке 1. Для обмена данными, микросхема использует интерфейс I2C, причем может работать на шине только как подчиненное устройство с адресом 1101000x.

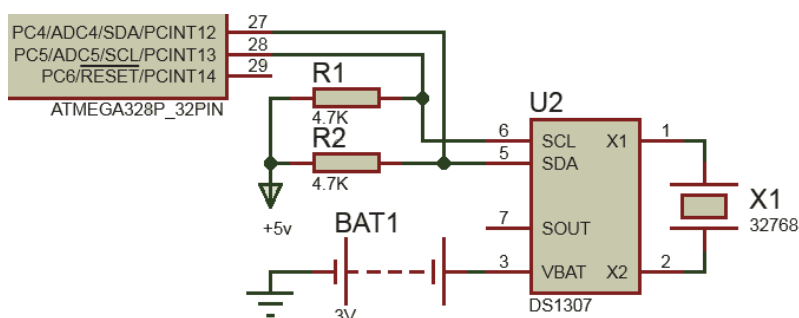


Рисунок 1 – Схема подключения DS1307 к микроконтроллеру

Информация о дате и времени, хранится во внутренних регистрах микросхемы [1], формат и адресация которых приведены на рисунке 2. Таким образом, взаимодействие микроконтроллера с микросхемой-календарём заключается в его обращении по шине I2C к подчиненному устройству с адресом 1101000x, и последующей записи/считывания содержимого регистров DS1307, по указанным в таблице 1 адресам. При этом, бит адреса устройства x=0, задает операцию записи, а x=1 – считывание данных в микроконтроллер.

ADDRESS	BIT 7	BIT 6	BIT 5	BIT 4	BIT 3	BIT 2	BIT 1	BIT 0	FUNCTION	RANGE
00h	CH	10 Seconds		Seconds			Seconds		Seconds	00–59
01h	0	10 Minutes		Minutes			Minutes		Minutes	00–59
02h	0	12	10 Hour	10 Hour	Hours			Hours	1–12 +AM/PM	
		24	PM/AM							
03h	0	0	0	0	DAY			Day	01–07	
04h	0	0	10 Date		Date			Date	Date	01–31
05h	0	0	0	10 Month	Month			Month	Month	01–12
06h	10 Year			Year			Year		Year	00–99
07h	OUT	0	0	SQWE	0	0	RS1	RS0	Control	—

Рисунок 2 – Формат и адресация регистров микросхемы DS1307

Разработка программного обеспечения для обмена по шине I2C на низком уровне, требует знания порядка обмена по шине и формата регистров интерфейса TWI микроконтроллера [2] с одной стороны и является трудоемким – с другой. Поэтому, для упрощения решения задачи, следует воспользоваться профессиональной средой разработки, имеющей соответствующие библиотеки и визарды. В качестве такого инструмента, воспользуемся средой «CodeVisionAVR C» [3].

После создания проекта в среде «CodeVisionAVR C», для настройки интерфейса TWI микроконтроллера и подключения библиотеки ds1307.lib, следует согласиться с запуском визарда. После чего, выполнить в нем настройки, приведенные на рисунке 3.

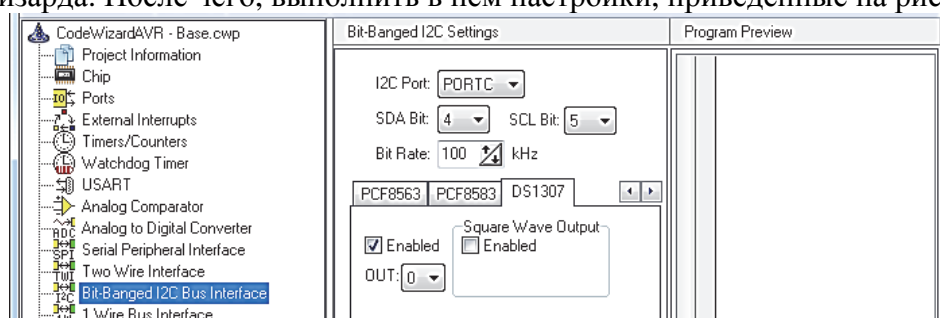


Рисунок 3 – Настройки визарда для работы с микросхемой DS1307

При настройке параметров в окне Bit Banged I2C Settings (рисунок 3), следует задать линии порта, соответствующие линиям SDA и SCL интерфейса I2C и выбрать закладку с микросхемой DS1307.

После генерации кода и перехода в текстовый редактор в программу автоматически будут включены следующие головные файлы:

```
#include <i2c.h> // I2C Bus functions
#include <ds1307.h> // DS1307 Real Time Clock functions.
```

В файле ds1307.h описаны следующие основные функции для работы с часами по интерфейсу I2C:

```
rtc_init(0,0,0); // инициализация регистра x07
rtc_set_date(week_day,day,month,year); //записать дату
rtc_set_time(hour,min1,sec); //записать время
rtc_get_date(&week_day,&day,&month,&year); //считать дату
rtc_get_time(&hour,&min1,&sec); //считать Время
```

С использованием описанных функций составлен простейший пример [4], читающий содержимое регистров микросхемы и отображающий их содержимое на алфавитно-цифровой жидкокристаллический индикатор (рисунок 4).

```
#include <mega328p.h>
#include <i2c.h> // I2C функции
#include <ds1307.h> // DS1307 RTC функции
#include <alcd.h> // LCD функции
#include <stdio.h> // стандартные функции ввода/вывода
#include <delay.h> // функция задержки

// глобальные переменные
char lcd_data0[20];
char lcd_data1[20];
unsigned char week_day,day,month,year;
unsigned char hour,min1,sec;

void MC_Init(void); // функция инициализации периферии

void main(void) // главная функция
{
    MC_Init(); // инициализация периферии
    lcd_clear(); // очистка экрана
    while (1) // бесконечный цикл
    {
        rtc_get_date(&week_day,&day,&month,&year); //считать дату
        rtc_get_time(&hour,&min1,&sec); //считать время
        // Запись в буфер значения даты
        sprintf(lcd_data0,"Date: %02i:%02i:%02i ",_day,_month,_year);
        // Запись в буфер значения времени
        sprintf(lcd_data1,"Time: %02i:%02i:%02i ",_hour,_min1,_sec);
        lcd_gotoxy(0,0);
        lcd_puts(lcd_data0); //Выводим на экран текущую дату
        lcd_gotoxy(0,1);
        lcd_puts(lcd_data1); //Выводим на экран текущее время
        delay_ms(200);
    }
}
```

Рисунок 4 – Пример кода для работы с микросхемой DS1307
Результаты работы, приведенного примера показаны на рисунке 5.



Рисунок 5 – Результат работы кода

Заключение

Результат работы приведенного выше кода, изображенный на рисунке 5, получен в результате моделирования микроконтроллерной системы с часами реального времени DS1307 в программе Isis Proteus 8.9 SP0.

Полученные результаты демонстрируют работоспособность описанного решения для реализации часов реального времени, в микроконтроллерной системе управления технологическим оборудованием.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. DS1307 Datasheet. [Электронный ресурс] // alldatasheet.com – URL: <https://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/226599/MAXIM/DS1307.html> (дата обращения 10.03.2023). – Режим доступа: свободный.
2. Atmel-7810-Automotive-Microcontrollers-ATmega328P_Datasheet [Электронный ресурс] // microchip.com – URL: https://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/Atmel-7810-Automotive-Microcontrollers-ATmega328P_Datasheet.pdf (дата обращения 10.03.2023). – Режим доступа: свободный.
3. CodeVisionAVR V3.51 Evaluation. [Электронный ресурс] // hpinfotech.ro – URL: <http://www.hpinfotech.ro/cvavr-download.html> (дата обращения 15.03.2023). – Режим доступа: свободный.
4. Лебедев, М. Б. CodeVisionAVR / М. Б. Лебедев. – 2-е изд., испр. – Москва : , 2010. – 592 с. – ISBN 978-5-94120-248-5. – Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/41006> (дата обращения: 13.05.2023). – Режим доступа: для авториз. пользователей.

УДК 004.896

Емельянов Кирилл Андреевич, аспирант, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Emelyanov Kirill Andreevich, postgraduate of Komsomolsk-na-Amure State University

Черный Сергей Петрович, кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой «Электропривод и автоматизация промышленных установок», Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Cherniy Sergey Petrovich, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, Head of Department “Electric drive and automation of industrial plants”, Komsomolsk-na-Amure State University

РАЗВИТЫЕ НЕЧЕТКИЕ СИСТЕМЫ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ОБЪЕКТАМИ С РАСПРЕДЕЛЕННОЙ СТРУКТУРОЙ

ADVANCED FUZZY SYSTEMS FOR MANAGING OBJECTS WITH A DISTRIBUTED STRUCTURE

Аннотация. В рамках данной работы были рассмотрены основные характеристики и возможности развитых нечетких систем управления сложными распределенными объектами. Описаны особенности, процессы и функционал таких систем. Приведены воз-

можные сферы применения, достоинства и недостатки. Также рассмотрены нюансы, возникающие в физической реализации.

Abstract. Within the framework of this work, the main characteristics and capabilities of advanced fuzzy control systems for complex distributed objects were considered. The features, processes and functionality of such systems are described. Possible fields of application, advantages and disadvantages are given. The nuances arising in the physical implementation are also considered.

Ключевые слова: распределённые системы управления, нечеткая логика.

Key words: distributed control systems, fuzzy logic.

Введение

Развитие интеллектуальных систем для управления объектами с распределенной структурой является одним из важных направлений в научных и технических исследованиях в области информационных технологий и автоматизации производственных процессов [3]. Распределенные системы используются для управления многими объектами, такими как производственные участки, энергетические сети, транспортные системы и т.д. Применение интеллектуальных систем позволяет улучшить эффективность управления такими объектами, уменьшить затраты на обслуживание и повысить оперативность реагирования на изменения условий работы. Интеллектуальные системы для управления распределенными объектами обладают несколькими особенностями, которые делают их более эффективными и удобными в использовании. Одна из таких особенностей – это возможность адаптации к изменяющимся условиям работы объектов. Интеллектуальные системы способны анализировать информацию о состоянии объектов и принимать соответствующие решения, основываясь на этой информации. Это позволяет сокращать количество ошибок, связанных с управлением объектами, и повышать качество работы системы [2]. Еще одной особенностью интеллектуальных систем является возможность управления объектами с различными уровнями сложности. Например, системы могут использоваться для управления разнообразными производственными процессами – от простых линий сборки до сложных автоматизированных производственных линий. Это позволяет организациям адаптировать систему к своим потребностям и обеспечить более эффективное управление объектами.

Основная часть

Одним из примеров применения интеллектуальных систем для управления распределенными объектами является система управления транспортным потоком. Такая система может автоматически регулировать поток транспортных средств на дорогах и в определенной мере уменьшать количество аварий. Также система может анализировать данные о состоянии дорог и использовать эту информацию для принятия решений о маршруте движения транспортных средств. Таким образом, развитие интеллектуальных систем для управления распределенными объектами является важным направлением в развитии информационных технологий и автоматизации производственных процессов. Их применение может значительно повысить эффективность управления объектами и уменьшить затраты на обслуживание и эксплуатацию. Для разработки интеллектуальных систем управления объектами с распределенной структурой может применяться широкий спектр технологий и методов, таких как нейронные сети, генетические алгоритмы, экспертные системы, fuzzy-логика, методы оптимизации и т.д. Важным аспектом разработки таких систем является учет специфики объектов и задач управления, а также адаптивность и гибкость системы в процессе ее работы [4]. Распределенные системы управления имеют сложную структуру, которая включает в себя множество устройств, аппаратов и программных компонентов. Каждый компонент системы обладает своей собственной функциональностью и может быть расположен в различных местах. Для управления объектами в распределенных системах используются различные алгоритмы и методы, которые должны быть оптимальными с точки зрения производительности и надежности. Интеллектуальные системы для управления распределенными объектами основаны на использовании методов искусственного ин-

теллекта, обработки изображений, анализа данных, оптимизации процессов и других современных технологий. Они позволяют анализировать большие объемы данных о работе объектов, выделять зависимости и закономерности в их работе, определять неисправности и прогнозировать их возникновение. Таким образом, интеллектуальные системы обеспечивают целостный и эффективный подход к управлению распределенными объектами [5]. Для обеспечения работы интеллектуальных систем на объектах с распределенной структурой необходима высокоскоростная связь между компонентами системы. Для этого применяются технологии сетевой связи, такие как Ethernet, Wi-Fi, Bluetooth, и др. [1]. Благодаря этому системы могут обмениваться данными в режиме реального времени, что обеспечивает высокую скорость реакции на изменения в работе объектов. Одним из примеров применения интеллектуальных систем для управления распределенными объектами является сфера энергетики [6]. Распределенные энергетические сети являются сложными объектами, которые включают в себя множество источников энергии, потребителей и промежуточных элементов. Для управления такими объектами используются интеллектуальные системы, которые позволяют управлять энергетическими потоками с учетом их распределения и наличия резервных источников. Еще одним примером применения интеллектуальных систем является автоматизированное управление транспортными потоками. Распределенные системы управления транспортной инфраструктурой с помощью интеллектуальных систем могут оптимизировать движение транспорта на основе анализа потока, прогноза трафика и динамического управления светофорами, что позволяет сократить пробки и повысить эффективность работы транспорта. Также интеллектуальные системы могут быть использованы для управления производственными процессами на различных уровнях. Например, системы управления многократным использованием ресурсов могут увеличить эффективность использования энергии и сырья [7]. Системы мониторинга могут обеспечивать раннее обнаружение неисправностей и предсказание снижения производительности оборудования. Интеллектуальные системы должны быть способны обеспечить адаптацию к новым условиям и быстрое внедрение изменений для эффективного управления объектами.

Заключение

Таким образом, разработка интеллектуальных систем для управления объектами с распределенной структурой является актуальным и важным направлением в современной информационной технологии и автоматизации производственных процессов. Применение интеллектуальных систем позволяет эффективно управлять распределенными объектами, сокращать затраты на обслуживание и повышать оперативность реагирования на изменения условий работы. Однако для успешного внедрения интеллектуальных систем необходимо решить множество технологических и организационных задач.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Хрульков, В. Н. Особенности реализации нечетких алгоритмов управления на базе программируемых логических контроллеров / В. Н. Хрульков, С. П. Черный // Ученые записки Комсомольского-на-Амуре государственного технического университета. – 2022. – № 1(57). – С. 52-62. – DOI 10.17084/20764359-2022-57-52. – EDN OCPYLO.
2. Моделирование интеллектуальной системы управления с двухзонным регулированием скорости / С. П. Черный, А. В. Бузикаева, С. В. Послов, Н. Н. Духнов // Производственные технологии будущего: от создания к внедрению : Материалы V Международной научно-практической конференции, Комсомольск-на-Амуре, 06–11 декабря 2021 года / Редколлегия: С.И. Сухоруков (отв. ред.), А.С. Гудим, Н.Н. Любушкина. – Комсомольск-на-Амуре: Комсомольский-на-Амуре государственный университет, 2022. – С. 103-106. – EDN HYDMGL.
3. Один из подходов к моделированию двухкаскадной нечеткой системы управления электроприводом постоянного тока с двухзонным регулированием скорости / С. П. Черный, В. А. Соловьев, А. В. Бузикаева, С. И. Сухоруков // Электротехнические си-

стемы и комплексы. – 2022. – № 2(55). – С. 32-39. – DOI 10.18503/2311-8318-2022-2(55)-32-39. – EDN HJOQPK.

4. Тимофеев, А. К. Возможные направления развития и повышения интеллектуальных свойств нечетких систем / А. К. Тимофеев, И. В. Сотников, С. П. Черный // Производственные технологии будущего: от создания к внедрению : Материалы V Международной научно-практической конференции, Комсомольск-на-Амуре, 06–11 декабря 2021 года / Редколлегия: С.И. Сухоруков (отв. ред.), А.С. Гудим, Н.Н. Любушкина. – Комсомольск-на-Амуре: Комсомольский-на-Амуре государственный университет, 2022. – С. 98-100. – EDN WWADHT.

5. Analysis of approaches to modelling the fuzzy control systems with extension of their functional capabilities / S. P. Cherniy, V. I. Susdorf, A. V. Buzikaeva, V. N. Khrulkov // . – 2021. – No. 31. – P. 4. – DOI 10.4108/eai.13-7-2018.165496. – EDN RVZZPA.

6. Интеллектуальная система управления технологическим процессом пиролиза древесины / А. В. Бузикаева, С. Б. Ковылин, А. С. Зенченко, С. П. Черный // Молодежь и наука: актуальные проблемы фундаментальных и прикладных исследований : Материалы V Всероссийской национальной научной конференции молодых учёных. В 4-х частях, Комсомольск-на-Амуре, 11–15 апреля 2022 года / Редколлегия: А.В. Космынин (отв. ред.) [и др.]. Том Часть 1. – Комсомольск-на-Амуре: Комсомольский-на-Амуре государственный университет, 2022. – С. 11-13. – EDN HАCUMQ.

7. Геращенко, В. В. Применение технологии дискретно-событийного моделирования для задач оптимизации в химическом производстве / В. В. Геращенко, Д. О. Савельев // Молодежь и наука: актуальные проблемы фундаментальных и прикладных исследований : Материалы V Всероссийской национальной научной конференции молодых учёных. В 4-х частях, Комсомольск-на-Амуре, 11–15 апреля 2022 года / Редколлегия: А.В. Космынин (отв. ред.) [и др.]. Том Часть 1. – Комсомольск-на-Амуре: Комсомольский-на-Амуре государственный университет, 2022. – С. 13-15. – EDN JUYEVA.

УДК 004.942, 681.5.017

Клопов Андрей Николаевич, студент, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Klopov Andrey Nikolaevich, student, Komsomolsk-na-Amure State University

Савельев Дмитрий Олегович, старший преподаватель, руководитель Центра робототехники Ресурсного центра Технопарка, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Savelyev Dmitriy Olegovich, senior lecturer, Head of the Center for Robotics of the Resource center of Technopark, Komsomolsk-na-Amure State University

Гудим Александр Сергеевич, кандидат технических наук, доцент, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Gudim Aleksandr Sergeevich, candidate of technical sciences, associate professor, Komsomolsk-na-Amure State University

КОМПЕНСАЦИЯ НЕЛИНЕЙНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ СКОРОСТИ ДВИГАТЕЛЯ МЕХАНИЗМА ПОДАЧИ

COMPENSATION OF NON-LINEAR ELEMENTS OF THE MOTOR SPEED CONTROL SYSTEM

Аннотация. В представленной статье рассматривается способ интеграции нечеткого логического регулятора в виде компенсатора нелинейных элементов, присущих системам автоматического управления. Рассмотрена система автоматического регулирования, содержащая в своем составе сопутствующий нелинейный элемент на примере системы автоматического регулирования скорости двигателя механизма подачи.

Abstract. In the presented article the way of integration of fuzzy logic regulator as a compensator of nonlinear elements, inherent in automatic control systems, is considered. Considered the system of automatic control, containing in its composition a supposing nonlinear element by the example of the system of automatic speed control of the feeder mechanism motor.

Ключевые слова: системы автоматического управления, компенсация нелинейных элементов.

Key words: automatic control systems, compensation for nonlinear elements.

Введение

В настоящее время в различных сферах и отраслях производства в связи с увеличением вычислительных мощностей, все чаще начинают применяться интеллектуальные системы управления [1]. Такой подход позволяет использовать адаптивные законы регулирования при отсутствии полной информации об объекте управления. Одной из областей применения таких систем являются системы автоматического управления электроприводами. Однако назначение применения нечетких систем также может отличаться. В данной статье описывается компенсация нелинейных элементов систем автоматического управления (далее САУ) посредством нечеткого логического регулятора. Такой способ предполагает нивелирование сопутствующих нелинейностей, присутствующих в системах или объектах посредством подачи корректирующего сигнала в обратный или прямой канал с подачей его на вход или выход подсистемы, содержащей нелинейный элемент [2,3].

Актуальностью данной работы является применение описанного способа компенсации нелинейных элементов систем автоматического управления на имитационной модели электропривода подачи.

Основная часть

Основываясь на данных и выводах, полученных ранее, в ходе апробации на математических моделях систем автоматического управления в данной статье описывается применение нечеткого логического регулятора в виде компенсатора негативных воздействий нелинейностей [4,5]. Так в качестве нелинейности выбрана зона нечувствительности. Таким нелинейным элементов может обладать, например, двигатель постоянного тока (далее ДПТ). Если на валу ДПТ имеется нагрузка, то при малых значениях напряжения, якорь двигателя не может быть приведён во вращение. Так на рассматриваемой модели, нелинейный элемент преимущественно находится в редукторе электропривода подачи. Имитационная модель системы автоматического регулирования (далее САУ) скорости механизма подачи представлена на рисунке 1.

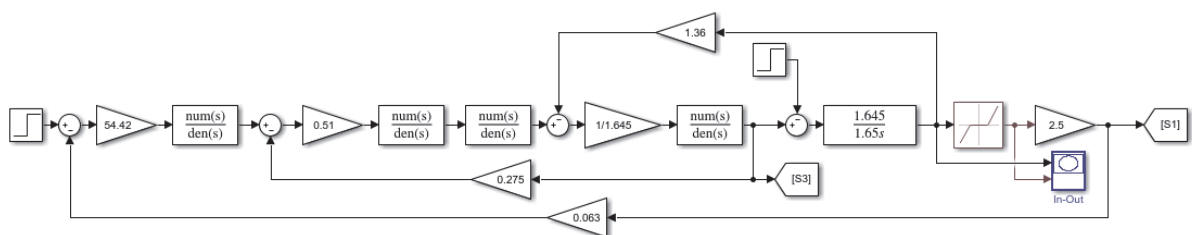


Рисунок 1 – Имитационная модель объекта управления

Для реализации имитационной модели, имеющей в своем составе нечеткий логический регулятор, был выбран один из возможных способов компенсации сопутствующих нелинейных элементов САУ введением компенсирующей прямой связи с нечетким логическим регулятором с подачей сигнала коррекции на выход нелинейного элемента. Таким образом, имитационная модель объекта управления с нечетким логическим регулятором представлена на рисунке 2.

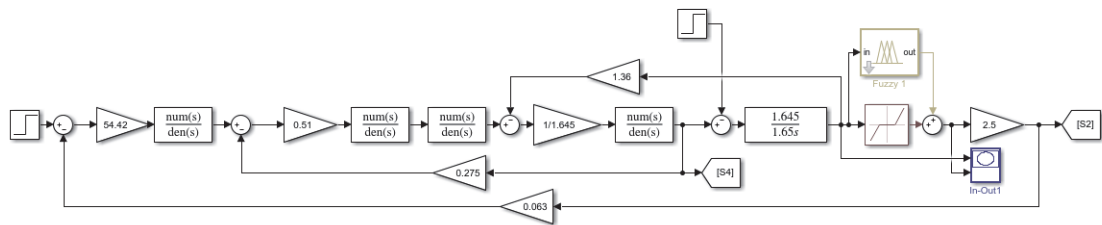


Рисунок 2 – Имитационная модель объекта управления с нечетким логическим регулятором

В результате моделирования были получены переходные характеристики по скорости и току, представленные на рисунках 3 и 4 соответственно. Согласно рисунку 3, для исходной системы, частота вращения двигателя механизма подачи выходит на уровень $\omega = 31,78 \text{ с}^{-1}$, а перерегулирование составило $\sigma = 91,97\%$. При интеграции в систему нечеткого логического регулятора для компенсации нелинейных элементов, частота вращения механизма подачи выходит на уровень $\omega = 31,78 \text{ с}^{-1}$, а перерегулирование составило $\sigma = 59,1\%$, что на порядок ниже исходной системы.

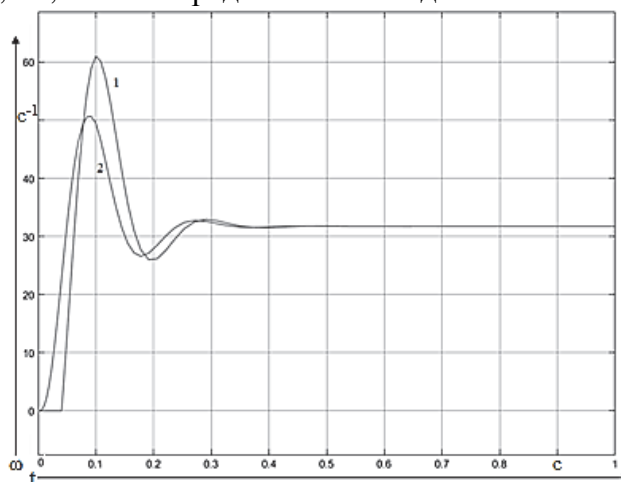


Рисунок 3 – График изменения скорости механизма подачи (1 – исходная система; 2 – система с нечетким логическим регулятором)

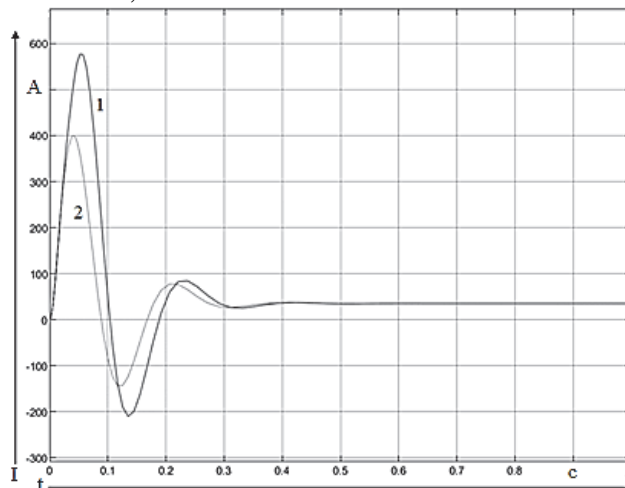


Рисунок 4 – График изменения тока якоря двигателя механизма подачи (1 – исходная система; 2 – система с нечетким логическим регулятором)

Из рисунка 4 видно, что ток якоря двигателя механизма подачи в исходной превышает ток в скорректированной системе.

Заключение

Применение нечеткого логического регулятора в качестве компенсатора, позволяет уменьшить негативное влияние сопутствующих нелинейных элементов САУ, таких как зона нечувствительности, присущих системам управления электроприводами

[6-8]. Применение такого подхода в САР скорости механизма подачи позволяет уменьшить перерегулирование и энергию, затрачиваемую на разгон двигателя. Использование такого способа компенсации сопутствующих нелинейных элементов САУ позволяет повысить качество управления, посредством полного нивелирования негативных воздействий.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Savelyev, D. O. Application of Fuzzy Multi-Cascade Control during Modeling of Universal Non-Linearity Compensator / D. O. Savelyev, A. S. Gudim, S. P. Cherny // 2019 International Multi-Conference on Industrial Engineering and Modern Technologies, FarEastCon 2019, Vladivostok, 01–04 октября 2019 года. – Vladivostok: Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., 2019. – P. 8933905. – DOI 10.1109/FarEastCon.2019.8933905. – EDN EHJIOB.

2. Savelyev, D. O. Stabilizing the transients in the objects and systems controlling the compensation of nonlinear ACS (Automatic Control System) elements / D. O. Savelyev, A. S. Gudim, D. B. Solovlev // 2019 International Science and Technology Conference "EastConf", EastConf 2019, Vladivostok, 01–02 марта 2019 года. – Vladivostok, 2019. – P. 8725324. – DOI 10.1109/Eastconf.2019.8725324. – EDN LTRLHU.

3. Способ компенсации статических нелинейностей с использованием мягких вычислений / Д. О. Савельев, А. С. Гудим, С. П. Черный, С. И. Сухоруков // Электротехнические комплексы и системы управления. – 2015. – № 1. – С. 35-42. – EDN TSONQJ.

4. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2023614481 Российская Федерация. Программный комплекс автоматической настройки нечеткого логического регулятора для компенсации нелинейных элементов : № 2023613121 : заявл. 16.02.2023 : опублик. 02.03.2023 / Д. О. Савельев, А. С. Гудим, Е. М. Муравьев ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Комсомольский-на-Амуре государственный университет». – EDN ICJXXB.

5. Савельев, Д. О. Повышение точности компенсации нелинейных элементов систем управления / Д. О. Савельев, С. П. Черный, В. А. Соловьев // Известия высших учебных заведений. Приборостроение. – 2020. – Т. 63, № 3. – С. 213-221. – DOI 10.17586/0021-3454-2020-63-3-213-221. – EDN LTMDTP.

6. Cherny, S. P. Another approach to enhancement of fuzzy controller intellectual capabilities / S. P. Cherny, V. A. Solovyev // 2017 International Conference on Industrial Engineering, Applications and Manufacturing, ICIEAM 2017 - Proceedings : electronic edition, Chelyabinsk, 16–19 мая 2017 года. – Chelyabinsk: Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., 2017. – P. 8076154. – DOI 10.1109/ICIEAM.2017.8076154. – EDN XXTENF.

7. Savelyev, D. O. Software Fuzzy Logic Compensator of Nonlinear Elements of Automatic Control System / D. O. Savelyev, A. S. Gudim // 2018 International Multi-Conference on Industrial Engineering and Modern Technologies, FarEastCon 2018, Vladivostok, 03–04 октября 2018 года. – Vladivostok: Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., 2018. – P. 8602829. – DOI 10.1109/FarEastCon.2018.8602829. – EDN YARZBH.

8. Improving the Functioning of the Cybernetic Control System of the Mechatronic Module of the Robotic Complex / A. I. Gorkavyu, M. A. Gorkavyu, M. A. Melnichenko, A. V. Berkh // Informatics and Cybernetics in Intelligent Systems. Proceedings of 10th Computer Science On-line Conference 2021, Vol. 3 : Proceedings of 10th Computer Science On-line Conference, online, 21 апреля – 02 2021 года. – online, 2021. – P. 702-709. – DOI 10.1007/978-3-030-77448-6_67. – EDN JEADBS.

УДК 62-523

Копысов Александр Владимирович, студент, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Kopysov Aleksandr Vladimirovich, student, Komsomolsk-na-Amure State University

Стельмашук Сергей Валерьевич, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры «Электропривод и автоматизация промышленных установок», Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Stelmashchuk Sergey Valerevich, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department "Electric drive and automation of production plants", Komsomolsk-na-Amure State University

ДВУХДВИГАТЕЛЬНЫЙ ЭЛЕКТРОПРИВОД С ЖЁСТКОЙ МЕХАНИЧЕСКОЙ ЧАСТЬЮ В РЕЖИМЕ «ВЕДУЩИЙ-ВЕДОМЫЙ»

TWO-MOTOR ELECTRIC DRIVE WITH RIGID MECHANICAL PART IN THE "MASTER-SLAVE" MODE

Аннотация. В статье приведены структурная схема и передаточная функция двухдвигательного электропривода с жёсткой механической частью с управлением по принципу «ведущий-ведомый». Привод как объект управления является одномерным, что позволяет использовать передаточную функцию для решения задач синтеза системы регулирования скорости.

Abstract. The article presents a block diagram and transfer function of a two-motor electric drive with a rigid mechanical part controlled by the "master-slave" principle. The drive as a control object is one-dimensional, which makes it possible to use the transfer function to solve the problems of the synthesis of the speed control system.

Ключевые слова: структурная схема, передаточная функция, коррекция.

Key words: block diagram, transfer function, correction.

Введение

Для многодвигательных электроприводов с идентичными двигателями, жестко связанных общим механическим валом, существует задача равномерного распределения нагрузки между двигателями. Решение этой задачи во многом зависит от способа соединения силовых частей двигателей. Параллельное и последовательное соединение двигателей являются наиболее часто используемые в промышленности. Хотя условия, при которых реализуются эти способы соединения, требуют общего достаточно мощного преобразователя напряжения или частоты. Возникает некоторый парадокс: многодвигательный привод необходим для массогабаритного распределения мощностей вокруг рабочего органа, но это не относится к силовому преобразователю, он должен быть один, и размещен в одном месте. Для полного массогабаритного распределения мощного привода необходимо независимое соединение двигателей со своими преобразователями. Но тогда возникают трудности с управлением отдельными приводами, имеющими свои силовые цепи, но связанных общим механическим валом.

Основная часть

Режим работы по принципу «ведущий-ведомый» заключается в управлении одним двигателем (ведущий), а управление остальными двигателями (ведомые) должно подстраиваться так чтобы момент нагрузки на рабочем органе равномерно распределялся между двигателями. Рассматриваемый электропривод представлен на рисунке 1.

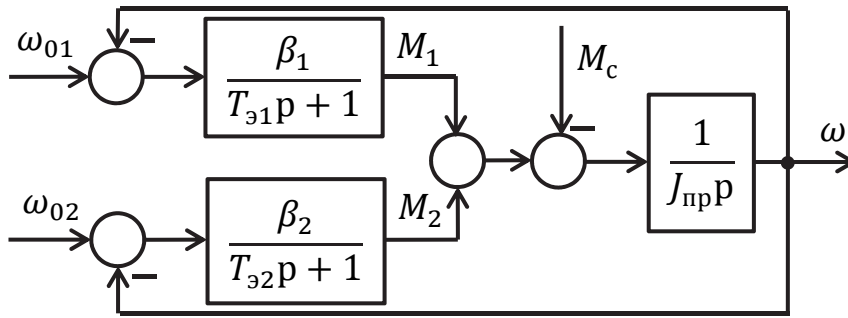


Рисунок 1 – Двухдвигательный привод с жёсткой механической частью

Примем, что первый двигатель является ведущим, а второй – ведомым. Параметры двигателей (жёсткость β_1 и β_2 , электромагнитные постоянные времени T_{31} и T_{32}) в общем случае могут быть различные. Момент инерции привода $J_{пр} = J_{д1} + J_{д2} + J_{р0}$.

Двухдвигательный привод в целом управляется заданием скорости идеального холостого хода ω_0 . Для ведущего двигателя скорость идеального холостого хода задается напрямую $\omega_{01} = \omega_0$. Скорость идеального холостого хода ведомого двигателя должна корректироваться $\omega_{02} = \omega_0 - \Delta\omega_0$. Коррекция $\Delta\omega_0$ определяется исходя из выравнивания нагрузки $M_{c1} = M_{c2} = M_c/2$, тогда

$$M_c/2 = \beta_1(\omega_0 - \omega_c) = \beta_2(\omega_0 - \Delta\omega_0 - \omega_c);$$

$$\Delta\omega_0 = \frac{\beta_2 - \beta_1}{\beta_2}(\omega_0 - \omega_c).$$

Техническая реализация коррекции для ведомого двигателя представлена на рисунке 2. Наличие обратной связи по скорости показывает, что равномерное распределение нагрузки обеспечивается в статическом режиме. Но интерес представляет поведение данного способа управления в динамическом режиме.

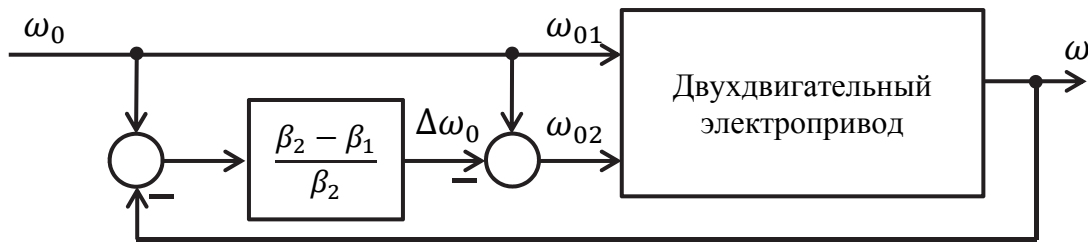


Рисунок 2 – Управление в режиме «ведущий-ведомый»

Передаточная функция двухдвигательного электропривода с управлением «ведущий-ведомый»:

$$\omega(p) = \frac{1}{T_3 T_M p^2 + T_M p + 1} \omega_0(p) - \frac{1}{\beta} \frac{T_3 p + 1}{T_3 T_M p^2 + T_M p + 1} M_c(p), \quad (1)$$

где $T_3 = \frac{1}{2}(T_{31} + T_{32})$ – электромагнитные постоянные времени небольшие величины и мало отличаются друг от друга, поэтому можно рассматривать усреднённую величину; $\beta = 2\beta_1$ – жесткость механической характеристики двухдвигательного электропривода; $T_M = J_{пр}/\beta$ – электромеханическая постоянная времени двухдвигательного электропривода.

Заключение

Из (1) видно, что двухдвигательный электропривод с управлением в режиме «ведущий-ведомый» не отличается от индивидуального электропривода с удвоенной жесткостью ведущего двигателя, усреднённой электромагнитной постоянной времени и электромеханической постоянной времени примерно той же величины, что и у отдельных двигателей. Это позволяет разрабатывать систему регулирования используя классические методы синтеза [1-3] и современные методы с использованием нечётких регуляторов и интеллектуального управления [4,5].

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Мельниченко, М. А. Повышение точности системы электропривода с модальным регулятором / М. А. Мельниченко, А. И. Горькавый // Научно-техническое творчество аспирантов и студентов : материалы всероссийской научно-технической конференции студентов и аспирантов, Комсомольск-на-Амуре, 09–20 апреля 2018 года. Том Часть 1. – Комсомольск-на-Амуре: Комсомольский-на-Амуре государственный технический университет, 2018. – С. 358-360. – EDN UUKCYT.
2. Егоров, В. А. Система управления многоосевым позиционным электроприводом штамповочно-прессовой машины / В. А. Егоров, П. М. Цымбалов // Научно-технический вестник Поволжья. – 2022. – № 4. – С. 137-141. – EDN PLHQDZ.
3. Мельке, И. Е. Особенности проектирования систем электропривода постоянного тока / И. Е. Мельке // . – 2020. – № 9(73). – С. 44-47. – EDN UVEEQZ.
4. Бузикаева, А. В. Анализ и синтез развитых нечетких систем управления электроприводами постоянного и переменного тока / А. В. Бузикаева // Молодые ученые - Хабаровскому краю : Материалы XXIII краевого конкурса молодых ученых, Хабаровск, 12–19 января 2021 года. – Хабаровск: Тихоокеанский государственный университет, 2021. – С. 128-136. – EDN VONKYS.
5. Нечеткое управление в системе регулирования позиционных электроприводов стержневой установки / В. А. Соловьев, Н. Е. Дерюжкова, А. Х. Чжо, В. В. Тетерин // Научно-технический вестник Поволжья. – 2019. – № 5. – С. 77-80. – EDN PZRNMU.

УДК 681.5

Лямин Михаил Андреевич, магистрант, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Liamin Mikhail Andreevich, master student, Komsomolsk-na-Amure State University

Черный Сергей Петрович, кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой «Электропривод и автоматизация промышленных установок», Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Cherniy Sergey Petrovich, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, Head of the Electric Drive and Automation of Industrial Installations Department, Komsomolsk-na-Amure State University

РОБОТОТЕХНИЧЕСКИЙ ТРАНСПОРТНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ МАГИСТРАЛЬНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ

ROBOTIC TRANSPORT COMPLEX FOR MAIN PIPELINES

Аннотация. В научной работе представлена разработка и исследование роботизированного транспортного комплекса и интеллектуальной системы управления им при работах по прокладке и обслуживанию магистрального трубопровода. Произведен обзор существующих решений в области автоматизации прокладки магистрального трубопровода. Разработаны функциональные схемы, 3D модель, алгоритм работы РТК. Проведён анализ возможного строения узла позиционирования РТК.

Abstract. The scientific work presents the development and research of a robotic transport complex and an intelligent control system for it during the laying and maintenance of the main pipeline. The review of existing solutions in the field of automation of laying of the main pipeline is made. Functional schemes, 3D model, RTC algorithm have been developed. The analysis of the possible structure of the RTC positioning node is carried out.

Ключевые слова: магистральный трубопровод, 3D-модель, робототехнический транспортный комплекс.

Key words: main pipeline, 3D model, robotic transport complex.

Введение

Транспортировка энергетических ресурсов с применением магистральных трубопроводов в настоящее время является приоритетной областью в условиях действия ограничений не только технического, но и экономического и политического характера [1]. Разработка и исследование РТК для внутритрубной доставки различного технологического оборудования с учетом изменения диаметров магистральных трубопроводов, их кривизны и наклона, как в условиях прокладки, так и в случаях текущего и аварийного обслуживания, представляет собой актуальную задачу.

Целью работы является разработка и исследование РТК и интеллектуальной системы управления им в условиях действия целого ряда недетерминированных воздействий. В рамках данной работы ставятся следующие задачи: анализ существующих систем автоматической сварки магистральных трубопроводов; разработка функциональной схемы РТК; разработка 3D модель РТК; разработка алгоритма работы комплекса учитывающего криволинейность траектории при передвижении и позиционировании РТК; анализ вариантов реализации узла позиционирования.

Анализ существующих решений

Прокладка магистрального трубопровода трудоёмкий процесс, необходимо учитывать ландшафт местности, возможность изменения или разветвления траектории магистральной линии, однако методов реализации всё ещё ограниченное количество: ручная сварка, комплексы внешней автоматической сварки, машины внутренней сварки [2, 3].

Для каждого диаметра магистральных труб необходимы отдельные центрирующие устройства и при задаче переходных диаметров необходимо менять центрирующее устройство. То же самое касается машин автоматической внутренней сварки. Также существующие методы автоматизированной сварки магистрального трубопровода не могут обеспечить непрерывную последовательность операций сварки в поворотных сегментах из-за своих габаритов [4, 5].

Описанные способы автоматизированной сборки магистрального трубопровода имеют ряд общих существенных недостатков: большие габариты и вес используемых устройств; необходимость иметь несколько разных центрирующих устройств при работе с трубопроводом переменного диаметра.

Описание робототехнического транспортного комплекса

Предлагаемое решение представляет собой транспортный робот, состоящий из основного тела платформы, внутри которого расположены: управляющий контроллер, система датчиков, система взаимодействия навесным оборудованием. Из тела выходит несколько радиально расположенных ног переменной длины, основной составляющей которых являются линейные актуаторы, с зафиксированными на конце приводными колесами. Функциональная схема РТК приведена на рисунке 1.

В соответствии с функциональной схемой и сформулированным концептом комплекса была разработана 3D модель РТК в среде NX11. Разработанная модель представлена на рисунке 2. Так же была разработана функциональная схема системы управления, представленная на рисунке 3.

На основе разработанных функциональных схем комплекса и системы управления, а также 3D модели, составим алгоритм работы РТК, учитывающий криволинейность магистрального трубопровода при передвижении и позиционировании.

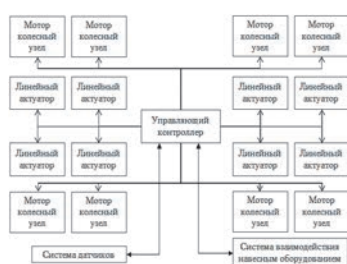


Рисунок 1 – Функциональная схема РТК



Рисунок 2 – 3D модель РТК

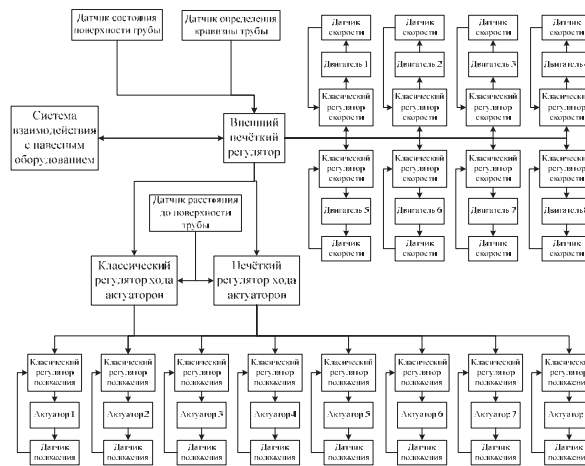


Рисунок 3 – Функциональная схема СУ

Рассматриваемый РТК в ходе работы должен выполнять две ключевых задачи: по ходу движения обнаруживать место стыка труб, остановиться, выдвиганием ног центрировать трубы, фиксировать это положение, после чего начинает работу установленное на платформу оборудование. После завершения работы РТК вновь начинает движение по трубе. При этом должно происходить отслеживание кривизны труб. Работа комплекса должна останавливаться в одном из трёх случаев: оператор отдал команду на остановку, РТК вышел из трубы, выполнен заданный оператором план работ. Блок-схема алгоритма представлена на рисунке 4.

Всего возможно три варианта реализации узла позиционирования: длина ноги принимается константой, изменяется угол поворота; угол принимается константой, изменяется длина ноги; изменяться могут и угол поворота и длина ноги. Наиболее подходящим является третий вариант конструкционного решения строения узла позиционирования т.к. с его помощью возможно более точно и гибко позиционировать РТК внутри трубы.

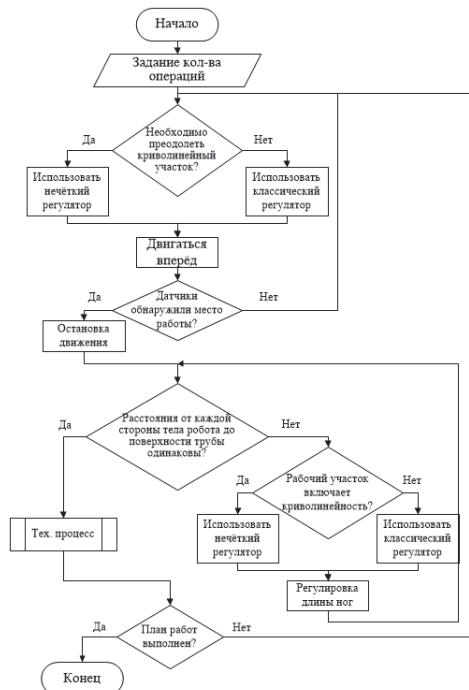


Рисунок 4 – Блок-схема алгоритма работы РТК

Заключение

В ходе научной работы был проведён патентный поиск по тематике исследования, разработаны функциональные схемы системы управления и аппаратной части транспортного роботизированного комплекса для магистральных трубопроводов. Раз-

работана 3D модель транспортной роботизированной платформы, являющейся ядром рассматриваемого комплекса. Разработан алгоритм работы системы управления. Проведен анализ возможного строения узла позиционирования РТК внутри трубы.

Предлагаемый комплекс способен автоматизировать различные технологические процессы, связанные с прокладкой и обслуживанием магистральных трубопроводов в широком спектре диаметров труб при разных условиях позиционирования сегментов трубопровода.

Благодарности

Исследования проводятся в рамках гранта №ВН010/2021 «Разработка принципов построения интеллектуальных систем управления сложными техническими объектами на основе критериев энергоэффективности».

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Магистральные трубопроводы: определение, виды [Электронный ресурс] // nrm74.ru – URL: <https://nrm74.ru/blog/magistralnye-truboprovody-opredelenie-vidy/> (дата обращения 15.12.2022) – Режим доступа: свободный.

2. Патент № 2687782 С1 Российская Федерация, МПК В23К 37/02, В23К 37/053. Машина для внутренней сварки труб в защитном газе : № 2017127747 : заявл. 29.07.2015 : опубл. 16.05.2019 / Г. Ван, Ц. Ли ; заявитель ЛУОЯН ДЕПИН ТЕКНОЛОДЖИ КО., ЛТД.. – EDN NXFUON.

3. Патент № 2775615 С2 Российская Федерация, МПК В23К 31/02, В23К 37/053, В23К 101/10. Системы и способы, используемые при сварке сегментов трубы в трубопроводе : № 2019138447 : заявл. 28.11.2019 : опубл. 05.07.2022 / Ш. Т. Раджагопалан, С. Маллик, Б. Л. Керк [и др.] ; заявитель СиАрСи-ЭВАНС ПАЙПЛАЙН ИНТЕРНЭШНЛ, ИНК.. – EDN XINGIE.

4. Центраторы внутренние гидравлические самоходные [Электронный ресурс] // temp-mach.com – URL: <http://temp-mach.com/ru/pipeline-construction/internal-line-up-clamp/> (дата обращения: 15.12.2022). – Режим доступа: свободный.

5. Центраторы внутренние гидравлические типа ЦВ [Электронный ресурс] // uniprofit.ru – URL: <https://www.uniprofit.ru/catalog/stroitelstvo-neftegazoprovodov/centratori/vg/> (дата обращения: 15.12.2022). – Режим доступа: свободный.

УДК 681.5.01:658.5

Муравьев Евгений Максимович, студент, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Muravyov Evgeniy Maksimovich, student, Komsomolsk-na-Amure State University

Лапина Лаурита Вячеславовна, учащаяся лицея, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Lapina Laurita Vyacheslavovna, lyceum student, Komsomolsk-na-Amure State University

Савельев Дмитрий Олегович, старший преподаватель, руководитель Центра робототехники Ресурсного центра Технопарка, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Savelyev Dmitriy Olegovich, senior lecturer, Head of the Center for Robotics of the Resource center of the Technopark, Komsomolsk-na-Amure State University

ПРИМЕНЕНИЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО ПОДХОДА К АВТОМАТИЗАЦИИ ТРАФИКА В ГОРОДЕ

APPLYING AN INTELLIGENT APPROACH TO TRAFFIC AUTOMATION IN THE CITY

Аннотация. В статье описывается применение интеллектуального подхода на основе теории нечетких множеств при управлении сложными дискретно-событийными системами. Представленная имитационная модель перекрестка отражает работу фаз свето-

фора при регулировании движения транспортных средств и пешеходов на нем. Приведены сравнительные переходные процессы при регулировании фазами светофора при классическом и интеллектуальном управлении.

Abstract. The article describes the application of intelligent approach based on the theory of fuzzy sets in the management of complex discrete event systems. The presented simulation model of an intersection reflects the operation of traffic light phases when regulating the movement of vehicles and pedestrians on it. Comparative transients of traffic signal phase control in classical and intelligent control are presented.

Ключевые слова: дискретно-событийное моделирование, нечеткий логический регулятор.
Key words: discrete-event modeling, simulation modeling, fuzzy logic controller.

Введение

В условиях современной развивающейся транспортной индустрии и увеличения плотности населения, мы ежедневно сталкиваемся с проблемой повышенной загруженности дорожной сети в определенные моменты времени. [5] Данный фактор пагубно влияет на различные аспекты жизнедеятельности людей, связанные со временем ожидания в пробке, увеличением расхода топлива, несвоевременной доставкой грузов, вследствие чего происходят нарушения в транспортной логистике. Создание интеллектуальной системы управления [3] светофоррегулирующим позволила бы увеличить пропускную способность в рамках перекрестка и, как следствие, способствовало бы созданию «зеленой волны».

Цель работы состоит в демонстрации возможности интеллектуального управления, применительно к системам дискретно-событийного моделирования и управления автоматизированными системами светофоррегулирующим. Применение интеллектуального регулятора в такой системе позволяет повысить пропускную способность перекрестка и снизить количество транспортных средств, ожидающих проезда в часы повышенной плотности трафика путем динамического регулирования времени переключения фаз.

Основная часть

Для отладки процессов регулирования и внедрения в систему управления светофоррегулирующим была разработана имитационная модель перекрестка, изображенная на рисунке 1. Она отражает взаимосвязь всех объектов локального участка транспортной сети и имеет вид «Регулируемого перекрестка».

В представленной модели при помощи имитационного блочного моделирования динамических систем и библиотек для моделирования систем с дискретными состояниями, реализован принцип движения и приоритета на объекте[1]. Вне диапазона перекрестка происходит инициализация объектов транспортных средств и пешеходов с сопутствующими им вариативными параметрами. Для отображения качества регулирования перекрестка взяты графики переходных процессов за восемь часов.[5] На них отражена взаимосвязь количества транспортных средств ожидающих проезда по времени для каждого направления. На рисунке 2 представлены графики загруженности по направлениям на перекрестке при классической схеме регулирования

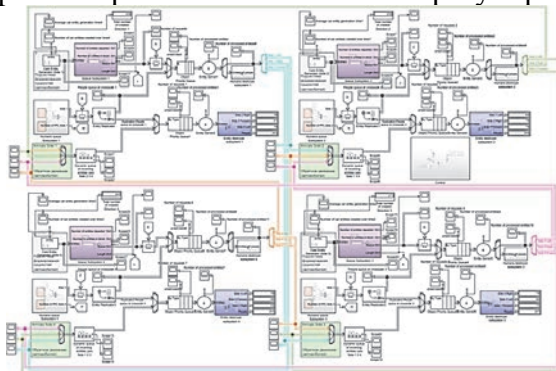


Рисунок 1 – Имитационная дискретно-событийная модель перекрестка

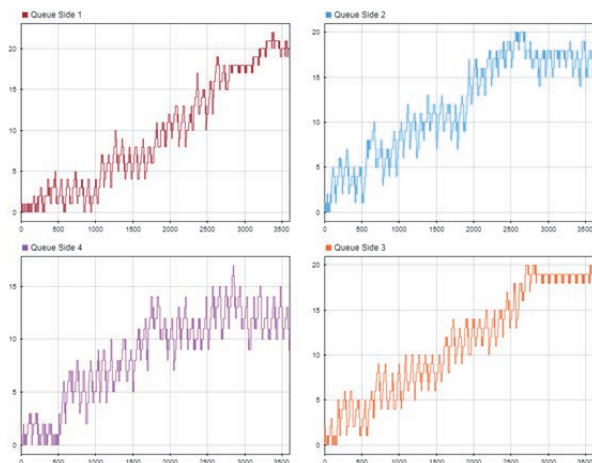


Рисунок 2 – Графики загруженности по направлениям на перекрестке при классической схеме регулирования

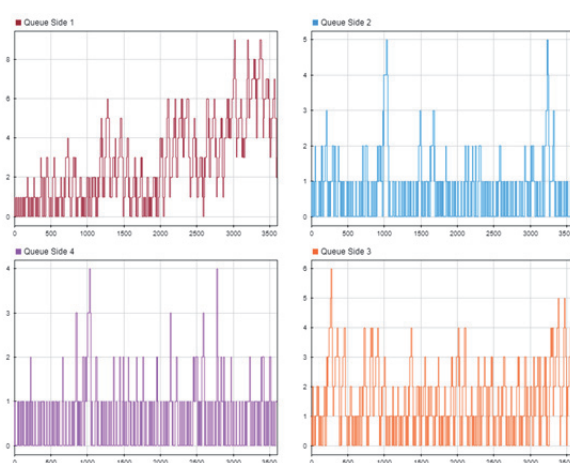


Рисунок 3 – Графики загруженности по направлениям на перекрестке при интеллектуальном управлении

Реализованный в данной модели нечеткий логический регулятор, представляющий из себя экспертную систему анализа данных, имеет в своем составе пять входов управления [2], входными параметрами которых являются информация о состоянии загруженности направлений движения и количестве ожидающих проход пешеходов. Выходными параметрами регулятора являются сигналы весовых коэффициентов, используемые впоследствии при регулировании данной системой. Результат моделирования системы с интеллектуальным управлением представлен на рисунке 3.

Из рисунков 2 и 3 видно, что при равных условиях генерации объектов, количество транспортных средств по направлениям при применении нечеткого логического регулятора значительно снизилось по сравнению с классическим светофоррегулированием, тем самым означая увеличение пропускной способности перекрестка.

Заключение

Рассмотренный в статье подход с использованием нечеткого логического регулятора, как экспертной системы в управлении транспортными потоками, значительно увеличивает пропускную способность перекрестка и как следствие, снижает загруженность транспортной сети. Применение интеллектуального управления для группы таких перекрестков поможет в последующем управлять таковыми при помощи внешнего каскада нечеткой экспертной системы, что позволит создать распределенную систему управления, значительно снижающую загруженность транспортной сети.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Применение stateflow логики в регулировании транспортными потоками / А. Н. Клопов, Е. М. Муравьев, В. Р. Кагаловская, Д. О. Савельев // Молодежь и наука: актуальные проблемы фундаментальных и прикладных исследований : Материалы V Всероссийской национальной научной конференции молодых учёных. В 4-х частях, Комсомольск-на-Амуре, 11–15 апреля 2022 года / Редколлегия: А.В. Космынин (отв. ред.) [и др.]. Том Часть 1. – Комсомольск-на-Амуре: Комсомольский-на-Амуре государственный университет, 2022. – С. 28-30. – EDN UADRJN.
2. Simulation of a discrete event system for process control of robotic casting / S. P. Cherny, D. O. Savelyev, A. S. Savelyeva [et al.] // Journal of Physics: Conference Series, Novosibirsk, 12–14 мая 2021 года. – Novosibirsk, 2021. – P. 012080. – DOI 10.1088/1742-6596/2032/1/012080. – EDN YOJXBZ.
3. Соловьев, В. А. Искусственный интеллект в задачах управления. Интеллектуальные системы управления технологическими процессами : учебное пособие для сту-

дентов высших учебных заведений, обучающихся по специальностям: 220201 - "Управление и информатика в технических системах"; 140604 - "Электропривод и автоматика промышленных установок и технологических комплексов" / В. А. Соловьев, С. П. Черный ; В. А. Соловьев, С. П. Черный ; М-во образования и науки Российской Федерации, Гос. образовательное учреждение высш. проф. образования "Комсомольский-на-Амуре гос. технический ун-т". – Владивосток : Дальнаука, 2010. – 267 с. – ISBN 978-5-8044-1120-7. – EDN QMVIJD.

4. Автоматизированная маркировка транспортных средств с целью выявления метаданных для автоматизации регулировки городского трафика / Е. М. Муравьев, В. Р. Кагаловская, Я. С. Барскова, Д. О. Савельев // Производственные технологии будущего: от создания к внедрению : Материалы V Международной научно-практической конференции, Комсомольск-на-Амуре, 06–11 декабря 2021 года / Редколлегия: С.И. Сухорук (отв. ред.), А.С. Гудим, Н.Н. Любушкина. – Комсомольск-на-Амуре: Комсомольский-на-Амуре государственный университет, 2022. – С. 58-60. – EDN COYQGR.

5. Один из подходов к автоматизации трафика в городе / Е. М. Муравьев, Я. С. Барскова, Д. О. Савельев, Е. М. Муравьев // Молодежь и наука: актуальные проблемы фундаментальных и прикладных исследований : Материалы V Всероссийской национальной научной конференции молодых учёных. В 4-х частях, Комсомольск-на-Амуре, 11–15 апреля 2022 года / Редколлегия: А.В. Космынин (отв. ред.) [и др.]. Том Часть 1. – Комсомольск-на-Амуре: Комсомольский-на-Амуре государственный университет, 2022. – С. 53-55. – EDN DATPEJ.

УДК 681.5

Никоноров Илья Викторович, студент, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Nikonorov Ilya Viktorovich, student, Komsomolsk-na-Amure State University

Егоров Владислав Алексеевич, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры «Электропривод и автоматизация промышленных установок», Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Egorov Vladislav Alekseevich, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department "Electric drive and automation of production plants", Komsomolsk-na-Amure State University

СЛЕДЯЩАЯ СИСТЕМА С ВОССТАНОВЛЕНИЕМ УПРАВЛЯЕМОЙ КООРДИНАТЫ

FOLLOWING SYSTEM WITH CONTROLLED COORDINATE RECOVERY

Аннотация. С использованием математической модели синхронной машины, выполнен синтез астатического наблюдающего устройства, восстанавливающего угол поворота вала синхронной машины. Выполнен расчет и моделирование позиционной следящей системы с синхронным электродвигателем. Установлена принципиальная возможность построения следящей системы, замкнутой через восстановленный наблюдателем угол поворота синхронной машины.

Abstract. With the use of a mathematical model of a synchronous machine, a synthesis of an astatic monitoring device is performed, which restores the angle of rotation of the shaft of a synchronous machine. The calculation and modeling of a positional servo system with a synchronous electric motor is carried out. The fundamental possibility of constructing a servo system closed through the angle of rotation of the synchronous machine restored by the observer is established.

Ключевые слова: следящая систем, замыкание по восстановленному углу поворота.
Key words: servo system, closing on the restored angle of rotation.

Введение

Массовое производство робототехнических систем требует большого количества позиционных электроприводов для приведения в движение конечностей роботов и реализации их согласованного движения в пространстве. В случае, когда не требуется прецизионного движения робота или его элемента можно организовать бездатчиковую позиционную систему, которая дешевле и проще реализуема по сравнению с системой позиционирования с датчиком. Существует принципиальная возможность реализации бездатчиковой позиционной системы на основе модели объекта, при помощи наблюдателей, восстанавливающих положение.

Целью работы является изложение результатов исследования возможности построения бездатчиковой позиционной системы.

Основная часть

Синтез наблюдающего устройства, для восстановления угла поворота вала машины будет выполнен с использованием математической модели синхронной машины во вращающихся координатах dq с силовым преобразователем на входе [1]. Причём, сравнительный анализ вариантов построения наблюдающего устройства показал, что лучшие результаты можно получить, если восстановить скорость вала машины, а угол получить – интегрированием скорости.

Тогда, расширенное математическое описание объекта, полученное на основании модели [1], будет иметь вид:

$$\left. \begin{aligned} \begin{bmatrix} i'_q \\ \omega'_r \\ M'_n \end{bmatrix} &= \begin{bmatrix} -\frac{1}{T_q} & -\frac{p_0 F_0}{T_q R_s} & 0 \\ \frac{3p_0 F_0}{2J} & 0 & -\frac{1}{J} \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_q \\ \omega_r \\ M_n \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \frac{K_p}{T_q R_s} \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} U_c; \\ i_q &= [1 \quad 0 \quad 0] \begin{bmatrix} i_q \\ \omega_d \\ M_n \end{bmatrix}. \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

где R_s, T_q – активное сопротивление и электромагнитная постоянная времени обмотки статора; K_p – коэффициент передачи силового преобразователя; p_0 – число пар полюсов машины; F_0 – амплитуда потока магнитного поля ротора; J – момент инерции ротора; i_q – проекция вектора тока статора на ось q ; U_c – управляющий сигнал на входе силового преобразователя; ω_r – скорость ротора; M_n – момент нагрузки.

Уравнение состояния наблюдающего устройства [2]:

$$\hat{\dot{x}} = (A - GC)\hat{x} + Bu + Gy, \quad (2)$$

где G – матрица коэффициентов наблюдателя; \hat{x} – восстановленный вектор состояния.

В соответствии с уравнением (2) наблюдатель описывается выражениями:

$$\left. \begin{aligned} \hat{i}'_q &= \frac{1}{T_q} \left[\frac{1}{R_s} (K_p U_c - p_0 F_0 \hat{\omega}_r + T_q R_s g_{11} (i_q - \hat{i}_q)) - \hat{i}_q \right]; \\ \hat{\omega}'_r &= \frac{1}{J} \left[\frac{3p_0 F_0}{2} \hat{i}_q - M_n + J g_{21} (i_q - \hat{i}_q) \right]; \\ \hat{M}'_n &= g_{31} (i_q - \hat{i}_q), \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

где $\hat{i}_q, \hat{\omega}_r, \hat{M}_n$ – восстановленные: ток статора по оси q , скорость ротора, момент нагрузки; $g_{11} = 3\omega_0 - \frac{1}{T_q}$, $g_{21} = \frac{3p_0 F_0}{2J} - 3\omega_0^2$, $g_{31} = \frac{T_q R_s J}{p_0 F_0} \omega_0^3$ – коэффициенты матрицы G .

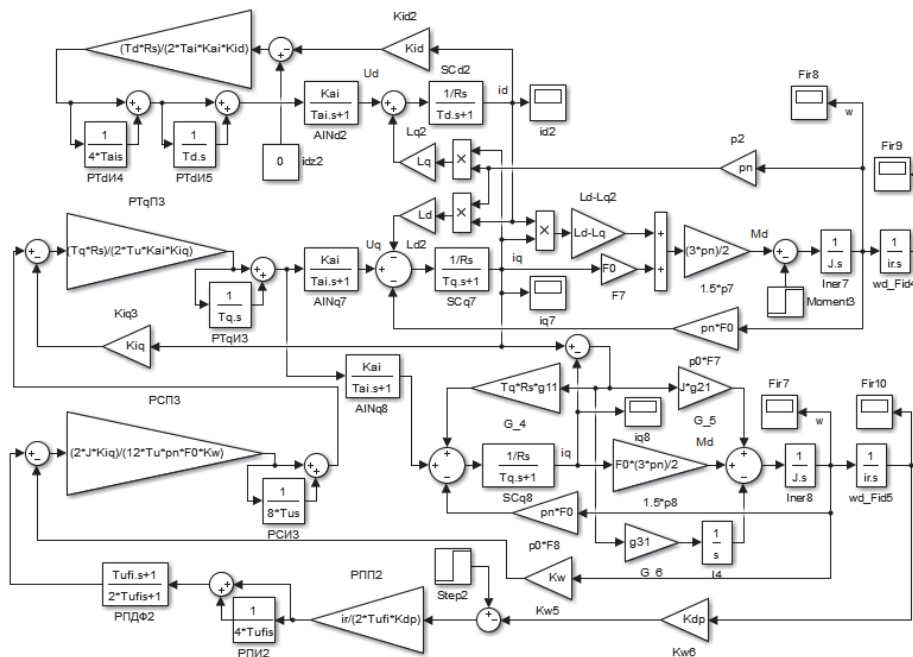


Рисунок 1 – Структурная схема следящей системы

Структурная схема следящей системы, замкнутая по восстановленному углу, изображена на рисунке 1. Система рассчитана по методике [4]. Она построена по принципу подчиненного регулирования и содержит два контура тока по координатам d и q , контур скорости и контур положения.

Передаточная функция регулятора тока по оси d , при настройке на симметричный оптимум, имеет вид:

$$W_{prt d}(p) = \frac{R_s T_d (4T_{ai} p + 1) (T_d p + 1)}{2T_{ai} K_p K_i 4T_{ai} p T_d p},$$

где T_{ai} – постоянная времени силового преобразователя; K_i – коэффициент датчика тока.

Контур тока по оси q настроен на модульный оптимум. Передаточная функция регулятора тока по оси q равна:

$$W_{prt q}(p) = \frac{R_s T_d (T_q p + 1)}{2T_u K_p K_i T_q p},$$

где T_u – малая постоянная времени контура тока по оси q .

Контур скорости настроен на симметричный оптимум. Передаточная функция регулятора скорости имеет вид:

$$W_{pc}(p) = \frac{2J K_i (8T_u p + 1)}{12T_u p_0 F_0 K_w 8T_u p},$$

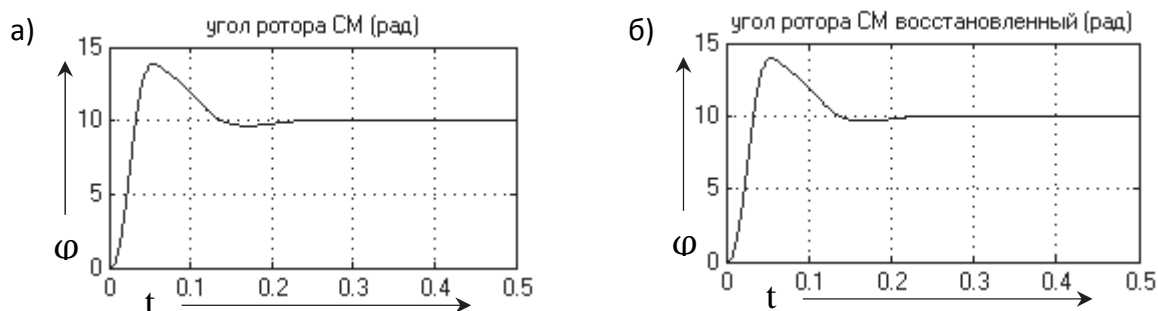
где K_w – коэффициент датчика скорости.

Контур положения настроен на симметричный оптимум. Передаточная функция регулятора положения равна:

$$W_{pn}(p) = \frac{i_r (4T_{u\phi} p + 1) (T_{u\phi} p + 1)}{2T_{u\phi} K_{dp} 4T_{u\phi} p (2T_{u\phi} p + 1)},$$

где $T_{u\phi} = 6T_u$ – малая постоянная времени контура положения; i_r – коэффициент редуктора; K_{dp} – коэффициент датчика положения.

Параметры модели: $R_s=4.74$; $L_d=0.014$; $L_q=0.012$; $T_d=L_d/R_s$; $T_q=L_q/R_s$; $p_n=2$; $F_0=0.185$; $J=0.26$; $T_{ai}=1.6 \cdot 10^{-5}$; $K_{ai}=K_p=10$; $T_u=0.002$; $K_{id}=1$; $K_{iq}=1$; $K_w=1$; $K_{dp}=1$; $T_{ufi}=0.012$; $i_r=1$.



а) – с замыканием по датчику положения; б) – с замыканием по восстановленному углу

Рисунок 2 – Переходные процессы в контуре положения

Заключение

Результаты моделирования, приведенные на рисунке 2, показывают, что следящая система, замкнутая по восстановленному углу поворота ротора (рисунок 2б), ведет себя аналогично следящей системе, замкнутой по датчику положения (рисунок 2а). Из рисунков 2а и 2б видно, что переходные процессы по углу в системе, замкнутой по восстановленному углу поворота ротора и в системе, замкнутой по датчику положения практически совпадают. Кроме того, в момент времени $t = 0,25$ с на вал двигателя обеих следящих систем набрасывается нагрузка равная 10 номинальным моментам. Система полностью парирует данное возмущение, так как на рисунках 2а и 2б в указанный момент времени просадка по углу отсутствует.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Егоров, В. А. Векторно-матричная модель синхронной машины / В. А. Егоров, А. Э. Алиев // Научно-технический вестник Поволжья. – 2023. – № 3. – С. 148-152. – EDN ODRIKU.
2. Кузовков, Н.Т. Модальное управление и наблюдающие устройства / Н.Т. Кузовков – Москва : Машиностроение, 1976. – 184 с.
3. Гусев, А.Н. Современная теория управления: Учебное пособие/ А.Н. Гусев – Самар, гос. аэрокосм. ун-т. Самара, 2000. – 58с.
4. Герман-Галкин, С.Г. Matlab/Simulink. Проектирование мехатронных систем на ПК / С.Г. Герман-Галкин – Санкт-Петербург : КОРОНА-Век, 2008. – 368 с.
5. Терёхин, В.Б. Моделирование систем электропривода в Simulink (Matlab 7.0.1): учебное пособие / В.Б. Терёхин – Томск: Изд. ТПУ, 2010. – 292 с.

УДК 681.5

Носаченко Родион Алексеевич, студент, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Nosachenko Rodion Alekseevich, student, Komsomolsk-na-Amure State University

Григороец Роман Дмитриевич, студент, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Grigorets Roman Dmitrievich, student, Komsomolsk-na-Amure State University

Сухоруков Сергей Иванович, кандидат технических наук, доцент кафедры «Электропривод и автоматизация промышленных установок», Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Sukhorukov Sergei Ivanovich, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, Department "Electric Drives and Automation of Industrial Plants", Komsomolsk-na-Amure State University

ПОДХОД К ОРГАНИЗАЦИИ ПЕРЕДАЧИ УПРАВЛЯЮЩИХ КОМАНД ОТ ВНЕШНЕГО КОНТРОЛЛЕРА К КОЛЛАБОРАТИВНОМУ РОБОТУ

AN APPROACH TO ORGANIZING THE TRANSFER OF CONTROL COMMANDS FROM AN EXTERNAL CONTROLLER TO COLLABORATIVE WORK

Аннотация. В работе рассмотрен вопрос организации работы коллаборативного робота под управлением внешнего контроллера. Описаны требования к передаваемой информации. Проведен анализ возможных вариантов интерфейсов для обмена информацией. Выбран интерфейс для реализации передачи команд. Описан подход к организации информационного обмена.

Abstract. The paper considers the issue of organizing the work of a collaborative robot under the control of an external controller. The requirements for the transmitted information are described. The analysis of possible options of interfaces for information exchange is carried out. The interface for implementing command transmission is selected. The approach to the organization of information exchange is described.

Ключевые слова: коллаборативный робот, интерфейс, связь, управляющие команды, контроллер.

Key words: collaborative robot, interface, communication, control commands, controller.

Введение

На сегодняшний день, помимо роботов, которые работают в отгороженных помещениях и с человеком не взаимодействуют, активно развиваются коллаборативные роботы, которые работают непосредственно во взаимодействии с человеком. Для таких коллаборативных роботов разрабатываются различные системы безопасности, оценивающие состояние окружающих предметов, возможное пресечение работа с человеком и для работы таких систем необходимо обеспечивать передачу некоторых управляющих команд с внешнего контроллера на систему управления робота.

Одной из ключевых задач при эксплуатации промышленных роботов, в том числе коллаборативных, является передача управляющих команд с внешнего контроллера на робота. Это может быть осуществлено с помощью различных протоколов связи и программного обеспечения, которые обеспечивают надежную и быструю передачу данных.

Для обеспечения необходимой передачи команд от внешнего контроллера к системе управления коллаборативного робота нужно решить ряд задач: выбор подходя-

щего интерфейса для обмена информацией, разработка подхода по организации взаимодействия и разработка алгоритмов системы внешнего управления.

В данной работе будут проанализированы доступные интерфейсы для обмена информацией и описан подход для организации передачи управляющих команд на примере распространенного коллаборативного робота KUKA IIWA.

Анализ доступных интерфейсов на роботе

Основные требования к передаче управляющих команд можно описать в следующем виде:

Первое требование – это достаточно высокая скорость обмена, потому что команды могут быть сложными и объемными.

Второе требование – это совместимость с максимально широким кругом возможных вариантов внешних контроллеров.

Третье требование – возможность передачи разнообразных команд.

Робот KUKA IIWA представляет собой механическую часть со встроенными двигателями, датчиками углов поворота и силомоментными датчиками и управляется контроллером KUKA Sunrise Cabinet, в котором обычно реализуется набор управляющих программ для выполнения той или иной операции.

У контроллера KUKA Sunrise Cabinet имеется три варианта различных интерфейсов чтобы осуществлять передачу управляющих команд. Первый интерфейс - это отдельные дискретные входы/выходы, которые могут использоваться для приема и передачи логических сигналов. Однако, этот интерфейс не подходит, так как у него нет возможности передачи разнообразных команд и маленькая пропускная способность. Второй интерфейс - системная шина EtherCAT - является более мощным интерфейсом для передачи данных в реальном времени. EtherCAT является открытым протоколом связи, который может использоваться для связи между различными устройствами в режиме реального времени. Он также обеспечивает возможность передачи большого количества данных [1]. Но интерфейс EtherCAT поддерживается далеко не на каждом контроллере, а также интеграция дополнительного устройства по протоколу EtherCAT требует написание специализированных драйверов. Третий интерфейс - Ethernet - предоставляет возможность для передачи данных по сети. Ethernet - это стандартный протокол связи, который используется для связи между различными устройствами по всему миру. Ethernet может использоваться для передачи управляющих команд и других данных [2]. Данный интерфейс не уступает по скоростям с EtherCAT, он совместим с максимально широким кругом возможных вариантов внешних контроллеров и имеет возможность передачи разнообразных команд. Следовательно, интерфейс Ethernet идеально подходит для передачи управляющих команд от внешнего контроллера к коллаборативному роботу.

Возможные варианты реализации

Первый подход, когда связь в фоновой задаче и фоновая задача вмешивается в ход исполнения имеющейся программы. Второй подход, когда основная программа робота осуществляет сетевой обмен.

Первый подход может привести к неожиданным реакциям робота и не рекомендуется производителем робота. Это связано с тем, что в таком случае фоновая задача может прервать выполнение основной программы и вмешаться в ход перемещений или действий, которые уже запланированы в основной программе.

Второй подход намного более безопасный и предсказуемый. В этом случае внешний контроллер посылает управляющую команду роботу через сетевой интерфейс, программа на роботе распознает тип команды и вызывает соответствующее перемещение или действие. Кроме того, такой подход позволяет легко интегрировать робота с другими системами управления и мониторинга.

Таким образом, для передачи управляющих команд от внешнего контроллера к коллаборативному роботу KUKA PWA лучше использовать второй подход, когда основная программа робота осуществляет сетевой обмен, распознает тип пришедшей команды и вызывает соответствующее перемещение или действие.

Подход организации передачи управляющих команд

В результате анализа доступных интерфейсов и возможных вариантов реализации был сформирован следующий подход к организации передачи управляющих команд от внешнего контроллера к коллаборативному роботу. Внешний контроллер отправляет управляющие команды по Ethernet соединению на IP адрес робота. Основная программа KUKA PWA написанная на языке Java. Эта программа непрерывно отслеживает поступление команд по Ethernet соединению, распознает тип пришедшей команды и вызывает соответствующую функцию (перемещения или действия). Ответы о выполнении команд отправляются обратно на внешний контроллер через тот же Ethernet интерфейс.

Такой подход обеспечивает быструю передачу управляющих команд и точность их выполнения, так как обмен информации и действия с перемещением выполняются в рамках одной программы и отсутствуют. Кроме того, использование Ethernet интерфейса обеспечивает возможность удаленного управления роботом и мониторинга его состояния.

Заключение

В рамках данной работы проведен анализ доступных интерфейсов и рассмотрены основные требования к ним. Выбран наиболее подходящий интерфейс на примере робота KUKA PWA исходя из перечисленных требований. Рассмотрены два возможных варианта реализации передачи управляющих команд и выбран наиболее безопасный, предсказуемый и удобный вариант. Сформирован подход к организации передачи управляющих команд от внешнего контроллера к коллаборативному роботу KUKA PWA исходя из всего проведенного анализа в работе.

Благодарности.

Работа выполнена при поддержке Российского научного фонда № 22-71-10093 «Разработка и синтез перспективных мультимодальных адаптивных алгоритмов и методов управления поведением коллаборативных робототехнических систем с учетом нестандартных ситуаций и экстремальных условий в недетерминированной среде».

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. EtherCAT Technology Overview [Электронный ресурс] // ethercat.org – URL: <https://ethercat.org/en/technology.html> (дата обращения: 10.04.2023). – Режим доступа: свободный.
2. Смирнова Е. В., Козик П. В. Разработка управляющих программ промышленных роботов // Курс лекций. Минск. – 2008.
3. Горькавый М. А., Горькавый А. И., Соловьев В. А., Специфика архитектуры цифрового двойника коллаборативного роботизированного процесса на базе мультиагентных систем // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2022. – № 4. – DOI 10.24412/2071-6168-2022-4-147-157. – EDN YTXPXW.
4. Грабарь Д. М., Иванов Ю. С., Анализ киберустойчивости предиктивной модели к целенаправленным атакам // Молодежь и наука: актуальные проблемы фундаментальных и прикладных исследований: Материалы V Всероссийской национальной научной конференции молодых учёных. В 4-х частях, Комсомольск-на-Амуре, 11–15 апреля 2022 года / Редколлегия: А.В. Космынин (отв. ред.) [и др.]. – Комсомольск-на-Амуре: Комсомольский-на-Амуре государственный университет, 2022. – EDN OFXPTZ.
5. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2022668069 Российская Федерация. «Программа синтеза нейросетевой имитационной

модели энергопотребления и оптимизации комплекса траекторий перемещений робота манипулятора в ограниченном пространстве задач технологического процесса позиционирования» : № 2022666799 : заявл. 12.09.2022 : опубл. 04.10.2022 / М. А. Горькавый, А. И. Горькавый, В. П. Егорова [и др.]; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Комсомольский-на-Амуре государственный университет». – EDN LUUINL.

УДК 62-531.6

Поздняков Виктор Сергеевич, студент, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Pozdnyakov Victor Sergeevich, student, Komsomolsk-na-Amure State University

Горькавый Александр Иванович, кандидат технических наук, доцент, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Gorkavy Aleksandr Ivanovich, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, Komsomolsk-na-Amure State University

СИНТЕЗ БЕСПОИСКОВОЙ САМОНАСТРАИВАЮЩЕЙСЯ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ МЕХАТРОННЫМ ОБЪЕКТОМ

SYNTHESIS OF A SEARCHLESS SELF-ADJUSTING MECHATRONIC OBJECT CONTROL SYSTEM

Аннотация. В работе предложен подход к синтезу беспоисковой самонастраивающейся системы управления мехатронным объектом, позволяющий формировать постоянство требуемых по условиям функционирования динамических характеристик системы в условиях параметрической неопределенности. Представлена цифровая модель синтезированной системы и результаты моделирования.

Abstract. The article proposes an approach to the synthesis of a searchless self-adjusting control system for a mechatronic object, which allows to form the constancy of the dynamic characteristics of the system required by operating conditions in conditions of parametric uncertainty. A digital model of the synthesized system and simulation results are presented.

Ключевые слова: модальный регулятор, адаптивное управление, идентификатор, наблюдающее устройство.

Key words: modal controller, adaptive control, identifier, observing device.

Введение

Эффективность функционирования автоматизированных систем управления технологическими процессами во многом определяется промышленными роботами и различными манипуляционными механизмами, которые приводятся в движение мехатронными модулями, преобразующими сигналы управления в требуемые перемещения исполнительных механизмов. Изменение инерционности исполнительного механизма в процессе функционирования в ряде случаев требует перенастройки регуляторов мехатронных модулей для обеспечения производительности технологических комплексов и качества выпускаемой продукции.

Целью работы является синтез эффективной системы управления мехатронным объектом в условиях параметрической вариативности.

Предлагается подход к синтезу системы, который основывается на реализации принципов управления по полному вектору состояния с идентификацией вариативного параметра и привлечении вычислительных процедур непосредственно в процессе функционирования сформированного мехатронного модуля, что обеспечивает постоянство его динамических характеристик, а, следовательно, временных интервалов технологических операций.

Основная часть

В соответствии с поставленной целью в работе решается задача синтеза самонастраивающейся беспоисковой системы с идентификатором параметра [1]. В основном контуре системы (рисунок 1) формируется регулятор состояния (модальный регулятор), коэффициенты которого рассчитываются вычислительным блоком на основе идентификации изменяющегося момента инерции мехатронного объекта в совокупности с переменной инерционностью исполнительного механизма.

В качестве идентификатора момента инерции используется поднаблюдатель [2, 3], с помощью которого определяется уровень ошибки оценивания, который изменяется при вариациях инерционности. Вычислительный блок идентификатора на основе информации об уровне ошибки оценивания идентифицирует значение момента инерции, который в настоящее время имеет мехатронный объект. Вычислительный блок регулятора (рисунок 2) производит расчет коэффициентов модального регулятора (f_1, f_2, f_3) по известной процедуре [4] в соответствии с идентифицированным моментом инерции.

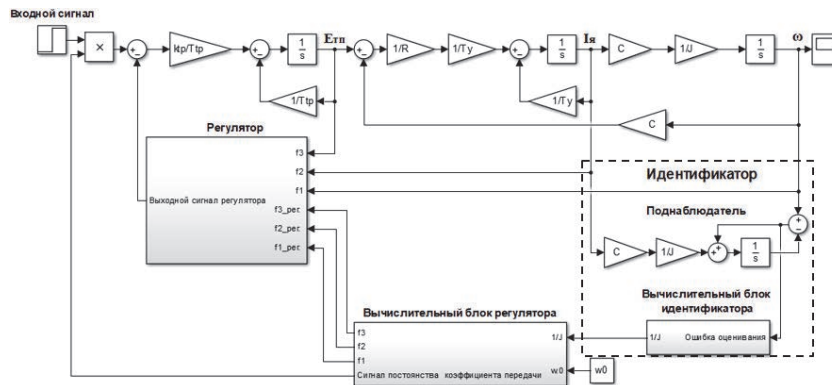


Рисунок 1 – Система управления мехатронным объектом с адаптивным регулятором

Помимо определения значений коэффициентов регулятора, вычислительный блок формирует сигнал, обеспечивающий постоянство коэффициента передачи мехатронного модуля в условиях изменения коэффициентов модального регулятора.

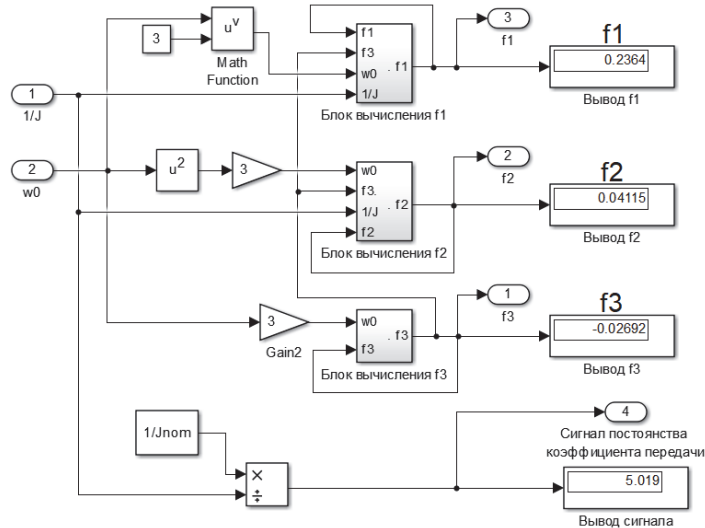


Рисунок 2 – Вычислительный блок регулятора

В процессе моделирования самоорганизующейся адаптивной системы управления мехатронным объектом получены десять графиков (рисунок 3) переходных процессов при изменении момента инерции в пределах $0,1 \cdot J_{\text{НОМ}} - 5 \cdot J_{\text{НОМ}}$.

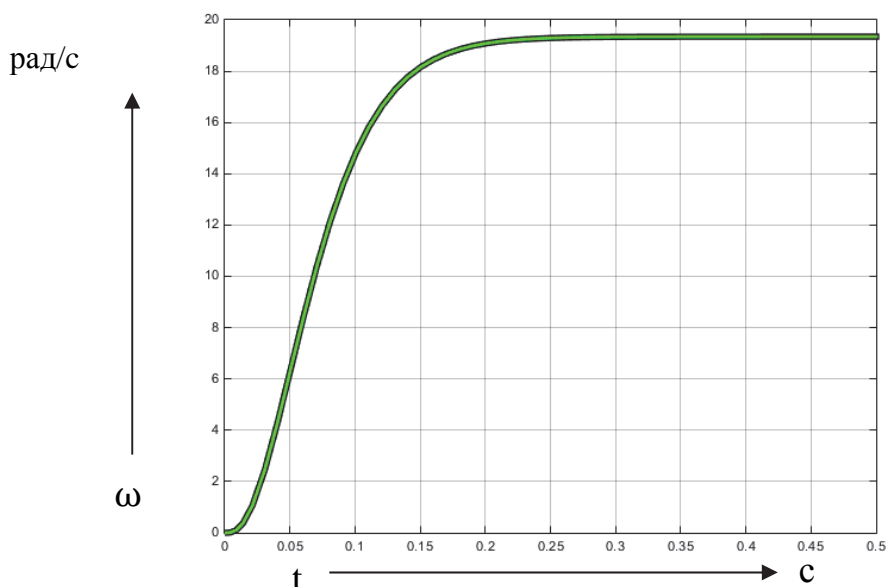


Рисунок 3 – Графики переходных процессов при изменении момента инерции

Как видно, все графики, полученные в реальном масштабе времени, совпадают и соответствуют требуемой динамике, задаваемой в вычислительном блоке, а, следовательно, предложенный подход формирует мехатронные модули, которые могут эффективно функционировать без специальных и затратных перенастроек регуляторов с различными по инерционности исполнительными механизмами.

Заключение

Предложенный в работе подход позволяет синтезировать самонастраивающиеся системы управления мехатронным модулем на принципах модального управления и идентификации параметров. Как показали проведенные исследования, мехатронный модуль сохраняет требуемые динамические характеристики в условиях параметрической неопределенности.

Предварительные исследования показали, что предложенный подход может быть применен при построении самонастраивающихся систем с оптимальными регуляторами, с обеспечением автоматизации процедуры выбора весовых коэффициентов минимизируемого функционала при расчете оптимальных регуляторов [5, 6].

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Кондрашин А. В. Реализация беспоисковой самонастраивающейся системы автоматического управления / А. В. Кондрашин, В. С. Карасев // Вестник Ивановского государственного энергетического университета им. В.И. Ленина. – 2012. – № 1. – С. 3-7. – EDN OTWPBD.

2. Поздняков, В. С. Адаптивная система управления мехатронным модулем / В. С. Поздняков, А. И. Горькавый // Производственные технологии будущего: от создания к внедрению: Материалы V Международной научно-практической конференции, Комсомольск-на-Амуре, 6-11 декабря 2021 г. – Комсомольск-на-Амуре : ФГБОУ ВО «КнАГУ», 2021. – С. 12-16. – EDN JDSWJW.

3. Кузовков, Н. Т. Модальное управление и наблюдающие устройства / Н. Т. Кузовков. – М. : Машиностроение, 1976. – 184 с. – URL: https://www.studmed.ru/kuzovkov-nt-modalnoe-upravlenie-i-nablyudayuschie-ustroystva_ab682bb12fd.html (дата обращения: 15.03.2023).

4. Горькавый А. И. Математические основы элементов, систем и процессов управления: учебное пособие / А. И. Горькавый, М. А. Горькавый. – Комсомольск-на-Амуре: ФГБОУ ВО «КнАГТУ», 2016. – 68 с. – ISBN: 978-5-7765-1199-8. – EDN YQBDKY.

5. Квакернаак, Х. Линейные оптимальные системы управления / Х. Квакернаак, Р. Сиван. – М. : Мир, 1977. – 638 с. – URL: https://www.studmed.ru/kvakernaak-h-sivan-r-lineynye-optimalnye-sistemy-upravleniya_a4588c1364c.html (дата обращения: 22.03.2023).

6. Лютов, А. Г. Синтез адаптивных систем оптимального управления сложными мехатронными объектами / А. Г. Лютов // Вестник Уфимского государственного авиационного технического университета. Управление, вычислительная техника и информатика. – 2007. – Т. 9. – № 2. – С. 76-81. – EDN IBJMPJ.

УДК 004.8

Рожкова Елена Александровна, студент, Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнева

Rozhkova Elena Alexandrovna, student, Siberian State University of Science and Technology named after Academician M.F. Reshetnev

Кустов Александр Владимирович, доцент, кандидат технических наук, Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнева

Kustov Aleksandr Vladimirovich, Associate Professor, Candidate of Technical Sciences, Siberian State University of Science and Technology named after Academician M.F. Reshetnev

ОПАСНОСТЬ РАЗВИТИЯ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В СОВРЕМЕННОМ МИРЕ

THE DANGER OF THE DEVELOPMENT OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN THE MODERN WORLD

Аннотация. Данная статья содержит информацию о прогрессивном направлении в современности, которое может сильно повлиять на дальнейшую жизнь человека, если ничего не предпринимать для предотвращения критических ситуаций. Рассказывается о перспективах искусственного интеллекта и значимости его в наше время. Приводятся примеры плохого воздействия искусственного интеллекта на жизнь людей.

Abstract. This article contains information about the progressive direction in modern times, which can greatly affect a person's future life if nothing is done to prevent critical situations. It tells about the prospects of artificial intelligence and its importance in our time. Examples of the bad impact of artificial intelligence on people's lives are given.

Ключевые слова: искусственный интеллект, киборгизация, человеческий труд, автономные системы.

Key words: artificial intelligence, cyborgization, human labor, autonomous systems.

Введение

Компьютеры или точнее алгоритмы, играют в шахматы, шашки и нарды лучше людей, также они способны управлять самолетом, машиной, бытовой техникой дома с помощью системы «умный дом», появились различные роботы по уборке, приготовлению еды и так далее.

Искусственный интеллект заменяет человека во всех отраслях. Когда-то у богатых людей были свои прислуги, которые убирались дома, готовили еду, ходили за покупками. Сейчас это могут делать роботы. Например, робот-доставщик Яндекса привезет вам еду, почту или бандероль домой. А робот-пылесос уберется дома. Также на заводах продукцию в основном изготавливали вручную. А сейчас для увеличения скорости и качества почти все этапы производства той или иной продукции замещают автоматизированными установками. С появлением таких новых технологий человеку без-

условно стало проще, однако рабочие места с каждым годом уменьшаются, людей замещают алгоритмами.

Есть основания полагать, что искусственный интеллект (ИИ) может развиваться до степени отношения к людям как к неполноценным существам. Люди могут потерять контроль над машинами, что может привести к гибели человечества, поскольку робот будет считать, что так будет лучше. Этим могут также злоупотреблять люди в сфере систем вооружения. Соперничество в разработке военных автономных систем может привести к гонке, в которой верх одержит человек, не заботящийся о жизнях людей, вместе с искусственным интеллектом, который, не имея чувств и эмоций, будет запрограммирован на убийства. Всё это приведет к масштабным трагическим последствиям.

Основная часть

Остановимся на оценке процесса киборгизации. Киборгизация протекает в нескольких направлениях. Прежде всего это биологическая плоскость, связанная с потерей индивидами органов или их функций. Второе направление — дополнение функций органов здорового человека во время военных действий или чрезвычайных ситуаций, которые повторяют биомеханику. Третье — замещение интеллектуальных способностей субъекта умными машинами, разработка презентаций в программе PowerPoint, компьютерные игры, компьютерное программирование, моделирование [1].

Кибернетическая революция и ожидаемые прорывы в науке и технологии требуют всестороннего философского анализа в связи с проблемой сохранения человеческой идентичности, биосоциальной природы человека [2, с. 5].

Есть вероятность полагать, что искусственный интеллект вытеснит человека из большинства сфер деятельности. Уже сейчас нейросети делают шедевры на основе существующих работ. Тогда обесценится человеческий труд, и люди будут заменены роботами. Это создаст неопределённость, затрагивающую людей, потерявших работы. Уже сейчас можно сказать о замещении таких специальностей, как таксист и пилот самолета, поскольку беспилотная авиация на сегодняшний день популярна по всему миру. А беспилотное такси ездит с 2017 года от компании Яндекс в городе Москва в Сириусе, в Иннополисе в Казане, вскоре эта технология дойдет и до маленьких городов.

Появление искусственного интеллекта обостряет уже существующий в наши дни конфликт конфиденциальности данных и безопасности. Уже сейчас государства и многие предприятия ведут контроль над людьми. Когда искусственный интеллект начнёт всё больше развиваться, власти будут пристально следить за населением и уже ничего нельзя будет скрыть. Когда будет создан настоящий искусственный интеллект, то он очень быстро превзойдет способности человека и разумные машины могут создать свою цивилизацию.

Учёные заговорили о том, что человеческое тело можно оснастить и собственным генератором электричества. Вместо того чтобы периодически менять питающую кардиостимулятор батарейку, можно внедрить в ткани материал, позволяющий преобразовывать механическую энергию движений тела в электрический ток [3].

Многие научные достижения имеют большое количество достоинств для людей. Киборгизация помогает инвалидам, упрощает жизнь взрослым и детям. Однако человек на этом не останавливается. Исторический опыт науки показывает, что человек не знает меры в своих желаниях, даже обычное стремление помочь людям может преобразоваться в массовое электронное безумие телах каждого.

Преимущества искусственного интеллекта:

- Отсутствует человеческая ошибка. Устройства принимают решение, основываясь на информации, которую они собирают за определенный период при применения

определенных наборов алгоритмов. Таким образом, происходит уменьшение погрешности и повышение точности.

- Минимальные риски или их отсутствие. Использование ИИ в задачах, которые могут представлять опасность для человека, принести людям пользу и прибыль. Например, если позволить машине управлять во время стихийных бедствий, то ускориться восстановление, а также снизиться нагрузка на команды людей.

- Круглосуточная доступность. Машины работают без перерывов, и не устают повторять одно и то же, в отличие от людей.

- У машин с искусственным интеллектом нет эмоций. Этот единственный атрибут поддерживаемых машин может помочь вам более последовательно реагировать на жалобы клиентов [4].

- Он лишен эмоций, когда человек что-то предпринимает, то он безусловно делает это на эмоциях. С другой стороны, машина практична в своем подходе, что обеспечивает точные и ориентированные на результат принятие важных решений. Например, компьютер IBM Deep Blue принимает решения, исходя из всех возможных вероятностей со стороны противника, на что человек просто не способен.

Недостатки искусственного интеллекта:

- Машины с ИИ имеют дорогую комплектацию. Создание машины, которая может имитировать человеческую логику и рассуждения, требует больших ресурсов и времени, что повышает её стоимость.

- ИИ не имеет творческие способности. Проблема машин, следующая: они работают по программе. ИИ со временем сделал машины способных к обучению, однако они не могут научиться мыслить нестандартно, то есть творить и придумывать, как человек. Машина всегда будет анализировать ситуацию с точки зрения предварительно введенных данных.

- Машины с ИИ вытесняют людей с рабочих мест. Искусственный интеллект заменяет большинство повторяющихся задач роботами, поэтому потребность в человеческом вмешательстве уменьшается, поскольку предприятия стремятся к более безошибочной и безопасной работе. Это приводит к потере рабочих мест, которые когда-то были востребованы.

- Машины с ИИ не понимают этики. Еще одна человеческая особенность, которую сложно встроить в машину – этика. В машине отсутствует мораль, ее также трудно спроектировать и передать с помощью технологий. Искусственный интеллект может помочь предприятиям сократить время, необходимое для выполнения монотонной задачи, но ожидать, что машина будет следовать этическим ценностям, так же расплывчато, как рисовать эскизы на воде [5].

Сейчас очень популярны такие искусственные интеллекты, как ChatGPT, MidJourney, Starryai, Dream by WOMBO и многие другие. Они способны решать задачи, рисовать и так далее, только по одному описанию задания. Но смогут ли они заменить здравый взгляд человека на ситуацию, работу и картину – это уже риторический вопрос. В каких-то ситуациях ИИ и правда облегчит вам работу, сократит вам время на обдумывание, однако злоупотреблять им не стоит, поскольку, чем меньше человек будет делать сам, тем больше шанс, что люди станут деградировать, либо машины заменят людей.

Таблица 1 – Профессии, которые вытесняют роботы

Профессия	Чем заменена
Оператор колл-центра	ИИ на основе часто задаваемых вопросов быстро отвечает людям. Однако в случае, если робот не смог ответить, подключают к беседе консультанта человека.
Водители	Уже давно в больших городах России есть такси без водителя. Скоро они могут прийти и до других регионов.
Обслуживающий персонал	В магазинах можно встретить электронных консультантов, у которых можно провести оплату или посоветоваться с наилучшим вариантом для подарка
Переводчики	Переводчики есть как в электронном варианте, так и в виде синхронного перевода, представляющий из себя беспроводные наушники
Доставщики	Робот - доставщик
Пилоты	Беспилотные самолеты, режимы автопилота в самолетах
Космонавты	Новые летательные аппараты
Официанты	Робот-официант
Рабочие конвейеров	Роботы с ИИ
Продавцы и кассиры	Кассы для самообслуживания
Экскурсоводы	Записанные на переносном устройстве экскурсии, либо визуализация от роботов

Заключение

Говоря о реальном искусственном интеллекте, речь идет о возможности адаптации к ситуации, его праве на самоопределение. Если машины будут созданы с интеллектуальными способностями одного человека, то следующие будут умнее. Каждый следующий искусственный интеллект будет создаваться суммой знаний и полезных приобретений своего предшественника, что несет в себе возможную угрозу для всего живого.

Следует просто правильно использовать полученный человеком искусственный интеллект. Если человек не способен на что-то, либо эта работа опасна для жизни, либо ему просто необходимо сделать расчет, который очень трудоемкий, то для продуктивной работы лучше воспользоваться так называемыми «умными» машинами, но полностью всё заменять на роботов будет большой ошибкой человека.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Емелин, В. А. Киборгизация и инвалидизация технологически расширенного человека / В. А. Емелин // Национальный психологический журнал. – 2013. – № 1(9). – С. 62-70. – EDN SCAPKJ.
2. Гринин, Л. Е. Приведет ли кибернетическая революция к киборгизации людей? / Л. Е. Гринин, А. Л. Гринин // Философия и общество. – 2016. – № 3(80). – С. 5-26. – EDN WNIBWX.
3. Антипов, М. А. Киборгизация человечества как проявление трансгуманизма / М. А. Антипов, А. С. Колдомасов // Социосфера. – 2010. – № 4. – С. 34-37. – EDN NSIBRH.
4. Ветерков, Д. А. Задачи и возможности использования системы искусственного интеллекта в комплексах противовоздушной обороны / Д. А. Ветерков. – Текст : непосредственный // Молодой ученый. – 2020. – № 47 (337). – С. 6-9. – URL: <https://moluch.ru/archive/337/75400/> (дата обращения: 23.03.2023).

5. Елена Мационг, Чем опасно внедрение технологий с искусственным интеллектом / Елена Мационг [Электронный ресурс] // Российская газета : [сайт]. – URL: <https://rg.ru/2020/01/28/reg-urfo/chem-opasno-vnedrenie-tehnologij-s-iskusstvennym-intellektom.html?ysclid=la14q0ud3v420029017> (дата обращения: 23.03.2023). – Режим доступа: свободный.

УДК 681.5

Самар Денис Евгеньевич, студент, Комсомольский-на-Амуре государственный университет
Samar Denis Evgenievich, student, Komsomolsk-na-Amure State University

Егоров Владислав Алексеевич, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры «Электропривод и автоматизация промышленных установок», Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Egorov Vladislav Alekseevich, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department “Electric drive and automation of production plants”, Komsomolsk-na-Amure State University

МОДАЛЬНЫЙ РЕГУЛЯТОР СКОРОСТИ ДЛЯ АСИНХРОННОГО ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ

MODAL SPEED CONTROLLER FOR ASYNCHRONOUS ELECTRIC MOTOR

Аннотация. На основании линеаризованной, векторно-матричной модели асинхронной машины, был реализован расчёт и моделирование системы стабилизации скорости с модальным регулятором. Представлена, возможность использования рассмотренной модели асинхронной машины, при расчёте системы управления электроприводом, через сравнения переходных характеристик систем стабилизации скорости с полной и линеаризованной моделями асинхронной машины.

Abstract. Based on a linearized, vector-matrix model of an asynchronous machine, the calculation and modeling of a speed stabilization system with a modal controller was implemented. The possibility of using the considered model of an asynchronous machine is presented, when calculating the control system of an electric drive, through comparison of the transient characteristics of speed stabilization systems with full and linearized models of an asynchronous machine.

Ключевые слова: асинхронная машина, модальный регулятор, система стабилизации скорости.

Key words: asynchronous machine, modal controller, speed stabilization system.

Введение

Асинхронный управляемый электропривод является основным типом электропривода, используемым в промышленности. В настоящее время асинхронные электроприводы со скалярным управлением сдают свои позиции. Им на смену приходят системы с векторным управлением, даже в системах с небольшим диапазоном регулирования скорости, таких как насосные и вентиляционные установки, благодаря более высоким характеристикам и энергоэкономичности. При соблюдении определённых условий, нелинейная модель асинхронной машины может быть заменена линейной. В этом случае, при синтезе системы управления электроприводом, может быть использована теория модального управления. Что позволит улучшить характеристики разрабатываемой системы.

Основная часть

При расчёте векторной системы управления асинхронным электродвигателем, применяется математическая модель асинхронной машины в координатах d и q [1,2].

Модель, описанная в [1] представляет собой нелинейную модель, из-за наличия произведения координат. Для того, чтобы линеаризовать модель, потокосцепление ротора по оси d стремятся сделать равным константе. Для этого, реализуют контур потокосцепления и задают на его вход сигнал задания $\psi_{rdz} = \text{const.}$. В этом случае, потокосцепление ротора $\psi_{rd} = \psi_{rdz}$ - константа и проекция тока статора на соответствующую ось d тоже является константой:

$$i_{sd} = \frac{\psi_{rdz}}{K_r \cdot R_r \cdot T_r} = \text{const.}$$

В этом случае, система уравнений асинхронной машины в координатах d q, , описанная в [1], принимает вид:

$$\begin{aligned} \frac{di_{sq}}{dt} &= \frac{1}{T_s^*} \left[\frac{1}{r} \cdot U_{sq} - \left(\frac{L_s^*}{T_r \cdot r} + 1 \right) \cdot i_{sq} - \frac{n \cdot K_r \cdot \psi_{rdz}}{r} \cdot \left(\frac{L_s^*}{K_r^2 \cdot R_r \cdot T_r} + 1 \right) \cdot \omega_d \right]; \\ \frac{d\omega_d}{dt} &= \frac{1}{J} \left(\frac{3}{2} \cdot n \cdot K_r \cdot \psi_{rdz} \cdot i_{sq} - M_n \right). \end{aligned} \quad (1)$$

На основании уравнений (1), матричная модель объекта управления, состоящего из силового преобразователя и асинхронной машины, согласно общему описанию, приведённому в [3], может быть представлена так:

$$\left. \begin{aligned} \begin{bmatrix} i'_{sq} \\ \omega'_d \end{bmatrix} &= \begin{bmatrix} -\frac{1}{T_s^*} \left(\frac{L_s^*}{T_r \cdot r} + 1 \right) & -\frac{n K_r \psi_{rdz}}{T_s^* r} \left(\frac{L_s^*}{K_r^2 \cdot R_r \cdot T_r} + 1 \right) \\ \frac{3 \cdot n \cdot K_r \cdot \psi_{rdz}}{2 \cdot J} & 0 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} i_{sq} \\ \omega_d \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} K_p \\ \frac{K_p}{T_s^* r} \\ 0 \end{bmatrix} \cdot U_c; \\ \omega_d &= [0 \quad 1] \begin{bmatrix} i_{sq} \\ \omega_d \end{bmatrix}, \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

где i'_{sq}, ω'_d – производные проекции тока статора на ось q и скорости ротора двигателя; n – число пар полюсов машины; U – сигнал управления; ψ_{rdz} – потокосцепление ротора; J – момент инерции ротора; $r = (R_s + K_r^2 R_r)$; $L_s^* = (L_s - L_m^2/L_r)$; $K_r = L_m/L_r$; $T_r = L_r/R_r$; $T_s^* = L_s^*/r$; R_s, L_s – активное сопротивление и индуктивность обмотки статора; R_r, L_r – активное сопротивление и индуктивность обмотки ротора; L_m – взаимная индуктивность между статором и ротором.

Уравнения (2) представляют собой векторно-матричную модель асинхронного электродвигателя, с силовым преобразователем, при условии $\psi_{rd} = \psi_{rdz} = \text{const.}$

Для расчёта коэффициентов модального регулятора скорости, при помощи модели (2), необходимо получить соответствующий полином [4]:

$$\det(pI - (A - BK)), \quad (3)$$

где $K = [K_i \quad K_w]$ – матрица коэффициентов регулятора скорости.

В результате математических преобразований [5], полином (3), примет вид:

$$\begin{aligned} \det(pI - (A - BK)) &= p^2 + \frac{1}{T_s^* \cdot r} \left(\frac{L_s^* + r \cdot T_r}{T_r} + K_p \cdot K_i \right) p + \\ &+ \frac{3 \cdot n \cdot K_r \cdot \psi_{rdz}}{2 \cdot J \cdot T_s^* \cdot r} \cdot \left(n \cdot K_r \cdot \psi_{rdz} \left(\frac{L_s^*}{K_r^2 \cdot R_r \cdot T_r} + 1 \right) + K_p \cdot K_w \right). \end{aligned} \quad (4)$$

При настройке модального регулятора на форму Баттерворта, характеристический полином замкнутой системы равен [4]:

$$H(p) = p^2 + 1.4 \cdot \omega_0 \cdot p + \omega_0^2. \quad (5)$$

Из равенства коэффициентов, соответствующих одинаковым степеням полиномов (4) и (5), могут быть получены следующие параметры регулятора скорости:

$$\left. \begin{aligned} K_i &= \frac{1}{K_p} \left(1.4 \cdot \omega_0 \cdot T_s^* \cdot r - \frac{L_s^*}{T_r} - r \right); \\ K_w &= \frac{1}{K_p} \left(\omega_0^2 \frac{2 \cdot J \cdot T_s^* \cdot r}{3 \cdot n \cdot K_r \cdot \psi_{rdz}} - n \cdot K_r \cdot \psi_{rdz} \left(\frac{L_s^*}{K_r^2 \cdot R_r \cdot T_r} + 1 \right) \right). \end{aligned} \right\} \quad (6)$$

Структурная схема синезированной системы стабилизации скорости с полной моделью асинхронной машины [1], приведена на рисунке 1.

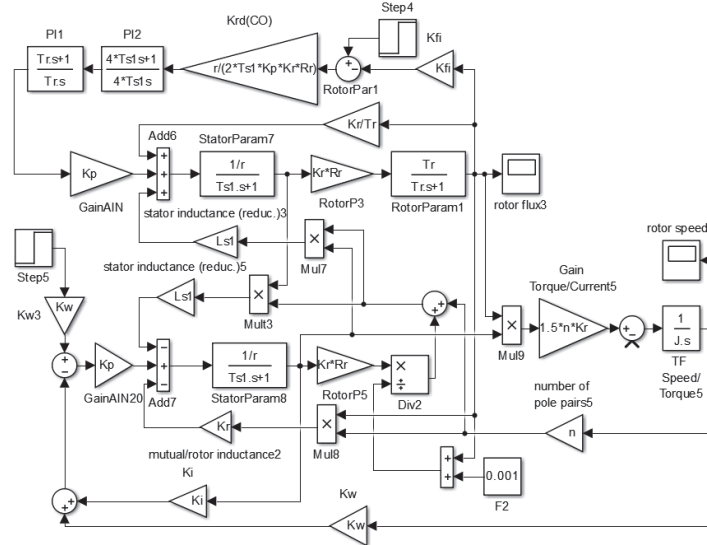


Рисунок 1 – Структурная схема системы стабилизации скорости с модальным регулятором и полной моделью асинхронного двигателя
Передаточная функция регулятора потокосцепления, при настройке контура потокосцепления ротора на симметричный оптимум:

$$W_{\psi rd}(p) = \frac{r}{2T_s K_p K_r R_r K_{fi}} \cdot \frac{T_r p + 1}{T_r p} \cdot \frac{4T_s^* p + 1}{4T_s^* p}$$

Модель имеет следующие параметры: $L_s=0.169$; $R_s=1.32$; $R_r=0.922$; $L_r=0.1715$; $n=2$; $L_m=0.164$; $J=0.0206 \cdot 9.86$; $K_r = L_m/L_r$; $L_{s1} = (L_s - L_m^2/L_r)$; $r = (R_s + K_r^2 \cdot R_r)$; $T_r = L_r/R_r$; $T_{s1} = L_{s1}/r$; $K_p=20$; $f_w = 30$.

Переходная характеристика, полученная в результате моделирования системы (рисунок 1) представлена на рисунке 2.

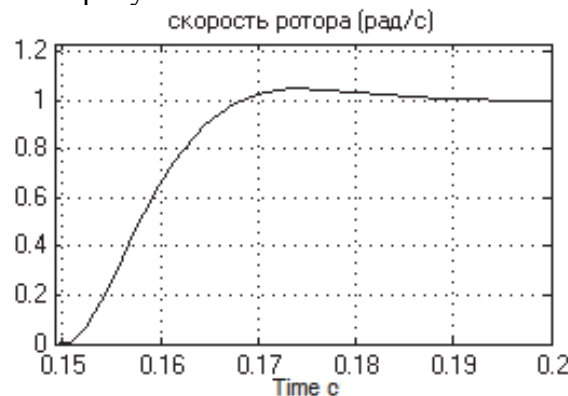


Рисунок 2 – Переходная характеристика системы стабилизации скорости
Заключение

Модальный регулятор скорости, рассчитанный с использованием линейризованной векторно-матричной модели асинхронной машины (2), тестировался моделированием, на полной модели асинхронной машины (рисунок 1). Результат моделирования приведён на рисунке 2. Из рисунка 2 следует, что переходная характеристика системы стабилизации скорости асинхронной машины с модальным регулятором скорости соответствует настройке на форму Баттерворта. Следовательно, описанный регулятор может использоваться в системах автоматизированного электропривода на основе асинхронной машины, при соблюдении перечисленных выше условий.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Герман-Галкин, С.Г. Matlab/Simulink. Проектирование мехатронных систем на ПК / С.Г. Герман-Галкин – Санкт-Петербург : КОРОНА – Век, 2008. – 368 с.
2. Терёхин, В.Б. Моделирование систем электропривода в Simulink (Matlab 7.0.1): учебное пособие / В.Б. Терёхин. – Томск : Изд-во Томского политехнического университета, 2008. – 320 с.
3. Башарин, А.В. Управление электроприводами: Учебное пособие для вузов / А.В. Башарин, В.А. Новиков, Г.Г. Соколовский – Ленинград : Энергоиздат, 1982. – 392 с.
4. Кузовков, Н.Т. Модальное управление и наблюдающие устройства / Н.Т. Кузовков – Москва : Машиностроение, 1976. – 184 с.
5. Бронштейн, И.Н. Справочник по математике / И.Н. Бронштейн, К.А.Семендяев – Москва : Наука, 1980. – 974 с.

УДК 004.942, 681.5.017

Сбитнев Никита Романович, студент, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Sbitnev Nikita Romanovich, student, Komsomolsk-na-Amure State University

Савельев Дмитрий Олегович, старший преподаватель, руководитель Центра робототехники Ресурсного центра Технопарка, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Savelyev Dmitriy Olegovich, senior lecturer, head of the Center for robotics of the Resource center of the Technopark, Komsomolsk-na-Amure State University

МОДЕЛИРОВАНИЕ МЕХАТРОННЫХ СИСТЕМ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПАКЕТА SIMSCAPE СРЕДЫ SIMULINK

SIMULATION OF MECHATRONIC SYSTEMS USING THE SIMSCAPE PACKAGE OF THE SIMULINK ENVIRONMENT

Аннотация. В приведенной статье рассматривается преимущество использования пакета SimScape среды имитационного моделирования Matlab и его преимущество при создании эмуляции движения механической части системы в совокупности с имитационной моделью системы автоматического управления, сравнительно с другими САД системами. Описана работа с данным пакетом программы и приведен пример моделирования мехатронной системы в среде Matlab.

Abstract. This article discusses the advantage of using the SimScape package of the Matlab simulation environment and its advantage in creating an emulation of the movement of the mechanical part of the system in conjunction with a simulation model of an automatic control system, compared with other CAD systems. The work with this software package is described and an example of modeling a mechatronic system in the Matlab environment is given.

Ключевые слова: имитационное моделирование, мехатронная система, САД система.

Key words: simulation modeling, mechatronic system, CAD system.

Введение

Мехатронные системы представляют собой сложные системы, которые являются синергетической совокупностью различных узлов механики, электроники, управления, программного и аппаратного обеспечения. Моделирование такой системы требует интеграции различных областей знаний, а также использование специальных инструментов при их моделировании. При этом для апробации разработанной системы используют такое программное обеспечение как Kuka Sim Pro, либо другие САД системы, позволяющие эмулировать движение механической системы. Однако применение такого

программного обеспечения не позволяет использовать параметры внешней среды и содержит в своем составе лишь операции над исполнительными механическими частями проекта. Таким образом, исключается интеграция в мехатронную систему электрической части и системы автоматического управления, что не дает возможность создания реальных условий при натурном моделировании.

Одним из инструментов, которые позволяют заглянуть в физику процессов, происходящих в мехатронных системах, является пакет Simulink с библиотекой SimScape.

Основная часть

Пакет Simscape, входящий в состав среды Simulink программы Matlab дает возможность создания имитационной модели, включающей в себя взаимодействие между различными узлами механики, электрики в совокупности с системой автоматического управления. Такой подход позволяет провести анализ перемещения объекта не только графически, но и визуально до испытаний на физическом объекте.

Интегрируя в имитационную модель механическую часть системы с визуализацией объекта при помощи библиотеки Simscape, можно создавать модели мехатронных систем на различных уровнях абстракции, начиная от отдельных компонентов, таких как электродвигатели, гидравлические клапаны и механические соединения, до систем автоматического регулирования ими. При этом данная библиотека предоставляет ресурсы для моделирования не только статических, но и динамических звеньев, входящих в состав объекта управления. Моделирование мехатронных систем с помощью данного пакета программы Matlab является эффективным инструментом для оптимизации процесса проектирования и разработки мехатронных модулей и позволяет сократить время и затраты на создание и отладку прототипов. Кроме того, использование Simscape для моделирования мехатронных систем помогает надежности системы, и понизить риски создания неработоспособных изделий.

В рассмотренном далее примере при моделировании робота-манипулятора, использовался предложенный пакет программного обеспечения. На рисунке 1 представлена трехмерная модель робота-манипулятора, разработанная в системе автоматизированного проектирования «КОМПАС-3D».

Для создания данной модели в среде Simulink, необходимо перенести трехмерную модель объекта по отдельным деталям. Для реализации вращательного соединения между двумя телами используется блок «Revolute Joint». В данном блоке необходимо указать параметры положение оси вращения и допустимый угол поворота. С точки зрения механики настраивается демпфирование и трение в соединении, что позволяет учесть различные факторы, влияющие на движение механизма. В качестве задатчика движения в рассматриваемом роботе-манипуляторе используется встроенный блок «Signal Builder», подключаемый к каждому отдельному блоку соединения. На рисунке 2 представлена имитационная модель механической части системы, построенная в Simulink.

Представленную модель можно усложнить, заменив блок «Signal Builder» на математическую модель двигателя. На данном этапе была получена визуализация работы предложенного объекта, а также графики, отражающие угловое перемещение, угловую скорость, ускорение, а также момент, который должен быть приложен к каждому звену для задания направления и перемещения осей манипулятора. На рисунке 3 представлена визуализация данной модели в среде Matlab.

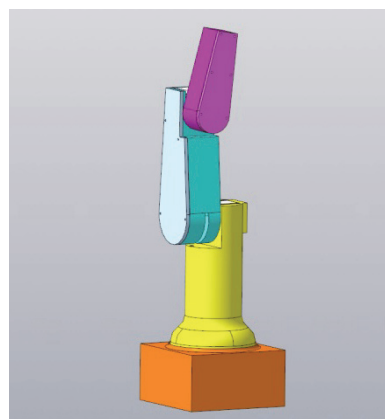


Рисунок 1 – 3D-модель робота-манипулятора

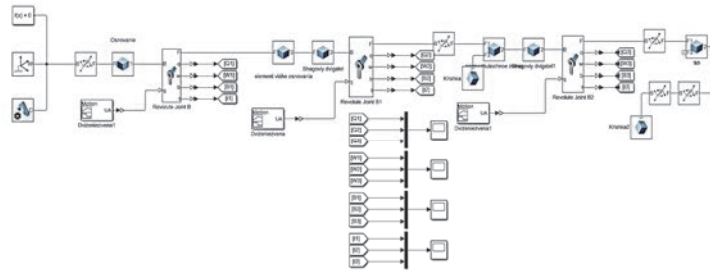


Рисунок 2 – Имитационная модель механической части робота-манипулятора

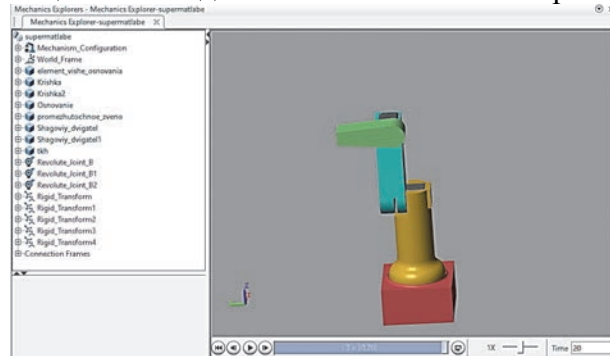


Рисунок 3 – Визуализация имитации движения робота-манипулятора в среде Matlab

Заключение

При моделировании мехатронных систем, пакет SimScape среды Matlab, предоставляет широкие возможности для синергетической совокупности механики, электроники и управления. Благодаря возможности визуально-блочного моделирования системы и заданию различных физических параметров объекта, можно более точно и эффективно проектировать и оптимизировать мехатронные системы под конкретные производственные задачи. Более того, предложенный подход позволяет анализировать процессы, происходящие в системе в режиме реального времени, что позволяет ускорить процесс проектирования и исправить ошибки еще на этапе моделирования.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Борисов, И. И. Имитационное моделирование мехатронных систем / И. И. Борисов, С. А. Колубин. – Санкт-Петербург : Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, 2020. – 103 с. – EDN UASSJT.
2. Емельянов, К. А. Исследование методов аппаратной оптимизации алгоритмов управления сложных кинематических систем по быстродействию / К. А. Емельянов, С. П. Черный // Техника и технология современных производств : Сборник статей II Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, Пенза, 12–13 апреля 2021 года. – Пенза: Пензенский государственный университет, 2021. – С. 15-18. – EDN ISUYAA.
3. Савельева, А. С. Разработка имитационной модели гибкой роботизированной линии литейного производства / А. С. Савельева, Д. О. Савельев // Молодежь и наука: актуальные проблемы фундаментальных и прикладных исследований : Материалы IV Всероссийской национальной научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. В 4-х частях, Комсомольск-на-Амуре, 12–16 апреля 2021 года. Том Часть 2. – Комсомольск-на-Амуре: Комсомольский-на-Амуре государственный университет, 2021. – С. 58-60. – EDN PAWWJG.
4. Осипенко, Л. Е. Управление движением 3D модели руки с помощью библиотеки Simscape в среде Matlab-Simulink / Л.Е. Осипенко, А.В. Бушманов // Лучшие научные исследования студентов и учащихся: сборник статей Международной научно-практической конференции : в 2 ч.. Том Часть 1. Пенза, 2022. – С. 73-76. – EDN AUPKYU.

5. Щербакова, М. П. Математическое моделирование динамических моделей в Simscape Multibody / М.П. Щербакова, А.С. Печурин, Л.В. Березина // Наука молодых – будущее России : сборник научных статей 5-й Международной научной конференции перспективных разработок молодых ученых : в 4 т.. Том 3. Курск, 2020. – С. 87-91. – EDN VXKAMZ.

УДК 004.896

Сотников Илья Андреевич, магистрант, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Sotnikov Ilya Andreevich, graduate student, Komsomolsk-na-Amure State University

Черный Сергей Петрович, кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедры «Электропривода и автоматизации промышленных установок», Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Cherny Sergey Petrovich, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Electric Drive and Safety of Industrial Installations, Komsomolsk-na-Amure State University

ВЛИЯНИЕ КОЛИЧЕСТВА НЕЧЕТКИХ РЕГУЛЯТОРОВ ВО ВНУТРЕННЕМ КАСКАДЕ НА ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ

INFLUENCE OF THE NUMBER OF FUZZY CONTROLLERS IN THE INTERNAL CASCADE ON THE MAIN CHARACTERISTICS OF THE CONTROL SYSTEM

Аннотация. В работе представлен синтез многокаскадных регуляторов на базе нечеткой логики с использованием алгоритмов логического вывода Мамдани и Сугено и с различным числом нечетких регуляторов во внутреннем каскаде. Проведен анализ применения многокаскадных регуляторов в системе управления пиролизной установкой.

Abstract. The paper presents the synthesis of multistage controllers based on fuzzy logic using the inference algorithms of Mamdani and Sugeno and with a different number of fuzzy controllers in the internal cascade. An analysis was made of the use of multi-stage controllers in the control system of a pyrolysis plant.

Ключевые слова: интеллектуальная система управления, многокаскадный нечеткий регулятор.

Key words: intelligent control system, multistage fuzzy controller.

Введение

На сегодняшний день существует множество сложных объектов, для которых классические подходы к управлению малоэффективны или вовсе не реализуемы из-за трудности описания математической модели этих объектов. Исходя из этого все чаще применяют методики на базе нечеткой логики, которые учитывают неточность или неполноту исходных данных, а также существенные допущения при математическом описании объекта управления [1]. Применение нечетких регуляторов, в основе которых лежит теория мягких вычислений, является актуальным способом для реализации систем управления сложными технологическими объектами.

Кроме того, существует множество направлений развития нечетких систем управления, одним из которых является принцип многокаскадности. Многокаскадность позволяет распределить задачу по составлению продукционной базы знаний, снизить сложность блоков фаззификации и дефаззификации, а также позволяет расширить информационные и интеллектуальные возможности систем автоматического регулирова-

ния. Внешний каскад нечеткого регулятора выступает в роли экспертной системы для управления регуляторами во внутреннем каскаде.

Основная часть

Для анализа эффективности применения многокаскадных нечетких регуляторов будет использована модель пиролизной установки, математическое описание которой получено с учетом некоторого ряда допущений [2].

На рисунке 1 приведена модель многокаскадного нечеткого регулятора с тремя нечеткими регуляторами во внутреннем каскаде и алгоритмом логического вывода Мамдани-Сугено.

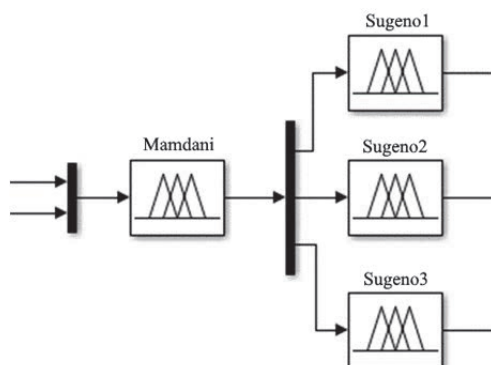


Рисунок 1 – Модель многокаскадного нечеткого регулятора

Нечеткий регулятор во внешнем каскаде с алгоритмом вывода Мамдани производит сбор и первичную обработку входных данных, далее формирует управляющие воздействия для регуляторов, которые находятся во внутреннем каскаде. Звено, реализующее функции интеллектуального переключателя [3] имеет на входе две лингвистических переменных *bottom* и *top*, которые формализуют понятия температуры низа и температуры верха пиролизной печи соответственно.

Функциональная схема нечеткого регулятора первого каскада представлена на рисунке 2.

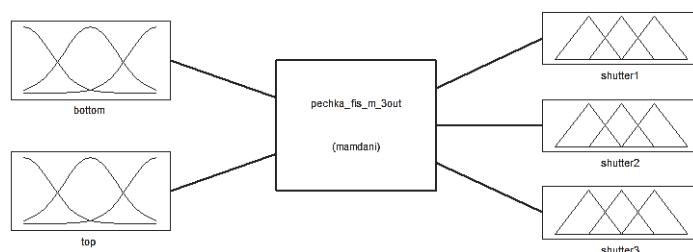


Рисунок 2 – Функциональная схема нечеткого регулятора в первом каскаде

Регуляторы во внутреннем каскаде представляют собой простейшие нечеткие регуляторы на базе логического вывода Сугено формализация выходных переменных которых выполняется лингвистическими переменными *shutter1*, *shutter2*, *shutter3*. Основным назначением структуры второго каскада является конкретизация сформированного управляющего воздействия первого каскада. В данном конкретном случае для упрощения и повышения универсальности общей структуры все три регулятора во втором каскаде будут абсолютно одинаковыми.

Таким образом, фрагменты продукционной базы правил первого и второго каскада будут иметь вид:

Для первого каскада семь продукционных правил вида:

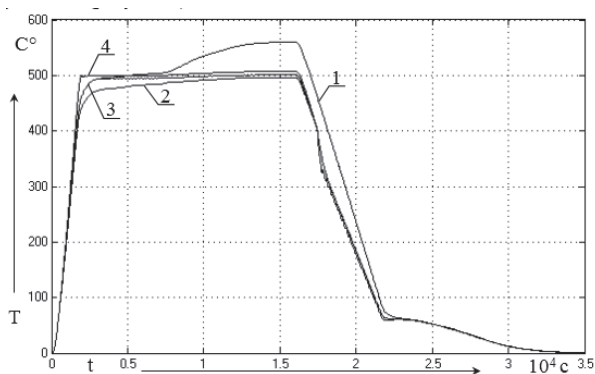
Если bottom есть mf1 и top есть mf1, то «угол поворота первой шторы» есть mf5, «угол поворота второй шторы» есть mf5, «угол поворота третьей шторы» есть mf5;

Для второго каскада пять продукционных правил вида:

Если input1 есть mf1, то output1 = mf1 = -1;

Проведем сравнительный анализ классической пассивной системы управления и многокаскадной нечеткой системы управления пиролизной установкой. Кроме того, для сравнения были смоделированы нечеткие многокаскадные системы управления с различным количеством регуляторов во внутреннем каскаде, а также однокаскадная нечеткая система управления (рисунок 3).

Как видно из графика (рисунок 3) процесса пиролиза в системе с нечетким многокаскадным регулятором с тремя нечеткими регуляторами во внутреннем каскаде практически не наблюдается отклонения температуры на протяжении непосредственно процесса пиролиза. В остальных системах с нечеткими логическими регуляторами также снижается температурное рассогласование теплового поля в начале и конце процесса пиролиза. В классической системе с пассивным регулированием напротив наблюдается значительное отклонение температуры в конце процесса.



1 – классическая система; 2 – однокаскадная нечеткая система управления; 3 – двухкаскадная нечеткая система управления с двумя регуляторами во внутреннем каскаде; 4 – двухкаскадная нечеткая система управления с тремя регуляторами во внутреннем каскаде

Рисунок 3 – Динамические характеристики процесса пиролиза классической системы и нечетких систем управления

Заключение

Внедрение многокаскадных нечетких регуляторов в разного рода системы регулирования позволяет получать достаточно качественные переходные процессы и реализовывать алгоритмы управления любой сложности. Регулятор во внешнем каскаде осуществляет экспертную оценку регуляторов во внутреннем каскаде, а те в свою очередь уже вырабатывают советуемые управляющие воздействия для объекта управления.

В работе приведена методика моделирования многокаскадной системы управления, которая позволяет реализовать адекватное управление сложным технологическим объектом, например пиролизной установкой мобильного типа, с учетом особенностей построения математической модели такого объекта. Дальнейшее развитие данного метода позволяет выполнять синтез нечетких многокаскадных регуляторов с большим числом регуляторов во внутреннем каскаде, которые могут реализовывать различные структуры управления сложным объектом регулирования.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Соловьев, В.А. Нечеткое управление в системе регулирования позиционных электроприводов стержневой установки / В. А. Соловьев, Н. Е. Дерюжкова, А. Х. Чжо, В. В. Тетерин // Научно-технический вестник Поволжья. – 2019. – № 5. – С. 77-80. – EDN PZRNMU.
2. Бакаев, В. В. Система управления установкой пиролиза древесины с элементами искусственного интеллекта / В. В. Бакаев, В. А. Соловьев, С. П. Черный // Информатика и системы управления. – 2002. – № 1(3). – С. 80-86. – EDN IJFOJT.
3. Леоненков, А.В. Нечёткое моделирование в среде MATLAB и fuzzyTECH / А.В. Леоненков. – Санкт-Петербург : БХВ-Петербург, 2003. – 736 с.

4. Cherniy S.P. Analysis of approaches to modelling the fuzzy control systems with extension of their functional capabilities / S.P. Cherniy, A.V. Buzikayeva, V.I. Susdorf, V.N. Khrulkov. – EAI Endorsed Transactions on Energy Web, 2020, ew 18: e19. DOI:10.4108/eai.13-7-2018.165496

5. Соловьев, В. А. Искусственный интеллект в задачах управления. Интеллектуальные системы управления технологическими процессами / В. А. Соловьев, С. П. Черный. – Владивосток: «Дальнаука», 2010. – 280 с.

УДК 629.584

Томских Антон Алексеевич, студент, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Tomskikh Anton Alekseevich, student, Komsomolsk-na-Amure State University

Шушарин Никита Станиславович, студент, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Shusharin Nikita Stanislavovich, student, Komsomolsk-na-Amure State University

Савельев Дмитрий Олегович, старший преподаватель, руководитель Центра Робототехники Ресурсного центра Технопарка, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Savelyev Dmitriy Olegovich, senior lecturer, Head of Center for Robotics of Resource center of Technopark, Komsomolsk-na-Amure State University

ПОВЫШЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПОДВОДНЫМ РОБОТОМ ПРИ ПОМОЩИ LQR-РЕГУЛЯТОРА

INCREASING THE EFFICIENCY INDICATORS OF THE CONTROL SYSTEM OF THE UNDERWATER ROBOT WITH THE HELP OF THE LQR-REGULATOR

Аннотация. В статье рассмотрен вопрос выбора регулятора для управления подводным роботом. В ходе работы было выяснено, что пропорционально-интегрально-дифференциальный регулятор, который сейчас наиболее распространен, имеет недостатки, такие как сложность настройки и необходимость использования нескольких контроллеров для управления всеми осями движения робота. В статье предлагается использовать линейно-квадратичный регулятор для повышения эффективности системы управления.

Abstract. The article considers the issue of choosing a regulator for controlling an underwater robot. In the course of the work, it was found out that the proportional-integral-differential controller, which is now the most common, has disadvantages, such as the complexity of configuration and the need to use multiple controllers to control all axes of the robot's movement. The article suggests using a linear-quadratic controller to increase the efficiency of the control system.

Ключевые слова: подводная робототехника, регулирование, ПИД-регулятор, ЛКР-регулятор.

Key words: underwater robotics, regulation, PID-controller, LQR-controller.

Введение

В настоящее время наиболее распространённым регулятором в системе управления движением подводным роботом является пропорционально-интегрально-дифференциальный регулятор (далее ПИД-регулятор). Однако у него существует ряд минусов, не позволяющих обеспечить максимальную эффективность в применении регулятора для создания математической модели подводного робота. ПИД-регулятор требует много времени для его калибровки и настройки из-за того, что он имеет несколько параметров, которые необходимо настроить, чтобы обеспечить эффективную работу

системы управления. Эти параметры включают коэффициенты пропорциональности, интегральности и дифференциальности, которые должны быть правильно настроены для каждой конкретной системы. Помимо этого, для разработки системы управления движением подводного робота необходимо учитывать 6 осей движения объекта управления. В таком случае потребуется применять 6 ПИД-регуляторов для каждой оси движения соответственно [4].

Таким образом, рассматриваемый подход, представленный в данной статье, является актуальным при имитационном моделировании сложных систем управления робототехническими аппаратами.

Цель работы заключается в описании применения линейно-квадратичного регулятора (далее ЛКР) для повышения эффективности системы управления подводным роботом. Статья направлена на описание принципов работы регулятора и функциональную схему системы управления подводным роботом с использованием ЛКР, а также на исследование эффективности такой системы.

Основная часть

Рассмотрим пример реализации структурной схемы математической модели подводного робота. В ней (рисунок 1) объектом управления является телеуправляемый необитаемый подводный аппарат (далее – ТНПА).

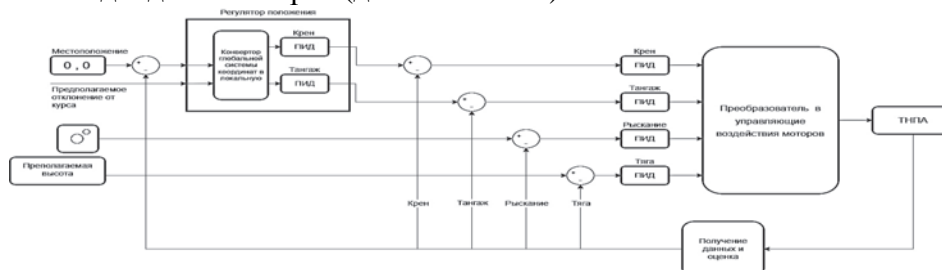


Рисунок 1 – Структурная схема математической модели подводного робота с применением ПИД-регулятора

Данная схема описывает положение ТНПА в водной среде. Входными параметрами схемы являются координаты по осям ХУ, предполагаемая глубина, а также вращение вдоль плоскости ХУ. Поскольку модель вычисляет только регулирование относительно оси ХУ, все параметры за исключением глубины заданы нулями, для упрощения расчётов. По обратному каналу схемы передаются значения с датчика акселерометра, которые являются входными параметрами для ПИД регулятора. Управляющие воздействие с каждого регулятора отправляется в блок преобразователя, который изменяет эти значения в соответствии с формулой (1) для регулирования скорости вращения моторов робота.

$$M = T \pm R \pm P \pm Y \quad (1)$$

Параметры уравнения (1):

- M результирующее управляющие воздействие;
- T тяга двигателя;
- R крен;
- P тангаж;
- Y рыскание;

При использовании ЛКР для управления подводным роботом, в качестве модели динамической системы может быть использовано уравнение движения подводного аппарата, которое описывает его перемещение в трехмерном пространстве. Уравнение движения подводного робота с использованием ЛКР может быть записано в виде системы линейных дифференциальных уравнений второго порядка, которые выглядят следующим образом:

$$\ddot{z} = -\frac{g}{l}\theta - \frac{d}{m}\dot{z} + \frac{1}{m}u_z, \quad (2)$$

$$\ddot{\theta} = -\frac{d}{I}\dot{\theta} + \frac{1}{I}u_{\theta}. \quad (3)$$

Здесь z – глубина подводного робота, θ – угол его крена, g – ускорение свободного падения, l – расстояние между центром масс и центром подъемной силы, d – коэффициент сопротивления воды, m – масса робота, I – момент инерции робота. Управляющее воздействие u_z – определяет глубину движения робота. Оба управляющих воздействия могут быть определены с помощью ЛКР на основе текущего состояния системы и её желаемого состояния.

В структурной схеме (рисунок 2) в качестве регулятора положения применён линейно-квадратичный регулятор (ЛКР). Использование только одного контроллера ЛКР вместо нескольких ПИД-регуляторов упрощает программную архитектуру [3].

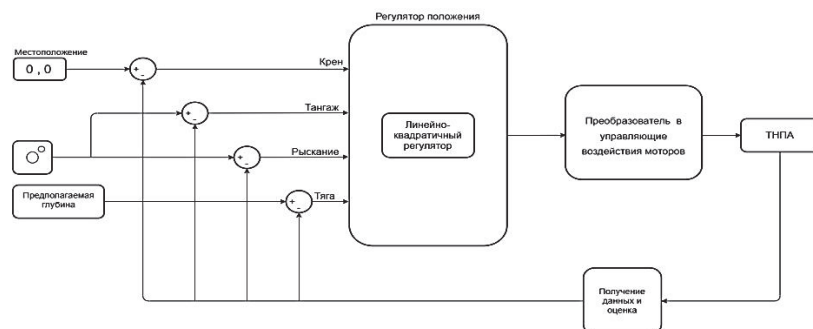


Рисунок 2 – Структурная схема математической модели подводного робота с применением ЛКР

Заключение

В данной статье описывается проблема, связанная с применением пропорционально-интегрально-дифференциального регулятора в системе управления движением подводного робота. Для улучшения эффективности системы управления мы предлагаем использовать линейно-квадратичный регулятор. В статье приводится описание функциональной схемы системы управления с использованием ЛКР, а также проводится исследование эффективности такой системы. В целом, данная статья является актуальной и полезной для специалистов в области робототехники, так как показывает новые подходы к управлению движением подводных роботов [1].

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Соловьев, В. А. Искусственный интеллект в задачах управления. Интеллектуальные системы управления технологическими процессами : учебное пособие / В. А. Соловьев, С. П. Черный ; В. А. Соловьев, С. П. Черный ; М-во образования и науки Российской Федерации, Федеральное агентство по образованию, Гос. образовательное учреждение высш. проф. образования "Комсомольский-на-Амуре гос. технический ун-т". – Комсомольск-на-Амуре : КНАГТУ, 2006. – 74 с. – ISBN 5-7765-0497-X. – EDN QMQJHJ.
2. Емельянов, К. А. Исследование методов аппаратной оптимизации алгоритмов управления сложных кинематических систем по быстродействию / К. А. Емельянов, С. П. Черный // Техника и технология современных производств : Сборник статей II Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, Пенза, 12–13 апреля 2021 года. – Пенза: Пензенский государственный университет, 2021. – С. 15-18. – EDN ISUYAA.
3. Белов, Б. П. Проектирование информационно-управляющих систем подводной робототехники / Б. П. Белов ; Б. П. Белов ; М-во образования и науки Российской Федерации, Гос. образовательное учреждение высш. проф. образования "Санкт-Петербургский гос. морской технический ун-т". – Санкт-Петербург : СПб ГМТУ, 2008. – ISBN 978-5-88303-456-4. – EDN QNVOEL.

4. Методы классической и современной теории автоматического управления : Учебник в 3-х томах / К. А. Пупков, Н. Д. Егупов, А. И. Баркин [и др.]. Том 2. – Москва : Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана, 2000. – 736 с. – ISBN 5-7038-1627-0. – EDN WNBWLZ.

5. Ротач, В. Я. Теория автоматического управления : учебник для студентов вузов, обучающихся по специальности "Автоматизация технологических процессов и производств (энергетика)" направления подготовки "Автоматизированные технологии и производства" / В. Я. Ротач ; В. Я. Ротач. – 4-е изд., стер. – Москва : Изд. дом МЭИ, 2007. – 399 с. – ISBN 978-5-903072-69-9. – EDN QMRC SJ.

УДК 681.5

Ходжер Юрий Алексеевич, студент, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Khodzher Yuri Alekseevich, student, Komsomolsk-na-Amure State University

Егоров Владислав Алексеевич, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры «Электропривод и автоматизация промышленных установок», Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Egorov Vladislav Alekseevich, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department "Electric drive and automation of production plants", Komsomolsk-na-Amure State University

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ДВУХФАЗНОЙ СИНХРОННОЙ МАШИНЫ

MATHEMATICAL MODEL OF A TWO-PHASE SYNCHRONOUS MACHINE

Аннотация. Предложено математическое описание двухфазной синхронной машины серии ДБМ в неподвижной, относительно статора системе координат $\alpha\beta$. Приводятся результаты математического моделирования синхронной машины. Показано, что предложенное математическое описание двухфазной синхронной машины работоспособно.

Abstract. A mathematical description of a two-phase synchronous machine of the DBM series in a fixed, relative to the stator, coordinate system $\alpha\beta$ is proposed. The results of mathematical modeling of a synchronous machine are presented. It is shown that the proposed mathematical description of a two-phase synchronous machine is efficient.

Ключевые слова: математическая модель, двухфазная синхронная машина.

Key words: mathematical model, two-phase synchronous machine.

Введение

Двухфазная синхронная машина серии ДБМ [1] является представителем современного семейства электродвигателей малой мощности. На её основе могут быть построены различные по принципу действия системы бесконтактных электроприводов. Машина имеет встраиваемую конструкцию и может быть использована в современных изделиях мехатронной техники. Электроприводы на её основе обладают хорошими регулировочными характеристиками и высоким развиваемым моментом на валу [2]. Целью работы является получение математической модели двухфазной синхронной машины серии ДБМ, верификация полученной модели и дальнейшее её использование при синтезе бесконтактных моментных электроприводов различного назначения.

Основная часть

Двухфазная синхронная машина имеет на статоре пару обмоток, сдвинутых в пространстве на 90 электрических градусов и ротор в виде постоянных магнитов. Для ее описания введем координатные оси α и β , совпадающие с продольными осями ста-

торных обмоток фаз А и В соответственно. Векторная диаграмма машины представлена на рисунке 1.

На рисунке 1 введены следующие обозначения: B_s , B_r – вектора магнитной индукции полей статора и ротора; F_s , F_r – углы поворота векторов магнитной индукции полей статора и ротора; $Teta$ – угол отставания поля ротора от поля статора.

Вектор индукции ротора B_r представим в виде суммы двух составляющих по осям α и β (рисунок 1). Для составляющих вектора индукции по осям α и β можно записать:

$$\left. \begin{aligned} B_{r\alpha} &= B_r \cos(p_n \varphi_r); \\ B_{r\beta} &= B_r \sin(p_n \varphi_r), \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

где p_n , φ_r – число пар полюсов и угол ротора синхронной машины.

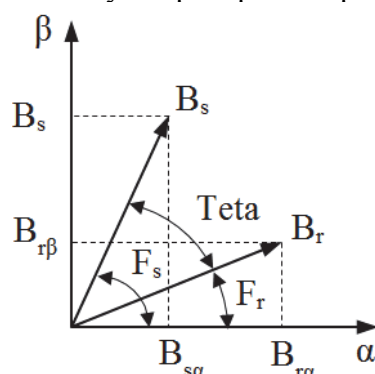


Рисунок 1 – Векторная диаграмма синхронной машины

На основании второго закона Кирхгофа [3], уравнения баланса напряжений фаз статора синхронной машины, можно записать следующим образом:

$$\left. \begin{aligned} U_\alpha &= i_\alpha R + L \frac{di_\alpha}{dt} - KB_r p_n \sin(p_n \varphi_r) \omega_d; \\ U_\beta &= i_\beta R + L \frac{di_\beta}{dt} + KB_r p_n \cos(p_n \varphi_r) \omega_d, \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

где L , K – индуктивность и конструктивный коэффициент катушки статора; ω_d – скорость вала синхронной машины; U_α , U_β , i_α , i_β – напряжения и токи фаз статора.

Введя подстановку $KB_r p_n = C_e$, уравнения (2) можно записать относительно производных от фазных токов статора:

$$\left. \begin{aligned} \frac{di_\alpha}{dt} &= \frac{1}{L} [U_\alpha - i_\alpha R + C_e \sin(p_n \varphi_r) \omega_d]; \\ \frac{di_\beta}{dt} &= \frac{1}{L} [U_\beta - i_\beta R - C_e \cos(p_n \varphi_r) \omega_d], \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

Электромагнитная энергия обмоток машины [3], равна:

$$W_{em} = \frac{1}{2} \left((KB_r \cos(p_n \varphi_r) + Li_\alpha) i_\alpha + (KB_r \sin(p_n \varphi_r) + Li_\beta) i_\beta \right).$$

Тогда, электромагнитный момент машины [3]:

$$M_d = \frac{\partial W_{em}}{\partial \varphi_r} p_n = -\frac{1}{2} p_n KB_r \sin(p_n \varphi_r) i_\alpha + \frac{1}{2} p_n KB_r \cos(p_n \varphi_r) i_\beta.$$

Или, с учетом подстановки $p_n KB_r / 2 = C_m$,

$$M_d = -C_m \sin(p_n \varphi_r) i_\alpha + C_m \cos(p_n \varphi_r) i_\beta. \quad (4)$$

Механическая часть машины описывается уравнениями [3]:

$$M_d - M_c = J \frac{d\omega_d}{dt} \quad \text{и} \quad \omega_d = \frac{d\varphi_r}{dt}, \quad (5)$$

где M_c – момент нагрузки. J – момент инерции механизма.

Уравнения (3), (4), (5) описывают работу идеализированной двухфазной синхронной машины в осях $\alpha\beta$:

$$\left. \begin{aligned} \frac{di_\alpha}{dt} &= \frac{1}{L} [U_\alpha - i_\alpha R + C_e \sin(p_n \varphi_r) \omega_d]; \\ \frac{di_\beta}{dt} &= \frac{1}{L} [U_\beta - i_\beta R - C_e \cos(p_n \varphi_r) \omega_d]; \\ M_d &= -C_M \sin(p_n \varphi_r) i_\alpha + C_M \cos(p_n \varphi_r) i_\beta; \\ \frac{d\omega_d}{dt} &= (M_d - M_c) / J; \\ \frac{d\varphi_r}{dt} &= \omega_d. \end{aligned} \right\} \quad (6)$$

Системе уравнений (6) соответствует структурная схема, изображённая на рисунке 2.

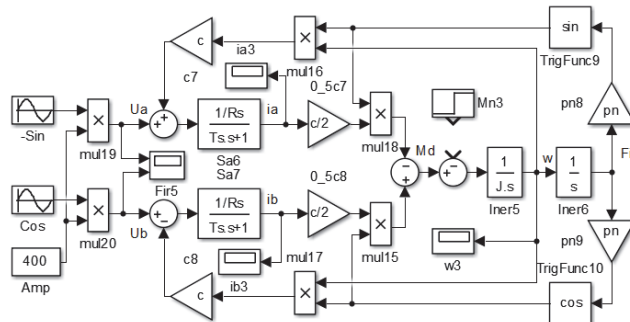


Рисунок 2 – Структурная схема модели двухфазной синхронной машины в осях $\alpha\beta$

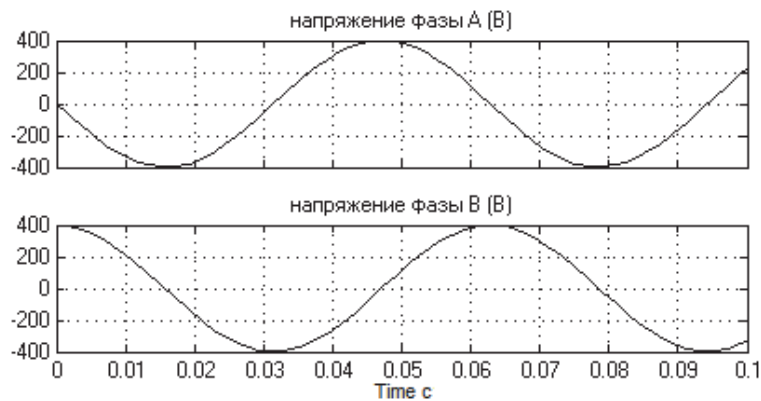


Рисунок 3 – Напряжения фаз А и В синхронной машины

Параметры модели: $R_s=0.75$, $L_s=0.003$, $T_s=L_s/R_s$ - сопротивление, индуктивность и постоянная времени фазы статора; $p_n=2$; - число пар полюсов машины; $c=2$ - коэффициент связи скорость-ЭДС (ток статора-момент двигателя); $J=0.16$ - момент инерции ротора.

Входные напряжения фаз А и В, подаваемые на модель показаны на рисунке 3. Скорость ротора синхронной машины, полученная при этих напряжениях, приведена на рисунке 4.

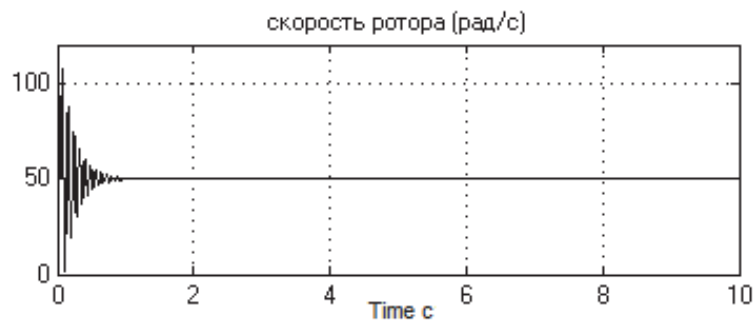


Рисунок 4 – Скорость ротора синхронной машины

Заключение

При задании на входы модели приведённой на рисунке 1, синусоидальных фазных напряжений, изменяющихся по законам: $U_A = -400\sin(100t)$ и $U_B = 400\cos(100t)$, изображенных на рисунке 3, скорость ротора синхронной машины установилась на уровне 50 радиан в секунду (рисунок 4). Число пар полюсов машины равно двум. Поэтому электрическая угловая скорость поля статора, равная 100 радиан в секунду, вдвое выше, механической угловой скорости вращения ротора машины. Кроме того, изменение знака синусоид приводит к реверсу электродвигателя и установлению скорости ротора - минус 50 радиан в секунду. Это позволяет сделать вывод о работоспособности описанной модели двухфазной синхронной машины.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Новый ряд моментных двигателей для экстремальных условий применения. [Электронный ресурс] // researchgate.net – URL: https://www.researchgate.net/publication/281372277_NOVYJ_RAD_MOMENTNYH_DVIGATELEJ_DLA_EKSTREMALNYH_USLOVIJ_PRIMENENIA (дата обращения 24.03.2023). – Режим доступа: свободный.
2. Микеров, А. Г. Выбор моментных двигателей систем автоматического управления по их энергетическим и динамическим показателям / А. Г. Микеров, Е. А. Рубцова // Известия СПб ГЭТУ ЛЭТИ. – 2010. – № 6. – С. 58-69. – EDN MQHRMZ.
3. Кухлинг, Х. Справочник по физике: Пер. с нем. 2-е изд. / Х. Кухлинг – Москва : Мир, 1985. – 520 с.
4. Бесекерский, В.А. Теория автоматического управления / В.А. Бесекерский, Е.П. Попов – Санкт-Петербург : Профессия, 2003. – 752 с.
5. Бронштейн, И.Н. Справочник по математике / И.Н. Бронштейн, К.А. Семендяев – Москва : Наука, 1980. – 974 с.

УДК 629.584

Шушарин Никита Станиславович, студент, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Shusharin Nikita Stanislavovich, student, Komsomolsk-na-Amure State University

Григорец Роман Дмитриевич, студент, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Grigorets Roman Dmitirievich, student, Komsomolsk-na-Amure State University

Савельев Дмитрий Олегович, старший преподаватель, руководитель Центра робототехники Ресурсного центра Технопарка, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Savelyev Dmitriy Olegovich, senior lecturer, head of the Center for robotics of the Resource center of the Technopark, Komsomolsk-na-Amure State University

МОДЕЛИРОВАНИЕ ДВИЖЕНИЯ ПОДВОДНОГО РОБОТА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ AEROSPACE TOOLBOX В MATLAB

SIMULATION OF UNDERWATER ROBOT MOVEMENT USING AEROSPACE TOOLBOX IN MATLAB

Аннотация. В статье описывается возможность применения пакета Aerospace Toolbox в среде Matlab для создания математических моделей подводных роботов, включая моделирование динамики движения объекта управления. В качестве примера рассматривается моделирование движения подводного робота в вертикальной плоскости. В резуль-

тате моделирования получены переходные процессы, отображающие правильность работы системы. Применение Aerospace Toolbox позволяет определить геометрию и характеристики гидродинамического сопротивления подводного робота, что является важным этапом в моделировании ее движения.

Abstract. The article describes the possibility of using the Aerospace Toolbox package in the Matlab environment to create mathematical models of underwater robots, including modeling the motion dynamics of a control object. As an example, the simulation of the movement of an underwater robot in a vertical plane is considered. As a result of the simulation, transient processes were obtained that reflect the correct operation of the system. The use of Aerospace Toolbox allows you to determine the geometry and characteristics of the hydrodynamic resistance of an underwater robot, which is an important step in modeling its movement.

Ключевые слова: Aerospace Toolbox, подводный робот, математическая модель, динамика.

Key words: Aerospace Toolbox, underwater robot, mathematical model, dynamics.

Введение

В настоящее время для создания имитационных моделей подводных роботов в различном программном обеспечении нет специализированных инструментов, позволяющих упростить сложный этап создания и настройки математической модели физической среды для находящегося в ней объекта управления. Таким образом, рассматриваемый подход, представленный в данной статье, является актуальным при имитационном моделировании сложных систем управления робототехническими аппаратами, участвующими в движении в различных физических средах, что делает такой подход универсальным.

Применяемые в настоящее время пакеты программ, в том числе и Matlab, позволяют реализовать систему управления только летательными аппаратами [1]. Однако, несмотря на это, существует потребность в разработке подводных аппаратов и использования для них новых систем управления [2]. В представленной статье описывается возможность применения Aerospace Toolbox для управления различными беспилотными системами, не привязанными к физической среде. Такой подход не только демонстрирует создание сложных робототехнических систем управления подводными роботами, но и дает возможность отладки системы с представлением информации в виде, удобном для зрительного анализа, что и определяет актуальность настоящего исследования [3].

Цель работы состоит в демонстрации возможности применения пакета Aerospace Toolbox среды Matlab, как средства для задания параметров среды и объекта в имитационной модели подводного робота.

Основная часть

Для решения задач в области аэрокосмической техники существует пакет Aerospace Toolbox, который содержит множество функций для моделирования динамики объектов в атмосфере, включая моделирование аэродинамики, управления полетом, навигации и т.д. Однако представляется возможным применить данную библиотеку для разработки математической модели подводного робота.

Рассмотрим пример моделирования движения подводного робота в вертикальной плоскости. Допустим, что мы имеем следующие параметры движения подводного робота:

- m масса робота 5 кг;
- g гравитационная постоянная $9,81 \text{ м/с}^2$;
- S площадь поверхности 0.09 м^2
- ρ плотность воды
- v начальная скорость 0 м/с
- F сила, создаваемая двигателями робота 100 Н

Тогда уравнение движения для компоненты скорости будет выглядеть следующим образом:

$$\frac{dv}{dt} = \left(\frac{1}{m}\right) * (F - D - m * g) \quad (1)$$

$$D = 0.5 * \rho * v^2 * S \quad (2)$$

В среде разработки MATLAB имеется несколько встроенных функций для численного решения обыкновенных дифференциальных уравнений (ОДУ) и систем дифференциальных уравнений (СДУ), по этой причине мы использовали функцию «ode23».

Для создания геометрии объекта, представляющего субмарину, применялась функция `aeroBody`. Для определения характеристик гидродинамического сопротивления была использована функция `aeroDrag`, которая принимает на вход геометрические характеристики объекта и скорость движения в векторном виде, что позволяет вычислять соответствующие коэффициенты сопротивления на основе данных о физической среде.

Вышеперечисленные функции и данные, полученные при использовании данного пакета программы, подтверждают, что Aerospace Toolbox позволяет определять геометрию и характеристики гидродинамического сопротивления для подводного робота, что является важным этапом при моделировании его движения.

Функция "atmosisa" из Aerospace Toolbox получает на вход значение глубины, а выходными значениями являются такие параметры, как температура, давление и коэффициент сопротивления. Для определения параметров среды в имитационной модели использовалась стандартная модель морской воды, и были получены следующие значения: температура -278.15 К, давление $-5,0426 \cdot 10^4$ Па, коэффициент сопротивления $0,5$ [4].

В результате моделирования системы движения подводного робота вдоль оси аппликат был получен график зависимости скорости робота от времени (рисунок 1).

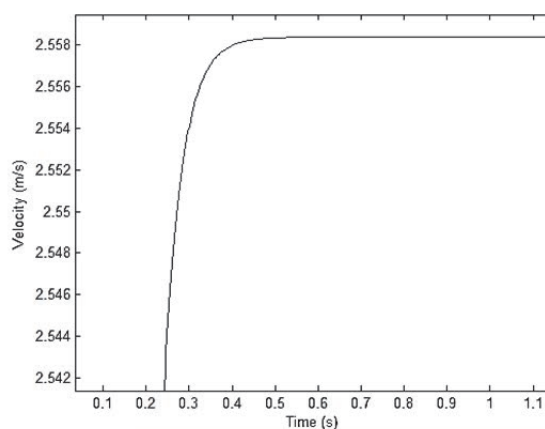


Рисунок 1 – График зависимости скорости робота от времени

Из графика видно, что скорость увеличивается с увеличением времени и в конечном итоге стабилизируется на уровне $2,558$ м/с. Это происходит из-за того, что сила, создаваемая двигателем робота, превышает силы сопротивления, воздействующие на робота. При равнодействующей сил равной нулю, когда силы сопротивления становятся равной силе тяги двигателя, скорость стабилизируется на предельном значении.

Заключение

В статье рассмотрены возможности использования Aerospace Toolbox в среде Matlab для моделирования движения подводных роботов. Были описаны основные функции и возможности библиотеки, а также представлен пример численного решения уравнений движения подводного робота в воде с помощью функции `ode23`. Для решения уравнения движения используется функция численного решения обыкновенных дифференциальных уравнений "ode23". Описана возможность определения геометрии объекта и характеристик гидродинамического сопротивления при помощи функции

aeroBody и aeroDrag. Для учета параметров водной среды на определенной глубине используется функция atmosisa.

Применение пакета Aerospace Toolbox программы Matlab может стать полезным инструментом при моделировании движения подводных роботов и других объектов не только в жидкостях, но и любых других физических средах при различных внешних факторах, оказывающих воздействие на объект управления [5].

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Купченко, М. В. Разработка системы на основе беспилотного летательного аппарата для проверок работы радиотехнических средств / М. В. Купченко, Д. А. Киба, О. С. Олиферова // Молодежь и наука: актуальные проблемы фундаментальных и прикладных исследований : Материалы III Всероссийской национальной научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, в 3 ч., Комсомольск-на-Амуре, 06–10 апреля 2020 года. Том Часть 1. – Комсомольск-на-Амуре: Комсомольский-на-Амуре государственный университет, 2020. – С. 285-288. – EDN RRSQFT.

2. Беломестных, И. С. Компьютерное моделирование движения подводных роботов / И. С. Беломестных // Информационные технологии и проблемы математического моделирования сложных систем. – 2009. – № 7. – С. 164-168. – EDN WANСXP.

3. Savelyev, D. O. Stabilizing the transients in the objects and systems controlling the compensation of nonlinear ACS (Automatic Control System) elements / D. O. Savelyev, A. S. Gudim, D. B. Solovev // 2019 International Science and Technology Conference "EastConf", EastConf 2019, Vladivostok, 01–02 марта 2019 года. – Vladivostok, 2019. – P. 8725324. – DOI 10.1109/Eastconf.2019.8725324. – EDN LTRLHU.

4. Сообщество IT специалистов Хабр [Электронный ресурс] // habr.com – URL: <https://habr.com/ru/post/423959/> (дата обращения: 07.10.2022). – Режим доступа: свободный.

5. Шушарин Н.С. Подводный робот для проведения сварочных работ в тяжелых условиях / Шушарин Н.С., Савельев Д.О. // Производственные технологии будущего: от создания к внедрению : Материалы VI Международной научно-практической конференции, Комсомольск-на-Амуре, 5-11 декабря 2022 г. / редкол. : С.И. Сухоруков (отв. ред.) [и др.]. – Комсомольск-на-Амуре : ФГБОУ ВО «КнАГУ», 2023. – Ч. 1. – С. 138-140.

СЕКЦИЯ 4

**ЭНЕРГЕТИКА, ЭЛЕКТРОТЕХНИКА
И ЭЛЕКТРОМЕХАНИКА**

УДК 621.18

Агарков Олег Викторович, студент, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Agarkov Oleg Viktorovich, student, Komsomolsk-na-Amure State University

Хвостиков Александр Станиславович, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры «Тепловые энергетические установки», Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Khvostikov Flexandr Stanislavovich, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor of the department "Thermal power plants", Komsomolsk-na-Amure State University

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВЫСОКОАБРАЗИВНЫХ УГЛЕЙ НА ТЕПЛОВЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЯХ

THE USE OF HIGHLY ABRASIVE COALS IN THERMAL POWER PLANTS

Аннотация. В статье рассматривается износ поверхностей как одна из основных причин потери работоспособности котельного оборудования электростанций при работе на высокоабразивных углях. Предложены меры по снижению износа, заключающиеся в выявлении наиболее поврежденных поверхностей нагрева, диагностировании износа этих поверхностей, регулировке состава топлива, способе определения поверхностей, наиболее подверженных износу, с использованием аналитического метода и организации диагностики поверхностей, наиболее сильно подверженных износу золы.

Abstract. The article considers one of the main reasons for the loss of operability of boiler equipment of power plants when powered by highly abrasive coals. Measures are proposed to reduce wear, consisting in identifying the most damaged heating surfaces, diagnosing the wear of these surfaces, adjusting the composition of fuel, a method is proposed for determining the surfaces most susceptible to wear using an analytical method and organizing diagnostics of surfaces most severely affected by Aeolian wear.

Ключевые слова: надежность работы котельного агрегата, золовой износ, скорость потока, магнитная диагностика труб, непроектное топливо.

Key words: reliability of the boiler unit, ash wear, flow rate, magnetic diagnostics of pipes, non-project fuel.

Введение

Паровые котлы, используемые на электростанциях для выработки пара, наиболее эффективно работают на том топливе, для работы которого они спроектированы. В «доперестроечные» годы снабжение электростанций осуществлялась относительно стабильно. Переход к новому топливу был обеспечен только выработкой месторождения. Рыночные условия в топливноэнергетическом комплексе энергоснабжения электростанций приводят к тому, что электростанции используют топливо, обосновывая его выбор экономическими соображениями. Наибольшее значение при выборе имеет цена топлива и стоимость его доставки до места использования, и наименьшее значение при выборе топлива имеют требования экологии. При изменении применяемого топлива меняются условия эксплуатации парогенераторов.

Необходимо отметить, что изменение применяемого топлива не может выполняться без предварительных мероприятий. Для освоения нового топлива должны быть проведены организационные и реконструктивные мероприятия на имеющемся оборудовании, а также ознакомление персонала ТЭЦ с особенностями использования этого топлива. Реконструкция выполняется на основании проведенного опытного сжигания топлива и анализа работы оборудования. В этой работе рассмотрим возможные негативные последствия перевода котельного оборудования ТЭЦ, рассчитанной для работы

на бурых углях Райчихинского месторождения, на сжигание высокоабразивных углей, и возможные пути снижения негативных последствий.

Основная часть

При переходе на высокоабразивные угли особое внимание необходимо уделять исключению повреждений теплообменной поверхности паровых котлов. Повреждение теплообменной поверхности золой и несгоревшими частицами топлива, движущимися вдоль поверхностей нагрева, приводят к адгезионному изнашиванию [1]. Механические воздействия продуктов горения, сопровождающиеся химическими реакциями сернистых соединений, приводят к утонению стенок трубопроводов, впоследствии ведущих к разрыву. Аварии предотвращают заменой поврежденной части узла теплообменника в зоне интенсивного износа. С позиции эксплуатации представляют интерес места интенсивного износа.

Золовой износ поверхностей нагрева происходит неравномерно, что обуславливается неравномерностью распределения дымовых газов или конструктивными особенностями котлоагрегатов на отдельных участках поверхностей нагрева. В местах с высокими скоростями продуктов горения происходит интенсивный местный износ. Интенсивность износа можно определить, используя аналитический метод расчета абразивного износа, описанный в работе [2]. Места оборудования, наиболее подверженные золовому износу, можно изменять, применяя специальные завихрители или предусматривая утонение металла в этих местах.

В работе [2] также отмечено, что интенсивность износа поверхности зависит от концентрации абразивных частиц золы, состоящих в основном из оксида кремния SiO_2 и оксида алюминия Al_2O_3 и несгоревших частиц топлива в газовом потоке, скорости потока продуктов сгорания топлива, и других конструктивных особенностей котлоагрегата. Также приводится формула расчета интенсивности износа от скорости потока и состава дымовых газов. В этом случае главной неизвестной составляющей является скорость потока продуктов сгорания топлива.

Для расчета золового износа предлагается выполнить расчет скорости потока продуктов сгорания топлива совместно с трехмерными моделями. С помощью программного модуля Ansys Fluent или COMSOL Multiphysics выполняется расчет скорости потока продуктов сгорания топлива в определенных зонах котла и по характеристикам состава золы определяют прогнозируемый уровень износа.

Для поверхностей с высокоинтенсивным износом, выявленных по предложенной аналитической методике, необходимо организовать диагностику поверхности труб с помощью дистанционного магнитного метода контроля. Диагностику необходимо производить на основе выявленных мест наиболее подверженные золовому износу. Совместное применение методов диагностики с выявлением мест наиболее подверженных износу и принятие мер по снижению скорости потока в области этих зон дает наиболее ощутимый результат. Диагностику поверхностей труб рекомендовано проводить через каждые 50 000 часов наработки, а при появлении наиболее опасных мест и находящихся в предельном состоянии износа – через каждые 25 000 часов.

Снижения интенсивности абразивного износа во время эксплуатации котлоагрегатов можно достигнуть с помощью уменьшения количества сжигаемого угля с высокой абразивностью. В условиях рыночной энергетики, когда отсутствует возможность выбора топлива, такого результата можно достигнуть организацией совместной подачи топлива. В этом случае по нескольким независимым системам топливоподачи организуется подача топлива различных месторождений. После чего топливо смешивают и сжигают одновременно. При этом концентрация абразивных частиц снижается и, как следствие, уменьшается интенсивность абразивного износа.

Также необходимо рассмотреть и другие способы снижения износа при условии невозможности корректировки характеристик подаваемого топлива. Наиболее распро-

страненными из них являются: уменьшение тонины помола угольной пыли, установка защитных металлических устройств на трубы теплообменников и управление скоростью газового потока. В работе [2] приведены рекомендации о применении скорости потока уходящих газов при работе котлов электростанций на различном топливе. Очевидно, что необходимо стремиться к максимально возможному снижению эолового износа, которое возможно при использовании всего набора мероприятий.

Не только основное и вспомогательное оборудование разрушается из-за ухудшения характеристик угля. Весь технологический цикл по эксплуатации оборудования ТЭЦ подвержен, как следствие, интенсификации износа [3-4].

Заключение

Предлагаемые мероприятия позволят увеличить срок службы поверхностей нагрева котельных агрегатов в 2-3 раза.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Шрайбер, А.А. Моделирование абразивного износа конвективных теплообменных поверхностей котла / А. А. Шрайбер, В. П. Яценко // Проблема загальной энергетики, 2008.- №17.- С.37-40.

2. Герасимова, Н. П. Золовый износ поверхностей нагрева котлоагрегатов / Н. П. Герасимова // Вестник Иркутского государственного технического университета. – 2020. – Т. 24, № 3(152). – С. 596-605. – DOI 10.21285/1814-3520-2020-3-596-605. – EDN VQMFDK.

3. Оклея, П. И. Отказы оборудования и аварии на теплоэлектростанциях России: причины, следствия и последствия // Микроэкономика. - 2015.- №6.- С. 46-53.

4. Векспер, Ф. М. Влияние основных потребительских свойств энергетических углей на показатели работы угольных электростанций / Ф. М. Векспер, А. Н. Большаков, Р. Е. Алешинский, Е. Р. Говсиевич // Надёжность и безопасность энергетики. - 2008.- №3.- С 42-49.

УДК 621.9:519.8

Акимов Анатолий Викторович, студент, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Akimov Anatoly Viktorovich, student, Komsomolsk-na-Amure State University

Сочелев Анатолий Федорович, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры «Электромеханика», Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Sochelev Anatoly Fedorovich, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, Associate Professor of Electromechanics Department, Komsomolsk-na-Amure State University

ДВУХКАНАЛЬНЫЙ ВОЛЬТОДОБАВОЧНЫЙ РЕГУЛЯТОР ПЕРЕМЕННОГО НАПРЯЖЕНИЯ ДЛЯ УДАЛЕННЫХ ОБЪЕКТОВ С ЭЛЕКТРОСЕТЬЮ ОГРАНИЧЕННОЙ МОЩНОСТИ

TWO-CHANNEL VOLT-ADD-ON AC VOLTAGE REGULATOR FOR REMOTE FACILITIES WITH A LIMITED POWER GRID

Аннотация. Данная работа посвящена исследованию возможных подключений вольтодобавочного канала в однофазной схеме, разбор их недостатков и преимуществ, и выбору оптимальной схемы подключения в заданной системе. Произведен анализ характеристик напряжений при подключении к нагрузке или к сети при различных способах подключения.

Abstract. This work is devoted to the study of possible connections of the surge channel in a single-phase circuit, analysis of their disadvantages and advantages, and the choice of the optimal connection scheme in a given system. The analysis of the voltage characteristics when connected to the load or to the network with various connection methods is carried out.

Ключевые слова: двухканальный вольтодобавочный канал, однофазная схема, подключения, характеристика напряжений.

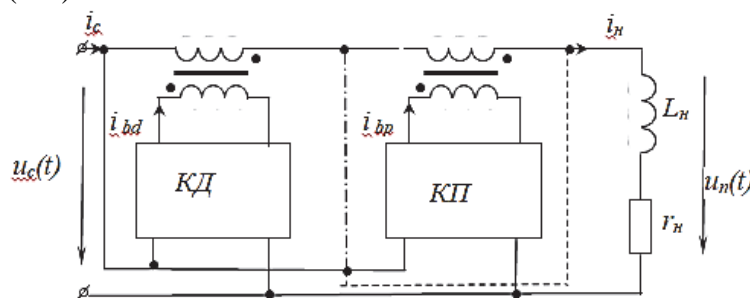
Key words: two-channel surge channel, single-phase circuit, connections, voltage characteristics.

Введение

Электросети ограниченной мощности не всегда обеспечивают нагрузки качественным напряжением. В таких сетях наблюдаются значительные отклонения напряжения относительно номинального $\pm(20-30)\%$. Как одно из средств регулирования и стабилизации напряжения, применяется вольтодобавочный канал. В данной работе будут рассмотрены и проанализированы варианты подключения двухканального вольтодобавочного канала.

Подключения вольтодобавочного канала

Существует несколько способов подключения и управления вольтодобавочными каналами [1, 2, 4] в однофазном варианте для компенсации этих отклонений. Рассматриваемый вольтодобавочный регулятор (рисунок 1) представлен двухканальным с последовательным соединением вольтодобавочных трансформаторов (ВТ) дискретного (КД) и плавного (КП) каналов.



$u_n(t)$ – напряжение на нагрузке, В, $u_c(t)$ – напряжение сети, В,
 r_n, L_n – сопротивление и индуктивность нагрузки

Рисунок 1 – Двухканальный вольтодобавочный регулятор переменного напряжения

В данной схеме регулирующая часть трансформаторов может быть подключена к напряжению $u_n(t)$ (штриховые линии), $u_c(t)$ (сплошные линии) или к средней точке между вторичными обмотками ВТ (штрихпунктирная линия).

Плавный канал имеет ограничение по диапазону регулирования напряжения. Его коэффициент трансформации не может быть больше 0.1, то есть он может регулировать напряжение не больше $\pm 10\%$. Это связано с тем, с увеличением коэффициента трансформации будет ухудшаться качество регулируемого напряжения. Например, коэффициент гармоник такого напряжения может превышать допустимое значение 5%.

Дискретный канал тоже имеет ограничения по диапазону регулирования, так как у него всего три ступени: вольтодобавка, вольтоотбавка и закоротка. Таким образом, чтобы обеспечить плавное регулирование в диапазоне двух каналов, допустимо выбирать коэффициент трансформации КД не более 0.2. Тогда общий диапазон регулирования будет $\pm 30\%$, что и позволит решить возникшую проблему таких сетей. Пользуясь методикой расчета [3] можно провести расчет и выбор ВТ каналов КД и КП.

Характеристики напряжений при подключении

Проанализируем работу двухканального вольтодобавочного регулятора по вариантам подключения. На рисунке 2 показана внешняя характеристика с вариантом подключения к сети.

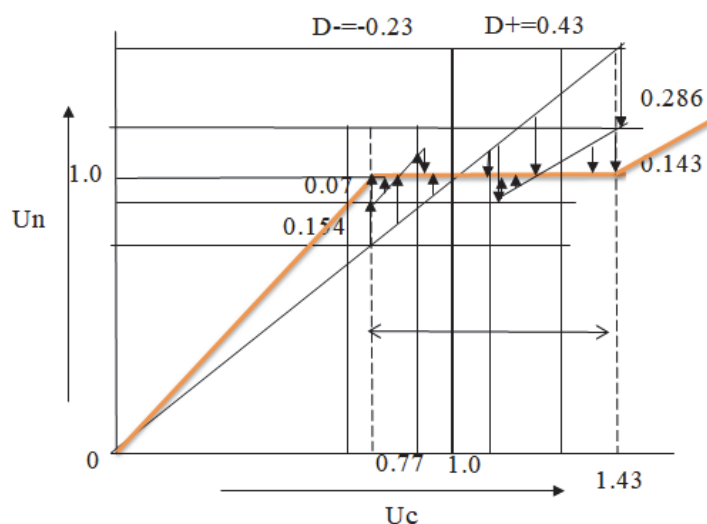


Рисунок 2 – Характеристика двухканального регулятора с подключением обмоток возбуждения к сети (штриховые линии)

Приведенная характеристика (желтая кривая) показывает, что напряжение нагрузки U_n находится на уровне номинального (1.0) в диапазоне изменения напряжения сети U_c от 0,77 до 1,43.

Рассматриваемый регулятор с таким подключением обмоток возбуждения может компенсировать отклонения напряжения сети в большую сторону на 43 %, а в меньшую – только на 23 %.

Такой регулятор не сможет скомпенсировать отклонения напряжения сети в меньшую сторону на 30 %. Зато отклонения в большую сторону он сможет компенсировать на 43 % вместо 30 %. Общий размах компенсации отклонений составляет: -23 % + 43 %.

На рисунке 3 показана внешняя характеристика регулятора с подключением возбуждающих обмоток к нагрузке (сплошные линии).

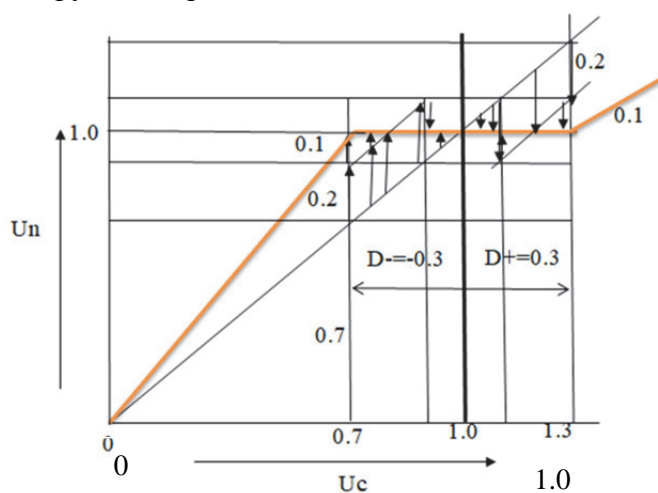


Рисунок 3 – Характеристика двухканального регулятора с подключением обмоток возбуждения к нагрузке (сплошные линии)

Здесь уже видно, что диапазоны D - и D + одинаковы и равны $\pm 0,3$. Характеристика имеет симметричный вид при компенсации отклонений.

Общий анализ характеристик рисунков 2 и 3 показывает, что в зоне напряжения сети U_c меньше 1.0 (точка 0,9) существует такой режим, когда КД переходит в закоротку, а КП – из режима полной вольтоотбавки в режим полной вольтодобавки.

Такой же режим наблюдается и во второй зоне (точка 1,1), когда КД переходит в вольтоотбавку, а КП – переключается аналогично первому случаю.

Рассмотренное явление затруднит работу регулятора, если в рассмотренных точках будет наблюдаться качание напряжения сети. Каналы КД и КП будут постоянно переключаться, и будут наблюдаться колебания напряжения нагрузки $\pm 10\%$. Чтобы избежать этого явления необходимо применять триггерный эффект, то есть смещать срабатывание переключений при качаниях.

Способ управления вольтодобавочным каналом [5] позволит обеспечить симметричное регулирование напряжения плавной ступени, а мероприятия по управлению углом регулирования [1] позволят избежать одностороннего намагничивания сердечников ВТ при регулировании напряжения.

Заключение

Был произведен анализ возможных подключений двухканального вольтодобавочного канала с плавным и дискретным регулированием в однофазной схеме. Были смоделированы характеристики напряжений, с подробным разбором возможностей регулирования напряжения и выбрана оптимальная схема подключения к системе.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Сочелев, А. Ф. Математическая модель регулятора переменного напряжения с вольтодобавочным каналом / А.Ф. Сочелев // Ученые записки Комсомольского-на-Амуре государственного технического университета. – 2019. – № 3. – С. 27-37.

2. Никоноров, И. В. Математическая модель динамических режимов вольтодобавочного канала / И. В. Никоноров, С. А. Сочелев // Молодежь и наука: актуальные проблемы фундаментальных и прикладных исследований: материалы II Всероссийской национальной научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, Комсомольск-на-Амуре, 08-12 апреля 2019 г.: в 4 ч. / редкол.: Э. А. Дмитриев (отв. ред.) [и др.]. – Комсомольск-на-Амуре: ФГБОУВО «КнАГУ», 2019. – Ч. 1. – с. 355-358

3. Сериков, А.В. Расчёт трансформаторов малой мощности: учеб. пособие / А. В. Сериков. – Комсомольск-на-Амуре: ФГБОУ ВПО «КнАГТУ», 2015. – 72 с. ISBN 978-5-7765-1202-5

4. Хандошко, А. К. Математическое моделирование динамических режимов вольтодобавочного регулятора напряжения / А. К. Хандошко, А. Ф. Сочелев // Молодежь и наука: актуальные проблемы фундаментальных и прикладных исследований: материалы II Всероссийской национальной научной конференции. студентов, аспирантов и молодых ученых, Комсомольск-на-Амуре, 08-12 апреля 2019 г.: в 4 ч. / редкол.: Э. А. Дмитриев (отв. ред.) [и др.]. – Комсомольск-на-Амуре: ФГБОУВО «КнАГУ», 2019. – Ч. 1. – с. 460-462

5. Авторское свидетельство СССР № 589683 кл. Н 02 Р 13/16, 1976. SU 1121768 А2 МПК G05F 1/16. Способ управления регулятором переменного напряжения с вольтодобавочным каналом: № 3506541, заявл. 03.11.1982 : опубл. 30.10.1984/А.Ф. Сочелев; Комсомольский-на-амуре политехнический институт.

УДК 621.311

Артюхов Алексей Сергеевич, студент, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Artukhov Alexey Sergeevich, student of Komsomolsk-on-Amur State University

Шаломов Вячеслав Иванович, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры «Тепловые энергетические установки», Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Shalomov Vyacheslav Ivanovich, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Komsomolsk-on-Amur State University

СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ К СОЗДАНИЮ ПЕРСПЕКТИВНОГО ЭНЕРГОБЛОКА ПОВЫШЕННОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ НА БАЗЕ ТУРБОУСТАНОВКИ СЕМЕЙСТВА Т-180

MODERN APPROACHES TO THE CREATION OF A PROMISING HIGH-EFFICIENCY POWER UNIT BASED ON THE T-180 TURBINE FAMILY

Аннотация. Паротурбинные установки являются наиболее распространенным видом теплоэнергетических установок на тепловых электростанциях. В связи с этим актуальными остаются вопросы, связанные с повышением эффективности работы таких установок. В настоящей работе рассмотрены отдельные современные подходы к созданию перспективного энергоблока повышенной эффективности с докритическими начальными параметрами пара на базе турбоустановки Т-180/210-130.

Abstract. Steam turbine installations are the most common type of thermal power plants at thermal power plants. In this regard, the issues related to increasing the efficiency of such installations remain relevant. In this paper, we consider some modern approaches to the creation of a promising high-efficiency power unit with subcritical initial steam parameters based on the T-180/210-130 turbine unit.

Ключевые слова: энергоблок, паровой котёл, паровая турбина, параметры пара, тепловая схема, тепловая эффективность, скользящее давление пара.

Key words: power unit, steam boiler, steam turbine, steam parameters, thermal scheme, thermal efficiency, sliding steam pressure.

Введение

В Хабаровском крае действуют две ТЭЦ с паровыми турбинами Т-180/210-130 Ленинградского металлического завода (ЛМЗ): Хабаровская ТЭЦ-3 и Комсомольская ТЭЦ-3. Обе электростанции блочного типа. Хабаровская ТЭЦ-3 состоит из четырёх одинаковых энергоблоков, а Комсомольская ТЭЦ-3 – из двух энергоблоков. По плану развития Комсомольской ТЭЦ-3 предусматривалось строительство третьего энергоблока. ЛМЗ последовательно совершенствует паровые турбины семейства Т-180. В настоящее время для нового энергоблока ЛМЗ может предложить более мощные паровые турбины с повышенной энергетической эффективностью.

Целью данной работы является краткий обзор современных подходов и направлений в создании перспективного энергоблока повышенной эффективности с докритическими начальными параметрами пара на базе турбоустановки Т-180/210-130.

Основная часть

Энергоблоки спроектированы на докритические начальные параметры: $p_0 = 12.8$ МПа, $t_0 = 540$ °С с давлением и температурой промежуточного перегрева пара $p_{пп} = 2.49$ МПа, $t_0 = 540$ °С. Паровой котёл ТПГЕ-215 - однобарабанный, газоплотный с естественной циркуляцией, Т-образной компоновки. Паропроизводительность котла 670 т/ч. Рабочие параметры пара за котлом: давление 13,72 МПа, температура 545 °С. Паровая турбина Т-180/210-130 представляет собой одновальный трёхцилиндровый аг-

регат с промежуточным перегревом пара в газоходе парового котла. Турбина обеспечивает ступенчатый подогрев сетевой воды паром из регулируемых теплофикационных отборов. Основные технические характеристики турбины: мощность - номинальная 180 МВт, максимальная 210 МВт, тепловая нагрузка 302 МВт. На Комсомольской ТЭЦ-3 используется Сахалинский природный газ, на Хабаровской ТЭЦ-3 - уголь Нерюнгринского месторождения (для энергоблоков № 1-3) и уголь или природный газ для энергоблока № 4.

Развитие перспективных паровых турбин с промежуточным перегревом пара на докритические начальные параметры осуществляется по нескольким направлениям.

Повышение начальных параметров пара перед турбоустановкой. Паровые котлы энергоблоков Черепетской ГРЭС были спроектированы с рабочим давлением 19,5 МПа [1]. Длительный положительный опыт их эксплуатации указывает на необходимость создания энергетического оборудования для энергоблоков мощностью до 200-250 МВт на начальное давление 17 - 19 МПа. Однако котло- и турбостроители идут пока по пути повышения начальной температуры пара. Примером внедрения повышенной температуры свежего пара является энергоблок № 3 Харанорской ГРЭС, введённый в эксплуатацию в 2013 году. При давлении свежего пара 12,8 МПа начальная температура и температура промперегрева составляют 565/565 °С. Мощность энергоблока 225 МВт. С учётом других усовершенствований удалось получить расчётный КПД 41 %. При этом удельный расход условного топлива на отпуск электроэнергии нового энергоблока составил 310,2 г/(кВт·ч) [2].

Совершенствование тепловой схемы энергоблоков. Рассматриваются технические решения, проверенные практикой: 1) внедрение бездеаэраторных схем; 2) перевод деаэратора на скользящее давление; 3) снижение потерь давления в трубопроводах отборного пара от турбины до регенеративных подогревателей (РП).

Преимущества бездеаэраторной схемы заключаются в том, что, во-первых, сам деаэратор с большим объёмом воды в баке-аккумуляторе расположен на высокой отметке, что небезопасно, во-вторых, используемый в деаэраторе отборный пар вырабатывает в турбине дополнительную мощность. Роль деаэратора по удалению агрессивных газов из питательной воды выполняет смешивающий подогреватель низкого давления (СПНД). В СПНД отсутствует температурный напор между греющей и нагреваемой средой, что способствует повышению тепловой эффективности ТУ.

В тепловой схеме второго энергоблока Комсомольской ТЭЦ-3 деаэратор подключён к самостоятельному отбору турбины через регулирующий клапан (РК). При работе ТУ на частичной нагрузке давление пара в отборе уменьшается. При полностью открытом РК снижается и давление в деаэраторе без потерь энергии на дросселирование в РК.

Чрезмерные потери давления в паропроводах подачи греющего пара к РП ведут к снижению тепловой экономичности ТУ.

Внедрение способа регулирования нагрузкой ТУ на скользящем начальном давлении пара. При этом способе перевод турбины в режим частичной нагрузки производится снижением начального давления пара за котлом при открытых регулирующих клапанах турбины. Начальное давление пара за котлом снижается вследствие уменьшения напора питательного насоса при снижении его подачи. Для этого питательный насос должен быть оснащён частотно-регулируемым электроприводом. При этом температура свежего пара остаётся постоянной, что влечёт за собой повышение надёжности турбины. Начальная энтальпия несколько возрастает, что способствует росту тепловой экономичности турбины. Эффективность использования скользящего начального давления пара повышается также за счёт снижения затрат энергии на привод питательного насоса. К недостаткам регулирования на скользящем давлении следует отнести ухудшение мобильности блока, которая в этом случае определяется мобильностью кот-

ла. Реализация способа регулирования на скользящем давлении возможна при блочной компоновке основного оборудования ТЭС.

Совершенствование основного оборудования. Развивая котельное и турбинное оборудование, уменьшая расходы электроэнергии на собственные нужды можно повысить КПД энергоблока с 37 до 42%.

Модернизация котельных агрегатов направлена на повышение их КПД до 92-95% [3]. Среди эффективных мер выделяются: 1) снижение температуры уходящих газов; 2) устранение присосов воздуха в котле; 3) модернизация топок и топливных горелок; 4) совершенствование тепловой схемы котельной установки.

Исследователями разработана концептуальная модель турбоустановки. Цилиндр высокого давления предлагается выполнять двухкорпусным. Это техническое решение уже реализуется на новых моделях в настоящее время. Для турбоустановок, работающих в базовой части электрического графика рассматривается введение дроссельного парораспределения. В теплофикационных турбинах нового поколения с параметрами свежего пара 12,8 МПа, 565-600⁰С предусматривается повышение не менее чем на 12% отборов пара на теплофикацию. Для замены турбины Т-180/220-12,8 рассматривается трёхцилиндровая турбоустановка с повышенными показателями Т-200/250-12,8, в которой предлагается оба отопительных отбора размещать в цилиндре среднего давления, что позволяет отключать цилиндр низкого давления при переходе на теплофикационный режим [4].

Рассмотрение резервов конденсационных турбоустановок мощностью 200 МВт (К-200-130) показывает, что совершенствование тепловых схем и турбин позволит дать экономию топлива 8%, а в сочетании с возможным повышением температур пара до 575/575⁰С экономия топлива достигнет 9,5% [5].

Заключение

1. Краткий обзор научно-технической литературы показывает, что резервы развития энергоблоков ТЭС на докритические параметры свежего пара далеко не исчерпаны и потребность в них с развитием суверенной экономики будет только увеличиваться.

2. Среди рассматриваемых авторами перспективных направлений и способов наибольшую эффективность обеспечивают совершенствование тепловой схемы, повышение КПД паровых турбин и котлов, снижение затрат электроэнергии на собственные нужды ТЭС, увеличение начальных и снижение конечных параметров пара ТУ.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Петреня, Ю.К. Роль НПО ЦКТИ в стратегии развития энергомашиностроения России / Ю.К. Петреня, П.А. Кругликов, Л.Н. Моисеева // Теплоэнергетика. - 2003. – № 2. - С. 4-8.

2. Ольховский, Г.Г. К 95-летию ВТИ / Г.Г. Ольховский, Б.Ф. Реутов, А.Г. Тумановский // Теплоэнергетика. - 2016. – № 6.- С.2 – 13.

3. Тумановский, А.Г. Перспективы развития угольных ТЭС России / А.Г. Тумановский // Теплоэнергетика. - 2017. – № 6.- С.3-13.

4. Михайлов, В.Е. Концепция турбин на суперсверхкритические, сверхкритические и докритические параметры пара /В.Е.Михайлов, Л.А. Хоменок, И.И.Пичугин, И.А. Ковалев, В.В. Божко, О.А. Владимирский, И.В. Зайцев, Ю.Я. Качуринер, И.А. Носовицкий, В.Г. Орлик // Теплоэнергетика.- 2017. – № 11. – С.5 - 12.

5. Костюк, А.Г. Некоторые насущные проблемы проектирования и модернизации паровых турбин /А.Г. Костюк // Теплоэнергетика.- 2005. – № 4 - С. 16-27.

УДК 621.316

Бережной Ярослав Анатольевич, студент, Казанский государственный энергетический университет

Berezhnoy Yaroslav Anatolievich, student, Kazan State Power Engineering University

ИССЛЕДОВАНИЕ ГАРМОНИЧЕСКИХ ИСКАЖЕНИЙ В СИСТЕМЕ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ЖИЛОГО КОМПЛЕКСА

RESEARCH OF HARMONIC DISTORTIONS IN THE POWER SUPPLY SYSTEM OF A RESIDENTIAL COMPLEX

Аннотация. В статье рассматриваются основные источники нелинейных нагрузок, вызывающие гармонические искажения в системе электроснабжения. Рассматриваются влияние гармоник на электрические сети жилых комплексов и возможные проблемы, возникающие в результате нелинейных нагрузок. Приводится перечень технических средств, применяемых для компенсации таких искажений.

Abstract. The article discusses the main sources of nonlinear loads that cause harmonic distortion in the power supply system. There are considered the influence of harmonics on the electrical networks of residential complexes and possible problems arising as a result of nonlinear loads. Also provided a list of technical means used to compensate for such distortions.

Ключевые слова: энергоэффективность, электрические системы, высшие гармоники, нелинейные нагрузки.

Key words: energy efficiency, electrical systems, higher harmonics, nonlinear loads.

Введение

Актуальность вопросов, связанных с оценкой качества электрической энергии, сложно переоценить. Ежегодно проводимые мировые, международные и государственные конгрессы и выставки демонстрируют наличие нерешенных проблем обеспечения электрической энергией, как промышленных, так и жилых объектов. Примечательно также и то, что вместе с постоянным развитием качества техники и материалов для электросетей, увеличивается и количество инженерно-расчетных задач по определению и компенсации непредвиденных изменений в процессе передачи электроэнергии. В первую очередь это связано с тем, что одновременно растет и количество применяемых пользователями электроприборов, создающих дополнительные нелинейные нагрузки на электросети. В результате наблюдаются скачки напряжений, а также искажения в напряжении и токе сети, называемые гармоническими, которые впоследствии приводят к раннему износу электрооборудования, линий электропередач, а также к ухудшению работы электроприборов.

Целью данной работы является анализ возможных проблем, связанных с гармоническими искажениями, возникающими в сети электроснабжения жилого комплекса, рассмотрение их причин и поиск решений.

Основная часть

Показатели качества электрической энергии определены нормами ГОСТ 32144-2013 «Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения» [1]. Стандарт нормирует показатели качества электроэнергии (ПКЭ), характеризующие симметрию напряжений питания в случае использования трехфазных систем, значения, частоту и форму напряжения питания. Указанные ПКЭ зависят от внешних факторов, связанных с избыточной нагрузкой и наличием электромагнитных помех, которые создают пользователи с нелинейной характеристикой. Изменения ПКЭ могут происходить в любой момент и в любой точке электрической сети. Возникающие в ре-

зультате влияния токов разных частот искажения синусоиды тока приводят к тому, что искажается результирующая кривая тока. Происходит перегрузка соединительных клемм в оборудовании, проводов, перегрев трансформаторов и возникновение разного рода помех [2].

Многие системы электроснабжения, спроектированные и построенные более 20 лет назад, создавались с учетом линейных нагрузок, а потому были рассчитаны на то, что ток содержал только основную гармонику. Однако в настоящее время все больше оборудования функционирует с импульсной быстропеременной нагрузкой, обеспечивая, таким образом, экономию электроэнергии. Нулевые проводники при этом перегреваются и снижают работоспособность по причине отсутствия предохранителей или автоматов-выключателей, которые могли бы сработать в случае появления в сети высших гармоник [3].

Нелинейные нагрузки на сеть оказывают такие приборы как сварочные аппараты, индукционные и электродуговые печи и прочие. Среди бытового оборудования наибольший вклад в изменение электрической сети вносят импульсные источники питания: компьютеры, принтеры, телевизоры, микроволновые печи, а также лампы накаливания (люминесцентные, светодиодные). Несмотря на то, что в большинстве приборов в настоящее время устанавливаются фильтры, компенсирующие гармонические колебания тока, они (приборы) все равно оказывают остаточное влияние на сеть.

К последствиям, возникающим в сети в результате использования источников нелинейных нагрузок, относятся:

- резонанс токов и напряжений и, как следствие, увеличение нагрузки на сеть;
- возникновение дополнительных потерь электроэнергии и снижение эффективности работы электросетей, дополнительные расходы на генерацию и передачу электричества;
- перегрев проводов и разрушение электроизоляции;
- искажения в работе счетчиков электроэнергии, устройств релейной защиты.

Как отмечается в исследованиях [4], использование светодиодных ламп показывает тенденцию к росту гармоник на 25% выше, чем в случае с люминесцентными лампами. Кроме того, в результате применения светодиодных источников света наблюдается дополнительное снижение качества электроэнергии и быстрое старение проводки, возникновение аварийных сбоев в работе линий электропередач и оборудования. Данные результаты наглядно демонстрируют преимущество люминесцентных ламп, а также необходимость использования устройств, позволяющих компенсировать гармонические искажения. Следует заметить, что в силу своей экономичности светодиодные светильники применяются в большинстве случаев при обустройстве общественных мест жилых зданий и помещений. Эффективность работы светильников возможно повысить также за счет оптимизации графиков их работы и своевременной замены вышедших из строя светильников, что позволяет обеспечить равномерность нагрузки на сеть [5].

В большинстве современных жилых зданий предусмотрено использование исключительно электрических плит. С учетом того, что в настоящее время существуют различные модификации плит, их влияние на электрическую сеть также различается. Так, индукционные плиты выгоднее с точки зрения потребления энергии и скорости нагрева варочных панелей, однако характеризуются также резкими изменениями показателей напряжения.

Отмечается также, что гармоники искажают учет электроэнергии: счетчики, класс точности которых рассчитан при нормальных условиях и отсутствии искажений в синусоидах напряжения и тока, фактически используются в условиях учета одновременной работы устройств линейной и быстропеременной нелинейной нагрузки. В результате погрешность работы счетчика может достигать значений, превышающих рассчитанные предприятием-изготовителем в три раза. При этом погрешность чаще всего

смещается в отрицательную сторону, не учитывая, таким образом, часть потраченной потребителем энергии.

К техническим устройствам, позволяющим влиять на гармоники, относятся компенсаторы, активные, пассивные и гибридные фильтры, линейные дроссели, разделительные трансформаторы и др. Наиболее распространенным решением снижения гармонических искажений в настоящее время является применение активных фильтров, устанавливаемых последовательно к сети через обмотку трансформатора. Активный фильтр анализирует возникающие искажения тока нелинейной нагрузки и генерирует аналогичные, но противоположные по фазе, гармоники тока, что приводит к компенсации высших гармоник и препятствует распространению их в сеть [6].

Заключение

В ходе работы было выяснено, что ключевыми проблемами, возникающими в результате гармонических искажений, возникающими в сети электроснабжения жилого комплекса, являются преждевременное старение электрического оборудования и кабелей, нарушения в работе приборов учета, перегрев трансформаторов и возникновение аварийных сбоев в работе линий электропередач. Ключевой причиной возникновения гармоник остается использование приборов нелинейной нагрузки, вызывающих индукционные скачки напряжения и резонанс токов в сети. Для обеспечения работоспособности импульсного оборудования важно своевременное обновление системы электроснабжения с адаптацией схем под новые условия. Несмотря на то, что в настоящее время уже применяются активные фильтры как наиболее эффективное средство компенсации гармоник в сети, поиск других решений, позволяющих одновременно снизить нагрузку на сеть, экономно расходовать электроэнергию и обеспечить безопасность работы всех элементов электрической сети, остается актуальной задачей.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. ГОСТ 32144-2013. Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения: дата введения 2014-07-01 / Росстандарт. - Москва: Стандартинформ, 2014. – 16 с.

2. Гармоники и качество электроэнергии / Хомов электро. – URL: <https://khomovelectro.ru/pdf/RTR-garmoniki-i-kachestvo.pdf> (дата обращения: 27.02.2023).

3. Моргунов, Д.Н. Влияние не линейной нагрузки на качество электрической сети // Проблемы Науки. – 2017. – №17 (99). – С.39-43. – EDN: YMAZGH.

4. Анализ влияния светодиодного освещения на показатели качества электрической сети / В.П. Кузьменко, С.В. Соленьи, В.Ф. Шишлаков [и др.] // АгроЭкоИнженерия. – 2019. – №2 (99). – С.25-32. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/analiz-vliyaniya-svetodiodnogo-osvescheniya-na-pokazateli-kachestva-elektricheskoi-seti> (дата обращения: 27.02.2023).

5. Козловская, В.Б. Несимметричные режимы работы линий наружного освещения / В.Б. Козловская, В.Н. Калечиц // Энергетика. Известия высших учебных заведений и энергетических объединений СНГ. – 2019. – Т.62, №3. – С.232-246. – DOI: 10.21122/1029-7448-2019-62-3-232-246. – EDN: AUDEMW.

6. Попов, С.А. Виды фильтров гармоник и особенности их применения на производстве / С.А. Попов, Г.А. Фальков // XII Международный молодежный форум "Образование. Наука. Производство": Материалы форума, Белгород, 01–20 октября 2020 года. – Белгород: Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, 2020. – С.2174-2178. – EDN: XRLJYZ.

УДК 620.92

Бобков Степан Витальевич, студент, Комсомольский-на-Амуре государственный университет.

Bobkov Stepan Vitalievich, student of Komsomolsk-na-Amure State University

Кузьмин Роман Вячеславович, кандидат технических наук, доцент кафедры «Электро-механика», Комсомольский-на-Амуре государственный университет.

Kuzmin Roman Vyacheslavovich, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor of Electromechanics Department, Komsomolsk-na-Amure State University

РАЗРАБОТКА КОМБИНИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ НА ОСНОВЕ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ

DEVELOPMENT OF A COMBINED POWER SUPPLY SYSTEM BASED ON RENEWABLE ENERGY SOURCES

Аннотация. В работе рассматриваются особенности проектирования комбинированной системы электроснабжения, анализ возможных технических решений для улучшения качества электроэнергии. Разработана функциональная схема комбинированной системы энергоснабжения. Приведен обзор на конструкцию предполагаемых для использования ветроэнергетических установок.

Abstract. The paper discusses the design features of a combined power supply system, the analysis of possible technical solutions to improve the quality of electricity. The functional scheme of the combined power supply system has been developed. An overview of the design of wind power plants intended for use is given.

Ключевые слова: ветроэнергетическая установка, возобновляемые источники энергии, комбинированная система, балластная нагрузка.

Key words: wind power plant, renewable energy sources, combined system, ballast load.

Введение

Изучение и использование ресурсов возобновляемых источников особенно актуально в наше время. Это связано в первую очередь с экологическими проблемами. Протяженность и размеры нашей страны создают такие условия, в которых не каждый потребитель может обеспечить себя качественным энергоснабжением. Все это приводит к необходимости использования всевозможных способов получения электроэнергии. Одним из таких является создание комбинированной системы электроснабжения на базе возобновляемых источников.

Комбинация нескольких источников энергии – таких как энергия солнца и энергия ветра позволяет обеспечивать потребителя бесперебойным питанием.

Задача исследования. Основной задачей данной работы является проектирование комбинированной системы энергоснабжения на базе возобновляемых источников энергии.

Солнечные панели состоят из фотоэлементов, которые изготавливаются из кремния, германия, селена и других материалов. Наиболее используемыми являются солнечные батареи на основе кремния. Такие панели обладают отличным КПД, при этом имея доступную стоимость. Солнечные батареи выдают постоянный ток, который необходимо преобразовывать в переменный [1, 2].

Ветроустановки бывают вертикального и горизонтального исполнения (рисунок 1). Последние являются наиболее популярными. Они требуют меньше места и меньших затрат. Вертикальные же из-за смены направления ветра теряют свою мощность [1, 3].

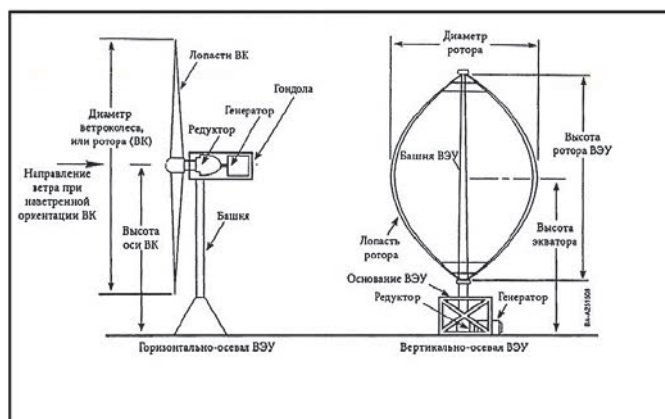


Рисунок 1 – Виды исполнения ветрогенераторов

Потребитель должен получать энергию из возобновляемых источников, а при различных перебоях или из-за недостаточности мощности, если это возможно, использовать энергию внешней трехфазной сети [4]. Функциональная схема системы приведена на рисунке 2.

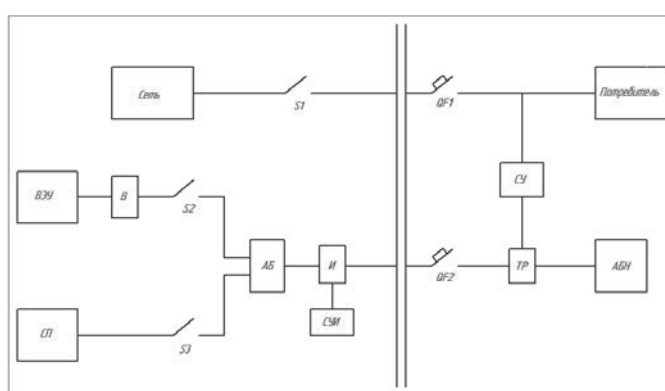


Рисунок 2 – Схема комбинированной системы электроснабжения

ВЭУ – ветроэлектрическая установка. Устройство для преобразования кинетической энергии ветрового потока в механическую энергию вращения ротора с последующим её преобразованием в электрическую энергию.

СП – солнечные панели вырабатывают постоянный ток, который в дальнейшем преобразуются в переменный с помощью инвертора с изменением величины напряжения.

АБ – Аккумуляторная батарея. Источник электрической энергии, состоящий из одного или нескольких электрохимических элементов с внешними соединениями для питания электрических устройств.

СУИ – Система управления инвертором. Инвертор формирует сигнал необходимой величины и частоты.

ТР – Тиристорный регулятор с фазовым регулированием мощности

СУ – Формирует определенный угол управления тиристорами регулятора в зависимости от величины управления воздействия, характеризующего отклонение выходных параметров.

АБН – Авто балансная нагрузка.

Для системы предлагается использование авто-балластной нагрузки. Такая нагрузка не критична к изменениям параметров напряжения. Она подключается параллельно полезной нагрузки через регулятор. При изменении величины полезной нагрузки, величина балластной изменяется при помощи регулятора таким образом, чтобы суммарная нагрузка электрического генератора оставалась неизменной. В качестве балластной нагрузки обычно используют тепло-нагревательные элементы, которые в дальнейшем можно использовать для нагрева воды [4,5].

Заключение

В ходе работы были рассмотрены возможные конструкции ветрогенераторов. Предложен вариант создания системы на базе возобновляемых источников энергии с применением ветроэнергетической установки, солнечных панелей, аккумуляторных батарей, а также использования автобалластной нагрузки.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Лукутин, Б.В. Возобновляемые источники электроэнергии: учебное пособие / Б.В. Лукутин. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2008. – 187 с.
2. Фотоэлектрическое преобразование концентрированного солнечного излучения/ В.М. Андреев, В.А. Грихилес, В.Д. Румянцев // Л.: Наука. - 1990.-214с.
3. Обухов, С.Г. Сравнительный анализ схем построения автономных электростанций, использующих установки возобновляемой энергетики / С.Г. Обухов, И.А. Плотников // Промышленная энергетика. - 2012 - №. 7 - С. 46-51.
4. Будзко, И. А. Электроснабжение сельского хозяйства / И. А. Будзко, Т. Б. Лещинская // Издательство: Колос. - 2000. – 596с. - ISBN: 5-10-003172-7.
5. Возобновляемые источники энергии: Учебное пособие. / Ю.С. Васильев, В.В. Елистратов, М.М. Мухаммадиев, Г.А. Претро – Санкт-Петербург.: Издательство СПбГТУ, 1995.-102с.

УДК 621.18-182.2

Богатырёв Александр Валерьевич, студент, Комсомольский-на-Амуре государственный университет;

Bogatyrev Alexander Valeryevich, student, Komsomolsk-na-Amure State University

Леонтьев Виктор Иванович, старший преподаватель, Комсомольский-на-Амуре государственный университет;

Leontyev Viktor Ivanovich, Senior Lecturer, Komsomolsk-na-Amure State University

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПЕРЕВОДА ПАРОВОГО КОТЛА БКЗ 210-140Ф НА СЖИГАНИЕ УГЛЯ ХАКАССКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

EVALUATION OF THE EFFICIENCY OF THE CONVERSION OF THE STEAM BOILER BKZ 210-140F TO THE COMBUSTION OF COAL FROM THE KHAKASS FIELD

Аннотация. В статье оценивается эффективность перевода котла БКЗ 210-140Ф Комсомольской ТЭЦ 2 с Райчихинского бурого угля на сжигание непроектного каменного угля Хакасского месторождения. Рассматриваются схемы пылесистем и горелочных устройств. Предлагается решение проблемы механических недожогов из-за недостаточной высоты топки.

Abstract. The article evaluates the efficiency of the transfer of the boiler BKZ 210-140F Komsomolskaya CHP 2 from the Raichikhinsky brown coal to the combustion of non-project coal of the Khakass deposit. The schemes of dust systems and burner devices are considered. A solution to the problem of mechanical underburnings due to insufficient furnace height is proposed.

Ключевые слова: бурый уголь, результаты расчёта, месторождение, топливо, каменный уголь.

Key words: brown coal, calculation results, deposit, fuel, coal.

Введение

Проблема перевода котельного оборудования тепловых электростанций является весьма актуальной в настоящее время. При этом речь идет не об отдельных станциях, а о большинстве теплоэнергетических предприятий энергетической отрасли.

Основная часть

Комсомольская ТЭЦ-2, введённая в эксплуатацию в 1935 году, является старейшей электростанцией на Дальнем Востоке России и используемые на ней котлы БКЗ 210-140Ф были спроектированы на сжигание Райчихинского бурого угля. Когда Райчихинского месторождение было выработано, началось сжигание углей с других месторождений. Одним из предлагаемых к сжиганию топлив является каменный уголь Хакасского месторождения. Средний состав топлив Райчихинского и Хакасского месторождения для рабочего состояния указан в таблице 1.

Таблица 1 – Теплотехнические характеристики углей Райчихинского и Хакасского месторождений

Бассейн, месторождение	Марка, класс	Состав рабочей массы топлива, %							Теплота сгорания Q_n^p , кДж/кг	Выход летучих, V^r , %
		W^p	A^p	S^p	C^p	H^p	N^p	O^p		
Райчихинский	2Б, Р	37	13,9	0,3	34,9	2,1	0,5	11,3	11720	43
Хакасский	Д, МСШ	14,5	11,1	0,34	58,8	4,1	1,77	9,33	22190	32,4

Хакасский каменный уголь является более экономичным по сравнению с Райчихинским бурым углём в результате большой разницы в теплотворной способности топлив, значения которых приведены в таблице 1.

В таблице 2 приведены результаты расчета расхода угля при работе котла на двух видах топлива.

Таблица 2 – Результаты расчёта расхода топлив Райчихинского и Хакасского месторождения

Бассейн, месторождение	Расчётный расход топлива, кг/ч
Райчихинский	49788
Хакасский	25646

В таблице 3 приведены показатели расчётов экономичности котла при сжигании Райчихинского и Хакасского угля.

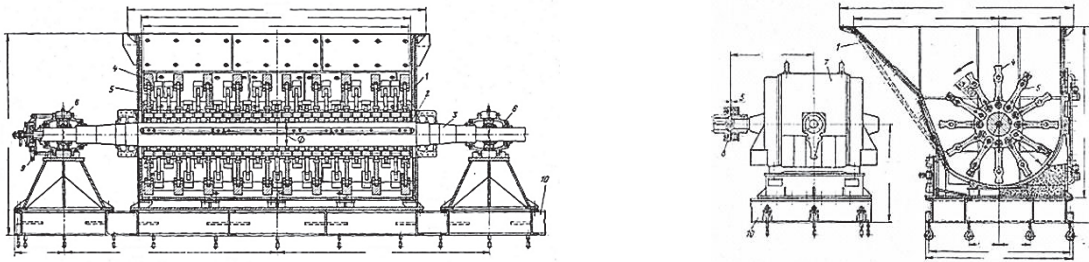
Таблица 3 – Показатели экономичности котла при сжигании Райчихинского и Хакасского угля

Бассейн, месторождение	Тепловые потери, %					КПД котла, η_k , %	Температура уходящих газов, T_{yx} , °С
	q_2	q_3	q_4	q_5	q_6		
Райчихинский	8,1	0	1	0,57	0,03	90,5	150
Хакасский	5,8	0	1	0,58	0,01	92,6	140

Из таблицы видно, что КПД котла при сжигании Хакасского угля выше на 2%, температура уходящих газов при этом снижается на 10 °С. Это также показывает экономичность каменного угля Хакасского месторождения.

Также экономичность работы котла определяют работой системы пылеприготовления. Сейчас на Комсомольской ТЭЦ-2 применяются шахтные гравитационные сепараторы пыли с молотковыми тангенциальными мельницами. Общая конструктивная схема мельницы представлена на рисунке 1.

При рассмотрении схемы пылеприготовления становится понятно, что мельницы выполняют одновременно роль мелющего механизма и вентилятора, обеспечивая подсос первичного воздуха. Данный воздух подаётся по касательной в корпус размольной камеры в обратном направлении вращения ротора.



1 – корпус мельницы; 2 – ротор; 3 – вал; 4 – била; 5 – билодержатели;
 6 – опорные подшипники; 7 – электродвигатель; 8 – соединительная муфта;
 9 – подвод и отвод охлаждающей вал воды; 10 – опорная рама.

Рисунок 1 – Молотковая тангенциальная мельница ММТ 1500/2510/735

Однако, из-за недостаточной высоты топки котла Хакасский уголь не успевает сгорать за время нахождения в топке, вследствие чего повышается его механический недожог. Для снижения недожога предлагаются к рассмотрению два варианта модернизации топки. Первый вариант заключается в применении тангенциальных горелок с пылепроводами, второй вариант – в организации низкотемпературного вихревого сжигания.

Котельные установки с компоновкой тангенциальных горелок могут работать эффективно при изготовлении их с поперечным сечением в соотношении сторон 1:1,2. Благодаря этому, мы снижаем динамическое воздействие факелов на стенки котла, из-за чего также снижается опасность шлакования и уменьшается центральный вихрь, обеспечивая тем самым полное сгорание топлива. На рисунке 2 показана схема тангенциально расположенных пылеугольных горелок.

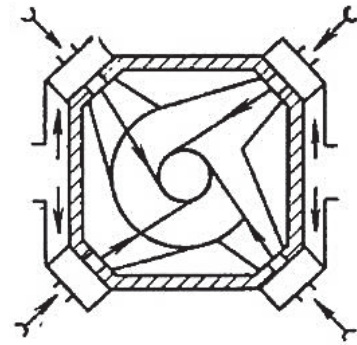


Рисунок 2 – Схема компоновки тангенциальных угловых горелок

В данной компоновке, горелочные устройства устанавливают вблизи или в углах топки и их струи направляют касательно окружности (диаметром около одного метра) относительно центра в топке. Из-за этого мы получаем горизонтальный восходящий вихрь, постепенно увеличивающийся в диаметре. Благодаря вихрю, в поток вовлекается большее количество газов, что снижает температуру факела, вследствие чего появляется возможность сжигать низкорекреакционные топлива.

Достоинством тангенциальных угловых горелок можно считать большее заполнение факелом топочного объёма. Также из-за того, что потоки пылевидного топлива со вторичным воздухом более эффективно перемешиваются, температура в сечениях топки остаётся более равномерной. Это ведёт к увеличению скорости и качеству сгорания топлива. Из-за углового расположения горелок, также снижается шлакование стенок топки. Благодаря данной компоновке, мы увеличиваем допуски в распределения воздуха и топлива на каждую горелку. Используя фронтальное и встречное расположения горелочных устройств, точность распределения равна приблизительно 5% при коэффициенте избытка воздуха 1,03, тогда как при тангенциальном расположении горелок, отклонения могут находиться в пределах 20-25%.

Однако, главным недостатком данной компоновки является сложная конструкция, что влечёт за собой сложность в обслуживании топливоздушную систему и наличие тепловых потоков в поясе горелочных устройств.

Заключение

По результатам выполненных расчётов и рассмотренных схем пылесистем и горелочных устройств, установлено, что Хакасский каменный уголь можно будет успешно сжигать после модернизации горелочных устройств топки котла.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1 Бойко, Е.А. Котельные установки и парогенераторы (тепловой расчет парового котла): учеб. пособие / Е.А. Бойко, И.С. Деринг, Т.И. Охорзина. Красноярск: ИПЦ К ТУ, 2005. - 224 с.

2 Кисельгоф, М.В. Нормы расчета и проектирования пылеприготовительных установок / М.В. Кисельгоф, С.Ю. Соколов – Москва: Госэнергоиздат, 1958. – 328 с.

3 Симуляторы тепловых схем энергетического оборудования: метод. указания по выполнению лабораторных работ / сост. А. Ю. Попов. – Комсомольск-на-Амуре: ФГБОУ ВО «КНАГТУ», 2016. – 19 с.

4 Иванова, Е.С. Тепловой баланс парового котла. Поверочный расчёт парового котла / Е. С. Иванова. – Ухта: УГТУ, 2013. – 44 с.

5 Тепловой расчёт котлоагрегатов: Учеб. пособие / Акимов Ю.И., Васильев А. В., Антропова Г. В. Саратов. госуд. технич. университет, Саратов, 2006. 95 с.

УДК 62

Бурматова Елизавета Константиновна, студент, НИТУ МИСИС

Burmatova Elizaveta Konstantinovna, student, NUST MISIS

МЕТОДЫ СНИЖЕНИЯ МЕХАНИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ДИНАМИЧЕСКОГО МОМЕНТА АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ НА ОБОРУДОВАНИЕ

METHODS OF REDUCING THE MECHANICAL IMPACT OF THE DYNAMIC TORQUE OF THE INDUCTION MOTOR ON EQUIPMENT

Аннотация. В статье рассмотрены основные методы снижения разрушающего механического воздействия на установку при пуске асинхронного электродвигателя, недопустимого во многих современных технологических процессах. Приведены краткое изложение принципов их действия, анализ эффективности и экономической целесообразности.

Abstract. The article discusses the main methods of reducing the destructive mechanical impact on the installation when starting an electric motor, which is not allowed in many modern technological processes. A summary of the principles of their operation, an analysis of the effectiveness and economic feasibility.

Ключевые слова: электродвигатель, электропривод, пусковые характеристики, пусковой момент, износ оборудования.

Key words: electric motor, electric drive, starting characteristics, starting torque, equipment wear.

Введение

Большая часть технологических процессов ограничивает допустимые значения пускового момента привода. Подведение превышенного момента к оборудованию может привести к ряду проблем:

- механический износ или поломка деталей установки;
- недопустимые для оборудования или людей значения ускорений движущихся частей;
- соскальзывание ремней со шкивов и буксование колес подвижных тележек.

Это делает необходимым повсеместное внедрение технологий снижения пускового момента или его механического воздействия на систему. В значительной степени эти технологии зависят от предъявляемых к технологическому процессу требований, допустимых значений ускорения (замедления) оборудования, системы привода. В статье будут рассмотрены методы, применимые к установкам с асинхронным двигателем – двигателем наиболее распространенным. Им оборудуется преобладающее количество мостовых кранов, механизмов станков, часть транспортеров, насосов, вентиляторов.

Целью работы является выявление и анализ наиболее известных и часто используемых методов снижения влияния динамического момента, подводимого к различным видам оборудования. Приведены методы, подразумевающие усовершенствование, как самого двигателя, так и системы привода.

Основная часть

Необходимо отметить, что оборудование можно принципиально можно разделить на две группы: то, где условия работы требуют форсированных режимов ускорений и замедлений, и то, где высокие значения ускорений подвижных частей не нужны или и вовсе противопоказаны.

Другой важной проблемой являются рывки. Особенно это значительно для систем, в которых присутствуют зазоры между деталями. Тогда при пуске происходит удар, изнашивающий механизм и в некоторых случаях приводящий к его выходу из строя.

Рассматривая вопрос со стороны расчета самого двигателя, выбрать пусковой режим необходимо так, чтобы момент был достаточно велик для запуска механизма в работу, но не вызывал негативного механического воздействия на систему. При форсированном режиме пики момента ограничиваются динамическими усилиями в обмотках и нагревом от увеличенных токов в зоне критического скольжения и выше.

Максимальные пусковые пики принимают равными 85% от максимального момента. Другим вариантом является пуск при скольжениях выше критического с постоянно включенным резистором. Также применяются контакторные регуляторы скольжения. При увеличении момента выше 1,5 номинального вводится добавочная ступень скольжения – возвратная. При снижении момента до 0,675 номинального выпадает реле и контактор закорачивает сопротивление возвратной ступени.

При отсутствии ограничений по току для двигателей малой и средней мощности наиболее простым, дешевым и при этом эффективным способом ограничения момента будет введение резистора в одной цепи статора по схеме, изображенной на рисунке 1. Однако, он почти не дает уменьшения пускового тока [1]. Если требуется ограничение тока и двигатель пускается с малой нагрузкой или вхолостую, то целесообразно применять пуск через симметричные секции резистора для низковольтных двигателей и через реакторы для высоковольтных. Более чем на 30% понижает пусковой момент пуск переключением обмоток статора «звезда-треугольник». Такой способ подходит для систем, запускающихся под малой нагрузкой или без нее. Включение через автотрансформаторы обеспечивает плавный пуск, однако является одним из наиболее дорогих способов и применяется только для механизмов высокой мощности с большим статическим моментом. В большинстве случаев в такие системы более выгодно ставить синхронные двигатели [2].

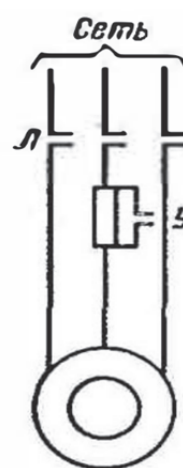


Рисунок 1 – Ограничение момента одной секцией резистора

Широко распространены в системах с асинхронным двигателем устройства плавного пуска (УПП). Они не только помогают при включении избежать рывка, разрушающего детали механизма, но и снизить пусковой ток. УПП представляют собой бестрансформаторные бесступенчатые преобразователи

напряжения и выполняются на базе силовых тиристоров или симисторов [3]. Они применяются для машин любой мощности и под любой нагрузкой. В сравнении с другими способами пуска, применение УПП более универсально, экономично, а также отличается выгодными массогабаритными показателями. Однако, целесообразно не во всех случаях. Для оборудования с высокой инерционностью, например, более выгодным способом может быть пуск «звезда-треугольник». В прочем, развитие и усовершенствование УПП устраняет немногочисленные его недостатки [5].

Помимо регулирования пуска двигателя существуют другие способы снижения динамической нагрузки во время включения оборудования в работу [3], многие из которых основаны на различных вариантах соединения валов. Кулачковые муфты применяются для редких включений. Они не допускают проскальзывания, относительного поворота валов, выравнивают скорости вращения валов. При соединении кулачковыми муфтами применяют синхронизаторы – устройства для устранения ударов и шума, представляющие собой вспомогательные фрикционные муфты, которые включаются раньше основных и выравнивают угловые скорости вращающихся валов. Без синхронизаторов неизбежно появление динамических перегрузок. Фрикционные муфты значительно больше в размерах, чем кулачковые, они допускают проскальзывание, из-за чего могут не совпадать скорости вращения валов, но они позволяют произвести плавное включение, не требуя ограничений скорости и момента. Крутящий момент в них передается посредством сил трения между контактными поверхностями. Изменяя силу прижатия этих поверхностей, можно осуществлять плавный пуск машины при любой разности частот вращения валов. Фрикционные муфты позволяют регулировать ускорение и наибольший момент, благодаря чему она может исполнять роль предохраняющего звена.

Заключение

Для избегания механических перегрузок в механизмах при запуске их в работу, необходимо обеспечение в системе плавного пуска. Это может достигаться регулированием пусковых характеристик электродвигателя, т.е. использованием допустимых значений пиков момента, а также использованием муфт, позволяющих избежать при пуске удара. Выбор обосновывается мощностью двигателя в системе, требованиям к значениям токов, величиной нагрузки при работе и во время запуска в рабочий режим, требованиям предъявляемых к движению частей оборудования технологическим процессом.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Вешневский, С. Н. Характеристики двигателей в электроприводе / С. Н. Вешневский – 6-е изд.. – Москва: Энергия, 1977 – 432 с.
2. Епифанов, А. П. Основы электропривода / А. П. Епифанов – СПб.: Лань, 2009. – 192 с.
3. Шенделев, М. А. Исследование устройств плавного пуска асинхронного двигателя / М. А. Шенделев // Введение в энергетику. – Кемерово: Кузбасский государственный технический университет имени Т. Ф. Горбачева, 2016. – 199 с.
4. Устройство плавного пуска асинхронного двигателя / [Электронный ресурс] // VEDA MC: [сайт]. – URL: <https://drives.ru/stati/ustrojstvo-plavnogo-puska-asinhronnogo-dvigatelya/> (дата обращения: 06.04.2023).
5. Матвеев, Ю.А., Л.В. Матвеева. Теория механизмов и машин / Ю.А. Матвеев, Л.В. Матвеева. – Москва: Альфа-М, Инфра-М, 2009. – 320 с.

УДК 621.311

Буткин Павел Юрьевич, студент, Комсомольский-на-Амуре государственный университет
Butkin Pavel Uryevich, student, Komsomolsk-on-Amur State University

Шаломов Вячеслав Иванович, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры «Тепловые энергетические установки», Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Shalomov Vyacheslav Ivanovich, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Komsomolsk-on-Amur State University

ТЕПЛОГЕНЕРИРУЮЩИЕ ВОЗМОЖНОСТИ КОМСОМОЛЬСКОЙ ТЭЦ-2 ДЛЯ ПОКРЫТИЯ ТЕМПЕРАТУРНЫХ ГРАФИКОВ ГОРОДСКОЙ ТЕПЛОВОЙ СЕТИ

HEAT GENERATING CAPABILITIES OF KOMSOMOLSKAYA CHPP-2 TO COVER THE TEMPERATURE SCHEDULES OF THE CITY HEAT NETWORK

Аннотация. В настоящей работе приведены краткая характеристика городской тепловой сети г. Комсомольск-на-Амуре и её температурный график для Комсомольской ТЭЦ-2, рассмотрены теплогенерирующие возможности электростанции для покрытия потребностей тепловых абонентов.

Abstract. In this paper, a brief description of the urban heat network Komsomolsk-na-Amure and its temperature schedule for Komsomolskaya CHPP-2 are given, the heat generating capabilities of the power plant to cover the needs of thermal subscribers are considered.

Ключевые слова: тепловая сеть, тепловая нагрузка, сетевая вода, температурный график, турбина, бойлерная установка, сетевые подогреватели, греющий пар, техническое перевооружение.

Key words: heating network, heat load, mains water, temperature chart, turbine, boiler plant, network heaters, heating steam, technical re-equipment.

Введение

Тема научной работы – «Исследование влияния тепловой нагрузки тепловой сети на эффективность турбоустановок Т-55-130 Комсомольской ТЭЦ-2». Теплофикационные турбины Т-55-130 служат для комбинированной выработки энергии – электрической и тепловой. Генерируемая станцией тепловая энергия расходуется на отопление, вентиляцию и горячее водоснабжение Центрального района г. Комсомольска-на-Амуре. Отопительный период в Комсомольском районе длится с 1 октября по 30 апреля. В это время турбины Т-55-130 в зависимости от температурного графика городской тепловой сети работают с различной тепловой нагрузкой. Причём, чем выше тепловая нагрузка на турбоустановку, тем больше выработка электроэнергии на тепловом потреблении и экономичнее электростанция.

Целью данной статьи является изучение особенностей тепловой сети Центрального района г. Комсомольска-на-Амуре и возможностей Комсомольской ТЭЦ-2 в обеспечении тепловой энергией её абонентов.

Основная часть

В Комсомольске-на-Амуре для отопления используются централизованные закрытые двухтрубные тепловые сети. Двухтрубная теплосеть состоит из двух линий: подающей (прямой) и обратной. По прямой линии горячая вода подводится от ТЭЦ к абонентам, а по обратной линии охлаждённая вода возвращается на станцию [1].

Заказчиком тепловой энергии является МУП «Производственное предприятие тепловых сетей». Ежегодно перед новым отопительным сезоном предприятие разрабатывает и представляет электростанциям Комсомольска температурные графики тепловой сети. Обычно они делаются в табличной форме. В 1-й колонке приводятся темпера-

туры наружного воздуха, во 2-й и 3-й колонках температуры прямой и обратной сетевой воды. Применяется и графическая форма изображения зависимости температуры сетевой воды от температуры наружного воздуха [2]. На рисунке 1 изображён температурный график работы теплоисточников Комсомольской ТЭЦ-2, построенный по табличным числовым данным температурного графика за 2022 г.

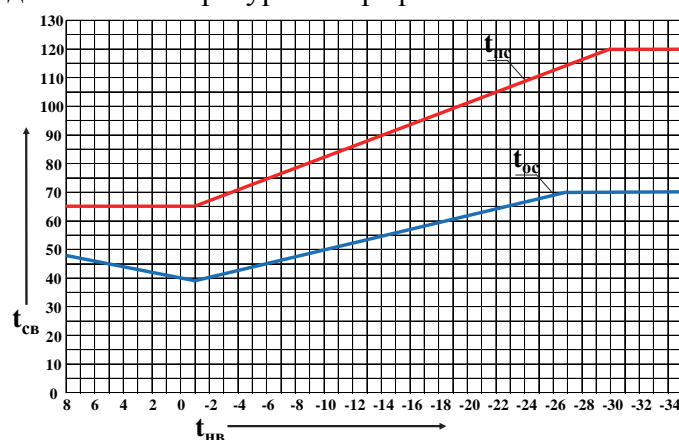


Рисунок 1 – Температурный график работы теплоисточников:

$t_{пс}$, $t_{ос}$ – температуры прямой и обратной сетевой воды, °C;
 $t_{нв}$ – температура наружного воздуха, °C; $t_{св}$ – температура сетевой воды, °C

Рассмотрим теплогенерирующие мощности паротурбинных установок Комсомольской ТЭЦ-2. Комсомольская ТЭЦ-2 – электростанция с поперечными связями с установленной электрической мощностью 197,5 МВт. В настоящее время в составе станции эксплуатируются третья и четвёртая очереди энергетического оборудования.

Третья очередь включает две теплофикационные турбины Т-27,5-90 и ПТ-60-90/13 и две бойлерные установки – основную и пиковую. Основная бойлерная используется в течение всего отопительного периода, а пиковая — только в наиболее холодные дни. Турбина Т-27,5-90 – одноцилиндровая, с установленной электрической мощностью 27,5 МВт и одним регулируемым отбором пара на теплофикацию. Турбина ПТ-60-90/13 – двухцилиндровая, с установленной мощностью 60 МВт и двумя регулируемы отборами пара: производственным и теплофикационным. Максимальная тепловая нагрузка на турбины 3-й очереди 217 Гкал/ч. Максимальная тепловая нагрузка на основные бойлеры 192 Гкал/ч, на пиковые – 337,5 Гкал/ч. Источником греющего пара для пиковых бойлеров является производственный отбор турбины ПТ-60-90/13, давление в котором 1,27 МПа. Всего на бойлерную 3-й очереди приходится – 529,5 Гкал/ч. Третья очередь станции обслуживает теплотрассы № 1, 2, 3, 7, 10.

Четвёртая очередь включает две теплофикационные турбины Т-55-130 с суммарной установленной мощностью 110 МВт, полной тепловой нагрузкой 184 Гкал/ч и бойлерную на суммарную тепловую нагрузку 532,5 Гкал/ч. Турбина Т-55-130 двухцилиндровая с двумя регулируемы отборами пара на теплофикацию. Сетевая подогревательная установка каждой турбины состоит из двух последовательно включённых горизонтальных сетевых подогревателей: нижнего – ПСГ-1 и верхнего – ПСГ-2 типа ПСГ-1300-3-8 [3]. Резервом для подогрева сетевой воды служит встроенный теплофикационный пучок конденсатора турбины. Однако в указанном режиме он практически не используется. Четвёртая очередь ТЭЦ-2 обслуживает теплотрассы № 8, 9.

На Комсомольской ТЭЦ-2 в резерве находятся турбоустановки 2-й очереди. Это две противодавленческие турбины типа Р-9-29 общей установленной мощностью 18 МВт и полной тепловой нагрузкой 87,8 Гкал/ч. Котлоагрегаты № 1,2,3, генерирующие пар для турбоустановок 2-й очереди в 1996 г., были списаны. Свежим паром турбины снабжались через редукционно-охладительные установки РОУ 100/33 с расходом пара 100 т/ч, тогда как номинальный расход пара в турбину составляет 90 т/ч. Турбины мо-

рально и физически устарели, поэтому выведены из эксплуатации. Предполагаемое техническое перевооружение 2-й очереди позволит не только восстановить прежний уровень отопительной нагрузки, но и нарастить его. Варианты модернизации основного оборудования изучаются.

Заключение

Приведённые в статье предварительные данные о возможностях Комсомольской ТЭЦ-2 в покрытии температурного графика тепловой сети позволяют сделать вывод, что действующие ПТУ 3-й и 4-й очередей обладают достаточной теплофикационной мощностью для снабжения городских потребителей теплом. Растущие потребности в тепле, связанные с городским строительством, могут быть обеспечены техническим перевооружением котельного и турбинного цехов Комсомольской ТЭЦ-2.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Елизаров, Д.П. Теплоэнергетические установки электростанций. Учебник для студентов энергомашиностроительных специальностей вузов / Д.П. Елизаров. – М.: Энергия, 1967, 235 с.
2. Дегтяренко, А.В. Теплоснабжение: учеб. пособие / А.В. Дегтяренко. – Томск: Изд-во Том. гос. архит.- строит. ун-та, 2010, 185 с.
3. Инструкция по пуску и обслуживанию турбин типа Т-55-130 С. № 7,8. – ОАО «Дальневосточная генерирующая компания», филиал «Хабаровская генерация», СП «Комсомольская ТЭЦ-2», 2010, 63 с.

УДК 620.92

Бутко Владимир Павлович, студент, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Butko Vladimir Pavlovich, student of Komsomolsk-na-Amure State University

Кузьмин Роман Вячеславович, кандидат технических наук, доцент кафедры «Электромеханика», Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Kuzmin Roman Vyacheslavovich, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor of Electromechanics Department, Komsomolsk-na-Amure State University

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ БЕСПЛОТИННОЙ МИКРОГЭС ДЛЯ РАВНИННЫХ РЕК НА БАЗЕ ДУГОСТАТОРНОГО ИНДУКТОРНОГО ГЕНЕРАТОРА

DEVELOPMENT OF A METHOD FOR DESIGNING A DAM-LESS MICROHES FOR PLAIN RIVERS ON THE BASIS OF A STATOR INDUCTOR GENERATOR

Аннотация. В данной работе производится разработка методики проектирования бесплотинной микроГЭС на базе дугостаторного индукторного генератора. Рассмотрены этапы проектирования и расчета составных частей микроГЭС. Проанализированы особенности конструкции и нюансы проектирования и расчета составных частей микроГЭС.

Abstract. In this paper, the development of a methodology for designing a damless microhydroelectric power station based on an arc-stator inductor generator is being developed. The stages of designing and calculating the components of a microhydroelectric power station are considered. The design features and nuances of designing and calculating the components of a microhydroelectric power station are analyzed.

Ключевые слова: микроГЭС, проектирование, порядок расчета, гидротурбина, генератор.

Key words: microHPP, design, calculation procedure, hydro turbine, generator.

Введение

На сегодняшний день одной из главных проблем энергетики является нехватка электрической энергии для нужд потребителей, в частности, находящихся в отдаленной местности и районах с полным отсутствием электричества. Данная проблема может решаться при помощи децентрализованных систем электроснабжения [1], в частности, использующих энергию малых рек (низкопотенциальных потоков), одной из которых является бесплотинная микроГЭС для равнинных рек на базе дугостаторного индукторного генератора. Преимуществом данного источника электроэнергии являются: экологическая безопасность, простота и надежность конструкции, высокие электрические и экономические показатели [2].

Цель работы: разработка методики проектирования бесплотинной микроГЭС для низкопотенциальных потоков на базе дугостаторного индукторного генератора.

Задачи работы:

1. Рассмотреть исходные параметры места эксплуатации и установить ограничения, связанные с особенностью работы и возможными помехами;
2. Рассмотреть методику и результаты проектирования гидротурбины;
3. Изучить ход расчета дугостаторного индукторного генератора, рассмотреть его особенности;
4. Рассмотреть результаты проектирования генератора.

Основная часть

Проектирование микроГЭС (рисунок 1) начинается с определения примерных параметров места её установки, то есть глубины русла и скорости течения реки. МикроГЭС должна быть установлена с некоторым запасом по глубине реки (около 30-50 см), не выходить в судоходный канал, и, по возможности, должны отсутствовать различные помехи, влияющие на работу, такие как изменение скорости течения реки в больших диапазонах, слишком грязная (сточная) вода, наличие большого плавучего мусора (утопленные деревья) и нерест больших косяков рыб.

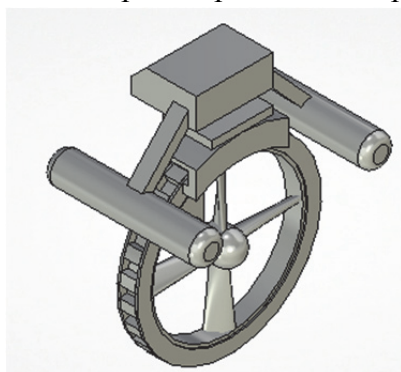


Рисунок 1 - Внешний вид микроГЭС

Расчет гидротурбины начинается с определения исходных параметров, к ним относятся:

1. Диаметр турбины по вершинам (установочная глубина);
2. Скорость течения реки;
3. Число и толщина лопаток;
4. Угол установки лопатки на входе в рабочее колесо.

Исходя из данных параметров, производится расчет гидротурбины и потока.

В результате проектирования гидротурбины получаем параметры: необходимый угол установки лопаток на выходе рабочего колеса (у корня и вершины), высоту лопаток, расход воды через турбину, окружная скорость отбора мощности, средний диаметр и мощность турбины.

По результатам расчета модели гидротурбины производится расчет мощности генератора, по формуле (1). Данный параметр необходим для дальнейших расчетов.

$$P_r = N \cdot n_r \quad (1)$$

где N – мощность турбины, Вт; n_r – КПД генератора.

Расчет генератора начинается с определения номинальных параметров:

1. Фазное напряжение;
2. Полная мощность;
3. Фазный ток;
4. Частота вращения колеса турбины.

Проектирование электрической и магнитной части дугостаторного индукторного генератора представляет собой стандартный, за исключением некоторых особенностей, расчет индукторной электрической машины [3]. Одной из особенностей расчета является число пар полюсов генератора, которое равно числу зубцов ротора (2), при этом в активной зоне будут находиться только зубцы, находящиеся внутри полости дугового статора (3).

$$p = Z_2 = \frac{60 \cdot f}{n} \quad (2)$$

где f – частота сети, Гц; n – частота вращения рабочего колеса, об/мин.

$$p' = p \cdot \alpha_* \quad (3)$$

где α_* – угол активной части, о.е.

Другой немало важной особенностью является определение размеров статора, который представляет собой усеченную часть дуги окружности (рисунок 2).

В ходе проектирования генератора определяются следующие параметры: число зубцов статора и ротора, параметры обмоток возбуждения и статора, размеры дугового статора, масса, магнитные и тепловые параметры, и КПД генератора [4].

Закключение

В ходе выполнения работы была разработана методика проектирования бесплотинной микроГЭС для равнинных рек на базе дугостаторного индукторного генератора [5]. Исследованы исходные параметры места установки и связанные с ними ограничения. Были изучен и рассмотрен следующий вопрос: методика проектирования гидротурбины и дугостаторного индукторного генератора. Также рассмотрены результаты их проектирования и некоторые особенности, связанные с конструкцией. В результате исследования можно сделать вывод о том, что работа выполнена в полном объеме.

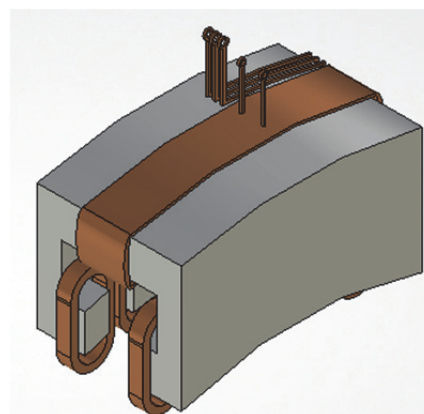


Рисунок 2 - Дуговой статор

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Алексюк, О.Э. Автономная энергетика для малого предприятия / О.Э. Алексюк, А.В. Янченко, Д.Д. Иванов // Актуальные вопросы энергетики. Материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. Омск, 14–15 мая 2021 года. Омск: Омский государственный технический университет, 2021. – С. 51-54. – EDN: CXHNMF.
2. Фискова, Т.К. Повышение энергоэффективности электромеханических преобразователей энергии / Т.К. Фискова, С.Н. Иванов // Молодежь и наука: актуальные проблемы фундаментальных и прикладных исследований. Материалы IV Всероссийской национальной научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. Комсомольск-на-Амуре, 12–16 апреля 2021 года. Комсомольск-на-Амуре: Комсомольский-на-Амуре государственный университет, 2021. – С. 175-178. – EDN: NZQXSC.
3. Агаркова, А.С. Бесконтактный генератор для автономных систем электропитания / А.С. Агаркова, А.В. Сериков // Научно-техническое творчество аспирантов и студентов. Материалы Всероссийской научно-технической конференции студентов и аспирантов. Комсомольск-на-Амуре, 09–20 апреля 2018 года. Комсомольск-на-Амуре: Комсомольский-на-Амуре государственный технический университет, 2018. – С. 205-207. – EDN: UUKCNE.
4. Генератор микроГЭС для низкопотенциальных водотоков / Р. Н. Хамитов, Р. В. Кузьмин, А. С. Мешков [и др.] // Омский научный вестник. – 2022. – № 2 (182). – С. 59-63. – DOI: 10.25206/1813-8225-2022-182-59-63. – EDN: RYRIFQ.

5. Патент на полезную модель RU 39918 U1 Российская федерация, МПК F03D 1/00. Генератор для микроГЭС : № 2003137466/20 : заявл. 26.12.2003 : опубл. 20.08.2004 / В.М. Кузьмин, В.В. Суздорф, Г.А. Седов : заявитель Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Комсомольский-на-Амуре государственный технический университет". – EDN: XHUMYQ.

УДК 620.92

Бутко Владимир Павлович, студент, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Butko Vladimir Pavlovich, student of Komsomolsk-na-Amure State University

Кузьмин Роман Вячеславович, кандидат технических наук, доцент кафедры «Электромеханика», Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Kuzmin Roman Vyacheslavovich, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor of Electromechanics Department, Komsomolsk-na-Amure State University

КОНСТРУКЦИЯ И ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ БЕСПЛОТИННОЙ МИКРОГЭС НА БАЗЕ ДУГОСТАТОРНОГО ИНДУКТОРНОГО ГЕНЕРАТОРА

DESIGN AND ENGINEERING FEATURES OF A DAMLESS MICROELECTRIC POWER PLANT THE BASIS OF A STATOR INDUCTOR GENERATOR

Аннотация. В работе рассматривается конструкция и некоторые особенности проектирования бесплотинной микроГЭС на базе дугостаторного индукторного генератора. Приводится описание составных частей микроГЭС: генератора и гидротурбины. Рассматриваются некоторые особенности этих частей. Подводится вывод о преимуществах предложенного устройства.

Abstract. The paper considers the design and some features of the design of a damless microhydroelectric power station based on an arc-stator inductor generator. A description of the components of a microhydroelectric power station is given: a generator and a hydro turbine. Some features of these parts are considered. A conclusion is drawn about the advantages of the proposed device.

Ключевые слова: микроГЭС, конструкция, гидротурбина, дуговой статор.

Key words: micro HPP, construction, hydro turbine, arc stator.

Введение

На сегодняшний день существует острая нехватка электроэнергии, особенно в местах, которые удалены от линий электропередач. По данным исследований на 2022 год около 35% территории Дальнего Востока с населением 3 млн. человек находится в зоне, с полным отсутствием централизованной электрической энергии. Данная проблема может решаться при помощи автономных систем энергообеспечения [1], и в большинстве своем ими являются дизель-, бензогенераторы, которые в ходе работы выбрасывают в атмосферу вредные вещества, и требуют постоянное наличие топлива, которое в некоторых регионах является недоступным. Также, одним из таких автономных источников электрической энергии является бесплотинная микроГЭС для равнинных рек на базе дугостаторного индукторного генератора. В отличие от описанных ранее она не требует топлива и является экологичным источником электроэнергии [2].

Цель работы: рассмотреть и изучить конструкцию и некоторые особенности проектирования бесплотинной микроГЭС для равнинных рек на базе дугостаторного индукторного генератора.

Задачи работы:

1. Изучить конструкцию бесплотинной микроГЭС на базе дугостаторного индукторного генератора;
2. Рассмотреть некоторые особенности проектирования составных частей микроГЭС;
3. Предложить изменения, удешевляющие и упрощающие конструкцию.

Основная часть

Конструкция генератора представлена на рисунке 1. Устройство состоит из следующих частей: гидротурбина 2, совмещенная с зубцовой зоной, и дуговой статор 1.

Дуговой статор (рисунок 1) представляет собой магнитопровод 3, шихтованный из листов электротехнической стали, с закрепленными на нем обмоткой возбуждения 4, намотанной непосредственно на дуговой статор, и обмоткой якоря 5, которая располагается на зубцах статора в виде катушек [3]. Для компенсации осевых нагрузок и возможного прогиба гидротурбины рядом с воздушным зазором устанавливаются ролики 6 с жесткими пружинами 7.

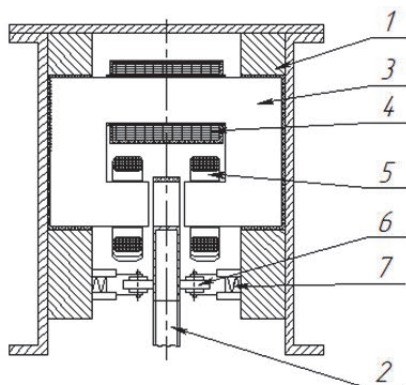


Рисунок 1 - Дугостаторный индукторный генератор

Для использования низкопотенциальной энергии потоков применяются осевые гидротурбины пропеллерного типа, которые позволяют добиться максимальной скорости при малых напорах рек. Расположение гидротурбины в реке показано на рисунке 2. Гидротурбина состоит из понтона 1, опоры 2, позволяющей регулировать глубину погружения рабочего колеса, и подшипникового узла 3. Поскольку гидротурбина должна быть совмещена с зубцовой зоной, то на ободке рабочего колеса 4 устанавливается обойма с зубцами 5, набранными из листов электротехнической стали.

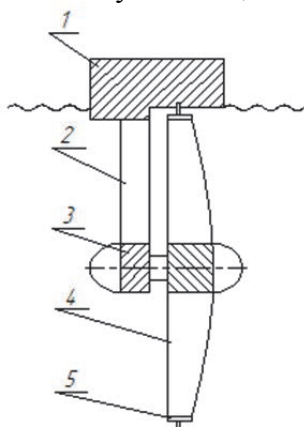


Рисунок 2 - Осевая турбина в низкопотенциальном потоке



Рисунок 3 – Рабочее колесо пропеллерного типа

Для уменьшения массы рабочего колеса предлагается изготавливать его из полимерных и (или) композитных материалов, таких как: армированный поликарбонат и стеклопластик. Для простоты конструкции гидротурбина выполняется без направляю-

щего аппарата, то есть весь поток проходит через рабочее колесо, которое является ротором генератора.

Рассмотренная конструкция микроГЭС позволяет полностью отказаться от различных промежуточных звеньев (редуктор, направляющий аппарат) и получить высокие энергетические показатели (КПД и коэффициент активной мощности) и высокое качество электрической энергии [4].

Предложенное устройство позволяет отказаться от штамповки пазов, получать дуговой статор с радиусом дуги, соответствующему радиусу ротора, и позволяет формировать ярмо и зубцовую зону из одних и тех же пластин электротехнической стали, немного отличающихся по размеру [5].

Заключение

В ходе работы была в полной мере изучена конструкция составных бесплотинной микроГЭС, дугостаторного индукторного генератора и пропеллерной гидротурбины. Рассмотрены особенности проектирования, такие как установка компенсирующих роликов в генераторе и некоторая специфичность формирования зубцовой зоны. Предложены некоторые упрощения и усовершенствования конструкции (использование композитных и полимерных материалов). Сделаны выводы о преимуществах данной конструкции микроГЭС. Таким образом, работа выполнена в полном объеме.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Алексюк, О.Э. Автономная энергетика для малого предприятия / О.Э. Алексюк, А.В. Янченко, Д.Д. Иванов // Актуальные вопросы энергетики. Материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. Омск, 14–15 мая 2021 года. Омск: Омский государственный технический университет, 2021. – С. 51-54. – EDN: CXHNMF.

2. Генератор микроГЭС для низкопотенциальных водотоков / Р. Н. Хамитов, Р. В. Кузьмин, А. С. Мешков [и др.] // Омский научный вестник. – 2022. – № 2 (182). – С. 59-63. – DOI: 10.25206/1813-8225-2022-182-59-63. – EDN: RYRIFQ.

3. Агаркова, А.С. Бесконтактный генератор для автономных систем электропитания / А.С. Агаркова, А.В. Сериков // Научно-техническое творчество аспирантов и студентов. Материалы Всероссийской научно-технической конференции студентов и аспирантов. Комсомольск-на-Амуре, 09–20 апреля 2018 года. Комсомольск-на-Амуре: Комсомольский-на-Амуре государственный технический университет, 2018. – С. 205-207. – EDN: UUKCNE.

4. Фискова, Т.К. Повышение энергоэффективности электромеханических преобразователей энергии / Т.К. Фискова, С.Н. Иванов // Молодежь и наука: актуальные проблемы фундаментальных и прикладных исследований. Материалы IV Всероссийской национальной научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. Комсомольск-на-Амуре, 12–16 апреля 2021 года. Комсомольск-на-Амуре: Комсомольский-на-Амуре государственный университет, 2021. – С. 175-178. – EDN: NZQXSC.

5. Патент на полезную модель RU 10791 U1 Российская федерация, МПК F03D 1/00. Генератор для микроГЭС : № 98121288/20 : заявл. 23.11.1998 : опубл. 16.08.1999 / В.М. Кузьмин, Р.В. Кузьмин : заявитель Комсомольский-на-Амуре государственный технический университет. – EDN: VTRGAA.

УДК 621.311.22

Василенко Дмитрий Андреевич, студент, Дальневосточный государственный университет путей сообщения

Vasilenko Dmitry Andreevich, student, Far Eastern State Transport University

Скорик Виталий Геннадьевич, кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой «Электротехника, электроника и электромеханика», Дальневосточный государственный университет путей сообщения

Skorik Vitaly Gennadievich, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, Head of Department "Electrical engineering, electronics and electromechanics", Far Eastern State Transport University

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ РЕКОНСТРУКЦИИ ЭЛЕКТРОФИЛЬТРОВ ТЭЦ

MODERN TECHNICAL SOLUTIONS FOR RECONSTRUCTION OF COMBINED HEAT AND POWER PLANT'S ELECTRIC FILTERS

Аннотация. В статье определены тенденции развития систем электрической очистки газов. Проводится анализ современных технических решений для эффективной и надежной реконструкции электрофильтров, применяемых при эксплуатации на теплоэлектроцентралях. Определены технические преимущества электрофильтров с предлагаемыми методами и решениями.

Abstract. The article identifies trends in the development of electric gas cleaning. An analysis of modern technical solutions for the efficient and reliable reconstruction of electrostatic precipitators used in operation at thermal power plants is carried out. The technical advantages of electrostatic precipitators with the proposed methods and solutions are determined.

Ключевые слова: электрофильтр, реконструкция, очистка, эффективность, коэффициент эффективности.

Key words: electrostatic precipitator, reconstruction, purification, efficiency, efficiency coefficient.

Введение

Для очистки уходящих дымовых выбросов от вредных газов множество отраслей промышленности использует электрофильтры, которые предоставляют возможность обеспечить высокоэффективную очистку большого количества уходящих газов. При этом одна из задач заключается в минимизации затрат электроэнергии на этот процесс. В то же время в связи с ужесточением требований к количеству пыли в газах после очистки, актуальным является вопрос о реконструкции действующих электрофильтров для повышения их эффективности работы.

Требования к повышению эффективности электрофильтров, понижению стоимости эксплуатируемого оборудования, увеличению надежности работоспособности и автоматизации системы управления способствовали прогрессивному развитию науки и техники в области электрической очистки газов уходящих дымовых газов. На сегодняшний день установка электрической очистки газов состоит из аппаратов и механизмов, производительность которых позволяет с большей эффективностью работать электрофильтрам. В основе электрической очистки дымовых газов от вредных веществ и примесей лежит природа физического взаимодействия газов и неоднородного электрического поля между электродами электрофильтра, имеющими противоположные заряды.

Подробно процесс горения угольного топлива и образования дымовых газов, показан на рисунке 1.

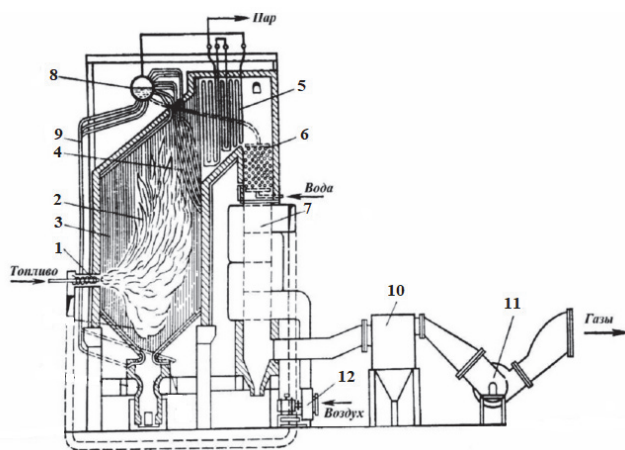


Рисунок 1 – Схема процесса горения угля и очистки газов: 1) горелки; 2) топка; 3) трубы экрана; 4) фестон; 5) пароперегреватель; 6) экономайзер водяной; 7) воздухоподогреватель; 8) барабан; 9) трубы опускные; 10) электрофильтр; 11) дымосос; 12) вентилятор дутьевой

В соответствии с приказом № 644 от 10.10.2014 г. Департамента Росприроднадзора по ДФО нормативы выбросов загрязняющих веществ оцениваются по единому источнику выбросов (дымовая труба) и определяются как средняя величина КПД золоулавливающей установки. В настоящее время становится актуальной разработка эффективных решений, касающихся защиты окружающей территории ТЭЦ и экологии в целом, путем выполнения качественных ремонтов электрофильтров.

Основная часть

Для построения новых газоочистных установок, требуется потратить очень много средств из бюджета предприятия, соответственно, выполнить реконструкцию уже установленного оборудования на своих узлах, площадках и фундаменте, с использованием современных и инновационных технических, конструктивных решений и идей [1]. Можно выделить четыре основных предложения по развитию электрической очистки газов:

1) Увеличение расстояний между электродами. Это решение обеспечить значительное уменьшение металлоемкости конструкции, без снижения степени эффективности газоочистки.

2) Увеличение активного объема электрофильтра. Увеличение активного объема будет способствовать повышению надежности и эффективности работы золоулавливающей установки за счет повышения объема очистки уходящих дымовых газов. Данную меру удобно применять на стадии постепенной модернизации системы газоочистки на больших объектах, так как она дает возможность реконструкции действующих электрофильтров на своих узлах и фундаментах.

3) Применение в электрофильтрах специализированных коронирующих электродов, выполненных из ленточного профиля. Это мероприятие позволяет обеспечить улавливание высокоомной угольной пыли в электрофильтре. Также за счет особой формы электродов можно обеспечить достаточно хорошую равномерность силовых характеристик электрического поля у осадительных электродов. За счет этого также происходит повышение эффективности очистки дымовых газов. [2].

4) Применение современных агрегатов питания высокого напряжения, систем управления и автоматизации. Этот способ является одним из самых перспективных, так как позволяет за счет использования более высоковольтного источника питания увеличить расстояние между электродами электрофильтра, повысить активный его объем. Применение цифровых систем управления может дать возможности реализации различных алгоритмов регулирования напряжения. Это, в свою очередь, позволит поддерживать среднее напряжение в электрофильтре близким по уровню к максимальному пробивному напряжению [1]. Использование единой системы управления для нескольких электрофильтров также даст возможности обеспечения синхронной их работы, в соответствии с заявленным алгоритмом. Значительный уровень автоматизации упро-

стит как процесс управления электрофильтрами, так и решит задачу сокращения численности обслуживающего персонала.

При увеличении расстояния между электродами, эффективность очистки не изменится, но значительно снизится вес металлоконструкций, следовательно, увеличится долговечность электрофильтра. Налипание угольной пыли на электродах будет происходить интенсивнее, что приведет к потребности в более частом их встряхивании. [2].

Для того, чтобы продлить срок службы металлоконструкций, можно применять в эксплуатации электрофильтры с расстоянием между электродами в 400 мм. Именно такое расстояние рекомендуется для реконструкции. Согласно проведенным исследованиям [3], на основании зависимости расстояний, при которых происходит разряд, а также между электродными элементами от эквивалентной напряженности поля, было выявлено, что при расстоянии между электродами, равном 400 мм, это значение входит в допустимый диапазон соотношений.

В таких электрофильтрах также могут эксплуатироваться коронирующие электроды ленточно-игольчатого типа, обладающие высокой надежностью, и ленточно-зубчатого типа, у которых иглы направлены в сторону осадительных электродов и параллельны им. Увеличение активного объема электрофильтра осуществляется благодаря увеличению длины полей, из-за уменьшения расстояния между полями электрофильтра, применения с увеличенной длиной, совмещения двух электродов в один [3].

Если увеличить расстояние между электродами, то появляется потребность в применении более мощного агрегата питания высокого напряжения (100-110 кВ). В технологическом процессе электрической очистки уходящих дымовых газов применяют коронирующие электроды с более острыми иглками, это позволит уменьшить напряжение образования тока короны и появления высокой плотности тока в межэлектродном пространстве. Данное предложение увеличит качество и количество осажденных заряженных частиц угольной пыли и повысит качество степени очистки уходящих газов [2].

Применение коронирующих электродов с высокой эмиссионной способностью (низким напряжением появления тока короны и наименьшим радиусом кривизны кончиков игл электродов) сопряжено с определенными проблемами. В частности, при подаче на коронирующие электроды импульсного напряжения, амплитуда импульсов повышается вместе с плотностью потребляемого тока. В результате происходит уменьшение среднего значения напряжения и, соответственно, снижение эффективности золоулавливающей установки. Это можно решить с помощью применения схемы питания всех полей электрофильтра от трехфазных источников или высокочастотных агрегатов питания высокого напряжения. В этом случае импульсы напряжения на электродах будут незначительны, а среднее напряжение приблизительно стремится к амплитудному значению. Токи короны разряда повысятся больше чем на 40% [3].

Заключение

Таким образом, из-за ужесточения требований к выбросам в атмосферу, целесообразно применять современные технические решения для реконструкции электрофильтров, а именно увеличение межэлектродного расстояния, увеличение его активного объема, применение специальных коронирующих элементов и внедрение современных источников питания и систем автоматизации. Использование предлагаемых рациональных технических и конструктивных решений позволит обеспечить после реконструкции – коэффициент сохранения эффективности [4] не менее 0,995, повысить надежность работоспособности электрофильтров, снизить металлоемкость конструкций, обеспечить увеличение количества очистки уходящих дымовых газов, сократить количество обслуживающего персонала, а также избежать огромных финансовых затрат на строительство новых газоочистных установок.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Рыжкин, В.Я. Тепловые электрические станции. - М.: Энергия, 1976.
2. Билло, Е.В. Золоуловители для очистки от пыли газообразных выбросов в атмосферу / Е.В. Билло, Е.С. Сухаревская, А.Ю. Игнатова // Научно-практический журнал «Пылегазоочистка». – 2011. – № 11.
3. Шастин, С. Н. В03С3 – Выделение дисперсных частиц из газов или паров, например из воздуха, с использованием электростатического эффекта (выхлопные устройства или глушители для машин или двигателей, имеющие средства для удаления твердых составляющих выхлопа с использованием электрических или электростатических сепараторов F01N 3/01) / С. Н. Шастин, В. А. Гузаев, А. А. Троицкий // [Электронный ресурс] Режим доступа: www.poleznayamodel.ru (пров. 01.04.2023).
4. ГОСТ Р 53480-2009. Надежность в технике. Термины и определения.

УДК 620.97

Васильев Александр Владимирович, аспирант, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Vasilev Aleksandr Vladimirovich, postgraduate student of Komsomolsk-na-Amure State University

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ГЕНЕРАТОРОВ

APPLICATION OF THERMOELECTRIC GENERATORS

Аннотация. В прошлом общество в основном стремилось увеличить производство энергии, чтобы развивать свою промышленность, транспортные средства, а также улучшать качество жизни. Вследствие существующего в настоящее время энергетического кризиса многочисленные исследователи и промышленные предприятия стремятся улучшить управление энергией, особенно за счет повышения эффективности энергосистем. Это объясняет растущий интерес к термоэлектрическим преобразователям энергии – термоэлектрическим генераторам (ТЭГ).

Abstract. In the past, society mainly sought to increase energy production in order to develop its industry, vehicles, and also improve the quality of life. Due to the current energy crisis, numerous researchers and industries are striving to improve energy management, especially by improving the efficiency of energy systems. This explains the growing interest in thermoelectric power converters - thermoelectric generators (TEGs).

Today, thermoelectric generators can produce power under extreme conditions, generate power in remote areas, and power microsensors efficiently.

Ключевые слова: низкопотенциальная энергия, преобразователь, thermoelectric generator.

Key words: low potential energy, converter.

Введение

Сегодня термоэлектрические генераторы могут производить энергию в экстремальных условиях, вырабатывать ее в отдаленных районах и эффективно обеспечивать питание микросенсоров.

Их преимущества весьма многочисленны:

- прямое преобразование энергии, в отличие от многих тепловых двигателей, которые сначала преобразуют тепловую энергию в механическую, а затем преобразуют эту механическую энергию в электричество с помощью генератора переменного тока;

- отсутствие движущихся частей и рабочих жидкостей внутри ТЭГ, следовательно, отсутствие технического обслуживания и дополнительных затрат;
- длительный срок службы, особенно при работе с постоянным нагревом;
- возможность использования без привязки к определенному месту;
- стабильность и малый вес всего устройства;
- относительная простота использования и простота обслуживания;
- реализация в любом масштабе на модульной основе до любого значения мощности;
- возможность использования в качестве децентрализованного источника энергии;
- отсутствие эффекта масштаба: ТЭГ можно использовать для микрогенерации в очень ограниченных пространствах или для выработки киловатт;
- бесшумные операции;
- возможность использования для получения энергии на Марсе, Луне, где разница температур высока [1, 2].

Основная часть

Несмотря на эти преимущества, в течение многих лет ТЭГ в основном применялись только в космосе, где их чрезвычайная надежность оправдывала использование для обеспечения электричеством большинства зондов, отправленных в космос («Вояджер», «Аполлон», «Пионер», «Кьюриосити» и т.д.). Недостаточная эффективность в земных условиях, а также высокая стоимость являются серьезными препятствиями для их более полноценного внедрения в народном хозяйстве [3].

Эффективность подобных разработок оценивается через безразмерный показатель ZT - произведение коэффициента полезного действия на среднюю температуру. Это очень удобный способ сравнения свойств материалов, поскольку он проявляется в выражении эффективности и играет важную роль в максимизации мощности.

Показатель полезного действия (ZT) определяется как отношение произведения квадрата коэффициента Зеебека, электропроводности и рабочей температуры к теплопроводности.

$$Z = \frac{\alpha^2 \cdot \sigma}{k}, \quad (1)$$

где α - коэффициент Зеебека (В/К); σ – электропроводность (С/м); k - теплопроводность (Вт/(м·К)) [4].

Приведенное выше уравнение зависит от двух факторов: от отношения разности температур между горячей поверхностью и холодной поверхностью к температуре горячей поверхности ТЭГ и от функции показателя качества и отношения температуры холодной поверхности к температуре горячей поверхности.

Доступные в настоящее время материалы имеют ZT около 1 или меньше. В последние десятилетия теллурид висмута (Bi_2Te_3) был единственным материалом, который эффективно использовался для промышленных термоэлектрических модулей.

Для этих модулей среднее значение ZT составляет в среднем от 0,5 до 0,8, эффективный КПД для промышленного применения составляет всего несколько процентов [5].

Перспективой для современных лабораторий является разработка материалов с ZT равным 2, чтобы обеспечить эффективность более 10 %.

Поскольку низкая эффективность является препятствием для разработки термоэлектрических генераторов (преобразователей) электроэнергии, исследователи и производители пытаются решить три ключевых проблемы:

- 1) улучшение показателя ZT ;
- 2) увеличение рабочего диапазона материалов для работы с более высокими перепадами температур;
- 3) поиск недорогих материалов для повышения КПД ТЭГ.

Таким образом, можно заключить, что разработка новых эффективных преобразователей энергии, функционирующих на основе перепадов температур «день-ночь» является весьма актуальной научно-практической задачей.

Степень научной разработанности проблемы исследования. Явление термоэлектрического преобразования энергии было открыто в 18 веке, его суть сводится к генерации небольшого напряжения между двумя разнородными металлами. С изобретением высокоэффективного полупроводника технология пережила быстрое развитие за последние 60 лет благодаря своим уникальным характеристикам, отличающимся от традиционных генераторов энергии. Хотя новые материалы все еще находятся в стадии разработки, основная теория, лежащая в основе, рассматриваемой технологии, основана на принципах эффекта Зеебека (выработка электроэнергии) и эффекта Пельтье (охлаждение).

Необходимо отметить, что эффективность преобразования тепла в электричество у современных термоэлектрических генераторов довольно низкая - около 5 % [6].

Однако, в связи с тем, что затраты энергии на ТЭГ минимальны, их недостаточная эффективность не ставит под сомнение коммерческую доступность для широкого применения.

Иностранный исследователь Шампье [7] рассмотрел настоящее и будущее применения термоэлектрической энергии, особенно в промышленности и быту. Эльшейх и др. [8] представили обзор параметров, влияющих на показатель полезного действия (ЗТ), и объяснили применение термоэлектрического модуля и его архитектуру.

В области термоэлектрических материалов зарубежными учеными было разработано несколько усовершенствований с акцентом на повышение их эффективности [9]

Для повышения коэффициента полезного действия ТЭГ (получения максимальной выходной мощности) были предприняты попытки оптимизации системы теплопередачи.

При этом необходимо отметить, что, как показал критический анализ релевантных литературных источников тематика ТЭГ в России, в частности изучение возможности создания преобразователя для генерации электроэнергии на основе перепадов температур в системе «день-ночь» исследована недостаточно и весьма фрагментарно.

Заключение

Использование подобной идеи преобразования низкопотенциальной энергии в высокопотенциальную может быть использовано в космических исследованиях. Известно, в отсутствие атмосферы, перепады дневных и ночных температур могут достигать более 50° за незначительное время. Так, в условиях Марса средние перепады температур достигают 77°.

Таким образом, с теоретической точки зрения с учетом вышеизложенного можно говорить о перспективности преобразователей для изучения космических пространств.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Rowe, D. M. Introduction. CRC Handbook of Thermoelectrics / D. M. Rowe // CRC Press 1995. – 718 с. – ISBN 9780849301469.
2. Riffat, S. B. Thermoelectrics: A review of present and potential applications / S. B. Riffat, X. Ma // Applied Thermal Engineering. – 2003. – Vol. 23, No. 8. – P. 913-935. – DOI 10.1016/S1359-4311(03)00012-7. – EDN MTLKOD.
3. Zheng, X. F. Experimental study of a domestic thermoelectric cogeneration system / X. F. Zheng, C. X. Liu, R. Boukhanouf, Y. Y. Yan, W. Z. Li // Applied Thermal Engineering. – 2014. – No. 62. – P. 69–79. – DOI 10.1016/j.applthermaleng.2013.09.008
4. Nanostructured thermoelectric materials: Current research and future challenge / Z. G. Chen, G. Hana, L. Yanga [et al.] // Progress in Natural Science. – 2012. – Vol. 22, No. 6. – P. 535-549. – DOI 10.1016/j.pnsc.2012.11.011. – EDN YDQMBX.

5. McCarty, R. Thermoelectric Power Generator Design for Maximum Power: It's All About ZT. *J. Electron. Mater.* 42, 1504–1508 (2013). – DOI 10.1007/s11664-012-2299-8.
6. Rowe, D. M. Evaluation of thermoelectric modules for power generation / D. M. Rowe, G. Min // *Journal of Power Sources*. – 1998. – Vol. 73, No. 2. – P. 193-198. – EDN NWJFTG.
7. Champier, D. Thermoelectric generators: A review of applications / D. Champier // . – 2017. – Vol. 140. – P. 167-181. – DOI 10.1016/j.enconman.2017.02.070. – EDN YYOWYB.
8. A review on thermoelectric renewable energy: Principle parameters that affect their performance / M. Hamid Elsheikh, D. A. Shnawah, M. F. M. Sabri [et al.]. – 2014. – Vol. 30. – P. 337-355. – DOI 10.1016/j.rser.2013.10.027. – EDN SPFSTJ.
9. Dresselhaus, M. S. New directions for low-dimensional thermoelectric materials / M. S. Dresselhaus, G. Chen, M. Y. Tang, R. G. Yang, H. Lee, D. Wang // *Advanced Mater.* – 2007. – No. 19. – P. 1043–1053. – DOI 10.1002/adma.200600527.

УДК 620.97

Васильев Александр Владимирович, аспирант, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Vasilev Aleksandr Vladimirovich, postgraduate student of Komsomolsk-na-Amure State University

Челухин Владимир Алексеевич, доктор технических наук, доцент, заведующий кафедрой «Информационная безопасность автоматизированных систем, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Cheluhin Vladimir Alekseevich, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Information Security of Automated Systems, Komsomolsk-na-Amure State University

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭФФЕКТА ПОВЫШЕНИЯ НАПРЯЖЕНИЯ КОНДЕНСАТОРА ПРИ УМЕНЬШЕНИИ ЕГО ЕМКОСТИ

USING THE EFFECT OF INCREASING THE VOLTAGE OF THE CAPACITOR WITH A DECREASE IN ITS CAPACITY

Аннотация. Во все времена увеличение выработки энергии являлось приоритетной задачей для науки и промышленности, поскольку от решения данного вопроса зависело комфортное состояние общества. На сегодняшний день возрос интерес к методам повышения эффективности энергетических систем за счет усовершенствования преобразовательных устройств.

В настоящей статье представлена идея реализации преобразователя низкпотенциальной энергии, использующего в качестве источника тепла природные перепады температур. Настоящая статья будет интересна специалистам космического направления, поскольку большие перепады температур на других планетах могут генерировать большой заряд.

Abstract. At all times, increasing energy production has been a priority for science and industry, since the comfortable state of society depended on the solution of this issue. To date, there has been increased interest in methods for improving the efficiency of energy systems by improving converter devices.

This article presents the idea of implementing a low-potential energy converter that uses natural temperature differences as a heat source. This article will be of interest to space specialists, since large temperature differences on other planets can generate a large charge.

Ключевые слова: низкпотенциальная энергия, преобразователь.

Key words: low potential energy, converter.

Введение

В настоящее время общество проявляет интерес к совершенствованию методой получения энергии [1]. Как правило, вектор развития направлен на выработку наиболее экономически выгодной технологии. Существуют различные технологии генерации тепла. Так, эксплуатируются гидроэлектростанции [2], ветровые генераторы, а также солнечные батареи. Однако их недостатком является привязанность к тем или иным природным условиям, в связи с чем был проведен поиск универсального решения. Актуальность приобрела идея использования небольшой разницы температур для генерации энергии. Для осуществления подобной технологии необходимо емкостное устройство, в котором между пластинами конденсатора происходит изменение величины диэлектрической проницаемости.

Основная часть

Согласно физическим закономерностям, величина накопленного засатора зависит от трех параметров: площади пластин, диэлектрической проницаемости и расстояния между ними, причем изменение последних двух параметров может происходить в широком диапазоне. Таким образом, теоретически при уменьшении расстояния между пластинами и выбора определенного диэлектрика можно получить высокий заряд [3, 4]. Нами была спроектирована схема преобразователя низкопотенциальной энергии в высокопотенциальную (рисунок 1) [5].

Рассмотрим работу конденсатора в таком режиме, при котором его заряд будет происходить с меньшим расстоянием между обкладками, чем его разряд. Емкость конденсатора и его напряжение зависят от расстояния между обкладками:

$$C = \frac{E_0 E S}{d}, \quad (1)$$

$$U_C = U \frac{d_2}{d_1} \exp\left(\frac{-t}{RC}\right), \quad (2)$$

где S – площадь пластин емкости, m^2 ; E – диэлектрическая проницаемость материала между пластинами; E_0 – диэлектрическая постоянная.

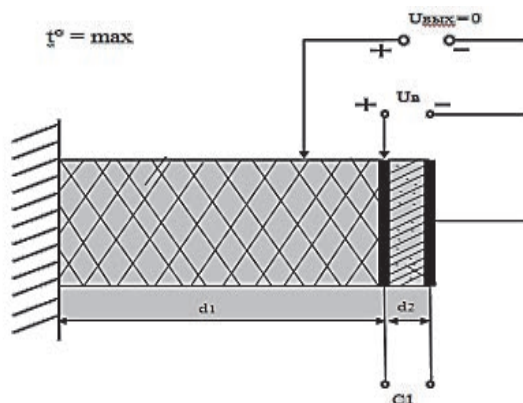


Рисунок 1 – Схема преобразователя низкопотенциальной энергии

Ток I_C будет зависеть от значения накопленного емкостью заряда, т.е:

$$I_C = \frac{dQ}{dt} = \frac{dU_C C}{dt}, \quad (3)$$

где Q – заряд, накопленный емкостью при ее зарядке источником возбуждения, C_1 – емкость устройства при заряде, U_1 – напряжение источника возбуждения.

Напряжение на выходе емкости после срабатывания одного цикла устройства U_2 будет равно напряжению возбуждения U_1 умноженному на величину изменения емкости устройства.

В программе Matlab Simulink было проведено исследование изменения напряжения с изменением времени t (рисунок 2).

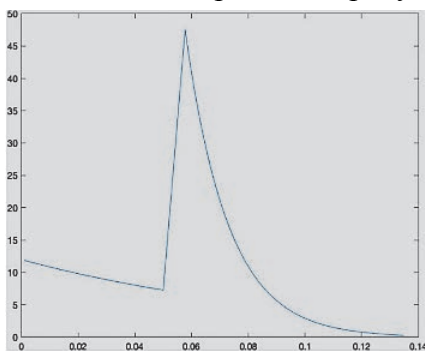


Рисунок 2 – Изменение напряжения во времени

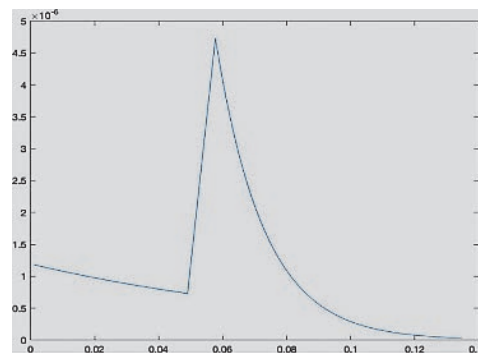


Рисунок 3– Изменение напряжения во времени при изменении расстояния между пластинами

Для увеличения напряжения в момент времени $t = 0,05$ сек произошло увеличение расстояния между пластинами (рисунок 3).

Работа такого преобразователя в условиях перепада температур предполагает расширение закрепленного бруска с прикрепленной к нему подвижной пластиной с последующим придавливаем подвижной пластины к диэлектрику. В такой ситуации наблюдается максимальное значение емкости конденсатора при максимальной диэлектрической проницаемости сегнетоэлектрика. В ночное время, когда температура понижается, брусок уменьшается в размерах, способствуя увеличению воздушного зазора между диэлектриком и подвижной пластиной. В таком случае происходит уменьшение величины емкости конденсатора с увеличением до максимального значения напряжения и снижения нагрузки.

Заключение

Использование подобной идеи преобразования низкопотенциальной энергии в высокопотенциальную может быть использовано в космических исследованиях. Известно, в отсутствие атмосферы, перепады дневных и ночных температур могут достигать более 50° за незначительное время. Так, в условиях Марса средние перепады температур достигают 77° .

Таким образом, с теоретической точки зрения с учетом вышеизложенного можно говорить о перспективности преобразователей для изучения космических пространств.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Dragunov, V. P. Electrostatic vibrational energy converter with two variable capacitors / V. P. Dragunov, D. I. Ostertak, K. G. Pelmenev [et al.] // Sensors and Actuators A: Physical. – 2021. – Vol. 318. – P. 112501. – DOI 10.1016/j.sna.2020.112501. – EDN KNZNOF.
2. Schubert, B. W. The true potential of nonlinear stiffness for point absorbing wave energy converters / B. W. Schubert, N. Y. Sergiienko, B. S. Cazzolato, W. S. Robertson, M. H. Ghayesh // Ocean Engineering. – 2022. – Vol. 245. – P. 110342. – DOI 10.1016/j.oceaneng.2021.110342
3. Челухин, В. А. Электротепловой преобразователь низкопотенциальной энергии перепада температур / В. А. Челухин, Е. В. Абрамсон // Вестник Тихоокеанского государственного университета. – 2014. – № 4(35). – С. 93-98. – EDN TEQRGR.
4. Челухин, В. А. Оценка эффективности использования перепада температур день-ночь для целей энергетики / В. А. Челухин, Е. В. Абрамсон, М. С. Кружаев // Промышленная энергетика. – 2018. – № 6. – С. 45-49. – EDN XUSBKP.

5. Chelukhin, V. Experimental study of energy conversion of daily temperature difference / V. Chelukhin, A. Vasiliev, Z. A. Piei // Journal of Physics: Conference Series, Vladivostok, 07–08 октября 2021 года. – Vladivostok, 2021. – P. 012133. – DOI 10.1088/1742-6596/2096/1/012133. – EDN GVOYDU.

УДК 621.311

Герасимович Анна Леонидовна, студент, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Gerasimovich Anna Leonidovna, student, Komsomolsk-na-Amure State University

Шаломов Вячеслав Иванович, канд. технических наук, доцент, доцент кафедры «Тепловые энергетические установки», Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Shalomov Vyacheslav Ivanovich, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Komsomolsk-na-Amure State University

АЛЬТЕРНАТИВНЫЕ МЕТОДЫ ОБЕССОЛИВАНИЯ ВОДЫ НА ТЕПЛОВЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СТАНЦИЯХ

ALTERNATIVE METHODS OF DESALINATION OF WATER AT THERMAL POWER PLANTS

Аннотация. В статье рассматриваются основные особенности действующих методов обессоливания воды (физического, электрохимического, химического и термического), применяемых в различных отраслях промышленности, приводятся отдельные показатели их эффективности и примеры реализации на тепловых электрических станциях.

Abstract. The article discusses the main features of the existing methods of desalination of water (physical, electrochemical, chemical and thermal) used in various industries, provides individual indicators of their effectiveness and examples of implementation at thermal power plants.

Ключевые слова: обессоливание воды, обратный осмос, электродиализ, ионный обмен, дистилляция, испарительная установка.

Key words: desalination of water, reverse osmosis, electro dialysis, ion exchange, distillation, evaporation plant.

Введение

Под обессоливанием воды понимают удаление из неё катионов и анионов растворённых в ней веществ. В настоящее время на отечественных ТЭС и АЭС широко используется метод ионного обмена для обессоливания воды. Однако у него есть существенный недостаток. Способ требует затраты больших количеств реагентов, значительная часть которых уходит со сточными водами в реки и другие водоёмы. Это входит в противоречие с требованием охраны природы и устранения загрязнения природных вод. Поэтому в настоящее время внимание учёных, инженеров и производителей привлекают и другие способы обессоливания воды. Они интенсивно разрабатываются и совершенствуются, и уже достигнуты существенные успехи в этой области [1].

Цель настоящей работы заключается в изучении и обобщении особенностей существующих методов обессоливания воды и выборе альтернативного способа для применения в условиях теплоэлектростанций (ТЭС).

Основная часть

В настоящее время в различных отраслях промышленности находят применение четыре основных метода обессоливания воды: физический, электрохимический, химический и термический методы.

Физический метод (метод обратного осмоса). Этот метод предусматривает фильтрацию воды через специальные мембраны при одновременном задержании ионов растворимых солей. Принцип работы установки рассмотрим с помощью простейшей схемы (рисунок 1).

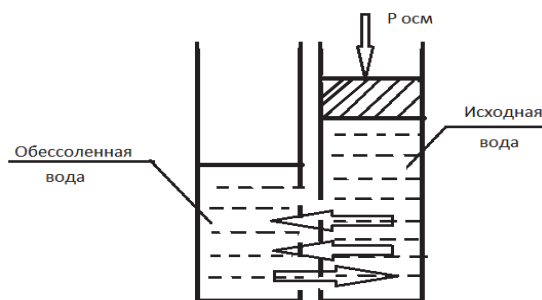
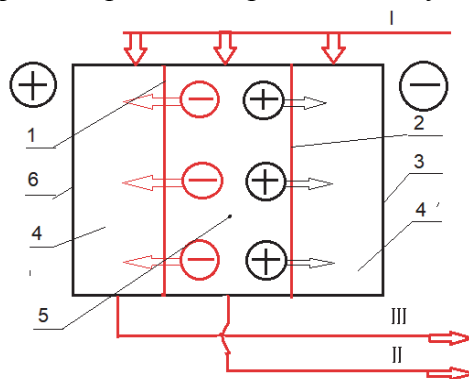


Рисунок 1 – Схема к пояснению метода обратного осмоса

При равенстве уровней в пресной и исходной воде по обе стороны мембраны происходит прямой осмос, когда вода из зоны с меньшим солесодержанием переходит в зону с большим солесодержанием. Для остановки явления осмоса необходимо к более концентрированному раствору приложить определённое давление (на рисунке 1 – $p_{осм}$). Тогда возникает обратный осмос (опреснение). Происходит обратная фильтрация воды из зоны с исходной водой через мембрану в камеру с опреснённой водой. Величина осмотического давления зависит только от разности концентраций солей по обе стороны мембраны. Этот процесс иногда называют гиперфильтрацией. Приведём пример. Установки обратного осмоса для опреснения каспийской воды используются на четырёх морских платформах Азербайджана по добыче нефти и газа. Общее солесодержание исходной воды – около 13 г/л. Физико-химический (солевой) состав опреснённой воды свидетельствует, что общее солесодержание составляет примерно 85 мг/л (при норме для питьевой воды до 1000 мг/л), общая жёсткость – 30 мг/л [2].

Мембранные обратноосмотические технологии обессоливания воды во многих случаях более предпочтительны, особенно при учёте современных требований к охране окружающей среды на тепловых электрических станциях.

Электрохимический метод. В основу этого метода положен электродиализ. Рассмотрим принцип работы трёхкамерной электродиализной установки (схема на рисунке 2).



1- анионитная мембрана; 2 - катионитная мембрана; 3 - катод; 4 - камера концентрации; 5 - камера обессоливания; 6 – анод; I - исходная вода; II-дистиллят; III - рассол

Рисунок 2 – Схема электродиализной установки

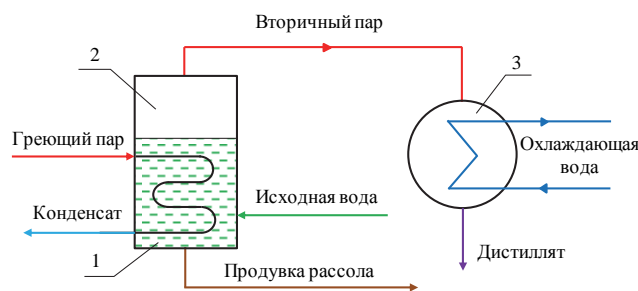
Принцип работы электродиализной установки заключается в следующем. При включении электрического тока положительно заряженные частицы катионы растворённых в воде солей начинают двигаться к отрицательному катоду, а отрицательно заряженные частицы анионы к положительному аноду. Камера опреснения отделена от катода и анода полупроницаемыми мембранами. В камерах концентрации собирается рассол. В многокамерных аппаратах на один анод и катод приходится по 100-200 ка-

мер. В них бесполезный расход энергии сокращается до 1-2 %. Экономичность опреснения воды электродиализом в значительной степени зависит от солесодержания исходной воды. Преимущества электродиализа: 1) процесс имеет непрерывный характер; 2) не требуется подвода или отвода тепла, что существенно сокращает удельный расход энергии на обессоливание; 3) не нужны дополнительные реагенты для обработки воды; 4) в большинстве случаев стоки мембранных аппаратов не загрязняют окружающую среду. Основным недостатком мембранных методов обессоливания является необходимость осуществлять глубокую очистку воды от грубодисперсных и коллоидных примесей, которые временно могут выводить рабочую поверхность мембраны из строя из-за засорения пор [3].

Химический метод (метод ионного обмена). Химический метод основан на способности некоторых веществ (ионитов), практически не растворимых в воде, изменять её ионный состав - обессоливать. При пропускании воды через слой зернистого ионита она обменивает часть ионов растворённых в ней электролитов на эквивалентное количество ионов ионитов, в результате чего изменяется ионный состав воды и самих ионитов.

Ионный обмен является основным методом подготовки воды на ТЭС и АЭС. Химический метод является затратным по реагентам и экологически вредным по технологии водоподготовки.

Термический метод. К термическим методам опреснения относят дистилляцию. Дистилляция, или выпаривание - процесс подогрева исходной воды до кипения, сопровождающегося образованием чистого водяного пара. Схема простейшей дистилляционной установки изображена на рисунке 3.



1- греющая батарея; 2- испаритель; 3 - конденсатор

Рисунок 3 – Схема дистилляционной установки

Греющий пар из отбора турбины передаёт тепло через поверхность батареи исходной (питательной) воде. Конденсат греющего пара отводится из испарителя. Такие испарители называются поверхностными. Пар, образовавшийся в корпусе испарителя в результате кипения исходной воды, называется вторичным. В конденсаторе вторичный пар конденсируется. Выходящий из конденсатора испарителя конденсат называется дистиллятом. По мере выпаривания исходной воды в испарителе концентрация солей возрастает. Такую воду называют рассолом (концентратом). Для уменьшения общего солесодержания и предотвращения образования накипи производят непрерывное продувание рассола. Накипеобразование в трубах греющей батареи является основным эксплуатационным недостатком поверхностных испарителей. Поверхностные испарители типа «И» широко применяются на ТЭС с конденсационными турбинами К-160-130, К-200-130, К-300-240 и теплофикационными – Т-100-130, Т-175/210-130, Т-250/30-240 [4]. Получили распространение на ТЭС для подготовки добавочной воды испарители мгновенного вскипания (ИМВ). Принцип действия этих испарителей заключается в том, что образование вторичного пара происходит в результате испарения воды с поверхности струй в условиях вакуума. В 1999 г. на Уфимской ТЭЦ-2 введён в эксплуатацию ИМВ-50 производительностью 50 т/ч. По данным этой ТЭЦ, себестоимость дистиллята составляет 6,9 руб./т, а себестоимость химически обессоленной воды – 10,5 руб./т при солесодержании исходной воды 150 – 200 мг/л.

Заключение

В настоящей работе кратко рассмотрены характерные особенности распространённых в промышленности методов обессоливания воды: физического, электрохимического, химического и термического. Их использование применительно к ТЭС зависит от множества факторов. В настоящее время и на перспективу особенно выделяется фактор охраны окружающей среды. С этой точки зрения метод ионного обмена уступает обратному осмосу и дистилляции. Применение испарительных установок на ТЭС для восполнения потерь пара и конденсата в котлотурбинном цикле, а также внешних потерь у потребителя технологического пара, вполне оправдано как с экономической, так и с экологической точки зрения.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Сурин, С.М. Подготовка и контроль качества воды для судовых энергетических установок / С.М. Сурин. – М., «Транспорт», 1978, 152 с.
2. Алиев, А.Ф. Обратноосмотическое опреснение каспийской воды / А.Ф. Алиев, А.А. Джаррахов. // Промышленная энергетика.- 2008.- № 11.- С. 60 - 64.
3. Артёменко, З.И. Водоподготовка: учеб. пособие / З.И. Артёменко, В.И. Шаломов. – Комсомольск-на-Амуре: ФГБОУ ВО «КнАГТУ», 2016. – 51 с.
4. Мошкарин, А.В. Испарительные установки тепловых электрических станций / А.В. Мошкарин, Р.Ш. Бускунов. – М.: Энергоатомиздат, 1994. – 272 с.

УДК 621.313

Голоколос Дмитрий Анатольевич, кандидат технических наук, инженер-разработчик программного обеспечения, г. Санкт-Петербург

Golokolos Dmitry Anatolevich, Candidate of Technical Sciences, Software Engineer, Sankt-Petersburg

Ким Константин Константинович, доктор технических наук, профессор, г. Санкт-Петербург

Kim Konstantin Konstantinovich, Doctor of Technical Sciences, Professor, Sankt-Petersburg

Иванов Сергей Николаевич, доктор технических наук, доцент, профессор кафедры «Электромеханика», Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Ivanov Sergey Nikolaevich, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Professor of Electromechanics Department, Komsomolsk-na-Amur State University

МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ СИСТЕМОЙ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ ВЕКТОРОВ

MODELING OF AN ELECTROMECHANICAL CONVERTER BY A SYSTEM OF SPATIAL VECTORS

Аннотация. Рассмотрен вопрос использования пространственных векторов для описания переменных электромеханического преобразователя переменного тока. Особенностью модели является учет дополнительной обмотки, установленной между подвижной частью и статором двигателя. Обоснованы допущения и определены проектные параметры, позволяющие учесть характеристики апериодического звена при синтезе системы управления преобразователем. Показано, что применение представления напряжений, токов и потокосцеплений в виде пространственных векторов в модели обобщенного преобразователя электромагнитной энергии, обеспечивает возможность повышения эффективности системы управления.

Abstract. The question of using spatial vectors to describe the variables of an electromechanical alternating current converter is considered. A feature of the model is the consideration of an additional winding installed between the movable part and the stator of the motor. Assumptions are substantiated and design parameters are determined that allow taking into account the characteristics of the aperiodic link in the synthesis of the converter control system. It is shown that the application of the representation of voltages, currents and flow couplings in the form of spatial vectors in the model of a

Ключевые слова: электромеханический преобразователь, моделирование, пространственный вектор/

Key words: electromechanical converter, modeling, spatial vector/

Введение

Вопросы повышения эффективности современных электромеханических преобразователей не ограничиваются рассмотрением вопросов, связанных с их выбором [1]. Для решения практических задач систему управления, связанных с их интеграцией в технологический процесс необходимо иметь достаточно точное математическое описание двигателя с учетом протекающих в нем динамических процессов. Типичные упрощения, принимаемые для обобщенного преобразователя, известны [2]: преобразователь трехфазный симметричный; полное отсутствие нулевых токов (сумма мгновенных величин токов фаз равна нулю); намагничивающая сила тока обмотки равномерна относительно воздушного зазора, имеет неизменную по толщине дополнительной обмотки нормальную составляющую; в магнитных потерях явление составляющая гистерезисных незначительна; индукция магнитного поля вне пазовой части обмотки отсутствует (нет краевого эффекта); дополнительная обмотка выполнена немагнитной, магнитная проницаемость равна μ_0 .

Основная часть

Для адекватного векторного отображения асинхронного преобразователя с дополнительной неподвижной обмоткой, необходимо учитывать все три фазы двигателя. Поскольку обмотки предварительно приведены к обмотке статора, в дальнейшем обычно применяемые в приведенных переменных штрихи в уравнениях с ними можно убрать. Выражения мгновенных значений переменных фаз B и C сдвинуты в электрическом пространстве относительно обмотки фазы A на угол $2\pi/3$ и $4\pi/3$ соответственно.

Для определения соотношений потокосцеплений и токов двигатель принимается идеальным, режим его работы симметричный. Это определяет равенство токов нулевой последовательности нулю, поэтому при исследовании достаточно рассмотреть одну фазу A :

$$\begin{cases} \Psi_{1A} = L_{AA}i_{1A} + L_{AB}i_{1B} + L_{AC}i_{1C} + L_{Aa}(\gamma)i_{2a} + L_{Ab}(\gamma)i_{2b} + \\ \quad + L_{Ac}(\gamma)i_{2c} + L_{AxA}i_{xB} + L_{AxB}i_{xB} + L_{AxC}i_{2xC}, \\ \Psi_{2a} = L_{aA}(\gamma)i_{1A} + L_{aB}(\gamma)i_{1B} + L_{aC}(\gamma)i_{1C} + L_{aa}i_{2a} + L_{ab}i_{2b} + \\ \quad + L_{ac}i_{2c} + L_{axA}(\gamma)i_{xB} + L_{axB}(\gamma)i_{xB} + L_{axC}(\gamma)i_{xC}, \\ \Psi_{xA} = L_{xAA}i_{1A} + L_{xAB}i_{1B} + L_{xAC}i_{1C} + L_{xAa}(\gamma)i_{2a} + L_{xAb}(\gamma)i_{2b} + \\ \quad + L_{xAc}(\gamma)i_{2c} + L_{xAxA}i_{xB} + L_{xAxB}i_{2B} + L_{xAxC}i_{2xC}, \end{cases} \quad (1)$$

где L_{AA}, L_{aa}, L_{xAxA} – собственные индуктивности обмоток статора, ротора и экрана двигателя соответственно, определяемые главным потокосцеплением и потокосцеплениями в фазах A и a ; L_{AB}, L_{AC} – коэффициенты взаимной индукции между обмоткой фазы A статора и двумя другими его обмотками, сдвинутыми относительно нее на 120 и 240 эл. град; L_{ab}, L_{ac} – коэффициенты взаимной индукции между обмоткой фазы a ротора и двумя другими его обмотками; L_{xAxB}, L_{xAxC} – коэффициенты взаимной индукции между эквивалентной обмоткой фазы A , дополнительной обмотки и двумя другими его обмотками; L_{AxA}, L_{xAxA} – коэффициенты взаимной индукции между эквивалентной дополнительной обмоткой и обмоткой статора в фазе A ; $L_{AxB}, L_{xAxC}, L_{xAA}, L_{xAC}$ – коэффициенты взаимной индукции между обмоткой фазы статора A и эквивалентными дополнительными

обмотками, расположенными в фазах B и C , между обмотками экрана и статора фаз B и C ; $L_{Aa}(\gamma)$, $L_{Ab}(\gamma)$, $L_{Ac}(\gamma)$, $L_{aA}(\gamma)$, $L_{aB}(\gamma)$, $L_{aC}(\gamma)$, $L_{axA}(\gamma)$, $L_{axB}(\gamma)$, $L_{axC}(\gamma)$, $L_{xAb}(\gamma)$, $L_{xAc}(\gamma)$ – коэффициенты взаимной индукции между обмотками статора и экрана фазы A и обмотками ротора, и между обмоткой a фазы ротора и обмотками статора и экрана, зависящие от положения ротора (угла γ) относительно статора в каждый момент времени.

Если проанализировать уравнения (1) видно, каким образом токи обмоток оказывают влияние на потокосцепления.

Учитывая магнитную симметрию системы:

$$\begin{aligned} L_{AB} = L_{AC} = L_{ab} = L_{ac} = L_{xAxB} = L_{xAcC} = L_{AxB} = L_{AxC} = L_{xAB} = \\ L_{aAC} = L_{m\phi} \cos\left(\frac{2\pi}{3}\right) = L_{m\phi} \cos\left(\frac{4\pi}{3}\right) = \frac{1}{2} L_{m\phi}. \end{aligned} \quad (2)$$

Взаимоиндуктивности статора и эквивалентной дополнительной обмотки имеют вид:

$$L_{AxA} = L_{xAA} = L_{m\phi} \cos(0) = L_{m\phi}.$$

С учетом уравнений (2) система уравнений (1) примет вид (3):

$$\left\{ \begin{aligned} \Psi_{1A} &= (L_{m\phi} + L_{1\sigma})i_{1A} - \frac{1}{2}L_{m\phi}i_{1B} - \frac{1}{2}L_{m\phi}i_{1C} + L_{m\phi}\cos(\gamma)i_{2a} + \\ &+ L_{m\phi}\cos\left(\gamma + \frac{2\pi}{3}\right)i_{2b} + L_{m\phi}\cos\left(\gamma + \frac{2\pi}{3}\right)i_{2c} + \\ &+ L_{m\phi}i_{xB} + \frac{1}{2}L_{m\phi}i_{xB} + \frac{1}{2}L_{m\phi}i_{2xC}, \\ \Psi_{2a} &= L_{m\phi}\cos(\gamma)i_{2A} + L_{m\phi}\cos\left(\gamma - \frac{2\pi}{3}\right)i_{1B} + \\ &+ L_{m\phi}\cos\left(\gamma + \frac{2\pi}{3}\right)i_{1C} + (L_{m\phi} + L_{m\phi})i_{2a} - \frac{1}{2}L_{m\phi}i_{2b} - \frac{1}{2}L_{m\phi}i_{2c} \\ &+ L_{m\phi}\cos(\gamma)i_{2A} + L_{m\phi}\cos\left(\gamma - \frac{2\pi}{3}\right)i_{xB} + L_{m\phi}\cos\left(\gamma + \frac{2\pi}{3}\right)i_{xC} \\ \Psi_{xA} &= L_{m\phi}i_{1A} - \frac{1}{2}L_{m\phi}i_{1B} - \frac{1}{2}L_{m\phi}i_{1C} + L_{m\phi}\cos(\gamma)i_{2a} + \\ &+ L_{m\phi}\cos\left(\gamma + \frac{2\pi}{3}\right)i_{2b} + L_{m\phi}\cos\left(\gamma - \frac{2\pi}{3}\right)i_{2c} + \\ &+ (L_{m\phi} + L_{x\sigma})i_{xA} - \frac{1}{2}L_{m\phi}i_{xB} - \frac{1}{2}L_{m\phi}i_{2xC}. \end{aligned} \right. \quad (3)$$

Таким образом, представление всех неизвестных величин: токов, напряжений, потокосцеплений пространственными векторами, может быть использовано для электромеханического преобразователя с дополнительной неподвижной обмоткой. Если принять поверхность, в пределах которой происходит вращение пространственного вектора некоторой величины F , как поверхность мнимого переменного, и совместить ось вещественных с осью обмотки A , выражение пространственного вектора \vec{F} можно записать:

$$\vec{F} = \frac{2}{3}(F_A + F_B e^{j2\pi/3} + F_C e^{j4\pi/3}),$$

где F_A, F_B, F_C – мгновенные значения переменной в соответствующей фазе.

Пространственный вектор любой рассматриваемой переменной принимает вид:

$$\vec{F} = \langle a \rangle^T \begin{bmatrix} F_{1A} \\ F_{1B} \\ F_{1C} \end{bmatrix},$$

где $\langle a \rangle^T = 2/3 [1 \quad a \quad a^2]$ – матрица-строка $a = e^{j2\pi/3}$.

Заключение

При исследовании сложных электромеханических преобразователей представление основных проектных параметров: токов, напряжений, потокосцеплений пространственными векторами, позволяет получить наиболее полную модель, учитывающую взаимное влияние отдельных элементов на систему. Это в свою очередь позволяет синтезировать систему управления электромеханическим преобразователем, имеющим источники искажения симметрии и синусоидальности электромагнитных параметров [4].

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Голоколос, Д.А. Энергетические соотношения в герметичных электротехнических комплексах специального назначения / Д.А. Голоколос, С.Н. Иванов, Г.М. Гринфельд // Учёные записки Комсомольского-на-Амуре государственного технического университета. - 2014. - III-1(19). - С. 4 – 10.- EDN: SXLVDD
2. Голоколос, Д.А. Исследование характеристик экранированного асинхронного двигателя / Д.А. Голоколос, Г.М. Гринфельд, К.К. Ким // Электроника и электрооборудование транспорта. - 2017. - № 4. - С. 33- 36. - EDN: ZCTDOL
3. Ким, К.К. Повышение безопасности транспортного энергетического оборудования средствами управления / К.К. Ким, С.Н. Иванов // ПРОРЫВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ТРАНСПОРТА ELTRANS-2017. Материалы IX Международного симпозиума (18-20 октября 2017 года). - Санкт-Петербург: Петербургский гос. ун-т путей сообщения Императора Александра I, 2017.- С. 40-41.- EDN: YTPZJV
4. Соловьев, В.А. К вопросу разработки математической модели объекта взаимосвязанной системы объектного формирования / В.А. Соловьев, Н.Е. Дерюжкова, Чжо Аунг Хтет // Ученые записки КнАГТУ. - 2017. - № 54. - С. 54 – 57. - EDN: ZENJUT
5. Капур, К. Надежность и проектирование систем: переводное издание / К. Капур, Л. Ламберсон; пер. с англ. – М.: Мир, 1980. – 603 с.

УДК 621.311

Демьянович Артем Андреевич, студент, Дальневосточный государственный университет путей сообщения

Demyanovich Artem Andreevich, student, Far Eastern State Transport University

Скорик Виталий Геннадьевич, кандидат технических наук, доцент, зав. кафедрой «Электротехника, электроника и электромеханика», Дальневосточный государственный университет путей сообщений

Skorik Vitaly Gennadievich, Candidate of Engineering Sciences, Head of Department "Electrical engineering, electronics and electromechanics", Far Eastern State Transport University

ПРОБЛЕМА ПРИМЕНЕНИЯ ШУНТИРУЮЩИХ РЕАКТОРОВ В СЕТЯХ СВЕРХВЫСОКОГО НАПРЯЖЕНИЯ И ПУТИ ЕЕ РЕШЕНИЯ

THE PROBLEM OF APPLICATION OF SHUNTER REACTORS IN EXTRA-HIGH VOLTAGE NETWORKS AND WAYS OF ITS SOLUTION

Аннотация. В статье рассмотрена работа управляемого шунтирующего реактора - устройства для регулирования тока и напряжения в электрических сетях. Рассмотрены его принцип работы, характеристики, применение. Обозначена проблема высших гармоник в цепях сверхвысокого напряжения и предлагаются способы решения данной проблемы.

Abstract. The article tells about a controlled shunt reactor - a device for regulating current and voltage in electrical networks, its principle of operation, characteristics, and application. And also poses the problem of higher harmonics in ultrahigh voltage circuits and suggests a way to solve this problem.

Ключевые слова: шунтирующий реактор, высшие гармоники, линии сверхвысокого напряжения, зарядная мощность, фильтры, схемы управления.

Key words: shunt reactor, higher harmonics, voltage lines, charging power, filters, control circuits.

Введение

Управляемый шунтирующий реактор (УШР) – это реактор, индуктивность которого может плавно регулироваться с помощью системы автоматического управления. Такие реакторы используются для компенсации зарядной мощности линии сверхвысокого напряжения. Он устанавливается параллельно с линией и создает дополнительную индуктивность, что позволяет уменьшить емкостное сопротивление линии и улучшить ее электрические характеристики [1].

Основная часть

В линиях сверхвысокого напряжения зарядная мощность может приводить к резонансным явлениям, которые могут вызывать перенапряжения и повреждения оборудования. Шунтирующий реактор позволяет снизить вероятность таких явлений и повысить надежность работы линии. Они могут быть установлены как на открытом воздухе, так и в закрытых помещениях, могут быть однофазными или трехфазными, в зависимости от типа линии.

Принцип его работы заключается в следующем: когда ток в линии начинает увеличиваться, управляющий элемент, например тиристор, открывается, и часть тока начинает протекать через управляемый шунтирующий реактор, катушка индуктивности создает магнитное поле, которое сопротивляется изменению тока, и тем самым ограничивает его рост. Когда ток в линии начинает уменьшаться, управляющий элемент закрывается, и весь ток начинает протекать через линию. Таким образом, управляемый шунтирующий реактор позволяет регулировать ток в линии и стабилизировать напряжение на ее концах. На рисунке 1 представлена принципиальная схема трехфазного УШР [2].

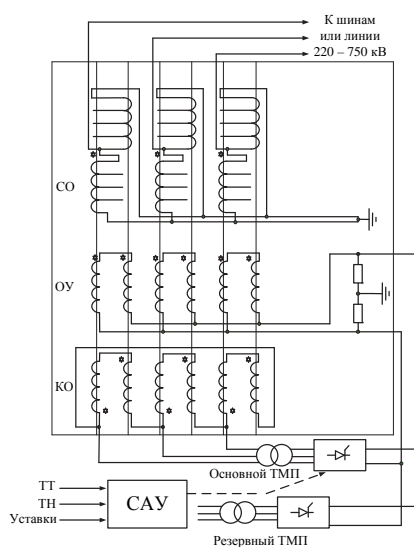


Рисунок 1 – Принципиальная схема трехфазного УШР

Шунтирующие реакторы широко применяются в энергетической отрасли России для компенсации зарядной мощности линий сверхвысокого напряжения. Они используются как на магистральных линиях, так и на распределительных сетях.

Современные электрические системы работают с высокими напряжениями и токами, что может приводить к появлению высших гармоник. Гармоники являются токами и напряжениями, которые возникают в результате нелинейности некоторых компонентов электрических цепей [3].

Высшие гармоники могут приводить к повреждениям компонентов системы, снижению эффективности электрических машин и оборудования, а также к снижению качества электроэнергии, поступающей потребителю. В частности, высшие гармоники могут вызывать нежелательные перегрузки и перегревы оборудования, что может привести к его выходу из строя.

Шунтирующий реактор в линиях сверхвысокого напряжения может стать источником высших гармоник. Высшие гармоники могут возникнуть из-за нелинейности управляющего элемента, например, тиристора, или из-за несоответствия параметров реактора и линии передачи [4].

Важно учитывать, что параметры реактора должны соответствовать параметрам линии передачи, чтобы избежать возникновения резонансов и высших гармоник.

Первым способом для уменьшения высших гармоник в реакторе является правильная настройка реактора. Это может включать в себя изменение его параметров, таких как расстояние между проводами, соотношение фаз и т.д.

Вторым вариантом решения проблемы является использование фильтров. Фильтры помогают удалить или снизить высшие частоты и другие гармоники, облегчая работу реактора. Фильтры могут быть пассивными или активными, в зависимости от требуемых характеристик и условий эксплуатации. Пассивные фильтры могут быть реализованы с помощью индуктивных и емкостных элементов. Активные фильтры используют электронные компоненты, такие как операционные усилители и транзисторы, для подавления высших гармоник. Они обладают более высокой эффективностью, чем пассивные фильтры, но требуют более сложной настройки и обслуживания [5].

Также уменьшить состав высших гармоник можно с использованием схем управления, которые учитывают влияние высших гармоник. Одной из таких схем является алгоритм управления «гармоническими триггерами», который используется для идентификации и устранения потенциальных проблем с высшими гармониками. Этот алгоритм устанавливает пороговые значения для высших гармоник и реагирует на их изменения. Если гармоники превышают эти пороговые значения, то система автоматически изменяет параметры регулирования реактора.

Заключение

Шунтирующий реактор используется для компенсации зарядной мощности линии сверхвысокого напряжения и может стать источником высших гармоник. Для борьбы с высшими гармониками можно использовать различные схемы управления, включая активные и пассивные фильтры, а также алгоритмы управления, которые учитывают влияние высших гармоник.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Долгополов, А. Г. Опыт эксплуатации управляемых подмагничиванием шунтирующих реакторов производства ОАО «Запорожтрансформатор» в Литве и Казахстане / А. Г. Долгополов, Д. В. Кондратенко // «Энерго-Info». – 2009. – № 10.
2. Воздушные линии с УШР. Однофазное автоматическое повторное включение / А. Г. Долгополов, Г. А. Евдокунин, Д. В. Кондратенко [и др.] // Новости электротехники – 2011. – № 4 (70).
3. Постолатий, В. М. Эффективность применения управляемых самокомпенсирующихся высоковольтных линий электропередачи и фазорегулирующих устройств трансформаторного типа / В. М. Постолатий, Е. В. Быкова // Электричество. – 2010. – №2.
4. Полудницын, П. Ю. Оценка влияния управляемого шунтирующего реактора на статическую устойчивость электроэнергетических систем / П. Ю. Полудницын // Вестник МЭИ. – 2007. – №3.
5. Полудницын, П. Ю. Влияние управляемого шунтирующего реактора на статическую устойчивость сложной электроэнергетической системы. / П. Ю. Полудницын, В. А. Строев // Радиоэлектроника, электротехника и энергетика: Тез. докл. XII Междунар. научн.-техн. конф. М: Издательство МЭИ, 2007.
6. Астахов, Ю. Н. Управляемые линии электропередач / Ю. Н. Астахов, В. М. Постолатий, И. Т. Комендант, Г. В. Чалый // под ред. Веникова В. А. Кишинев: Штиинца, 1984.

УДК 621.671.2

Демин Сергей Денисович, студент, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Demin Sergey Denisovich, student, Komsomolsk-na-Amure State University

Попов Алексей Юрьевич, кандидат технических наук, доцент, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Popov Alexey Yurievich, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, Komsomolsk-na-Amure State University

ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ ЦЕНТРОБЕЖНОГО КОНСОЛЬНОГО НАСОСА

FUNCTIONAL MODEL OF CENTRIFUGAL CANTILEVER PUMP

Аннотация. Проектирование современных систем отопления неизбежно связано с необходимостью учета характеристик, входящего в них оборудования, в частности, центробежных насосов. Данная работа посвящена вопросам создания функциональной модели центробежного консольного насоса на основе его паспортных характеристик в программе HYSYS.

Abstract. The design of modern heating systems is inevitably associated with the need to take into account the characteristics of the equipment included in them, in particular, centrifugal pumps. This work is devoted to the creation of a functional model of a centrifugal cantilever pump based on its passport characteristics in the HYSYS program.

Ключевые слова: центробежный насос, характеристика насоса.

Key words: centrifugal pump, pump characteristics.

Введение

При разработке современных систем отопления следует учитывать характеристики оборудования, составляющих эти системы. В число основных элементов такого оборудования входят центробежные насосы. Особенностью эксплуатации центробежных насосов является то, что их характеристики зависят от режима работы отопительных систем.

При проектировании, с учетом влияния характеристик оборудования и режимов работы, применяют различные методы моделирования [1]. В данной работе рассмотрены вопросы построения функциональной модели консольного центробежного насоса.

Основная часть

В качестве объекта моделирования был выбран консольный центробежный насос 2К80-65-160. Насосы центробежные консольные типа 2К и агрегаты электронасосные на их основе, предназначены для перекачивания в стационарных условиях воды, а также других жидкостей сходных с водой по плотности и химической активности, с температурой до плюс 120°C.

Моделирование тепловой схемы выполнено в программе ХАЙСИС (Aspen HYSYS) [2, 3]. Для расчета свойств в потоках схемы был выбран термодинамический пакет Пенг-Робинсон (Peng–Robinson) [4].

Схема функциональной модели консольного центробежного насоса 2К80-65-160 представлена на рисунке 1.

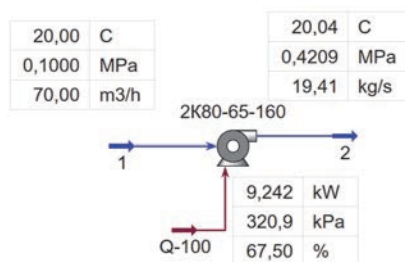


Рисунок 1 – Схема функциональной модели насоса 2К80-65-160

Особенностью модели является расчет характеристик в соответствии с паспортными данными насоса 2K80-65-160 [5] путем настройки «Характеристических кривых» (рисунок 2).

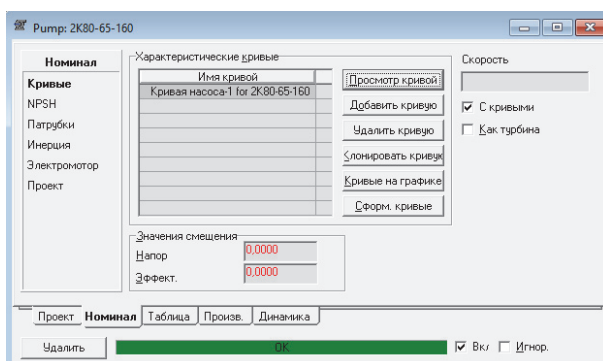


Рисунок 2 – Настройка модели характеристик

Проведены экспериментальные расчеты в HYSYS – «DataBook» (рисунок 3) и получены характеристики насоса 2K80-65-160 (рисунок 4).

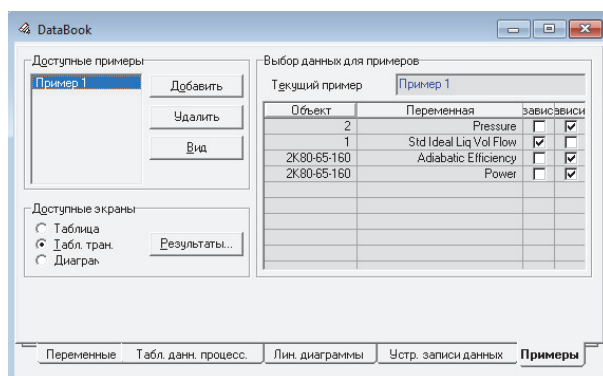


Рисунок 3 – Настройка экспериментальных расчетов

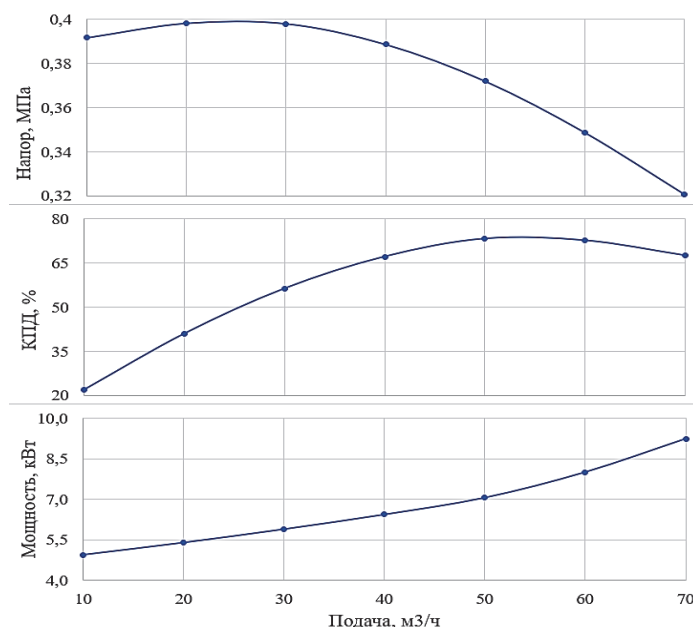


Рисунок 4 – Рассчитанные характеристики насоса 2K80-65-160

Заключение

Созданная функциональная модель насоса 2K80-65-160 может быть использована совместно с объектами источника и потребителя перекачиваемой среды, например, при моделировании систем теплоснабжения.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Тарасик, В.П. Математическое моделирование технических систем: учебник для вузов / В.П. Тарасик. – Минск: ДизайнПРО, 2004. – 640 с.
2. Aspen HYSYS. Unit Operations Guide. – Burlington: Aspen Technology, 2010. – 1722 с.
3. Симуляторы тепловых схем энергетического оборудования: метод. указания по выполнению лабораторных работ / сост. А. Ю. Попов. – Комсомольск-на-Амуре : ФГБОУ ВО «КНАГТУ», 2016. – 19 с.
4. Peng, D.Y. A New Two-Constant Equation of State / D.Y. Peng, D.B. Robinson // Industrial and Engineering Chemistry: Fundamentals. – 1976. Т.15. – С. 59–64.
5. Насосы центробежные консольные типа 2К: Руководство по эксплуатации. – Ливны: АО «ГМС Ливгидромаш», 2022. – 40 с.

УДК 620.92

Елхов Максим Александрович, студент, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Elkhov Maxim Alexandrovich, student, Komsomolsk-na-Amure State University

Хвостиков Александр Станиславович, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры «Тепловые энергетические установки», Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Khvostikov Flexandr Stanislavovich, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor of the department "Thermal power plants", Komsomolsk-na-Amure State University

ОБЗОР МЕТОДОВ УТИЛИЗАЦИИ НИЗКОПОТЕНЦИАЛЬНЫХ ИСТОЧНИКОВ

OVERVIEW OF METHODS OF UTILIZATION OF LOW-POTENTIAL SOURCES

Аннотация. В статье рассмотрены различные методы утилизации низкопотенциальной теплоты: органический цикл Ренкина (ОЦР), цикл Калины (ЦК), термоэлектрические генераторы, двигатель Стирлинга и тепловой насос. Утилизация низкопотенциального тепла на электрических станциях имеет значительные перспективы. Наибольший эффект может найти применение органического цикла Ренкина и цикла Калины для выработки электрической энергии. Для производства тепловой энергии наибольшую эффективность может найти применение тепловых насосов.

Abstract. The article discusses various methods of utilization of low-potential heat: organic Rankine cycle, Kalina cycle, thermoelectric converters, Stirling engine and heat pump. Utilization of low-potential heat at power plants has significant prospects. The greatest effect can be applied to the organic Rankine cycle and the Kalina cycle for the generation of electrical energy. For the production of thermal energy, the greatest efficiency can be found in the use of heat pumps.

Ключевые слова: низкопотенциальное тепло, эффективность электростанции, органический цикл Ренкина (ОЦР), цикл Калины (ЦК) тепловой насос

Key words: low-potential heat, power plant efficiency, organic rankine cycle, kalina cycle heat pump.

Введение

Выработка тепловой и электрической энергии сопровождается потерями. Повышенный интерес к энергопотерям появился в связи с увеличением стоимости ресурсов, сжигаемых в процессе работы энергоустановок. При производстве тепловой и электрической энергии остаются не освоенными огромные количества низкопотенциального

тепла, сбрасываемого в окружающую среду. В настоящее время вопросы утилизации низкопотенциального тепла активно разрабатываются. В работе рассмотрим методы утилизации низкопотенциальной теплоты для производства тепловой и электрической энергии.

Основная часть

Использование низкопотенциального тепла (ниже 200°C) для производства электроэнергии имеет ряд технических ограничений и ограниченный выбор низкотемпературных тепловых двигателей. Теплоносителями могут являться как сточные воды с температурой в несколько градусов, так и уходящие газы, с температурой, достигающей 200 °С. В качестве других источников тепловой энергии может использоваться тепло, сбрасываемое различными агрегатами и системами в процессе их работы.

В качестве способов утилизации низкопотенциальной теплоты используют органический цикл Ренкина, цикл Калины, термоэлектрические преобразователи, двигатель Стирлинга и тепловой насос.

Традиционно для производства электрической энергии используются паросиловые циклы на турбомашинках. Пар под большим давлением поступает в турбину, приводя её во вращение. Механическая энергия вращения передается генератору, вырабатываемому электрический ток. Энергетическая эффективность паротурбинной установки определяется начальной температурой T_0 и конечной температурой T_K . При использовании низкопотенциальных источников повышение начальной температуры невозможно, следовательно, повышение эффективности возможно только путем снижения конечной температуры.

При сниженных параметрах рабочего тела паросиловой цикл возможно осуществить только с помощью специальных рабочих тел – органических (этанол, фторхлоруглерод, изобутан и т. д.). Основная доля разработок, энергоустановок, работающих на органических рабочих телах, ведется за рубежом. Актуальность данного исследования заключается в том, что, несмотря на перспективность такого вида энергопользования, до сих пор отсутствуют оптимальные и эффективные энергетические установки, позволяющие утилизировать низкопотенциальное тепло. Инженерные разработки подобных паротурбинных установок (ПТУ) на органических рабочих телах (ОРТ), представленные на мировом рынке (Turboden (Italy), Infinity Turbine LLC (USA)), имеют эффективный КПД в диапазоне 10–12 % и ограниченные диапазоны применения. Эффективность применения органического цикла Ренкина объясняется тем, что такие рабочие тела имеют более низкую температуру испарения, чем у воды, более высокую степень перегрева от источника теплоты, а также после процесса расширения находятся в зоне перегретого пара, что исключает эрозию на лопатках последних ступеней [1].

В цикле Калины используют водоаммиачную смесь. Температура конденсации пароводяной смеси постоянна, а температура конденсации в цикле с водоаммиачным раствором переменна и определяется температурой охлаждающей воды на входе в конденсатор. Переменная температура позволяет повысить эффективность благодаря снижению температуры отводимого тепла и дает возможность повышения эффективности регенерации. У аммиака температура испарения ниже, вследствие чего появляется возможность снижения средней температуры конденсации и КПД цикла повышается. Также давление водоаммиачной смеси выше атмосферного позволяет отказаться от системы паро- или водоструйных эжекторов и облегчить эксплуатацию установки [2].

Прямое преобразование тепловой энергии в электрическую основано на использовании термоэлектрических эффектов. Преимущество термоэлектрических преобразователей состоит в отсутствии подвижных частей, шума и меньших затратах на обслуживание. Однако, эффективность таких преобразователей имеет место при температурах выше 200 °С и при малых количествах энергии. Термоэлектрические преобразователи находят применение, например, при утилизации тепла дымовых газов в автомобиле.

Работа двигателя Стирлинга основывается на периодическом нагревании и охлаждении в замкнутом объеме цилиндра рабочего тела. Преимущество двигателя Стирлинга состоит в малых объемах, высокой удельной мощности и давлении. Кроме того, имеют место низкий шум при работе и долгий срок службы. Эффективно работают двигатели Стирлинга при температуре выше 650 °С, что делает их непривлекательными для утилизации низкопотенциальной теплоты.

Тепловые насосы подразделяются на компрессионные (парокомпрессионные и газоконпрессионные) и сорбционные (абсорбционные и адсорбционные). Если компрессионные тепловые насосы для производства тепловой энергии используют электрическую энергию на привод насоса, что значительно снижает области их использования, то для производства тепла с помощью сорбционных тепловых насосов используют только тепловую энергию. Наиболее широко тепловые насосы применяют за рубежом, однако, известны примеры применения и в России, в том числе и в случае утилизации низкопотенциальной тепловой энергии конденсаторов тепловых электростанций: гг. Новосибирск, Горно-Алтайск, Тюмень, Москва и др. Тепловые насосы позволяют повысить температуру низкопотенциального источника и дают возможность их применения в системах теплоснабжения. Эффективность применения теплового насоса характеризуется коэффициентом трансформации, зависящим от соотношения низкопотенциальной и высокопотенциальной энергий. Для производства тепловой энергии в системе теплофикации с утилизацией теплоты технического водоснабжения коэффициент трансформации составляет 1,8 [3].

Заключение

Утилизация низкопотенциального тепла на электрических станциях имеет значительные перспективы. Наибольший эффект может найти применение органического цикла Ренкина и цикла Калины для выработки электрической энергии. Для производства тепловой энергии наибольшую эффективность может найти применение тепловых насосов.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Мамедли, Р. Р. Обзор источников низкопотенциальной тепловой энергии и методов их утилизации / Р. Р. Мамедли, С. И. Парфенок, А. В. Делков // Актуальные проблемы авиации и космонавтики. – 2014. – Т. 1, № 10. – С. 75-76.
2. Томаров, Г. В. Современная геотермальная энергетика: геотермальные электростанции с бинарным циклом / Г. В. Томаров, А. А. Шипков // Теплоэнергетика. – 2017. – № 4. – С. 3-12.
3. Морозов, Н.В. Паровые турбины на низкокипящем рабочем теле / Н. В. Морозов, В. П. Карасев. // Авиационная и ракетно-космическая техника. – 2010. – Т. 1, № 10. – С. 102-106.
4. Елхов, М. А. Исследование применения тепловых насосов для централизованного теплоснабжения / М. А. Елхов, А. С. Хвостиков // Наука, инновации и технологии: от идей к внедрению: Материалы Международной научно-практической конференции, Комсомольск-на-Амуре, 07–11 февраля 2022 года. – Комсомольск-на-Амуре: Комсомольский-на-Амуре государственный университет, 2022. – С. 421-423.

УДК 621.314.222

Иванов Виктор Викторович, аспирант, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Ivanov Viktor Viktorovich, postgraduate student, Komsomolsk-na-Amure State University

Сериков Александр Владимирович, доктор технических наук, доцент, заведующий кафедрой «Электромеханика», Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Serikov Aleksandr Vladimirovich, Doctor of Engineering Sciences, Associate Professor, Head of Electromechanics Department, Komsomolsk-na-Amure State University

МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕПЛООБМЕНА НАГРЕВАТЕЛЬНОГО БЛОКА В СПЕЦИАЛЬНОМ ТРАНСФОРМАТОРЕ

HEAT TRANSFER SIMULATION OF A HEATING UNIT IN A SPECIAL TRANSFORMER

Аннотация. В работе рассмотрен анализ тепловых процессов протекающих в нагревательном блоке специального трансформатора с помощью программы SOLIDWORKS. Описана конструкция активной части силового масляного трансформатора с нагревательным блоком. Для теплового анализа нагревательного блока построена имитационная модель в среде SOLIDWORKS. Приведено математическое описание моделируемых тепловых процессов. Получено изображение с траекторией движения и изменением температуры теплоносителя при протекании через нагревательный блок.

Abstract. The paper gives the analysis of thermal processes occurring in a heating unit of a special transformer using SOLIDWORKS software. The active part design of the oil-immersed power transformer with the heating unit is described. A simulation model in SOLIDWORKS is built to conduct the thermal analysis of the heating unit. A mathematical description of simulated thermal processes is given. An image with the trajectory of movement and change of temperature of the heat-transfer fluid when flowing through the heating block is received.

Ключевые слова: нагревательный блок, имитационная модель, математическое описание.

Key words: heating unit, simulation model, mathematical description.

Введение

Актуальным направлением развития энергетики является повышение энергоэффективности электротехнических устройств, преобразующих электрическую энергию. Тепловые потери силовых масляных трансформаторов можно полезно использовать для нагрева теплоносителя в децентрализованных системах теплоснабжения. Целью работы является исследование возможности использования нагревательного блока с целью полезного отбора тепла. Несмотря на высокий КПД современных силовых трансформаторов, их потери холостого хода и короткого замыкания достигают значительных величин. Так, например, для трансформатора мощностью 6300 кВА эти потери составляют 10,7 и 46,5 кВт соответственно. В традиционной конструкции все потери отводятся с помощью трансформаторного масла в окружающую среду.

Основная часть

Для повышения энергоэффективности силовых трансформаторов и уменьшения тепловых потерь, рассеиваемых бесполезно в окружающую среду, в конструкции активной части трансформатора предусмотрен нагревательный блок, который представляет собой герметичную камеру в виде трубы из немагнитного электропроводного материала (алюминия), в которой протекает нагреваемый теплоноситель (вода). Этот блок присоединяется к системе отопления и горячего водоснабжения отапливаемых помещений и предназначен для поддержания стабильной температуры теплоносителя, по-

ступающего из нагревательного блока в систему отопления. Часть потерь силового трансформатора передается с помощью нагревательного блока теплоносителю.

Основной проблемой при исследовании такого устройства является сложность учета комплекса данных, учитывающих нелинейности изменения параметров жидкостей и твердых материалов участвующих в процессе теплообмена. Существует множество методов моделирования тепловых процессов, возникающих в электротехнических устройствах, но они не позволяют провести комплексную оценку изменения температур на должном уровне [1-4]. Поэтому для проведения комплексного анализа тепловых процессов, протекающих в нагревательном блоке, была построена объемная имитационная модель нагревательного блока в среде SOLIDWORKS (рисунок 1).

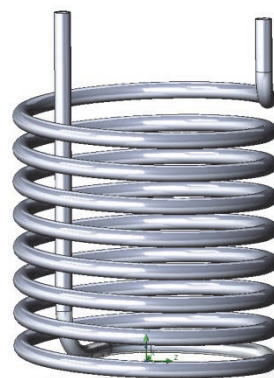


Рисунок 1 – Имитационная модель нагревательного блока

В модели нагревательный блок выполнен из алюминия, который окружен трансформаторным маслом и наполнен водой. Зависимость свойств соответствующих материалов от температуры являются общеизвестными [5]. Входные параметры воды 70 °С, температура трансформаторного масла 94 °С.

Для расчета температурного поля SOLIDWORKS использует дифференциальные уравнения теплопроводности, которое выводится на основе закона сохранения энергии и закона Фурье. В данном случае температурное поле будет нестационарное трехмерное. Тело нелинейное (т.е. его свойства зависят от температуры), с распределенными по объему внутренними источниками теплоты. Поле рассматривается в прямоугольной системе координат (x, y, z), заданной в программе SOLIDWORKS (рисунок 2).

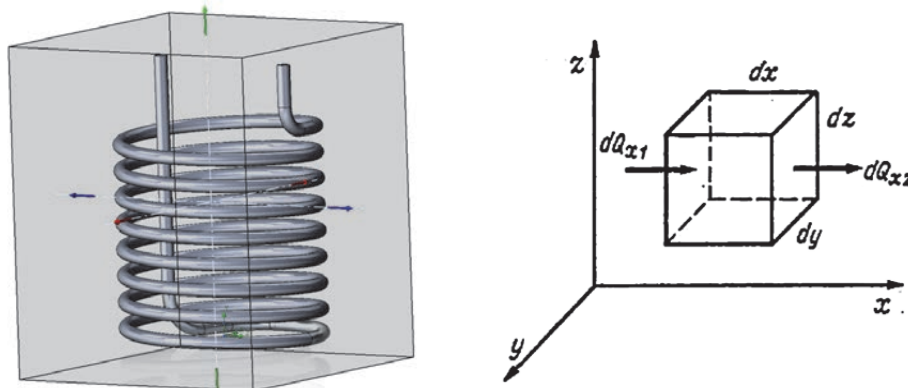


Рисунок 2 – Построение расчетного поля

В пределах рассматриваемых границ берется элементарный объем $dV=dx \cdot dy \cdot dz$. Собственное тепловыделение в объеме $p_0 dV$, где p_0 – плотность тепловыделения, т.е. мощность потерь в единице объема. Результирующее повышение энтальпии в объеме вещества с удельной теплоемкостью c и плотностью ρ , за некоторый элементарный интервал приведет к повышению его температуры:

$$\frac{d\vartheta}{dt} = \frac{\lambda}{c\rho} \left(\lambda \frac{\partial^2 \vartheta}{\partial x^2} + d\lambda \frac{\partial^2 \vartheta}{\partial y^2} + d\lambda \frac{\partial^2 \vartheta}{\partial z^2} + p_0 \right). \quad (1)$$

Пакет Flow Simulation позволяет учесть нелинейную зависимость свойств материалов модели с помощью итерационного метода и визуально отобразить результаты расчета. Итерационный процесс выполняется, пока не будут достигнуты установившиеся значения температур.

В результате было получено изменение температуры теплоносителя (теплого поля) вдоль нагревательного блока после достижения установившегося режима (рисунок 3).

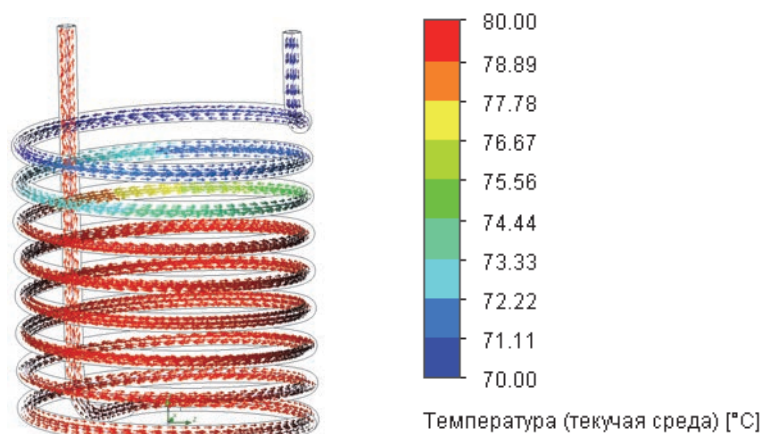


Рисунок 3 – изменение температуры теплоносителя

Заключение

Построена имитационная модель нагревательного блока в среде SOLIDWORKS, позволившей провести тепловой анализ представленной модели. Полученные результаты показывают, что с помощью нагревательного блока можно полезно использовать тепло от трансформатора для нагрева теплоносителя.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Иванов, С.Н. Гидродинамическое моделирование гибридных энергетических устройств с использованием CFD-технологий / К.К. Ким, С.Н. Иванов, М.И. Хисматулин // Известия Петербургского университета путей сообщения. – 2020. – Т. 17. – № 2. – С. 161-169.
2. Иванов, С. Н. Моделирование электромагнитных и тепловых процессов в теплогенерирующих перекачивающих электромеханических преобразователях / К.К. Ким, С.Н. Иванов, М.И. Хисматулин // Транспорт шелкового пути. – 2020. – № 3. – С. 3-14.
3. Сериков, А.В. Совершенствование конструкции и повышение энергосберегающих свойств силового масляного трансформатора / И.И. Биленко, Н.А. Карпов, В.В. Иванов, А.В. Сериков // Электроэнергетические комплексы и системы: история, опыт, перспектива : сб. науч. тр. Всеросс. науч. - технич. конф. / ФГБОУ ВО «ДВГУПС», 2020. – С. 53-56.
4. Сериков, А. В. Особенности расчета трансформаторов с нагревательным блоком / А. В. Сериков, В. В. Иванов // Молодежь и наука: актуальные проблемы фундаментальных и прикладных исследований : Материалы V Всеросс. нац. науч. конф. молодых учёных. 11–15 апреля 2022 г. – Комсомольск-на-Амуре: ФГБОУ ВО «КнАГУ». 2022. – С. 127-128.
5. Сипайлов, Г.А. Тепловые, гидравлические и аэродинамические расчеты в электрических машинах / Г.А. Сипайлов, Д.Н. Санников, В.А. Жадан. – М.: Высшая школа, 1989. – 240 с.

УДК 697.211

Иванов Денис Владимирович, магистрант, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Ivanov Denis Vladimirovich, master's student, Komsomolsk-na-Amure State University

Сырбу Игорь Владимирович, магистрант, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Syrbu Igor Vladimirovich, master's student, Komsomolsk-na-Amure State University

Иванов Сергей Николаевич, доктор технических наук, доцент, профессор кафедры «Электромеханика», Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Ivanov Sergey Nikolaevich, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Professor of Electromechanics Department, Komsomolsk-na-Amur State University

ВЛИЯНИЕ ЧИСЛА ЭЛЕКТРОПРИЕМНИКОВ НА ПОКАЗАТЕЛИ НАДЕЖНОСТИ ПРОМЫШЛЕННОГО ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ

THE INFLUENCE OF THE NUMBER OF ELECTRIC RECEIVERS ON THE RELIABILITY INDICATORS OF INDUSTRIAL ELECTRICAL EQUIPMENT

Аннотация. Вопрос обеспечения технических объектов надежным электроснабжением напрямую сопряжен с оценкой экономической целесообразности выбора и применения конкретных видов и параметров энергетического оборудования. В реальных условиях ориентация на импортные комплектующие может оказаться дороже их замещения отечественными устройствами с учетом планируемого технического обслуживания. На этапе проектирования системы электроснабжения объекта необходимо учесть большое количество факторов, которое может существенно изменяться в условиях конкретного цеха или участка. В данной статье рассматривается влияние числа приемников на стороне низкого напряжения на состояние системы электроснабжения.

Abstract. The issue of providing technical facilities with reliable power supply is directly related to the assessment of the economic feasibility of choosing and using specific types and parameters of power equipment. In real conditions, focusing on imported components may be more expensive than replacing them with domestic devices, taking into account the planned maintenance. At the stage of designing an object's power supply system, it is necessary to take into account a large number of factors that can change significantly in the conditions of a particular workshop or site. This article examines the influence of the number of receivers on the low voltage side on the state of the power supply system.

Ключевые слова: электроприемник, методы определения, параметры надежности, схема, сеть.

Key words: electrical receiver, methods of determination, reliability parameters, circuit, network.

Введение

Практика эксплуатации различных топологий сетей показывает, что по надежностным показателям радиальные схемы являются более обеспеченными, чем магистральные или смешанные [1]. Для сравнительной оценки могут быть использованы следующие методы: аналитический, логико-вероятностный и метод коэффициентов отношений [2]. Расчетные методы ориентированы на обеспечение потребителей электроэнергией в соответствии с заявленными договорными категориями электроприемников. Однако одновременно с ростом тарифов, изменяется структура потребителей, которые становятся существенно зависимыми от снижения качества электроэнергии. Строго говоря, более целесообразно вместо полного отказа определять отказ технологический, заключающийся в отклонении функциональных характеристик от заданных значений. Одновременно с переходом системы электроснабжения в режим дисбаланса, возникает

необходимость учета динамических свойств, по крайней мере, основных электроприемников (электрических двигателей, преобразовательных установок) и временных характеристик коммутационно-защитных устройств.

Основная часть

В качестве объекта исследования рассматривается типовая низковольтная схема электроснабжения участка цеховой сети 0,4 кВ, основные электроприемники которого показаны на рисунке 1, упрощенная схема электроснабжения приведена на рисунке 2.

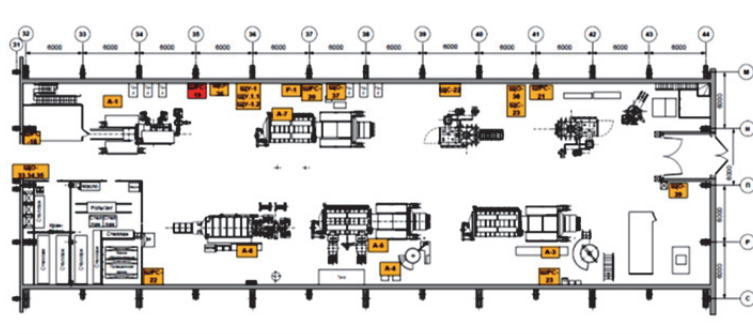


Рисунок 1 – Расположение электроприемников

Показатели надежности отдельных электроприемников определяются аналитическим методом [3-5]. При использовании логико-вероятностного метода в качестве примера исследования выбирается распределительное устройство 0,4 кВ.

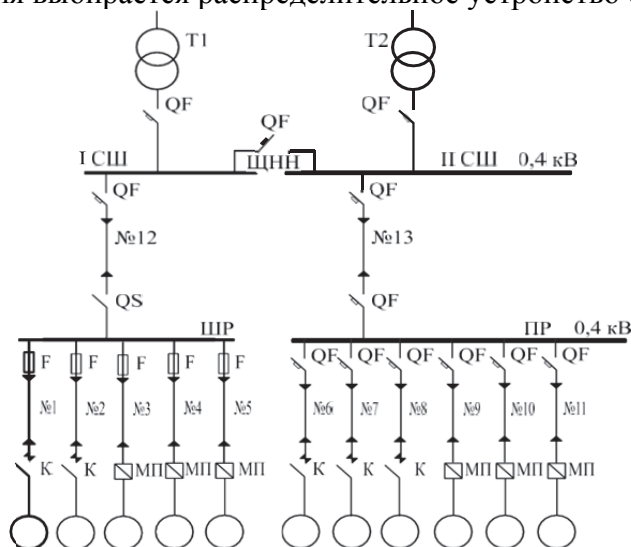


Рисунок 2 – Электроснабжение участка цеховой сети 0,4 кВ

В качестве примера в таблице 1 приведены интенсивности отказов кабельных линий.

Таблица 1 – Интенсивность отказов

№ п/п	Длина КЛ, м	Интенсивность отказов, 1/год	№ п/п	Длина КЛ, м	Интенсивность отказов, 1/год
1	15	0,004	5	13	0,003
2	13	0,003	6	17	0,004
3	16	0,007	7	15	0,004
4	26	0,006	8	22	0,005

Результаты, полученные в работе [2] на основе коэффициентов отношения, показаны на рисунке 3 в виде изменения этих коэффициентов во времени (по годам).

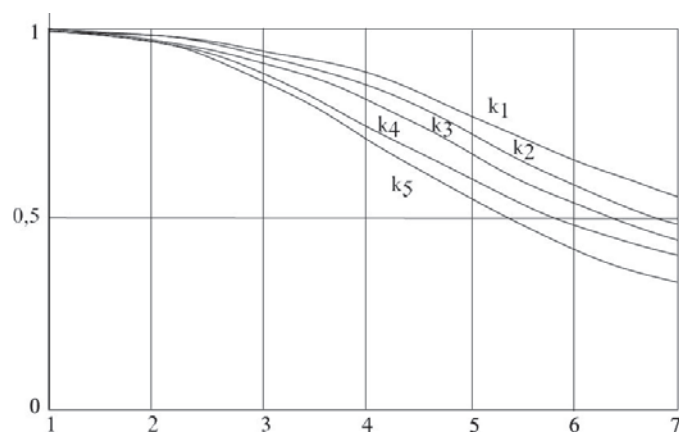


Рисунок 3 – Изменение коэффициентов отношений от времени

Расчет численных оценок параметров надежности логико-вероятностным методом дает значения, большие на 10...20 % усредненных величин.

Заключение

Расчетные зависимости показателей надежности рассматриваемого объекта для разного количества присоединенных электроприемников с учетом времени эксплуатации позволяют синтезировать на стадии проектирования систему электроснабжения в соответствии с требуемой категорией подключаемых потребителей [6, 7].

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Иванов, С.Н. Надежность электроснабжения: учеб. пособие / С.Н. Иванов, А.А. Скрипилев. – М., Вологда : Инфра-Инженерия, 2022. - 164 с. – ISBN 978-5-9729-0959-9.- EDN: FSZFBX.
2. Анализ надежности функционирования оборудования цеховых сетей / Е. И. Грачева, О. В. Наумов, Р. Р. Садыков // Надежность и безопасность энергетики. – 2016. – № 2(33). – С. 46-50. - EDN: VOYPGQ.
3. Садыков, Р. Р. Методы оценки надежности функционирования систем внутрицехового электроснабжения / Р.Р. Садыков // Материалы докладов XII Международной молодежной научной конференции «Тинчуринские чтения» (26–28 апреля 2017 г.).– Казань: Казан. гос. энерг. ун-т, 2017. – С. 173-175.- EDN: ZRZUJX.
4. Капур, К. Надежность и проектирование систем: переводное издание / К. Капур, Л. Ламберсон; пер. с англ. – М.: Мир, 1980. – 603 с.
5. Надежность технических систем / Под ред. Е. В. Сучака, Н. В. Василенко. – Красноярск: МГП «Раско», 2001. – 600 с.
6. Зависимость динамической устойчивости линии электропередачи от работы промежуточного синхронного компенсатора / К.И. Ким, К.К. Ким, Т.П. Сацук, Г.Н. Анисимов // Электротехника. – 2022. – №2.- С.46-51.- EDN: PHDSVH.
7. Соловьев, В.А. Оптимизация расходов и совершенствование системы учета электрической энергии на промышленном предприятии по производству энергетического оборудования АО «Дальэнергомаш» / В.А. Соловьев, А.В. Ваньков // ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ БУДУЩЕГО: ОТ СОЗДАНИЯ К ВНЕДРЕНИЮ. Материалы V Международной научно-практической конференции (06–11 декабря 2021 года). - Комсомольск-на-Амуре: Комсомольский-на-Амуре гос. ун-т, 2021.- С. 73-77.- EDN: CYOUNE.

УДК 621.307

Калинин Евгений Александрович, студент; студент, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Kalinin Evgeny Alexandrovich, student, Komsomolsk-na-Amure State University

Янченко Андрей Вячеславович, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры «Электромеханика», Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Yanchenko Andrey Vyacheslavovich, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, Associate Professor of Electromechanics Department, Komsomolsk-na-Amure State University

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПРИВОДА ПОВОРОТНОЙ ПЛАТФОРМЫ ДЛЯ СОЛНЕЧНОЙ ПАНЕЛИ

EVALUATION OF THE EFFICIENCY OF THE ELECTROMAGNETIC DRIVE OF THE ROTARY PLATFORM FOR THE SOLAR PANEL

Аннотация. В данной работе рассматривается электромагнитный привод для солнечных панелей и сравнение его эффективности с другими видами электропривода, определяются параметры электромагнитного привода для конкретных солнечных панелей.

Abstract. This paper considers the electromagnetic drive for solar panels and compares its efficiency with other types of electric drive, determines the parameters of the electromagnetic drive for specific solar panels.

Ключевые слова: электромагнитный привод, солнечные панели, поворотная платформа, система ориентации, энергопотребление.

Key words: electromagnetic drive, solar panels, rotary platform, orientation system, power consumption.

Введение

Выработка электроэнергии солнечными панелями существенно увеличивается (от 50 до 200%) при ориентации панели перпендикулярно потоку солнечных лучей. Известны различные устройства автоматического поворота панелей к солнцу [1, 2]. Основное к ним требование – эффективность и надежность. Вопрос повышения энергоотдачи солнечных панелей при их широком использовании является весьма актуальным.

Основная часть

Электропривод систем ориентации панелей обычно строят на серводвигателях с редуктором, получающих управление от схемы с фотодатчиками. Надежность такой системы определяется количеством и надежностью составляющих звеньев. Здесь наиболее слабое звено – электронная схема с фотодатчиками. Недостаток использования фотодатчиков – погрешность ориентирования панелей в облачную погоду. Поэтому использование системы ориентирования панели по назначенной траектории (по азимуту дневного движения солнца, независимо от состояния атмосферы) является более точным.

Надежность работы поворотного устройства можно повысить за счет упрощения системы – уменьшения количества рабочих элементов [3-5].

На рисунке 1, *а* представлена схема (компоновка) поворотной платформы 2 с солнечной панелью 1 на неподвижном основании 4 с приводом зубчатого диска 3 от электромагнита 5. Поворот платформы осуществляется с помощью подачи импульсов тока на электромагнит. На рисунке 1, *б* показан принцип работы электромагнитного двигателя. При подачи импульса тока на катушку электромагнита 1 якорь 2 втягивается и собачка 3, входящая во вращательную пару А с якорем 2, поворачивает зубчатый диск (храповое колесо) 4 вокруг неподвижной оси В на один зуб. После выключения тока якорь 2 и собачка 3 опускаются, а колесо удерживается собачкой 5. Если зубчатый

диск оборудован возвратной пружиной, то предусмотрен штифт *b*, закрученный в одно из отверстий диска 4, который может посредством рычага *a* сдвигать собачку 5 относительно оси *O*, что даст возможность пружине вернуть диск 4 в исходное положение. При этом могут быть разомкнуты контакты 6 и 7 схемы управления.

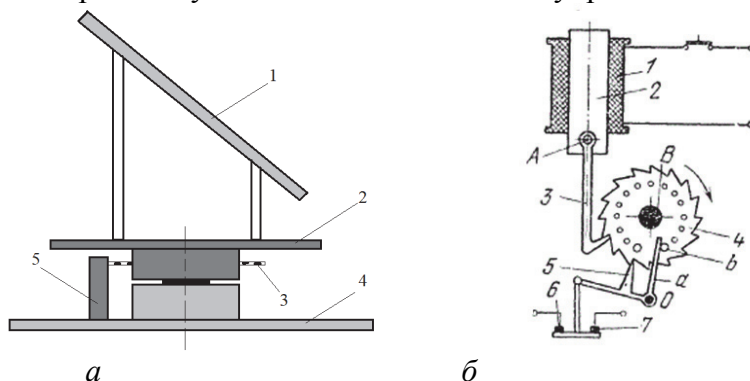


Рисунок 1 – Компоновка поворотной платформы (*a*) и принцип работы электромагнитного двигателя (*б*)

Количество зубьев диска определяем по формуле:

$$Z = \pi \cdot D / h, \quad (1)$$

где D – диаметр диска; h – ход якоря электромагнита.

Количество импульсов тока в течение суток равно Z , что соответствует одному обороту диска и платформы. Мощность, потребляемая электромагнитом равна:

$$P = U^2 / r, \quad (2)$$

где r – сопротивление катушки.

Количество электроэнергии на один импульс составит:

$$Q_{\text{имп}} = P \cdot \tau_{\text{имп}}, \quad (3)$$

где $\tau_{\text{имп}}$ – длительность одного импульса.

Учитывая количество импульсов в год $N_{\text{год}}$, которое равно Z , можно оценить годовое потребление электроэнергии поворотным устройством. Так, при $P = 20$ Вт, $D = 0,8$ м, $h = 5$ мм количество зубьев $Z = 502$ годовое энергопотребление $Q_{\text{год}}$ при $\tau_{\text{имп}} = 1$ с составит 3650000 Вт·с или 1,014 кВт·ч. Ориентация платформы с помощью серводвигателя с редуктором имеет свои особенности. Время работы серводвигателя зависит от нескольких факторов: количества плоскостей ориентации, схемы управления, количества фотодатчиков, типа редуктора и др. В течение суток время работы электропривода движения панели может составить от 10 до 70 минут. В таблице 1 дано сравнение годового энергопотребления предлагаемого электромагнитного привода и привода от серводвигателя.

Таблица 1 – Сравнение приводов солнечной панели

Тип привода	Время работы в сутки, мин	Мощность, Вт	Потребление электроэнергии в сутки, Вт·ч	Потребление электроэнергии в год, кВт·ч
ЭМ	9	20	2,78	1,014
СД	48	5	4,1	1,500

Заключение

Сравнение электромагнитного привода солнечной панели с приводом серводвигателем показывает, что энергопотребление привода на электромагните не превышает энергопотребление с серводвигателем. При этом предложенное устройство имеет меньше подвижных элементов, не требует сложной системы управления и позволяет отказаться от фотодиодов. За счет этого надежность и эффективность такого способа ориентирования панелей будет выше.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Байере, Т. 20 конструкций с солнечными элементами. – М.: Мир, 1988. С. 203.
2. Цаплин, И. «Гелиостат» – устройство автоматической ориентации солнечной батареи: Электронная библиотека – Режим доступа: <https://www.solarhome.ru/biblio/pv/tracking.htm>, свободный.
3. Иванов, С.Н. Анализ электромеханических систем методами имитационного моделирования/ К.К. Ким, А.А. Просолович, М.И. Хисматулин // Ученые записки Комсомольского-на-Амуре государственного университета. Науки о природе и технике. – 2021. – № III-1(51). – С. 29-38.
4. Ким, К.К. Триботехнические характеристики элементов скольжения электромеханических преобразователей /К.К. Ким, С.Н. Иванов, А.В. Горбунов // Ученые записки Комсомольского-на-Амуре государственного университета. Науки о природе и технике. – 2022. – № V-1(61). – С. 113-116.
5. Буткевич, Г.В. Задачник по электрическим аппаратам: Учеб пособие для вузов / Г.В. Буткевич, В.Г. Дегтярь, А.Г. Сливинская. – М.: Высш. шк., 1987 – 232 с.

УДК 621.314.57

Кобозев Дмитрий Андреевич, студент, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Kobozev Dmitry Andreevich, student, Komsomolsk-na-Amure State University

Соловьев Вячеслав Алексеевич, доктор технических наук, профессор; Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Solovyov Vyacheslav Alekseevich, Doctor of Technical Sciences, Professor; Komsomolsk-na-Amure State University

ЧАСТОТНОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ СКОРОСТИ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ ПИТАТЕЛЬНОГО НАСОСА

FREQUENCY CONTROL OF THE FEED PUMP MOTOR SPEED

Аннотация. В данной статье дается сравнение применения регулятора частоты с непосредственной связью и высоковольтного преобразователя частоты ВПЧА для регулирования скорости электродвигателей питательных насосов на Комсомольской ТЭЦ-3.

Abstract. This article compares the use of a frequency controller with direct communication and a high-voltage HPV frequency converter for regulating the speed of electric motors of feed pumps at Komsomolskaya SHPP-3.

Ключевые слова: частота, электродвигатель, питательный насос, преобразователь частоты, переменное напряжение.

Key words: frequency, electric motor, feed pump, frequency converter, alternating voltage.

Введение

Питательные насосы предназначены для подачи деаэрированной химически очищенной воды в барабан котлоагрегата. По конструкции питательные насосы центробежные, горизонтальные, имеет несколько последовательно установленных ступеней, с односторонним расположением рабочих колес и гидравлической пятой для восприятия осевого усилия.

Для регулирования скорости приводного электродвигателя питательного насоса, применяют различные методы регулирования скорости. Насосный агрегат может комплектоваться гидромuftой либо частотным регулированием скорости приводного электродвигателя.

Включение в систему частотного преобразователя для управления насосами улучшает качество работы и заметно экономит денежные средства на обслуживание и ремонт.

Основная часть

Преобразователи частоты (ПЧ) предназначены для преобразования переменного напряжения одной частоты в переменное напряжение другой частоты. Преобразователи частоты для частотно-регулируемых электроприводов преобразуют электроэнергию, поступающую из сети переменного тока, в электроэнергию с меняющейся по заданным законам частотой и напряжением

Преобразователи частоты по построению могут быть разбиты на два типа:

- а) двухзвенные преобразователи частоты (ДПЧ);
- б) непосредственные преобразователи частоты (НПЧ) [1].

Высоковольтные преобразователи частоты электродвигателей серии ВПЧА применяются для работы в комплекте с асинхронными электродвигателями для обеспечения энергоэффективности за счет плавного пуска и регулирования частоты вращения [2].

Достоинства высоковольтных преобразователей частоты серии ВПЧА:

1) преобразователи частоты двигателей могут быть использованы для реализации частотно-регулируемого электропривода, как правило, на базе асинхронных электродвигателей с короткозамкнутым ротором;

2) при использовании преобразователей частоты достигается плавность пуска электродвигателя с исключением ударных и электродинамических нагрузок в обмотке статора этого электродвигателя. Как следствие достигается увеличение срока службы насосного агрегата;

3) значительное снижение эксплуатационных расходов на производство ремонтов агрегата, за счет увеличения межремонтных периодов;

4) реализация ЧРП с поддержанием заданных параметров оборудования позволяет обеспечить значительную экономию электроэнергии [3].

Недостатком ВПЧА является его высокая стоимость относительно других систем регулирования скорости.

Преобразователем частоты с непосредственной связью (ПЧНС) называют тиристорный преобразователь, в котором выпрямление и преобразование выпрямленного напряжения обратно в переменное требуемой частоты реализуется в одном тиристорном устройстве [5].

Достоинства НПЧ определяются его относительно простой конструкцией. К ним относятся:

1) относительно высокий коэффициент полезного действия, который реализуется однократным преобразованием электроэнергии в преобразователе;

2) выпрямительные элементы (тиристоры) обладают следующими достоинствами: надежность, высокая перегрузочная способность, более низкая стоимость по сравнению с полностью управляемыми приборами.

3) возможность получения относительно низких частот выходного напряжения ЧРП для обеспечения равномерной работы электродвигателя на малых скоростях [4].

Недостатками частотных преобразователей с непосредственной связью является то, что выходная частота не может превышать 70% частоты питающей сети. Кроме того, к недостаткам относится низкий коэффициент мощности и несинусоидальность выходного напряжения. К недостаткам так же можно отнести высокую сложность цепей управления [6].

Для полного анализа представленных частотных преобразователей было предложено теоретически внедрить их в систему управления электродвигателями питательных насосов на Комсомольской ТЭЦ-3.

В дальнейшей работе предполагается реализация системы подачи питательной воды на основе двух различных частотно регулируемых электроприводов для оценки возможности системы во всех реально используемых технологических циклах. Предполагаемое решение при успешном покрытии реальных режимов функционирования системы питательной воды котлоагрегата позволит оценить эффективность данного решения.

Заключение

Таким образом, на каждом конкретном предприятии энергетики должна быть выбрана своя система регулирования электропривода питательного насоса с учетом мощности электропривода, его напряжения, стоимости оборудования и возможности размещения оборудования на действующем предприятии, а также при проектировании нового энергообъекта.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Гельман, М.В. Преобразовательная техника: учебное пособие / М.В. Гельман, М.М. Дудкин, К.А. Преображенский – Издательский центр «ЮУрГУ» 2009. – 409 с.
2. Руденко, В.С. Основы преобразовательной техники / В.С. Руденко, В.И. Сенько, И.М. Чиженко – М.: Высшая школа, 1980. – 422 с.
3. Чиженко, И.М. Преобразовательная техника: Справочник / под ред. И.М. Чиженко. – Киев: Техника, 1978. – 477 с.
4. Васильченко, С.А. Преобразовательная техника: учебное пособие для электротехнических специальностей вузов / С.А. Васильченко, Н.Е. Дерюжкова, В.А. Соловьев – Комсомольск-на-Амуре: ГОУВПО «КнАГТУ», 2004. – 115 с.
5. Горбачев, Г.Н. Промышленная электроника: Учебник для вузов / Г.Н. Горбачев, Е.Е. Чаплыгин – М.: Энергоатомиздат, 1988. – 320 с.
6. Соловьев, В.А. Системы управления электроприводами. Часть 1: Учебно-методическое пособие / В.А. Соловьев – Комсомольск-на-Амуре: ГОУВПО «КнАГТУ», 2004. – 153 с.

УДК 621.18

Кошкарев Кирилл Юрьевич, студент, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Koshkarev Kirill Yurievich, student, Komsomolsk-na-Amure State University

Попов Алексей Юрьевич, кандидат технических наук, доцент, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Popov Alexey Yurievich, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, Komsomolsk-na-Amure State University

СТАТИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ УТИЛИЗАЦИОННОГО КОТЛА КУП-1100 ГАЗОТУРБИННОЙ УСТАНОВКИ АЛ-31СТЭ

STATIC CHARACTERISTICS OF THE UTILIZATION BOILER KUP-1100 OF THE AL-31STE GAS TURBINE UNIT

Аннотация. Одним из направлений развития энергетической отрасли является решение вопросов, связанных с повышением эффективности процессов выработки электроэнергии и теплоты. В этой области интерес представляет решение вопросов, связанных с утилизации теплоты отработавших газов. Работа посвящена расчету характеристик утилизационного котла КУП-1100 при различных режимах эксплуатации ГТУ АЛ-31СТЭ.

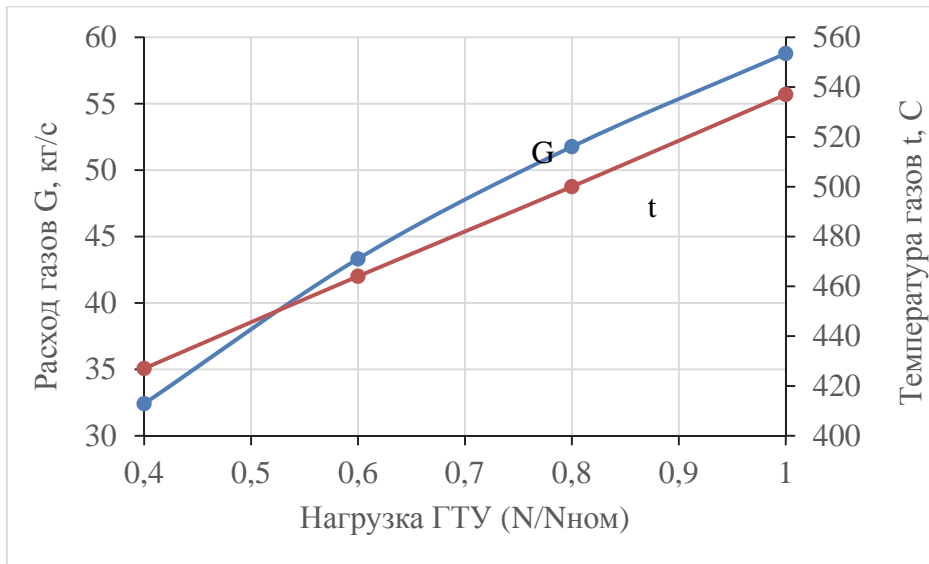


Рисунок 2 – Параметры отработавших газов в зависимости от нагрузки

Таблица 1 – Геометрические характеристики КУП-1100

Наименование, размерность	Пароперегреватель	Испаритель	Экономайзер
Диаметр труб/толщина, мм	22/2,5	22/2,5	22/2,5
Количество змеевиков, шт.	71	89	44 (2x)
Число труб по высоте, шт.	4	34	14
Шаг змеевиков, мм	48	38	38
Шаг труб по высоте, мм	29	33	33
Поверхность нагрева, м ²	56	778	324

Статические характеристики котла-утилизатора КУП-1100 представлены на рисунке 3.

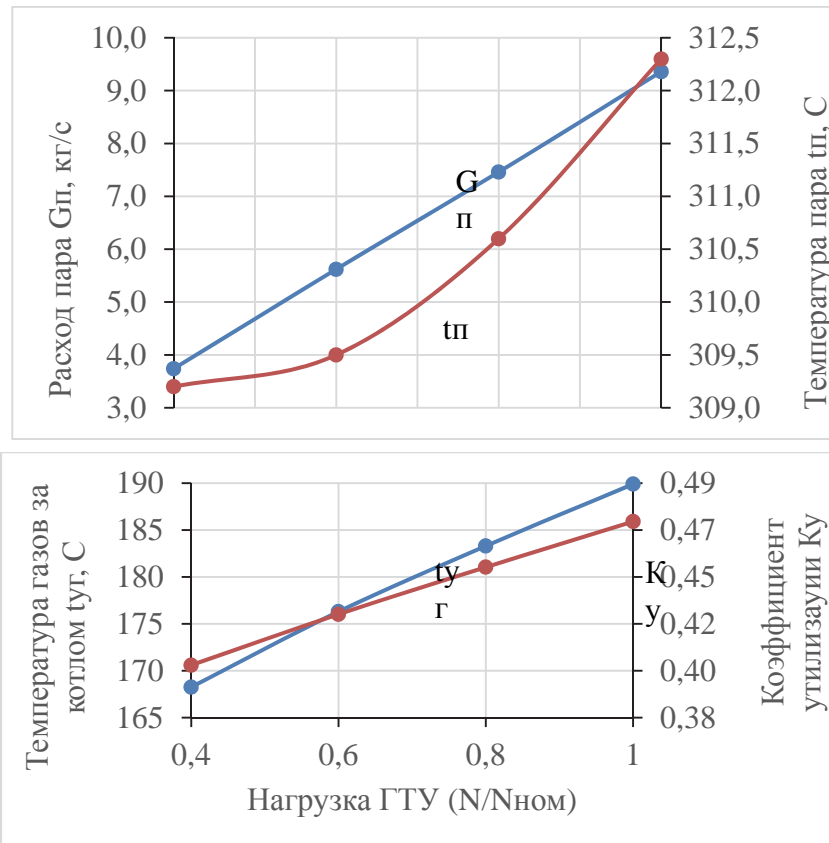


Рисунок 3 – Статические характеристики котла-утилизатора КУП-1100

Заключение

В результате работы получены статические характеристики, которые позволяют определять параметры пара утилизационного котла КУП-1100 и эффективность утилизации на эксплуатационных режимах газотурбинной установки АЛ-31СТЭ.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Симуляторы тепловых схем энергетического оборудования: метод. указания по выполнению лаб. работ / сост. А. Ю. Попов. – Комсомольск-на-Амуре : ФГБОУ ВО «КНАГТУ», 2016. – 19 с.
2. Aspen HYSYS. Unit Operations Guide. – Burlington : Aspen Technology, 2010. – 1722 с.
3. Peng, D.Y. A New Two-Constant Equation of State / D.Y. Peng, D.B. Robinson // Industrial and Engineering Chemistry: Fundamentals. – 1976. Т.15. – С. 59–64.
4. Удинцова, Н.М. Математика в SMathStudio: учебное пособие / Н.М. Удинцова, М.Н. Середина и др. – Зерноград: ФГБОУ ВО Донской ГАУ, 2022. – 191 с.
5. Зелепухин, В.М. Конструкция и эксплуатация утилизационных котлов КУП-1100 / В. М. Зелепухин. – Новороссийск: «Мос.гос.акад.», 2005. – 40 с.

УДК 621.182

Кузин Геннадий Викторович, студент, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Kuzin Gennady Viktorovich, student, Komsomolsk-na-Amure State University

Баранов Евгений Витальевич, кандидат технических наук, доцент кафедры «Тепловые энергетические установки», Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Baranov Evgeny Vitalievich, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor «Thermal power plants», Komsomolsk-na-Amure State University

ИССЛЕДОВАНИЕ ПУТЕЙ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ХАБАРОВСКОЙ ТЭЦ-3 ПРИ СЖИГАНИИ НЕПРОЕКТНОГО УГЛЯ

INVESTIGATION OF WAYS TO IMPROVE THE EFFICIENCY OF THE Khabarovsk CHP-3 WHEN BURNING NON-PROJECT COAL

Аннотация. В статье рассматривается вопрос повышения эффективности сжигания непроектного угля на Хабаровской ТЭЦ-3, путём модернизации (технического перевооружения) основного оборудования, применением дополнительных теплообменных аппаратов и охлаждением уходящих газов до температуры ниже точки росы для использования высшей теплоты сгорания угля. Указаны перспективные способы сжигания угля с большей эффективностью и меньшим количеством вредных веществ в дымовых газах.

Abstract. The article deals with the issue of increasing the efficiency of burning non-project coal at Khabarovsk CHP-3, by upgrading (technical re-equipment) of the main equipment, using additional heat exchangers and cooling the exhaust gases to a temperature below the dew point to use the higher heat of combustion of coal. Promising methods of burning coal with greater efficiency and fewer harmful substances in flue gases are indicated.

Ключевые слова: тепловая электростанция, котельная установка, непроектное топливо, способы сжигания угля, эффективность, теплота водяных паров.

Key words: thermal power plant, boiler plant, non-project fuel, coal burning methods, efficiency, heat of water vapor.

Введение

Каждая ТЭЦ проектируется для работы с заданными характеристиками на определенной марке угля. Но со временем угольное месторождение может истощиться или характеристики следующих пластов угля могут значительно отличаться от первоначальных или на рынке может появиться уголь из других месторождений, но значительно меньшей стоимости и тогда может появиться вопрос о переходе работы ТЭЦ на сжигание непроектного угля. При этом переходе важным вопросом будет сохранение выработки электроэнергии и тепловой энергии станцией. Поэтому при сжигании непроектного угля эффективность работы ТЭЦ не должна снижаться. Далее рассмотрены способы сохранения и повышения эффективности работы Хабаровской ТЭЦ 3 при сжигании непроектного угля.

Основная часть

Хабаровская ТЭЦ-3 спроектирована на сжигание Нерюнгринского угля марки СС. Марка СС – слабоспекающийся уголь. Согласно Российской классификации проектное топливо, каменный уголь Нерюнгринского месторождения имеет следующие характеристики:

- выход летучих веществ $V_r, (\%) - 27$;
- содержание углерода $C_r, (\%) - 82$;
- теплота сгорания $Q_{гб}, (\text{ккал}\backslash\text{кг}) - 5860$;
- влажность $W_r, (\%) - 8$;
- зольность $A_p, (\%) - 16$.

В связи с выработкой месторождения и также экономической составляющей (относительно высокой стоимости) проектного топлива: каменного угля Нерюнгринского месторождения, рассматриваются возможности сжигания непроектного угля и пути повышения эффективности работы Хабаровской ТЭЦ-3 при сжигании непроектного угля Эльгинского месторождения марки Г (газовый).

Газовый уголь можно назвать условно более качественным топливом т.к. при его сгорании получается больше тепла и уменьшается остаточная зольная составляющая. Условным недостатком этого угля можно назвать, что при повышении температуры выделяется много летучих веществ, которые могут не сгореть в котле, поэтому при работе с данной маркой необходимо дооборудовать котел либо камерой дожига либо фильтрами для улавливания несгоревших фракций.

Характеристики угля Эльгинского месторождения марки Г:

- выход летучих веществ $V_r, (\%) - 30$;
- содержание углерода $C_r, (\%) - 83$;
- теплота сгорания $Q_{гб}, (\text{ккал}\backslash\text{кг}) - 7500$;
- влажность $W_r, (\%) - 10$;
- зольность $A_p, (\%) - 15$.

С переходом на сжигание непроектного угля Эльгинского месторождения марки Г появились следующие проблемы в работе котла: сгорание летучих фракций привело к более интенсивному шлакованию конвективных и радиационных теплообменных поверхностей котла. Вследствие чего ухудшились технико-экономические показатели котла: уменьшилась паропроизводительность, изменились в худшую сторону давление и температура пара.

В топочном процессе повысился пирометрический уровень. Снизилась паропроизводительность котла из-за повышенного шлакования топки, экранов, конвективного пароперегревателя (КПП) и заноса золой остальных теплообменных поверхностей нагрева, включая все ступени воздухоподогревателя и водяного экономайзера (ВЭК).

Выбросы вредных веществ в дымовых газах превышали нормы ГОСТ Р50831-95. Содержание оксида азота и оксида серы были немного выше нормативных значений, хотя

данный уголь имеет низкое содержание серы.

Также следует отметить, что эксплуатация нового топлива привело к ухудшению взрыво и пожаробезопасности систем подготовки топлива, а имеено появилось значительное увеличение остановок систем по причине «хлопков» (взрывов).

Для увеличения эффективности и экономичности сжигания непроектного угля на Хабаровской ТЭЦ-3 можно применить новые перспективные способы.

Использование методов двух и трех ступенчатого сжигания угля, которые заключаются в более тонком измельчении топлива, тангенциальном расположении горелок и тщательном перемешивании воздуха с углем приведет к снижению оксидов азота в дымовых газах, уменьшит шлакование поверхностей теплообмена топки, пароперегревателя, экономайзера и воздухоподогревателя. За счет лучшего перемешивания более измельченного угля уменьшаться потери топлива от механического недожога.

Следующий способ сжигание угля в циркулирующем кипящем слое, который заключается в обеспечении в топке котла циркуляции частиц угля, с помощью особой конструкции топки, расположению горелок и подачи воздуха. Кипящий слой может быть низкотемпературным, что позволит сжигать более шлакующиеся марки угля, и в принципе данный способ менее чувствителен к качеству топлива, но требует однородный состав измельченного топлива. Также преимуществами сжигания в циркулирующем кипящем слое будет низкие выбросы оксидов серы и азота.

В основе способа низкотемпературного вихревого сжигания угля находится принцип многократной циркуляции частиц угля в топке котла. Обязательным конструктивным решением при организации такого способа сжигания является расположение горелочных устройств на фронтальной стене топки с осуществлением подвода нижнего дутья (сопловой конструкции) через устье холодной воронки вдоль фронтального ската под горелки. Осуществление данного способа позволит сжигать непроектные угли различного химического состава с более высоким КПД, позволит упростить эксплуатацию котла, повысит его маневренность и надежность. За счет сжигания углей более угрубленного помола работа, систем подготовки топлива может быть упрощена и снижены затраты на пылеприготовление. Понижение температуры сгорания топлива позволяет обеспечить нормативные выбросы оксидов азота, серы в уходящих дымовых газах.

Способ низкоэмиссионного вихревого сжигания является развитием предыдущего способа, отличием будет присутствием в топке дополнительной зоны дожигания с подводом воздуха. Дополнительно в топку встраивается, специальное низкоскоростное дефлекторное устройство нижнего дутья, позволяющее уменьшить скорость дымовых газов в топке и, тем самым, избежать эрозионного износа поверхностей теплообмена котла.

Проанализировав основные тепловые потери в котлах ТЭЦ, можно предложить для повышения эффективности сгорания непроектного угля, уменьшать температуру уходящих газов. Уменьшать температуру уходящих газов можно либо без конденсации водяных паров, присутствующих в уходящих газах, либо с конденсацией. В обоих случаях необходимо добавить в конструкции дополнительных теплообменник, расположенный после котла, который охладит уходящие газы до более низких температур.

Внедрение теплообменника, позволяющего дополнительно охлаждать температуру уходящих газов, без конденсации водяных паров, позволит дополнительно увеличить КПД котла. Полученное тепло можно направить на подогрев питательной воды или воздуха, поступающего в котел. Эффект от применения теплообменника пропорционален величине дополнительного охлаждения дымовых газов.

Более большой прирост КПД можно получить, если еще сильнее охлаждать уходящие газы, при этом водяные пары станут конденсироваться на поверхности теплообменника. Из-за содержания серы в угле, а в дальнейшем оксида серы в уходящих газах, вместе с водой будет появляться серная кислота, которая своей агрессивностью начнет

воздействовать на материал теплообменника. Поэтому особое внимание нужно уделить материалу, из которого выполнен теплообменник, который должен быть устойчивый к агрессивным средам.

Прирост КПД может достигать 10-15% и абсолютный КПД котла может превысить 100%. Это получается вследствие того, что в расчете КПД котла берется значение низшей теплоты сгорания угля, которая не учитывает теплоту конденсации паров. Другой проблемой будет утилизация химически агрессивного конденсата, который будет содержать примеси серной, фосфорной, азотной и других кислот. Причем уходящие газы будут более чистыми за счет скопления вредных веществ в конденсате. Абсолютное количество конденсата водяных паров из уходящих продуктов сгорания составит 0,0462 м³/ч на 1 тонну пара в час.

Увлажнение дутьевого воздуха позволяет получить дополнительный эффект в виде уменьшения содержания NOX в продуктах сгорания.

Заключение

Исследуя пути повышения эффективности работы Хабаровской ТЭЦ-3 при сжигании непроектного угля Эльгинского месторождения марки Г были рассмотрены различные технологии сжигания топлива.

Таким образом, переход на новые технологии сжигания непроектного топлива признан технически реализуемым и экономически и экологически целесообразным.

Перевод котла на сжигание угля по более технически совершенным технологиям приведет к снижению абсолютных температур газов в топочной камере и снизил их неравномерность.

Реконструкция парового котла Хабаровской ТЭЦ-3, позволит повысить КПД котла и использовать высшую теплоту сгорания топлива, полностью утилизировать выпар атмосферных деаэраторов и снизить содержание оксидов азота в уходящих продуктах сгорания не менее чем в 2 раза. Использование конденсата водяных паров из уходящих продуктов сгорания в системе теплоснабжения Хабаровской ТЭЦ-3 обеспечивает экономию реагентов и электроэнергии на приготовление химически очищенной воды, при этом сокращаются сбросы продуктов регенерации от натрий-катионитных фильтров в окружающую среду.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Богомолов В.В. Теплотехнические и физические характеристики майкубенского угля / В. В. Богомолов, Н. В. Артемьева // Тепловые электростанции, 2007, №6.
2. Гольшев, Л.В. Влияние качества твердого топлива на ограничение номинальной мощности энергоблока / Л.В. Гольшев, И.С. Мысак, Г.А. Довготелес и др. // Теплоэнергетика. – 2001.- №7. - С.19-22.
3. Методические указания по определению ограничений установленной мощности тепловых станций. / СПО Союзтехэнерго Москва, 1987. -24 с.
4. Бельский А.П. Энергосбережение в теплоэнергетике и теплотехнологиях: учеб. пособие.- Изд. 3-е испр./ А. П. Бельский, В. Ю. Лакомкин, С. Н. Смородин - СПб.: СПбГТУ РП, 2012 -136 с.

УДК 66.074.5

Куликова Анна Николаевна, студент, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Kulikova Anna Nikolaevna, student, Komsomolsk-na-Amure State University

Попов Алексей Юрьевич, кандидат технических наук, доцент, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Popov Aleksey Yurievich, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, Komsomolsk-na-Amure State University

ОЧИСТКА ДЫМОВЫХ ГАЗОВ ТЕПЛОВЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СТАНЦИЙ

FLUE GAS CLEANING OF THERMAL POWER PLANTS

Аннотация. Данная работа посвящена рассмотрению способов очистки дымовых газов от оксидов серы и азота, применяемых на тепловых электрических станциях. Для очистки выбросов от оксидов серы используют мокрую, сухую и мокросухую очистку, а от оксидов азота – селективное каталитическое и селективное некаталитическое восстановление. Для каждого способа были выявлены преимущества и недостатки.

Abstract. This work is devoted to the consideration of exhaust gas purification methods from sulfur oxides and nitrogen oxides used in heat power plants. For cleaning used to extractions the emissions from sulfur oxides, and selective catalytic and selectively non-catalytic reduction is used for nitrogen oxides. For each method, advantages and disadvantages were identified.

Ключевые слова: дымовые газы, очистка, оксиды азота, оксиды серы.

Key words: flue gases, cleaning, nitrogen oxides, sulfur oxides.

Введение

Энергетические установки, работающие на углеводородном топливе, являются одним из основных источников выбросов вредных веществ в атмосферу. Основными источниками загрязнения воздуха являются теплоэлектроцентрали и тепловые электростанции.

При сжигании органического топлива в атмосферу выбрасываются оксиды углерода, серы, азота, твердые частицы. Особенно опасными компонентами выбросов являются оксиды азота и серы, они способны распространяться на дальние расстояния и оседать, приводя к загрязнению уже литосферы и гидросферы [1, 2].

Из вышесказанного следует, что данная работа является актуальной, так как посвящена очистке дымовых выбросов от оксидов азота и серы.

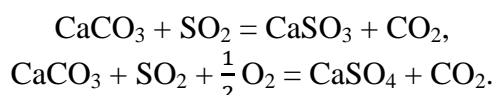
Целью работы является обзор способов очистки дымовых газов от оксидов серы и азота, а также выявление их преимуществ и недостатков.

Так, для очистки выбросов от оксидов серы используют мокрую, сухую и мокросухую очистку, а от оксидов азота – селективное каталитическое и селективное некаталитическое восстановление.

Очистка выбросов от оксидов серы

Мокрый способ очистки заключается в обильной промывке дымовых выбросов в специальном аппарате – абсорбере. В качестве сорбента можно использовать суспензии, например, с помощью известняка CaCO_3 или извести CaO . Такая разновидность газоочистки на данный момент широко распространена.

Дымовые газы поступают в абсорбер, в который добавляется смесь известняка или извести. При контакте сернистого ангидрида (SO_2) с известняком (CaCO_3) происходят следующие реакции:

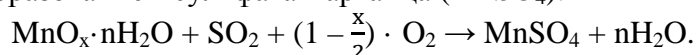


Известняк (CaCO_3) переходит в сульфат кальция (CaSO_4) посредством подачи воздуха. Результатом реакций является промышленный гипс.

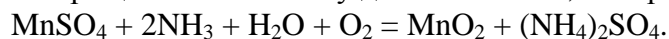
При таком способе степень извлечения оксидов серы достигает 90 %. Затраты на установку составляют 15-25 % от стоимости электростанции, а расходы во время эксплуатации – 10 % от стоимости вырабатываемой электроэнергии. Недостатком данного метода является отложения твердых включений и, как следствие, нарушение циркуляции в системе подачи сорбента [3].

Сухой метод сероочистки основан на адсорбции сернистого ангидрида твердыми сорбентами такими, как активированный уголь, оксидами марганца, железа, алюминия. Как правило применяют оксиды марганца.

В дымовые газы подается оксид марганца, где он взаимодействует с сернистым ангидридом (SO_2) с образованием сульфата марганца (MnSO_4):



Оксид марганца возвращается на очистку дымовых газов, и на регенерацию:

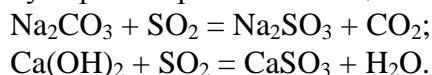


Сульфат аммония ($(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$), образующийся при регенерации, используется как удобрение в сельском хозяйстве.

Сухой метод очистки дымовых газов от сернистого ангидрида является способом снижения выбросов. При таком способе очистки необходимо повышать температуру дымовых газов. Такой процесс происходит без увлажнения очищаемых газов, что снижает процессы, связанные с коррозией элементов оборудования, и уменьшает количество элементов оборудования газоочистки. Данный способ очистки позволяет повторно использовать оксид марганца и полезно использовать продукты очистки газов. Степень очистки от сернистого ангидрида составляет до 90% [4].

К *мокресухому* относится способ, при котором в абсорбер, с дымовыми газами, подается суспензия, связывающая диоксид серы, при этом влага реагента испаряется за счет тепловой энергии дымовых газов.

Применяют такой способ очистки от оксидов серы содой (Na_2CO_3) или известью ($\text{Ca}(\text{OH})_2$). При этом образуется сульфит натрия или кальция:



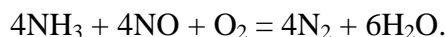
Простота технологической схемы, меньшие капиталовложения и расход тепловой энергии для повышения температуры дымовых газов, чем для мокрой очистки, отсутствие сточных вод – все это является преимуществами мокресухого способа. Также эффективность очистки данным способом может достигать 90 %.

Среди недостатков этого способа можно перечислить следующее: высокое потребление энергии (3–6 % от мощности ТЭС); более высокий расход недешевых реагентов (извести или соды); получение осадков низкого качества; затраты на дополнительную очистку дымовых газов от сажи после абсорбера [3].

Очистка выбросов от оксидов азота

Основной способ по удалению оксидов азота из продуктов сгорания получил способ *селективного каталитического восстановления* (СКВ) аммиаком (NH_3). Этот способ реализован при взаимодействии катализатора и кислорода окружающего воздуха. В качестве подложки (основы) катализатора используется керамический или металлический элемент, а сам катализатор применяют из пентаоксида ванадия, диоксида титана и пр.

В процессе селективного каталитического восстановления аммиак преобразует оксиды азота на катализаторе до исходных продуктов реакции – водяного пара и молекулярного азота:



К основным элементам оборудования этого процесса относятся – реактор, система добавления и запаса аммиака.

Количество катализатора (площадь контакта с дымовыми газами) влияет на качество очистки газов от оксидов азота. Оптимальное мольное отношение $\text{NH}_3:\text{NO}_x$ составляет 0,9-1,03. Степень очистки газов от оксидов азота доходит до 92-94 %.

Молекулярный азот возможно получить восстановлением оксидов азота и в отсутствие катализатора. Это достигается аммиаком или мочевиной при температурах 950-1100 °С. Такой метод называется *селективное некаталитическое восстановление* (СНКВ) оксидов азота.

Равновесное соотношение аммиака к оксиду азота равно 1х1, но обеспечить равномерное перемешивание такого количества аммиака с дымовыми газами сложно, поэтому аммиака добавляют больше (мольное соотношение $\text{NH}_3:\text{NO}=1,05-1,10$). Некаталитическое восстановление оксидов азота достигается меньшими затратами, чем способ селективного каталитического восстановления, но при этом эффективность СНКВ значительно меньше и не превышает 50 % [5].

Заключение

В ходе данной работы были рассмотрены различные способы очистки дымовых газов тепловых электрических станций от оксидов серы и азота. Опираясь на преимущества и недостатки этих способов, очистку дымовых газов от оксидов серы рекомендуется осуществлять мокрым или мокросухим способом, а от оксидов азота – селективным каталитическим восстановлением.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ:

1. Комплексная очистка дымовых газов теплогенерирующих установок [Электронный ресурс]. // URL: <https://www.dissercat.com/content/kompleksnaya-ochistka-dymovykh-gazov-teplogeneriruyushchikh-ustanovok> (дата обращения: 05.04.2023).
2. Влияние вредных выбросов ТЭС И ТЭЦ на атмосферу [Электронный ресурс]. // URL: <https://studfile.net/preview/6231121/> (дата обращения: 05.04.2023).
3. Защита окружающей среды от выбросов ТЭС и котельных [Электронный ресурс]. // URL: <https://studfile.net/preview/1191841/> (дата обращения: 05.04.2023).
4. Сухие методы очистки газов от SO_2 [Электронный ресурс]. // URL: <https://studfile.net/preview/1800408/page:3/> (дата обращения: 05.04.2023). (дата обращения: 02.02.2023).
5. Снижение выбросов оксидов азота [Электронный ресурс]. // URL: https://studopedia.net/18_63381_snizhenie-vibrosov-oksidov-azota.html (дата обращения: 05.04.2023).

УДК 621.311

Макаров Вячеслав Владимирович, студент, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Makarov Vyacheslav Vladimirovich, student, Komsomolsk-na-Amure State University

Шаломов Вячеслав Иванович, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры «Тепловые энергетические установки» Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Shalomov Vyacheslav Ivanovich, candidate of technical sciences, associate professor, Komsomolskiy-na-Amure State University

РАСЧЁТНАЯ ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПАРОТУРБИННОЙ УСТАНОВКИ В УСЛОВИЯХ ПОВЫШЕНИЯ НАЧАЛЬНОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ ПАРА НА ПРИМЕРЕ ЭНЕРГОБЛОКА ТЭС НА СВЕРХКРИТИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ МОЩНОСТЬЮ 300 МВт

ESTIMATED EVALUATION OF THE EFFICIENCY OF A STEAM TURBINE PLANT UNDER CONDITIONS OF AN INCREASE IN THE INITIAL TEMPERATURE OF STEAM ON THE EXAMPLE OF A THERMAL POWER PLANT UNIT WITH SUPERCRITICAL PARAMETERS WITH A CAPACITY OF 300 MW

Аннотация. В тепловой энергетике определенную долю занимают паротурбинные установки с параметрами пара выше критических. Соответственно представляют интерес вопросы, связанные с проектированием таких установок, повышением эффективности их работы и др. В работе представлены результаты расчётной оценки эффективности паротурбинной установки при повышении начальной температуры пара на примере энергоблока ТЭС на сверхкритические параметры с турбиной К-300-240.

Abstract. In thermal power engineering, steam turbine installations with steam parameters above critical ones occupy a certain share. Accordingly, questions related to the design of such installations, increasing the efficiency of their work, etc. are of interest. The paper presents the results of a calculated evaluation of the efficiency of a steam turbine installation with an increase in the initial steam temperature on the example of a thermal power plant unit with supercritical parameters with a K-300-240 turbine.

Ключевые слова: энергоблок, сверхкритические начальные параметры пара, паровая турбина, мощность, электрический КПД, удельный расход условного топлива.

Key words: power unit, supercritical initial parameters of steam, steam turbine, power, electric efficiency, specific consumption of conventional fuel.

Введение

В настоящее время в России эксплуатируются 27 угольных энергоблоков с турбинами К-300-240, в том числе 17 турбин производства Харьковского турбогенераторного завода (ХТГЗ, ныне «Турбоатом» Украина), 10 – производства Ленинградского металлического завода (ЛМЗ). Более 75 % этих турбин имеет наработку свыше 170 тыс. ч, около 18 % превысила 200 тыс. ч эксплуатации. Примерно такое же положение наблюдается и с 50 газомазутными энергоблоками. Однако планируемое техническое перевооружение энергоблоков мощностью 300 МВт необходимо проводить с учётом достижений современного турбо - и котлостроения. Одним из основных направлений совершенствования энергоблоков с традиционными начальными сверхкритическими параметрами пара (СКП) является их перевод на суперсверхкритические параметры (в дальнейшем – сверхкритические). Критические начальные параметры: давление $p_0 \approx$

22,1 МПа, температура $t_0 \approx 374$ °С. Суперсверхкритические выходят на уровень $p_0 = 28-32$ МПа, $t_0 = 580-620$ °С [1].

Цель данного этапа исследования – проведение расчёта и анализа технико-экономических показателей энергоблока при повышении температуры свежего пара на базе турбины К-300-240.

Основная часть

В качестве примера для исследования выбрана турбина К-300-240 ХТГЗ [2]. Паровая турбина К-300-240 ХТГЗ представляет собой одновальный трёхцилиндровый агрегат: цилиндр высокого давления (ЦВД), в одном корпусе цилиндр среднего давления и часть цилиндра низкого давления (ЦСД), цилиндр низкого давления (ЦНД) с промежуточным перегревом пара после ЦВД. Номинальная мощность 300 МВт, номинальный расход свежего пара 960 т/ч. Параметры пара перед турбиной: давление $p_0 = 23,5$ МПа, температура $t_0 = 540$ °С. Температура промежуточного перегрева пара $t_{пп} = 540$ °С. Структурная формула регенеративной системы: 3 подогревателя высокого давления (ПВД) + деаэратор (Д) + 5 подогревателей низкого давления (ПНД). Давление в деаэраторе 0,69 МПа. Температура питательной воды 268 °С. Получается девять ступеней регенеративного подогрева основного конденсата и питательной воды. Температура охлаждающей воды 12 °С. Расчётная принципиальная тепловая схема несколько отличается от исходной, в частности, деаэратор подключён к отдельному отбору турбины для обеспечения скользящего режима работы, испарительная установка из тепловой схемы исключена. Предполагается, использование химического метода подготовки добавочной воды.

Исследование заключается в проведении вариантного расчёта тепловой схемы турбоустановки (ТУ) при заданных значениях начальной температуры пара: 540, 550, 560, 570, 580, 590 и 600 °С при постоянном начальном давлении пара $p_0 = 23,5$ МПа. Температура пара после промперегрева принималась равной начальной $t_{пп} = t_0$. Расход пара в турбину $D_0 = 260$ кг/с и давление в конденсаторе $p_k = 3,57$ кПа выдерживались постоянными для всех вариантов расчёта. Значения внутреннего относительного КПД цилиндров приняты: ЦВД – 87 %, ЦСД – 91 %, ЦНД – 83 %.

Расчёт тепловой схемы ТУ построен на основе метода решения тепловых и материальных балансов [3]. Автоматизированная программа вариантного расчёта тепловой схемы смоделирована по разработанной блок-схеме на базе сопряжённых компьютерных программ Mathcad и XSteam.

Варианты принятых значений начальной температуры и температуры промперегрева пара представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Варианты значений температур пара

Номер варианта	1	2	3	4	5	6	7
Значения температур пара, °С	540/540	550/550	560/560	570/570	580/580	590/590	600/600

Итоги расчётного исследования получились следующими. На рисунке 1 изображена гистограмма изменения электрической мощности энергоблока при повышении начальной температуры пара и температуры промперегрева от значений 540/540 °С до 600/600 °С.

При постоянном расходе свежего пара мощность ТУ возрастает на 71 МВт. Расчётом подтверждается, что увеличение мощности обусловлено повышением использованного теплоперепада в турбине с 1560 до 1835 кДж/кг. Детализация анализа показывает, что при повышении начальной температуры на 10 °С мощность в среднем увеличивается на 12 МВт. В пересчёте на 1 °С – на 1,2 МВт.

Происходит заметное изменение показателей, характеризующих энергетическую эффективность ТУ. Электрический КПД ТУ возрастает на абсолютные 4,6 % и достигает значения 49,2 %. Увеличение температуры свежего пара и пара промперегрева с традиционных значений 540/540 °С до проектного уровня 560/560 °С, как предполагается делать на первом этапе, обеспечивает повышение КПД ТУ на 1,7 %.

Электрический КПД энергоблока определяется с учётом КПД парового котла $\eta_{\text{кп}}$ = 0,92 и КПД трубопровода $\eta_{\text{тр}}$ = 0,98. Оба показателя в расчётах приняты постоянными. Изменение КПД энергоблока в графической форме представлено на рисунке 2.

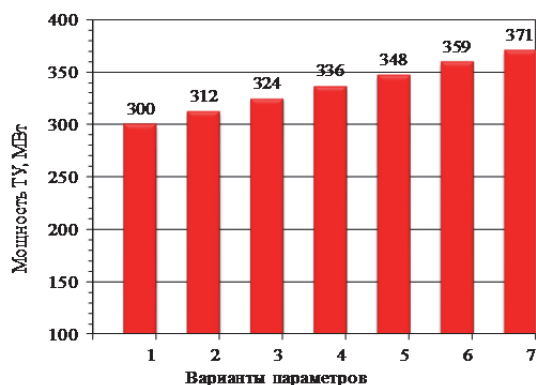


Рисунок 1 – Гистограмма изменения мощности энергоблока

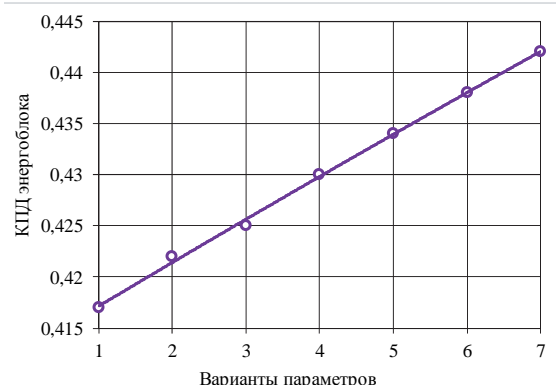


Рисунок 2 – Изменение КПД энергоблока

Как видим, КПД энергоблока (брутто) повышается на абсолютные 4,2 % и достигает значения 44,4 %. Удельный расход условного топлива на выработку электроэнергии энергоблоком (брутто) уменьшается с 306 до 277 г/(кВт·ч), что в относительных единицах составляет 9,4 %.

Положительной стороной повышения начальной температуры пара является увеличение степени сухости пара на выходе из турбины $x_{\text{к}}$ [4]. В нашем расчёте при температуре свежего пара и пара промперегрева на уровне 600/600 °С степень сухости пара составляет $x_{\text{к}} = 0,929$, то есть 92,9 %, против 90,5 % у исходного варианта - снижаются потери от влажности в последних ступенях турбины, в результате чего повышается внутренний относительный КПД турбины η_{oi} и улучшаются условия работы лопаток.

В период с 2011 по 2013 годы на Аксуской ТЭС (Казахстан) в рамках проекта технического перевооружения заменены выработавшие свой парковый ресурс турбины К-300-240 ХТГЗ на двух энергоблоках более мощными турбоустановками К-325-23,5. Однако начальные параметры пара и параметры промперегрева остались прежними. Повышение мощности до 325 МВт обеспечено в основном увеличением расхода пара в турбину до 1050 т/ч [5].

Заключение

Таким образом, результаты расчётного исследования показали, что при постоянном расходе свежего пара на турбину в условиях перехода на уровень температур пара $t_0/t_{\text{мп}} = 600/600$ °С электрическая мощность ТУ возрастает на 71 МВт. При этом, электрический КПД энергоблока (брутто) повышается на абсолютных 4,2 % при снижении удельного расхода условного топлива на выработку электроэнергии на относительные 9,4 %. Предполагаемая турбина может иметь маркировку К-370-23,5.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Дорохов, Е.В. Основы проектирования тепловой схемы ТЭС на сверхкритических параметрах: учеб. пособие / Е.В. Дорохов, А.С. Седлов. – М.: Издательский дом МЭИ, 2007. – 152с.

2. Паровая турбина К-300-240 ХТГЗ / под ред. Ю.Ф. Косяка. – М.: Энергоиздат, 1982. – 171 с.
3. Рыжкин, В.Я. Тепловые электрические станции: Учебник для вузов / В.Я. Рыжкин, под ред. В.Я. Гришфельда. – 3-е изд., перераб. – М.: Энергоатомиздат, 1987. – 328 с.
4. Турбины тепловых и атомных электрических станций: Учебник для вузов. – 2-е изд., перераб. и доп. / А.Г. Костюк, В.В. Фролов и др. – М.: Издательство МЭИ, 2001. – 488с.
5. Арипходжаев Н.Э. Реконструкция энергоблоков станционные № 2 и № 6 Аксуской ТЭС / Н.Э.Арипходжаев // Энергетик.- 2014.- № 9.- С. 51-54.

УДК 621.3.051.3

Масленникова Дарья Сергеевна, студент, Дальневосточный государственный университет путей сообщения

Maslenikova Daria Sergeevna, student, Far Eastern State Transport University

Малышева Ольга Александровна, кандидат технических наук, доцент кафедры «Электротехника, электроника и электромеханика», Дальневосточный государственный университет путей сообщения

Malysheva Olga Alexandrovna, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor of the Department “Electrical Engineering, Electronics and Electromechanics”, Far Eastern State Transport University

К ВОПРОСУ МОДЕРНИЗАЦИИ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ СЕТЕЙ СРЕДНЕГО НАПРЯЖЕНИЯ

TO THE QUESTION OF MODERNIZATION OF MEDIUM VOLTAGE DISTRIBUTION NETWORKS

Аннотация. В данной статье рассматриваются проблемы распределительных сетей среднего напряжения, основные причины их возникновения и современные решения их предотвращения. Модернизация сети представлена заменой возрастных масляных выключателей на автоматические пункты секционирования (реклоузер). Представлен опыт введения в эксплуатацию на Дальнем Востоке.

Abstract. This article discusses the problems of medium voltage distribution networks, the main causes of their occurrence and modern solutions to prevent them. The modernization of the network is represented by the replacement of age-related oil switches with automatic sectioning points (recloser). The experience of commissioning in the Far East is presented.

Ключевые слова: распределительная сеть, реклоузер, автоматизация, авария, надежность.

Key words: distribution network, recloser, automation, accident, reliability.

Введение

Сети среднего напряжения 35-10(6) кВ считаются главным звеном в процессе распределения электрической энергии и электроснабжения промышленных предприятий, городов и сел. Такие сети должны обеспечивать надежность и бесперебойное снабжение электрической энергией потребителей даже в отдаленных населенных пунктах. В основном распределительные электрические сети напряжением 6-35 кВ выполнены по довольно старым технологическим решениям. Почти четверть оборудования подстанций превышает 50-летний возраст, что напрямую снижает надежность сети, а соответственно, длительная эксплуатация таких устройств может приводить к авариям и перебоям в электроснабжении потребителей.

Основная часть

Согласно данным ПАО «Россети» в распределении центров питания по России почти половина центров питания в распределительных сетях – это подстанции напряжением 35 кВ и ниже. Протяженность воздушных линий 35 кВ составляет 115286 км. Распределительные сети 35 кВ имеют несколько преимуществ перед сетями 6(10) кВ, объясняя их количество: потери составляют 16 %; более высокая надежность, 3 отключения на 100 км линий. В тоже время в сетях 6(10) кВ потери составляют 24% и 10 отключений на 100 км линий [1, 2].

На аварийность распределительных сетей влияет множество факторов, включая возраст оборудования подстанций и ЛЭП, а также климатические условия. Причины возникновения аварий в сетях 35 кВ в процентном соотношении разделяются следующим образом (рисунок 1).



Рисунок 1 – Диаграмма распределения причин возникновения аварий

Воздушные линии электропередачи и оборудование, установленное на подстанциях, определяют надежность электроснабжения. По возрастной статистике средний возраст оборудования подстанций 35 кВ – 35 лет, но 1/5 оборудования подстанций имеет возраст 45-50 лет и более. Таким образом, в случае повреждения оборудования вероятность возникновения аварии возрастает до 80%. Аварии на подстанциях, приводящие к нарушению электроснабжения потребителей, в среднем протекают 2-3 часа.

На рисунке 2 приведена диаграмма распределения мест нарушений в работе распределительных сетей, где можно выделить три места в распределительных сетях с наиболее часто возникающими аварийными ситуациями. Это аварии связанные с отказами коммутационных аппаратов, отказами силовых трансформаторов и авариями на трансформаторных подстанциях.

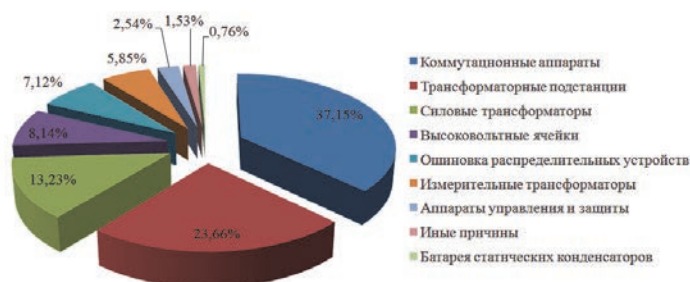


Рисунок 2 – Диаграмма распределения мест нарушений работы электрических сетей

Так же к распространённым причинам аварий на возрастных подстанциях и линиях электропередачи относятся:

- невыполнение в требуемых объемах технического обслуживания и ремонта оборудования и устройств;

- неисправность релейной защиты и автоматики;

- износ оборудования в процессе длительной эксплуатации.

Существует практика проведения комплекса мер по подготовке к безаварийной работе электрических сетей, согласно которой выполняются осмотры подстанций, проверяются соответствие требованиям грозозащиты, отмечаются повышенные риски во время паводков и осенне-зимнего периода и т.д. Своевременная оценка технического

состояния должна дополняться принципом планово-предупредительного ремонта, но с развитием технологий этих способов становится недостаточно, что приводит к необходимости автоматизированного управления режимами работы электрических сетей.

Автоматизация распределительных сетей 35-10(6) кВ позволяет обеспечить высокую надёжность и эффективность их работы. Современная технология использует комплекс телемеханики, измерений и коммутационных аппаратов для дистанционного и автоматического управления. К таким коммутационным аппаратам относятся применяемые широко в западной части России автоматические пункты секционирования или реклоузеры вместо автоматических выключателей. Они способны выполнять следующие задачи:

- автоматическое отключение поврежденного участка;
- оперативные переключения в воздушных распределительных сетях;
- определение возникновения повреждения;
- автоматический сбор информации о параметрах режимов работы;
- интеграция в системы телемеханики;
- автоматическое восстановление питания на неповрежденных участках.

Принцип работы реклоузера такой же, как и у обычного выключателя, но поврежденный участок между реклоузерами изолируется за гораздо меньшее время [3, 5]. Причем, при выполнении отключающих операций каналы связи не требуются, поскольку они используются для измерений, диагностики системы во время планового восстановления нормального режима работы, а также для восстановления системы при аварийных режимах. При таких условиях эти устройства почти не требуют обслуживания, кроме проведения периодических осмотров внешнего состояния выключателей. На фидер с односторонним питанием 6(10) кВ достаточно установки одного-двух реклоузеров [4]. Тогда на кольцевой схеме с двумя источниками питания устанавливают от трёх до пяти реклоузеров. Реклоузеры предназначены как для нового строительства, так и для модернизации подстанций и воздушных линий.

Известная на сегодняшний день установка реклоузеров на подстанцию имеется на ПС 35 кВ Порт, где была произведена замена возрастных масляных выключателей. Другим примером установки реклоузеров 35 кВ и 10 кВ на Дальнем Востоке является ПС Май 35 кВ, где вместо привычных масляных выключателей установлены реклоузеры как со стороны высшего напряжения 35 кВ, так со стороны низкого напряжения 10 кВ, и на каждой отходящей линии. Строительство ПС Май с применением современных технологий предполагает вывод МГРЭС без вреда для энергосистемы и дает возможность повысить надёжность распределительной сети среднего напряжения данного района.

Заключение

Рассматривая опыт установки автоматически пунктов секционирования на Дальнем Востоке можно сказать, что на воздушных линиях электропередачи 35-10 кВ из 10 рассматриваемых реконструируемых подстанций только на 2 устанавливают реклоузеры взамен обычных автоматических выключателей.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Мхоян, А.М. Оценка экономической эффективности установки реклоузеров в распределительной электрической сети / А.М. Мхоян // Наука, образование, инновации: апробация результатов исследований. Материалы Международной (заочной) научно-практической конференции. Под общей редакцией А.И. Вострцова. – 2019. – С. 149-152.

2. Казакул, А.А. Анализ устройств повышения надёжности электроснабжения потребителей для сетей 6-10 кВ / А.А. Казакул, А.Е. Сушко, А.В. Козлова // Инновации. Наука. Образование. – 2021. – № 35. – С. 243-249.

3. Фурсанов, М.И. Схемно-конструктивные решения и информационное обеспечение городских электрических сетей в условиях Smart Grid / М.И. Фурсанов // Энерге-

тика. Известия высших учебных заведений и энергетических объединений СНГ. – 2017. – Т. 60. – № 5. – С. 393-406.

4. Умбеткулов, Е.К. К вопросу децентрализованной автоматизации распределительных электрических сетей / Е.К. Умбеткулов, И. Калдыбайулы // Современные научные исследования и инновации. – 2020. – № 3(107). – С. 6.

5. Толкачев, А.И. Применение автоматических пунктов секционирования для повышения надежности и автоматизации работы ВЛ / А.И. Толкачев, М.В. Горбачев // Современная электроника. – 2008. – № 9. – С. 43-46.

УДК 621.314

Мещеряков Александр Владимирович, аспирант, Югорский государственный университет

Meshcheryakov Alexander Vladimirovich, student, Yugra University

Третьяков Евгений Александрович, доктор технических наук, доцент, профессор Политехнической школы, Югорский государственный университет

Evgeny Tretyakov, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Professor of the Polytechnic School, Yugra University

МОДЕЛИРОВАНИЕ УСТРОЙСТВА ДЛЯ СНИЖЕНИЯ КОЛЕБАНИЙ НАПРЯЖЕНИЯ В СИСТЕМАХ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ С РЕЗЕРВНЫМ ПИТАНИЕМ ОТ ДИЗЕЛЬ-ГЕНЕРАТОРНЫХ УСТАНОВОК

SIMULATION OF A DEVICE FOR REDUCING VOLTAGE FLUCTUATIONS IN POWER SUPPLY SYSTEMS WITH BACKUP POWER FROM DIESEL GENERATOR SETS

Аннотация. В работе представлена имитационная модель системы электроснабжения с резервным питанием от дизель-генераторных установок совместно с устройством типа СТАТКОМ. Для снижения колебаний напряжения в системах электроснабжения с питанием от ДГУ целесообразно применять устройства типа СТАТКОМ с включением в звено постоянного тока источника энергии (аккумулятор, суперконденсатор). При этом величина емкости указанного накопителя будет кратно ниже применяемых систем накопления энергии. Имитационное моделирование устройств для снижения колебаний напряжения в системах электроснабжения с резервным питанием от дизель-генераторных установок типа СТАТКОМ позволяет исследовать пути повышения качества электроэнергии и обосновать параметры соответствующих устройств во всех режимах работы системы электроснабжения.

Abstract. The paper presents a simulation model of a power supply system with backup power from diesel generator sets together with a STATCOM type device. To reduce voltage fluctuations in power supply systems powered by a DCU, it is advisable to use devices of the STATCOM type with the inclusion of an energy source in the DC link (battery, supercapacitor). At the same time, the capacity of the specified storage device will be a multiple lower than the energy storage systems used. Simulation modeling of devices for reducing voltage fluctuations in power supply systems with backup power from diesel generator sets of the STATCOM type allows us to explore ways to improve the quality of electricity and justify the parameters of the corresponding devices in all modes of operation of the power supply system

Ключевые слова: моделирование, система электроснабжения, резервирование, дизель-генераторная установка, качество электроэнергии, СТАТКОМ.
Key words: modeling, power supply system, redundancy, diesel generator set, electricity quality, STATCOM.

Введение

В настоящее время вопросы обеспечения качества электроэнергии в удаленных энергорайонах электроэнергетических систем с резервированием от дизель-генераторных установок (ДГУ) остается актуальным. Питание от ДГУ ответственных потребителей осуществляется, как правило, в условиях резкопеременных нагрузок коммунально-бытового сектора, вызванного, в том числе малым количеством электроприемников. Дефицит активной и реактивной мощности, значительное входное сопротивление источника приводят к снижению качества электроэнергии у потребителей по частоте и напряжению.

Для разрешения указанных проблем все большее применение находят устройства на базе элементов силовой электроники: статические тиристорные компенсаторы реактивной мощности (СТК), системы накопления энергии с автономными инверторами напряжения, активные фильтры гармоник, статические компенсаторы реактивной и мощности (СТАТКОМ) [1-3].

Научные исследования по рассматриваемой проблематике связаны с моделированием систем накопления энергии, устройств СТК совместно с ДГУ для обеспечения оптимальных режимов работы дизельной установки в широких пределах изменения нагрузки и повышения качества электроэнергии [1-6]. Вопросы применения совместно с ДГУ устройств типа СТАТКОМ с накопителем на суперконденсаторах в автономных системах электроснабжения исследованы недостаточно подробно и имеют значительный потенциал развития и перспективы практического применения. Целью работы является моделирование устройства для снижения колебаний напряжения в системах электроснабжения с резервным питанием от дизель-генераторных установок типа СТАТКОМ.

Основная часть

Упрощенная силовая часть СТАТКОМа может быть представлена в однофазном исполнении, как показано на рисунке 1 [1].

Активная и реактивная мощность СТАТКОМУ (в условиях симметричных токов и напряжений) [1]:

$$P = \frac{U_1 \cdot U_2 \sin \delta}{X};$$
$$Q = -\frac{U_1 \cdot U_2}{X} \cdot \left(\cos \delta - \frac{U_1}{U_2} \right), \quad (1)$$

где δ – угол между U_1 и U_2 ; U_1 – результирующий вектор питающего напряжения; I_1 – результирующий вектор формируемого преобразователем компенсирующего тока; U_c – напряжение на конденсаторе C , подключённом на выход преобразователя; L_1 – индуктивность входного реактора.

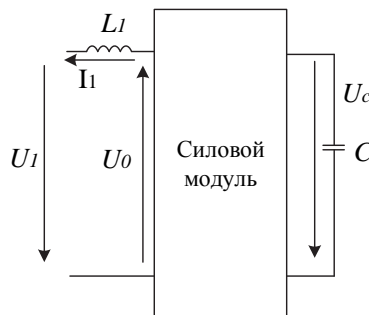


Рисунок 1 – Функциональная схема Статком

Блок-схема управления СТАТКОМ для целей имитационного моделирования может быть представлена на рисунке 2.

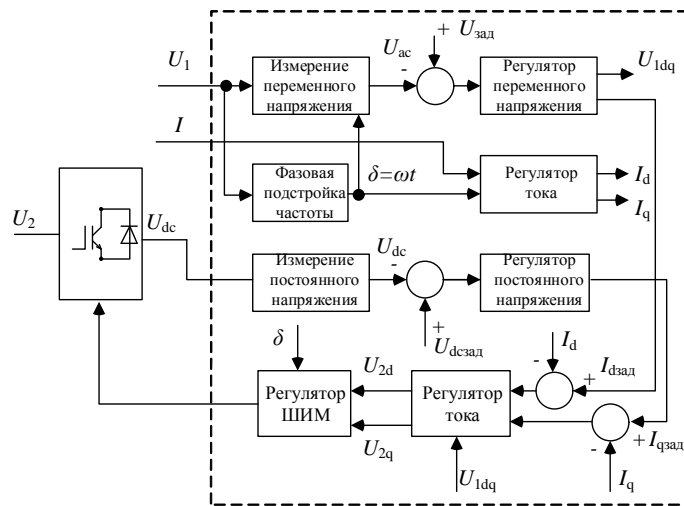


Рисунок 2 – Блок-схема управления СТАТКОМ [1]

Задание в имитационную модель графиков нагрузки осуществлялось в виде управляемого источника тока.

Моделирование совместной работы устройства типа СТАТКОМ совместно с дизель-генераторной установкой мощностью 200 кВт выполнялось согласно модели, представленной на рисунке 3.

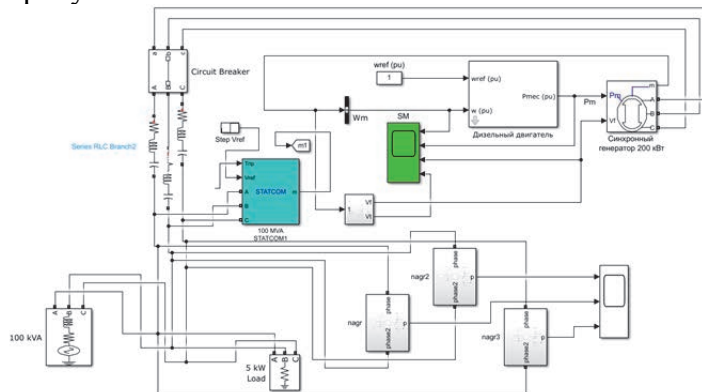


Рисунок 3 – Модель совместной работы СТАТКОМ и ДГУ

Моделирование работы устройства типа СТАТКОМ совместно с дизель-генераторной установкой мощностью 200 кВт выполнялось согласно модели, представленной на рисунке 3.

Результаты моделирования в режиме стабилизации колебаний напряжений представлены на рисунке 4.

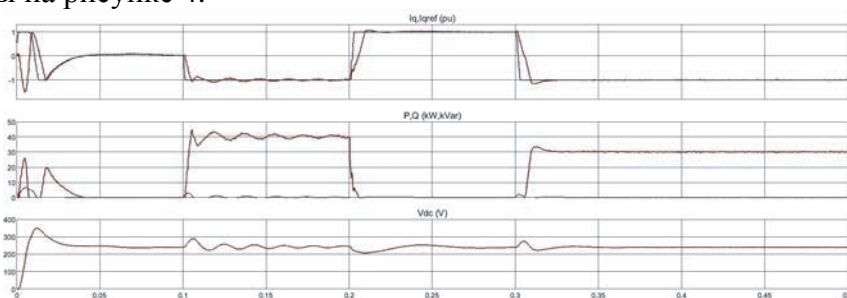


Рисунок 4 – Результаты моделирования работы СТАТКОМ

Заключение

Для снижения колебаний напряжения в системах электроснабжения с питанием от ДГУ целесообразно применять устройства типа СТАТКОМ с включением в звено постоянного тока источника энергии (аккумулятор, суперконденсатор). При этом величина емкости указанного накопителя будет кратно ниже применяемых систем накопления энергии.

Имитационное моделирование устройств для снижения колебаний напряжения в системах электроснабжения с резервным питанием от дизель-генераторных установок типа СТАТКОМ позволяет исследовать пути повышения качества электроэнергии и обосновать параметры соответствующих устройств во всех режимах работы системы электроснабжения.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Павлов, А. Развитие систем накопления энергии в мире: от концепций до проектов / А. Павлов // Электроэнергия. Передача и распределение. – 2020. – № 2(59). – С. 12-17.
2. Карагодин, В.В. Оптимизация параметров дизель-генераторных установок и источников бесперебойного питания в системах гарантированного электроснабжения / В.В. Карагодин, К.А. Полянский, Б.А. Ревяков // Труды Военно-космической академии имени А.Ф. Можайского. – 2019. – № 669. – С. 246-253.
3. Хватов, О.С. Электростанция на базе дизель-генераторной установки переменной частоты вращения и буферного накопителя энергии / О.С. Хватов, Д.С. Кобяков, М.Е. Юрлов // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Морская техника и технология. – 2020. – № 3. – С. 71-81.
4. Бачурин, П.А. Испытания промышленного образца системы накопления энергии СНЭ-10-1200-400 при совместной работе с ГПУ в составе экспериментальной энергосистемы / П.А. Бачурин, Д.С. Гладков, В.М. Зырянов [и др.] // Электроэнергия. Передача и распределение. – 2020. – № 2(59). – С. 18-25.
5. Приоритетные направления, ключевые технологии и сценарии развития систем накопления энергии / Л.В. Калимуллин, Д.К. Левченко, Ю.Б. Смирнова, Е.С. Тузикова // Вестник Ивановского государственного энергетического университета. – 2019. – № 1. – С. 42-54.
6. Бык, Ф.Л. Использование систем накопления энергии для функционального резервирования / Ф.Л. Бык, Л.С. Мышкина // Релейная защита и автоматизация. – 2020. – № 4(41). – С. 35-39.

УДК 629.423.31

Мирошниченко Екатерина Евгеньевна, кандидат технических наук, доцент кафедры «Тяговый подвижной состав», Ростовский государственный университет путей сообщения
Miroshnichenko Ekaterina Evgenievna, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Traction Rolling Stock Department, Rostov State Transport University

АЛГОРИТМ РАСЧЕТА ХАРАКТЕРИСТИК ТЯГОВОГО ВЕНТИЛЬНО-ИНДУКТОРНОГО ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ ПРИ ЕГО ПОСТАНОВКЕ НА ПРОИЗВОДСТВО

ALGORITHM FOR CALCULATION OF THE CHARACTERISTICS OF A TRACTION SWITCHED RELUCTANCE ELECTRIC MOTOR WHEN IT IS STARTED INTO PRODUCTION

Аннотация. В работе получен алгоритм определения характеристик тягового вентильно-индукторного двигателя уникальный в своем роде. Данный алгоритм позволяет снизить влияние сил одностороннего магнитного притяжения на подшипники. Использование вентильно-индукторного двигателя с длительным сроком службы подшипников, в системе тягового привода создаст предпосылки для получения нового конкурентоспособного подвижного состава.

Abstract. In the work, an algorithm for determining the characteristics of the traction switched reluctance motor is unique in its kind. This algorithm makes it possible to reduce the influence of one-way magnetic attraction forces on bearings. The use of switched reluctance motor with a long service life of a bearings in the traction drive system will create the prerequisites for obtaining a new competitive rolling stock.

Ключевые слова: тяговый вентильно-индукторный двигатель, силы одностороннего магнитного притяжения, подшипники, алгоритм расчета, износ.

Key words: traction switched reluctance motor, force of a one-way magnetic attraction, bearings, calculation algorithm, wear.

Введение

Одним из наиболее важных узлов в конструкции подвижного состава является тяговый электродвигатель (ТЭД), так как его бесперебойная работа обеспечивает безопасность и стабильность процесса перевозок на железнодорожном транспорте. Применение в системе тяги подвижного состава вентильно-индукторного электродвигателя (ВИД) является довольно перспективным в настоящее время. Так, в России известны разработки по внедрению вентильно-индукторных электрических машин (ВИМ), мощность которых составляет свыше 500 кВт. Имеются разработки, связанные с применением ВИМ в составе электропривода транспортных средств, в том числе для подвижного состава железных дорог. Практика эксплуатации ВИМ общепромышленного назначения показывает, что их «слабым местом» является подшипниковый узел. Так для того, чтобы ВИД имел высокие энергетические показатели, при проектировании величину зазора стремятся минимизировать. Однако на производстве, в связи с невозможностью абсолютно точного изготовления деталей электрической машины, а также наличием погрешностей при сборке, в том числе отклонений при размещении ротора, имеется неравномерность воздушного зазора. Это обстоятельство, можно объяснить присутствием сил одностороннего магнитного притяжения (ОМП) в зазоре между статором и ротором электрической машины. Под воздействием данных сил скорость износа подшипников возрастает, увеличиваются шум и вибрации.

Основная часть

Для поддержания равномерности в воздушном зазоре тягового ВИД в работе представлен алгоритм, который дает возможность проводить расчет характеристик электрической машины на основных этапах при конструировании и производстве. Учет сил ОМП в данном алгоритме имеет первостепенное значение (рисунок 1). Известны методики, посвященные определению характеристик ВИМ в виде определенных алгоритмов. Они позволяют судить о действии сил ОМП на подшипники лишь в общем виде и не содержат определенных рекомендаций при производстве ВИМ, направленных на поддержание равномерности зазора. Особенность алгоритма (рисунок 1) заключается в том, что он нацелен на решение задач, связанных с производственным процессом тяговых ВИД. Новизна алгоритма состоит в его особых блоках. Наличие блока, где происходит определение направления смещения ротора в сторону действия силы тяжести, является его особенностью. На этом этапе проверяется вся размерная цепь путем анализа информации о допусках, указанных в конструкторской документации (КД), а затем определяется наиболее неблагоприятный вариант сборки тягового ВИД (случай, при котором ротор перемещается в сторону действия силы тяжести). Следующая особенность заключается в блоке, позволяющем судить о влиянии полученных расчетных значений сил ОМП на период эксплуатации тягового ВИД. На данном этапе предлагается производить сравнение расчетной силы ОМП с амплитудным значением силы, оказывающей влияние на подшипники при остаточном дисбалансе [1]. Известен ГОСТ ИСО 1940-1-2007, который позволяет регламентировать силу дисбаланса [2]. Из него заключено, что если сила дисбаланса не будет превышать допустимую величину,

тогда тяговый ВИД будет находиться в работоспособном состоянии достаточно длительный период времени. Алгоритм (рисунок 1) итеративен. В случае, если значение сил ОМП, не соответствует требуемым условиям, следует установить более жесткие требования. Затем проводить процедуру итерации, пока значение сил ОМП, полученных расчетным путем, не будет:

$$F_{\text{ОМПрасч.}} \leq F_{\text{ОМПдоп.}} \quad (1)$$

где $F_{\text{ОМПрасч.}}$ – расчетное значение сил ОМП; $F_{\text{ОМПдоп.}}$ – допустимое значение сил ОМП.

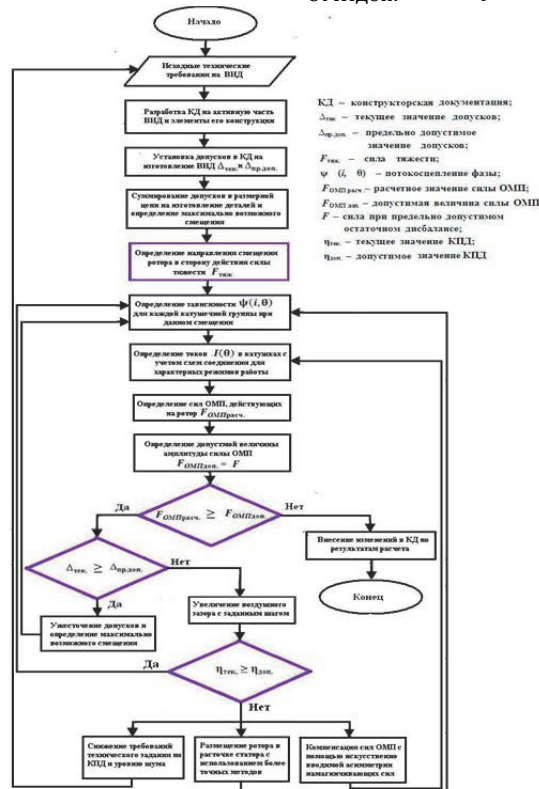


Рисунок 1 – Алгоритм определения характеристик тягового ВИД

Если данное условие не выполняется, происходит переход к следующему блоку (рисунок 1). В нем сравниваются текущее и предельно допустимое значения допусков на элементы конструкции. Если условие:

$$\Delta_{\text{тек}} \geq \Delta_{\text{пр.доп.}} \quad (2)$$

где $\Delta_{\text{тек}}$ – текущее значение допусков, $\Delta_{\text{пр.доп.}}$ – предельно допустимое значение допусков, выполняется, то следует ужесточать допуски и определять максимально возможное смещение. Далее процесс повторяется (рисунок 1). При невыполнении условия (2), когда отсутствует возможность ужесточения допусков по производственным причинам, следует увеличивать воздушный зазор с определенным шагом между ротором и статором тягового ВИД. Обратной стороной данных действий является уменьшение КПД электрической машины. При выполнении условия:

$$\eta_{\text{тек}} \geq \eta_{\text{доп.}} \quad (3)$$

где $\eta_{\text{тек}}$ – текущее значение КПД; $\eta_{\text{доп.}}$ – допустимое значение КПД.

Для тягового ВИД с увеличенным воздушным зазором весь алгоритм необходимо пройти заново, пока условие (1) не выполнится. В случае невыполнения условия (3), согласно представленному алгоритму, имеется три варианта дальнейших действий. Во-первых, возможно изменять требования по уровню КПД в сторону его уменьшения, если это устраивает сторону заказчика. Во-вторых, использовать методы, позволяющие как можно точнее поместить ротор в расточку статора тягового ВИД [3]. В-третьих, произвести компенсацию сил ОМП, используя, вводимую искусственным способом, асимметрию намагничивающих сил [1, 4, 5].

Заключение

Предложенный в работе алгоритм, уникален в своем роде. Он позволяет контролировать точность изготовления элементов конструкции тягового ВИД и обеспечивать равномерность воздушного зазора, путем внесения изменений в технологический цикл на производстве. Это даст возможность снизить влияние сил ОМП на подшипники, повысив их надежность.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Мирошниченко, Е.Е. Оценка влияния сил одностороннего магнитного притяжения на надежность подшипникового узла вентильно-индукторной электрической машины / Е.Е. Мирошниченко // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Энергетика. – 2022. Т. 22. – № 3. – С. 39-51. – DOI 10.14529/power220305
2. ГОСТ ИСО1940-1-2007. Вибрация. Требования к качеству балансировки жестких роторов. Часть 1. Определение допустимого дисбаланса. – Москва: Стандартинформ. – 2008. – 27 с.
3. Глинкин, С.А. Опыт конструирования и освоения производства опытно-промышленной партии вентильно-индукторных двигателей / С.А. Глинкин, А.В. Захаров // Вестник ИГЭУ. – 2015. – Вып.1. – С. 14–19.
4. Li, F-C. Instantaneous Shaft Radial Force Control with Sinusoidal Excitations for Switched Reluctance Motors / F-C. Lin, S-M. Yang // Conference Record of the 2004 IEEE Industry Applications Conference. USA. – 2004. – P. 424-430. – DOI 10.1109/IAS.2004.1348442.
5. Петрушин, А.Д. Исследование вентильно-индукторной электрической машины с конструктивной асимметрией / А.Д. Петрушин, М.В. Чавычалов, Е.Е. Илясова // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2013. – №1. – С. 45-50.

УДК 621.438

Нецветаев Дмитрий Вячеславович, магистрант, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Necvetaev Dmitriy Vyacheslavovich, student, Komsomolsk-na-Amure State University

Смирнов Алексей Владимирович, кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой «Тепловые энергетические установки», Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Smirnov Aleksey Vladimirovich, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, Head of Department «Heat power plants», Komsomolsk-na-Amure State University

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ КОНТАКТНЫХ ГАЗОПАРОВЫХ УСТАНОВОК В СТАЦИОНАРНОЙ ЭНЕРГЕТИКЕ

PROSPECTS FOR THE USE OF CONTACT GAS-STEAM INSTALLATIONS IN STATIONARY POWER ENGINEERING

Аннотация. Одним из перспективных направлений развития стационарной энергетики является создание комбинированных теплоэнергетических установок. Последние, в свою очередь, могут быть выполнены с отдельными контурами рабочих тел либо со смешением рабочих тел. Установки со смешением рабочих тел (контактные установки) обладают определенными преимуществами, хотя имеют меньшее распространение. Работа посвящена особенностям и перспективам контактных газопаровых установок.

Abstract. One of the promising directions for the development of stationary energy is the creation of combined heat and power plants. The latter, in turn, can be made with separate contours of working bodies or with a mixture of working bodies. Installations with a mixture of working bodies (contact installations) have certain advantages, although they are less common. The work is devoted to the features and prospects of contact gas-steam installations. Ключевые слова: стационарная энергетика, газовая турбина, контактная газопаровая установка, впрыск.

Key words: stationary power engineering, gas turbine, contact gas-steam installation, injection.

Введение

В тепловой энергетике основными тепловыми двигателями являются паро- и газотурбинные установки и дизельные двигатели. Каждый вид установок имеет свою область применения в энергетике, но наиболее распространенными являются паротурбинные установки. Однако, в последнее время все больший интерес вызывают газотурбинные установки, представляемые в стационарной энергетике как самостоятельными агрегатами, так и в составе комбинированных установок. Последние могут быть выполнены как с отдельными контурами рабочих тел («классические» парогазовые установки с газотурбинной надстройкой), так и со смешением рабочих тел. В настоящей работе будут рассмотрены особенности и перспективы применения в стационарной энергетике комбинированных установок со смешением рабочих тел.

Основная часть

Комбинированные установки со смешением рабочих тел подразумевают под собой установки, в которых происходит смешение продуктов сгорания и воды или водяного пара путем впрыска последних в тракт газотурбинной установки.

Первую попытку создать описанную выше установку предпринял русский инженер П.Д. Кузьминский еще в 1892-1900 гг. [1]. Но особенности реализации установки и низкие к.п.д. проточной части турбомашин не позволили в то время развить это направление. Дальнейшие исследования в этой области проводились с различной интенсивностью. К настоящему времени определились основные термины и виды установок в этой области, которые хорошо описаны в работе [2]. Укажем основные из них.

Комбинированные установки со смешением рабочих тел относятся к молярным (контактным) установкам, которые принято называть газопаровыми. По распространенности такие установки имеют меньшую долю по сравнению с парогазовыми бинарными установками. Основной идеей в принципе работы таких установок является впрыск воды или пара в различные части газотурбинной установки.

Газопаровые установки разделяются на следующие виды [2]:

- установки с впрыском пара (STIG технология);
- установки с увлажнением воздуха до камеры сгорания или газов после нее (НАТ и СНАТ технологии);
- установки с впрыском и улавливанием пара (типа «Водолей»);
- когенерационные установки.

Газопаровые контактные установки, несмотря на чуть меньший к.п.д. по сравнению с бинарными парогазовыми установками и потери водяного рабочего тела в окружающую среду вместе с газами, все же имеют определенные положительные качества: более простая технологическая схема среди комбинированных установок, меньшие удельные капиталовложения, достаточная надежность и экологичность (прежде всего, с точки зрения снижения окислов азота в отработавших газах) [3]. При этом, можно получить значительное повышение мощности выработки электроэнергии. Так, в источнике [4] приводится пример фирмы Agarwal et al., сообщившей о модернизации простой газотурбинной установки путем внедрения технологий IAC (охлаждение воздуха перед

сжатием) и STIG, что позволило увеличить мощность установки с 30 до 48,25 МВт. В другой работе [5] приводится пример, когда впрыск пара в камеру сгорания в количестве 10-25 % по отношению к расходу воздуха обеспечивает рост к.п.д. на 20-60 % и увеличение мощности в 1,5-2 раза.

Также в работе [5] говорится, что газотурбинные электростанции эффективнее паротурбинных, а если применить еще впрыск пара в камеру сгорания газотурбинной установки, то это дополнительно позволит повысить их экономичность и экологичность. Поэтому становится целесообразным применение таких установок в системах централизованного теплоснабжения городов, так как источники систем теплоснабжения, размещаются, как правило, в центрах теплопотребления в пределах радиуса эффективного теплоснабжения населённого пункта.

Интересное решение описывается авторами работы [6], которое заключается во включении в тепловую схему газопаровой установки со STIG технологией контактного конденсатора. Данное решение позволяет получить дополнительную энергию в виде теплоты конденсации водяных паров, содержащихся в отработавших газах установки. Этого тепла в количественном отношении достаточно для обеспечения приемлемой тепловой мощности установки, что позволяет оптимизировать теплофикационные возможности ТЭЦ, реконструируемых с помощью газотурбинных установок со STIG технологией [6].

Описанные примеры демонстрируют не только положительные особенности, но и подчеркивают определенную широту применения газопаровых установок в стационарной энергетике.

Заключение

Описанные выше особенности контактных газопаровых установок позволяют сделать выводы о перспективности их применения в стационарной энергетике. При этом указанные установки способны обеспечить в ряде случаев обеспечить лучшие технические характеристики по сравнению с паротурбинными и парогазовыми установками.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Степанов, И.Р. Парогазовые установки. Основы теории, применение и перспективы.- Апатиты: изд. Кольского научного центра РАН, 2000.- 169 с.
2. Развитие теплоэнергетики и гидроэнергетики. [Электронный ресурс]. URL: <http://energetika.in.ua/ru/books/book-3/part-1/section-3/3-8> (дата обращения 07.04.2023).
3. Мельников, Д.В. Состояние и перспективы развития ГПУ на современном этапе / Д.В. Мельников, Н.Н. Галашов, С.А. Цибульский, А.И. Баннова, А.С. Киселев // Материалы V Международного молодежного форума «Интеллектуальные энергосистемы».-2017, т. 2, С.25-29.
4. Худа, З. Повышение выходной мощности и рентабельности с помощью энергоэффективных технологий и передовых материалов в современных промышленных газовых турбинах / З. Худа, Т. Захарини, Х. А Аль-Ансари. Int J Mech Mater Eng 9, 2 (2014). <https://doi.org/10.1186/s40712-014-0002-y> (дата обращения 07.04.2023).
5. Буланин, В.А. Использование газовых турбин для комбинированного производства энергии // Сантехника, Отопление, Кондиционирование.- 2020.- № 3, С. 46 -51. Иваницкий, М.С. Новая схема эффективной газопаровой установки / М. С. Иваницкий, А. Д. Грига, А. В. Благодичиннов // Альтернативная энергетика и экология.- 2015.- № 17-18 (181182).- С. 123-127.

УДК 621.311.8

Никонов Сергей Андреевич, студент, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Nikonov Sergey Andreevich, student, Komsomolsk-na-Amure State University

Кузьмин Роман Вячеславович, кандидат технических наук, доцент кафедры «Электромеханика», Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Kuzmin Roman Vyacheslavovich, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor of Electromechanics Department, Komsomolsk-na-Amure State University

РЕАЛИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ РЕЗЕРВНОГО ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ

IMPLEMENTATION OF THE RESERVE POWER SUPPLY SYSTEM

Аннотация. Рассмотрена одна из систем резервного электроснабжения. Приведен пример внедрения в резерв дизельного агрегата. Система автоматического перехода на резерв поможет избежать проблем с энергоснабжением при отключении от промсети. Показана схема коммутирования с основными элементами установки.

Abstract. One of the backup power supply systems is considered. An example of the introduction of a diesel unit into the reserve is given. The system of automatic switching to the reserve will help to avoid problems with power supply when disconnecting from the industrial network. The switching scheme with the main elements of the installation is shown.

Ключевые слова: система резервного электроснабжения, электростанция, внедрение, схема.

Key words: backup power supply system, power plant, implementation, scheme.

Введение

Дизельные (бензиновые) агрегаты являются самыми распространенными источниками резервного электроснабжения. Широко используются в ВС РФ, МЧС, ЖКХ, различных аварийных службах. Так же ими комплектуются объекты, для которых отключение от промышленной сети недопустимо. Существуют стационарные и подвижные генераторы. Они имеют ряд преимуществ по сравнению с остальными системами. Мобильное развертывание, работа в любых погодных условиях, малый интервал перехода на резерв, длительный и экономичный срок эксплуатации, ремонтпригодность взаимозаменяемыми деталями.

Основная часть

Резервный дизельный агрегат чаще подключают по классической схеме. Но могут быть отличия в вариантах подключения, это зависит от выходного напряжения, на которое рассчитан агрегат (трехфазное или однофазное), от присутствия или отсутствия пульта автоматического включения резерва (АВР) [1].

На схеме (рисунок 1) указаны:

- дизельный агрегат, резервная электростанция;
- пульт автоматического включения резерва, который производит переход питания с промышленной сети на резервный агрегат;
- рубильник обводного канала. Он производит переключение питания нагрузки от промсети, исключая пульт АВР из цепи энергоснабжения [2]. При ремонте появляется возможность отключить пульт АВР, без потребности длительного отключения нагрузки;
- пульт управления дизельным агрегатом;
- электрощитовая, в которой располагаются выключатели нагрузок;
- выходной автовыключатель дельного агрегата;
- автовыключатель, служит для защиты кабелей собственных нужд;

- силовой кабель. Силовой кабель протягивается от дизельного агрегата до пульта АВР. По кабелю на нагрузки подается питание от генератора. В дизельном агрегате кабель подключается к клеммам выходного автомата. На другом конце кабель коммутируется в пульт АВР [3];

- кабель управления. Этот кабель коммутирует между собой дизельный агрегат и пульт АВР. Зависит от расположения блока контроля промсети. Он служит для контроля качества и наличия промышленной сети, а так же для подачи команд для запуска агрегата и его остановку [4];

- кабель собственных нужд [5]. Этот кабель располагается от агрегата до щитовой. Когда агрегат не задействован, он запитывает аккумуляторные батареи и подогрев жидкостей агрегата от промсети.

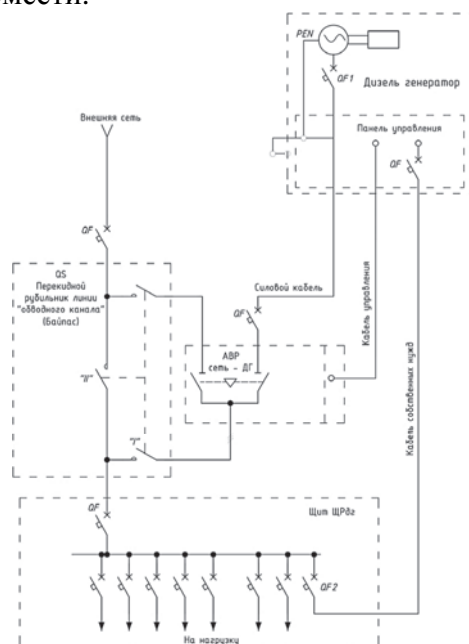


Рисунок 1 - Однолинейная схема коммутирования агрегата с панелью АВР

Заключение

Автоматическое устройство включения резерва считается одним из значимых элементов в схеме электроснабжения. АВР используется там, где требуется резервирование не только в промышленных масштабах, но и для личных нужд. Оно может представлять собой простое одноблочное устройство или же сложную схему для крупного предприятия.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Хазнаферова, Н.В. Системы бесперебойного электроснабжения на возобновляемых источниках энергии / Н.В. Хазнаферова, О.В. Григоращ // Сборник статей по материалам 73-й научно-практической конференции студентов по итогам НИР за 2017 год. Ответственный за выпуск: А. Г. Коцаев. – 2018. – С. 951-953. – EDN: XWIVQL.

2. Рыбаков, В.В. Актуальные проблемы учета требований к надежности электроэнергетической системы при построении системы электроснабжения специальных объектов / В.В. Рыбаков, Н.Е. Пешехонов, А.Е. Воронин // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2018. – № 10. – С. 392-398. – EDN: YRBILR.

3. Егоров, А.В. Некоторые вопросы взаимодействия информационно-измерительных систем и автоматизированных систем управления электроснабжением / А.В. Егоров, Г.Н. Малиновская, И.Ю. Храбров // Территория Нефтегаз. – 2016. – № 9. – С. 18-24. – EDN: WWXICH.

4. Зиновьева, О.А. Автоматизированная система диспетчерского управления систем электроснабжения / О.А. Зиновьева, А.В. Сериков // Материалы всероссийской научно-технической конференции студентов и аспирантов. – 2018. – С. 290-292. – EDN: ХТРВZR.

5. Гольдин, Д.А. Структура системы автоматического управления и алгоритмы систем электроснабжения космических аппаратов / Д.А. Гольдин // Проблемы управления безопасностью сложных систем. Труды XXI Международной конференции. Под редакцией Н.И. Архиповой, В.В. Кульбы. – 2013. – С. 243-248. – EDN: SWVPDP.

УДК 621.11.01

Ремденко Владимир Евгеньевич, студент, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Remdenok Vladimir Evgenievich, student, Komsomolsk-na-Amure State University

Хвостиков Александр Станиславович, кандидат технических наук, доцент, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Khvostikov Aleksandr Stanislavovich, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Komsomolsk-na-Amure State University

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ КОТЛА БКЗ-210-140Ф КОМСОМОЛЬСКОЙ ТЭЦ-2

IMPROVING THE EFFICIENCY OF THE BOILER BKZ-210-140F KOMSOMOLSKAYA CHP-2

Аннотация. На сегодняшний день самым главным фактором в организации топочного процесса при сжигании топлива имеют горелочные устройства: инженерная конструкция, их расположения и режима работы зависят надёжность воспламенения, смесеобразование и зона сжигания в топке котла. Все названные причины по-своему ещё влияют на скорость и полноту сгорания топлива, при этом не стоит забывать и про экологическое влияние на вредные выбросы в атмосферу.

Abstract. To date, the most important factor in the organization of the combustion process during fuel combustion are burner devices: engineering design, their location and operating mode depend on the reliability of ignition, mixing and combustion zone in the boiler furnace. All these reasons still affect the speed and completeness of fuel combustion in their own way, while we should not forget about the environmental impact on harmful emissions into the atmosphere.

Ключевые слова: сжигание топлива, горелочные устройства, дымовые газы, снижение выбросов, экономия электроэнергии.

Key words: fuel combustion, burner devices, flue gases, emission reduction, energy saving.

Введение

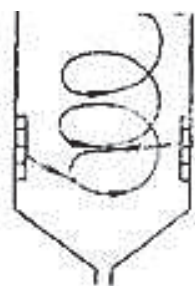
Важным элементом в котельном агрегате является горелочное устройство, его правильный выбор и установка в топочной камере, а также соблюдение условий эксплуатации напрямую повлияют на эффективность и экономичность, а в некоторых случаях и на всю работоспособность котельного агрегата. Принцип горелок заключается в обеспечении подготовки и хорошего перемешивания двух потоков (пылевоздушной смеси и вторичного воздуха) к активному горению в топке.

Основная часть

В мировой практике перспективное применение получает тангенциальный способ сжигания пылевидного топлива и применения циклонов в котельных агрегатах, так же их называют вихревые топки.

Схема с угловыми горелками и тангенциально направленными горелочными струями к условной окружности в центре топки получила большое распространение на разных типах котельных агрегатов, в том числе и большой мощности. Она имеет преимущества, выражающиеся в равномерном тепловом потоке и малом шлаковании экранов и стен топки, так как вдоль них происходит движение слегка остывших газов.

Для более эффективной работы горелок с угловым тангенциальным расположением их стоит выполнять с поперечным сечением, близким к квадрату с соотношением сторон не более чем 1:1,2. Так мы сможем понизить динамическое воздействие факелов на стены, что в свою очередь снизит опасность шлакования, а также уменьшится центральный вихрь, тем самым мы получим полное сжигание топлива.



Расположение горелок должно находиться вблизи или в углах топочной камеры, а струи направлены по касательной к окружности диаметром приблизительно одного метра, относительно центра в топке. Тем самым мы получаем вихрь, поднимающийся вверх по топке и увеличивающийся в своём диаметре. При этом из-за наличия вихря и вовлечения в поток большого количества газов, у факела снижается температура, что даёт возможность для сжигания в топке низкоресурсных топлив. Возможное расположение горелок для тангенциального сжигания топлива показано на рисунке 1.

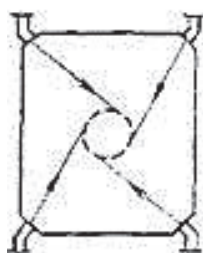


Рисунок 1 – Схема компоновки тангенциальных угловых горелок

Расположение горелок в камере сгорания выбрано так, чтобы обеспечить максимальную полноту сгорания топлива в ядре факела, создать благоприятные условия для удаления шлаков из топки в заданном режиме и избавиться от возможного шлакования стен топочной камеры.

Вихревые горелки создают более короткий факел по длине и широкий угол его раскрытия по сравнению с прямоточным. Так же за счёт энергии вихревого движения происходит активное перемешивание первичного и вторичного потоков воздуха, что обеспечивает глубокое выгорание топлива в ядре факела.

Заключение

Среди методов повышения эффективности работы котла на сегодняшний день является выбор способа сжигания топлива, из которых по мировому опыту наиболее перспективным является тангенциальное сжигание топлива и использование вихревых и вертикальных циклонных предтопок.

Вихревые горелки универсальны, их используют для сжигания самых разных видов топлив, включая антрацит, бурый уголь, нефть, газ. Хотя среди большого разнообразия предпочтение отдаётся твердым видам топлива.

Плюсы данного способа сжигания для пылевидного топлива являются: уменьшение механического недожога, заполнение факелом большего пространства топки, более равномерное распределение температур в топочной камере и уменьшение в распределении подачи топлива и воздуха на горелки, с 5% (при прямоточной) до 20-25% (при тангенциальной).

Минусами же стоит отметить сложность при монтаже конструкции топки под новый тип сжигания, а также в обслуживании системы

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Симуляторы тепловых схем энергетического оборудования: метод. указания по выполнению лаб. работ / сост. А. Ю. Попов. – Комсомольск-на-Амуре: ФГБОУ ВО «КНАГТУ», 2016. – 19 с.
2. Расчётная модель топочного устройства с различными компоновками горелок // [<https://elibrary.ru/item.asp?id=22133095>]
3. Бойко, Е.А. Котельные установки и парогенераторы (тепловой расчет парового котла): учеб. пособие / Е. А. Бойко, И. С. Деринг, Т. И. Охорзина. Красноярск: ИПЦ К ТУ, 2005. - 224 с.
4. Иванова, Е.С. Тепловой баланс парового котла. Поверочный рас-чёт парового котла / Е. С. Иванова. – Ухта: УГТУ, 2013. – 44 с.
5. Тепловой расчёт котлоагрегатов: Учеб. пособие / Акимов Ю.И., Васильев А. В., Антропова Г. В. Саратов. госуд. технич. университет, Саратов, 2006.- 95 с.

УДК 621.311

Сандалов Илья Владимирович, студент, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Sandalov Iliy Vladimirovich, student, Komsomolsk-on-Amur State University

Шаломов Вячеслав Иванович, канд. технических наук, доцент, доцент кафедры «Тепловые энергетические установки», Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Shalomov Vyacheslav Ivanovich, candidate of technical sciences, associate professor, Komsomolsk-on-Amur State University

ТЕХНИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА КОТЕЛЬНЫХ ДЛЯ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ ПОСЕЛЕНИЙ КОМСОМОЛЬСКОГО РАЙОНА ХАБАРОВСКОГО КРАЯ

TECHNICAL CHARACTERISTICS OF BOILER HOUSES FOR HEAT SUPPLY OF SETTLEMENTS OF THE KOMSOMOLSK DISTRICT OF THE Khabarovsk TERRITORY

Аннотация. Оценка текущего состояния и поиск путей повышения эффективности работы районных котельных является в настоящее время актуальной задачей. В работе рассмотрены основные технические характеристики котельных, находящихся в Комсомольском районе Хабаровского края. Отображены основные проблемы и перспективы развития котельных.

Abstract. Assessment of the current state and search for ways to improve the efficiency of district boiler houses is currently an urgent task. The paper considers the main technical characteristics of the housing located in the Komsomolsk district of the Khabarovsk Territory. The main problems and prospects for the development of boiler houses are displayed.

Ключевые слова: котельная, теплоснабжение, топливо, паровой котёл, газификация.

Key words: boiler room, heat supply, fuel, steam boiler, gasification.

Введение

Основной задачей районных котельных является генерация тепловой энергии для теплоснабжения сельских поселений. Некоторые из них выработали свой ресурс. По условиям надежности в котлах снижается рабочее давление до 0,6-0,8 МПа, а реально при эксплуатации на многих котлах поддерживается давление 0,1-0,2 МПа. Работа котлов при таких низких значениях давления отрицательно сказывается на устойчивости циркуляции, из-за снижения температуры насыщения и увеличения доли парообразования в экранных трубах наблюдается интенсивное накипеобразование, что повышает ве-

роятность пережога труб. Все это приводит к тому, что КПД паровых котлов котельных не превышает 80-82%, а в не которых случаях, когда трубы сильно загрязнены, КПД котла уменьшается до 70-75% [1].

Целью данной работы является изучение и предварительный анализ технического состояния котельных Комсомольского района Хабаровского края и выработка перспективных предложений по их техническому перевооружению.

Основная часть

В населённых пунктах Комсомольского района Хабаровского края действуют 22 отопительных котельных. Виды применяемого топлива: дизельное топливо, уголь, природный газ, щепа, дрова. В процентном выражении топливо используется котельными следующим образом: уголь – на 7 котельных (32%), дизельное топливо – на 6 (27%), природный газ – на 2 (9%), щепа – на 2 (9%) и дрова – на 5 котельных (23%). Природный газ используют только котельные в п. Ягодный (3 котла) и в с. Хурба (3 котла) (рисунок 1). В котельной с. Бельго (4 котла) могут применяться как дизельное топливо, так и газ. Как используется топливо котельными наглядно изображено на диаграмме (рисунок 1) в относительных единицах.

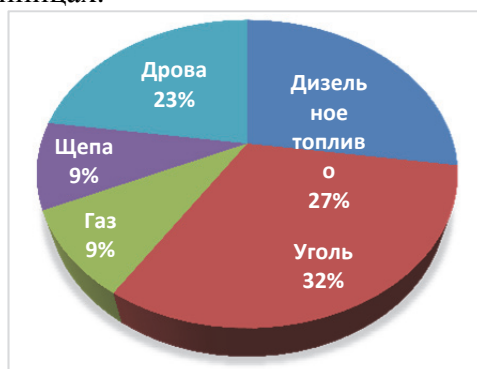


Рисунок 3 – Диаграмма использования топлива котельными Комсомольского муниципального района

Как видим, только 9 % котельных используют природный газ, тогда как на угле работают 32 %. Затраты на топливо в зависимости от его вида и теплота сгорания показаны в таблице 1.

Таблица 1 – Затраты на топливо и теплота его сгорания

Вид топлива	Затраты, руб./т.	Теплота сгорания, МДж/кг
Уголь	5 345,5	31
Дрова	2 694,04	15
Природный газ	9 828,3	45
Мазут	33 346,80	39,2

Более наглядно стоимость одной тонны топлива представлена на гистограмме (рисунок 2).



Рисунок 4- Гистограмма стоимости топлива за 1 тонну

Исходя из данных представленных в таблице 1 и на рисунке 2, можно сделать вывод что, несмотря на повышенную стоимость в сравнении с углем и дровами, природный газ превосходит все виды топлива по такому показателю как теплотворная способность, в частности, в полтора раза больше угля. С экологической точки зрения при сгорании природного газа происходят наименьшие выбросы вредных веществ в атмосферу.

Удельный расход условного топлива в зависимости от вида топлива показан в виде гистограммы на рисунке 3.

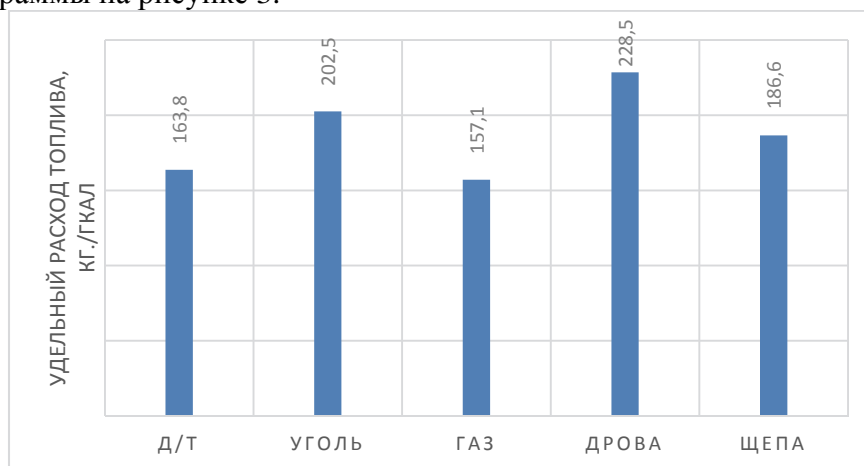


Рисунок 5- Гистограмма удельного расхода условного топлива

Сравнив числовые данные, отображённые на гистограмме, можно выделить заметное преимущество природного газа по удельному расходу условного топлива в сравнении с другими видами топлив, применяемых на котельных Комсомольского муниципального района.

Замена и ремонт изношенных котлов осуществляется по инвестиционным программам, а также по программам капитального ремонта объектов ЖКХ совместно с Министерством жилищно-коммунального хозяйства Хабаровского края. С 2018 года на котельных Комсомольского муниципального района заменено 7 котлоагрегатов.

В 2022 году выполнен серьёзный объём работ по инвестиционным программам на развитие коммунальной инфраструктуры. За счёт инвестиционных средств были реализованы следующие проекты: 1) реконструкция, замена котла на котельной с. Пивань; 2) реконструкция котельной, замена котла на котельной с. Хурба; 3) реконструкция котельной, замена котла и дополнительного оборудования на котельной пос. Уктур; 4) проведен ремонт 19 котлоагрегатов из 52.

На котельных Комсомольского района наибольшее число составляют водогрейные котлы в количестве 43 единиц, паровые котлы занимают лишь малую часть – всего 9 котлов. Основные проблемы, связанные с выходом котлов из строя, это износ и прогар колосниковой решетки, а также износ экранных труб; в котлах выявлено снижение механической прочности и коррозионной стойкости, приводящих в последствии к разрушению трубных элементов котла, что за собой влечёт капитальный ремонт или зачастую полную замену оборудования.

По территории Комсомольского района проходят несколько газопроводов (Оха-Комсомольск, Сахалин-Хабаровск-Владивосток, Комсомольск-Амурск). Это совсем рядом с населенными пунктами. История газификации Комсомольского района началась в 2000 году с перевода мазутной котельной села Хурба на природный газ. Удалось также газифицировать котельную поселка Ягодный. В Бельго на природный газ переведена дизельная котельная. В перспективе газификация села Даппы.

В настоящее время проектируется и готовится к строительству газопровод проходящий через с.Селихино, с.Даппы, с.Большая Картель, с.Гайтер, п. Молодежный.

Данное мероприятие обеспечит возможность газификации котельных в указанных населенных пунктах.

Одним из путей улучшения технико-экономических показателей котельного оборудования является применение эффективных методов энергосбережения. Современные технологии, основанные на снижении энергетических потерь, присущих действующим энергетическим установкам, могут давать большую экономию, чем другие технические решения, направленные на повышение эффективности процессов сжигания в котлах твердого и жидкого топлива [5]. Приоритетность по дооборудованию котельных когенерационными установками обусловлена следующими основными факторами:

- необходимость модернизации котельных при отсутствии финансовых ресурсов;
- наличие тепловых нагрузок, в т.ч. круглогодичного горячего водоснабжения (минимальная тепловая нагрузка когенерационных установок);
- возможность использования резервной пропускной способности подводящих газопроводов, емкостей мазутного хозяйства, сечений и высот дымовых труб [2,3,4].

Другой способ акцентирован на возможности использования теплоты уходящих газов для оптимизации схем термической деаэрации воды в котельных [5].

Заключение

Таким образом, к наиболее значимым проблемным моментам в эксплуатации районных котельных Комсомольского района нужно отнести слабую газификацию котлов. Расширение использования природного газа на котельных – ближайшая техническая задача администрации района и персонала муниципальных котельных.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Васильев, А.В. Перевод паровых котлов типа ДКВр в водогрейный режим работы / А. В.Васильев, Г. В. Антропов, Ю. И. Акимов, Саратовский Государственный Технический Университет («Энергосбережение в Саратовской области» № 1 (007), 2002 г.) // Новости теплоснабжения.- 2002.- № 11, (27).- С. 25 – 28.
2. Шетов, В.Х. Энергосбережение в теплоэнергетике и теплотехнологиях / В.Х. Шетов, В.В. Чепель. - Куб. ГТУ. Краснодар, 2006.
3. Томаров, Г.В. Программа обеспечения 30% энергопотребности Краснодарского края на основе использования ВИЭ / Г.В. Томаров, А. И. Никольский, В. В. Чепель, В. Х. Шетов, В. А. Бутузов // Материалы Международного геотермального семинара МГС-2004, Петропавловск-Камчатский, 9-14 августа 2004 г.
4. Бутузов, В.А. Паровые противодавленческие турбины в котельных промышленных предприятий / В.А. Бутузов // Промышленная энергетика. -2002. -№ 10.- С.23-27.
5. Слесаренко, В. В. Утилизация теплоты уходящих газов в схемах деаэрации промышленно-отопительных котельных / В. В. Слесаренко, В. В. Милуш, А. А. Белоусов // Промышленная энергетика = Industrial power engineering.- 2008.- №9.- С. 8-11.

УДК 621. 313.17

Синица Ульяна Владимировна, студент, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Sinica Ulyana Vladimirovna, student of Komsomolsk-na-Amure State University

Челухин Владимир Алексеевич, доктор технических наук, доцент, заведующий кафедрой «Информационная безопасность автоматизированных систем», Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Cheluhin Vladimir Alekseevich, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Information Security of Automated Systems, Komsomolsk-na-Amure State University

Абрамсон Елизавета Владимировна, старший преподаватель, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Abramson Elizaveta Vladimirovna, senior lecturer, Komsomolsk-na-Amure state university

Пьей Зон Аунг, аспирант, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

PayZone Aung, a Post-graduate Student Komsomolsk-na-Amury State University

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ ЭНЕРГИИ НА ОСНОВЕ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ СИСТЕМАМИ ПЕРЕПАДА ТЕМПЕРАТУР

DEVELOPMENT OF TECHNOLOGY FOR OBTAINING ENERGY BASED ON RENEWABLE SOURCES BY TEMPERATURE DIFFERENCE SYSTEMS

Аннотация. Данная работа посвящена разработке технологии получения энергии на основе возобновляемых источников энергии. Предлагается технология получения энергии от возобновляемых источников на основе использования перепада температур, возникающих между днём и ночью. Преимущества предложенной технологии: система на основе перепада температур работает стабильно при любых внешних климатических условиях, ее возможно разместить в любом месте и она не требует топлива, экологически безупречна.

Abstract. This work is devoted to the development of energy production technology based on renewable energy sources. The technology of obtaining energy from renewable sources based on the use of temperature differences arising between day and night is proposed. Advantages of the proposed technology: the system based on the temperature difference works stably under any external climatic conditions, it can be placed anywhere and it does not require fuel, it is environmentally impeccable.

Ключевые слова: источники энергии, перепад температур, возобновляемые источники энергии, технологии, отходы зелёной энергетики.

Key words: energy sources, temperature difference, renewable energy sources, technologies, green energy waste.

Введение

На сегодня технологии получения энергии на основе возобновляемых источников являются перспективным и важным источником энергии [1]. Однако, такие технологии получения энергии имеют и серьёзные недостатки – это утилизация отходов технологий возобновляемой энергетики. Потенциальное количество отходов зеленой энергетики огромно. По некоторым оценкам ожидается, что к 2050 году количество отработанных солнечных панелей достигнет 78 миллионов тонн. В случае ветроэнергетики здесь выделяется задача утилизации лопастей в связи с их огромными размерами. Например, всего в трех 50-метровых лопастях ветряка содержится около 20 тонн полимеров. Уже сейчас в Европе будут ежегодно демонтировать свыше 3800 лопастей и в США 8000. Исследовательский проект Re-Wind, приводит данные, что к 2050-му году к

утилизации будут ждать уже 40 млн. тонн композитов лопастей ветрогенераторов, переработка которых на сегодня не представляется возможной.

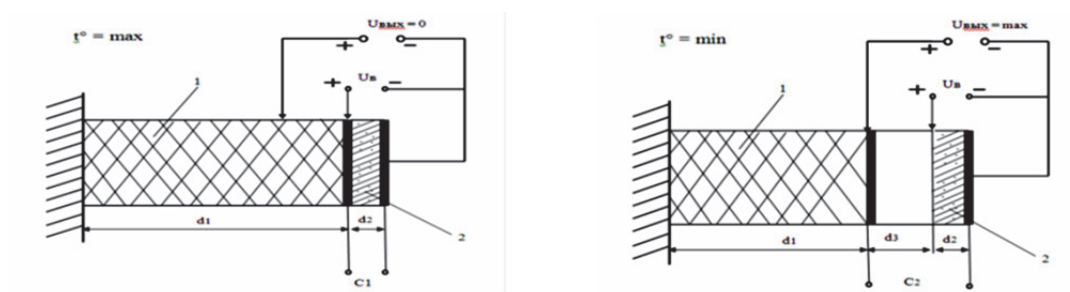
Для решения указанных проблем предлагается технология получения энергии от возобновляемых источников на основе использования перепада температур, возникающих между днем и ночью [2-4]. Преимущества предложенной технологии: система на основе перепада температур работает стабильно при любых внешних климатических условиях, ее возможно разместить в любом месте и она не требует топлива, экологически безупречна [5]. Одновременно в плане утилизации отходов предлагаемая технология в этом отношении обладает рядом преимуществ – в составе таких устройств входят алюминий (обкладки конденсаторов, 2...3% от всего состава), который без труда уходит в переплавку, и пластмассы, которые также могут без труда переплавляться в другие пластмассовые изделия.

Основная часть

Предлагаемая технология может быть реализована на следующих физико-теоретических основах. Если зарядить конденсатор и отключить его от источника, то заряд на нем остается постоянным. Увеличивая расстояние между пластинами конденсатора за счёт внешних сил, получим прибавку энергии в виде роста напряжения за счет работы этих внешних сил. Общая схема такого преобразователя емкостного типа показана на рисунке 1.

При высокой температуре, брусок увеличивает свою длину, и прижимает подвижную пластину к диэлектрику (рисунок 1, а), а емкость при этом будет максимальной и конденсатор заряжается и отключается. При понижении температуры, брусок уменьшает свои линейные размеры, отодвигает подвижную пластину, создавая зазор между ней и диэлектриком (рисунок 1, б). Емкость скачком падает, а напряжение вырастает до максимума и разряжается на нагрузку. Далее процесс повторяется.

С целью оценки энергетической эффективности такой технологии был проведен ориентировочный расчёт мощности.



1 – диэлектрический брусок (активный диэлектрик), изменяющий свой линейный размер при изменении температуры; 2 – диэлектрик с большим значением диэлектрической проницаемости; C1 – емкость, имеющая максимальное значение при зарядке от напряжения возбуждения; C2 – емкость имеющая минимальное значение при разрядке на нагрузку.

Рисунок 1 – Схема преобразователя емкостного типа

Обозначим численно: $S = 1 \text{ м}^2$ – площадь пластин емкости; $d = 10^{-3} \text{ м}$ – расстояние между ними; $\epsilon_1 = 10^3$ – диэлектрическая проницаемость материала между пластинами емкости; $\epsilon = 8,85 \cdot 10^{-12} \text{ Ф/м}$ – электрическая постоянная; $U_1 = 10 \text{ В}$ – напряжение заряда емкости; число пакетов в модуле (с учетом пластин крепления обкладок конденсатора) 200.

При таких данных по формуле для тока:

$$I_1 = dQ/dt = d(C_1 U_1)/dt \text{ или } I_1 = U_1 dC_1/dt.$$

Как было показано ранее, при срабатывании системы, емкость падает на значе- ние диэлектрической проницаемость материала ϵ_1 , что дает в такой же степени рост выходного напряжения U_2 . Тогда

$$U_2 = U_1 \cdot 10^3 = 10^4; I_1 = dQ/dt = d(C_1 U_2)/dt \text{ или } I_1 = U_1 dC_2/dt.$$

Численно получается:

$$I_1 = 8,85 \cdot 10^{-12} \cdot 10^3 \cdot 10 \cdot 10^3 \cdot 200 = 17,7 \cdot 10^{-3}.$$

Подставляя эти значения в выражение для мощности, получаем

$$P_1 = I_1 U_2 = 17,7 \cdot 10^{-3} \cdot 10^4 = 177 \text{ Вт.}$$

Заключение

Проведенные расчеты показали, что в период изменения за сутки мощность одно- го модуля с такими параметрами будет примерно 177 Вт. Если устройство использовать в среде жидкого диэлектрика с высоким значением электрической прочности [6-7], либо элегаза [8], то реально мощность может увеличиться примерно в 3...4 раза, до примерно 400 Вт, что вполне приемлемо для питания потребителей небольшой мощности.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Челухин, В.А. Электротепловой преобразователь низкопотенциальной энер- гии перепада температур / В.А. Челухин, Е.В. Абрамсон // Вестник Тихоокеанского государственного университета. – 2014. – № 4(35). – С. 93-98. – EDN TEQRGR.
2. Челухин, В.А. Об электроснабжении возможных поселений на Марсе / В.А. Челухин, Е.В. Абрамсон // Электричество. – 2016. – № 5. – С. 45-52. – EDN VWHWCP.
3. Преобразователь энергии суточного перепада температур для электроснабже- ния удаленных сельскохозяйственных объектов / В.А. Челухин, А.В. Васильев, Е.В. Абрамсон [и др.] // Электротехнологии и электрооборудование в АПК. – 2022. – Т. 69, № 2(47). – С. 54-58. – DOI 10.22314/2658-4859-2022-69-2-54-58. – EDN SDGETD.
4. Разработка схем автономного гибридного электротехнического комплекса с системой перепада температур / В.А. Челухин, А.В. Васильев, Е.В. Абрамсон, З.А. Пьей // Электротехнологии и электрооборудование в АПК. – 2022. – Т. 69, № 4(49). – С. 93-97. – DOI 10.22314/2658-4859-2022-69-4-93-97. – EDN OQKKYA.
5. Челухин, В.А. Оценка эффективности использования перепада температур день-ночь для целей энергетики / В.А. Челухин, Е.В. Абрамсон, М.С. Кружаев // Про- мышленная энергетика. – 2018. – № 6. – С. 45-49. – EDN XUSBKP.

УДК 66.045.1

Сорока Николай Александрович, студент, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Сорока Николай Александрович, student of Komsomolsk-na-Amure State University

Хвостиков Александр Станиславович, кандидат технических наук, доцент, доцент ка- федры «Тепловые энергетические установки», Комсомольский-на-Амуре государ- ственный университет

Khvostikov Flexandr Stanislavovich, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor of the department «Thermal power plants», Komsomolsk-na-Amure State University

ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ТЕПЛООБМЕНА В ТЕПЛООБМЕННЫХ АППАРАТАХ

INTENSIFICATION OF HEAT EXCHANGE IN HEAT EXCHANGERS

Аннотация. В работе рассмотрены различные методы интенсификации теплообмена. В ре- зультате анализа методов интенсификации можно сделать вывод, что для теплообменных аппаратов наиболее перспективна конструкция спиральных и пластинчатых теплообмен- ных аппаратов. Повысить эффективность которых можно за счет создания развитых по-

верхностей теплообмена. Выбор метода интенсификации поверхности необходимо производить для конкретного применения.

Abstract. Various methods of heat exchange intensification are considered in the paper. As a result of the analysis of intensification methods, it can be concluded that the design of spiral and plate heat exchangers is the most promising for heat exchangers. The efficiency of which can be improved by creating developed heat exchange surfaces. The choice of the surface intensification method must be made for a specific application.

Ключевые слова: теплообменный аппарат, интенсификация теплообмена, развитая поверхность, коэффициент теплоотдачи, скорость потока.

Key words: heat exchanger, heat exchange intensification, developed surface, heat transfer coefficient, flow rate.

Введение

В промышленной энергетике используется большое количество теплообменных аппаратов. Для передачи тепла между различными жидкостями используют поверхностные теплообменники. Количество тепла способное передать от одного тела к другому определяется площадью поверхности разделения. При необходимости передать большие количества тепла требуется поверхность разделения значительной площади, что вызывает увеличение металлоемкости изделия. Для повышения эффективности теплообменника применяют интенсификаторы теплообмена. Известно, что применение различных интенсификаторов теплообмена могут привести к снижению массогабаритных показателей и габаритов оборудования до 2 раз. Рассмотрим эффективность применения основных и прогрессивных методов интенсификации.

Основная часть

Основные методы интенсификации теплообмена и основы расчета теплообменных аппаратов с интенсификаторами описаны в [1].

Повысить интенсивность теплообмена можно, уменьшив термическое сопротивление. Термическое сопротивление состоит из сопротивления между греющей и нагреваемой средой и стенкой, сопротивление стенок и сопротивление отложений. В течение длительной эксплуатации максимальный вклад в термическое сопротивление имеет сопротивление отложений. Для минимизации термического сопротивления отложений выполняется очистка отложений. Однако для неразборных теплообменников выполнение очистки или замены поверхностей теплообмена без отложений затруднительно. Методы очистки постоянно совершенствуются. Для теплообменников подогрева нефтепродуктов применяют метод очистки от восковых отложений с помощью промывки горячей нефтью.

Следующий способ интенсификации теплообмена заключается в увеличении скорости потока. Как известно коэффициент теплоотдачи зависит, в том числе и от скорости движения рабочей среды. Однако скорость потока связана с энергетическими затратами на преодоление гидравлических сопротивлений. Притом, что эти затраты растут быстрее. Увеличение скорости потока в 2 раза дает рост теплоотдачи в 1,75 раза, а рост гидравлического сопротивления – в 3,4 раза. Зачастую такой способ интенсификации становится нецелесообразным.

В последнее время активно используют применение развитых поверхностей для интенсификации теплообмена. Для интенсификации теплообмена посредством применения развитых поверхностей применяют различные завихрители: ленточные, проволоочно-спиральные и шнековые, а также трубы с поперечной кольцевой накаткой, однозаходной спиральной накаткой, с внутренним спиральным оребрением и трубы с полусферическими выступами. Разнообразие методов систем завихрения позволяют выбрать метод интенсификации для конкретного применения в зависимости от физических свойств теплоносителя и нагреваемой среды, конструктивных и режимных параметров теплообменника. Применение развитых поверхностей целесообразно не только в силу увеличения коэффициента теплоотдачи, но и вследствие уменьшения массогаба-

ритных показателей. Завихрители до 10 раз имеют увеличенную поверхность теплообмена, однако не воспринимают усилие давления, следовательно, могут выполняться более тонкостенными.

Еще один способ интенсификации теплообмена заключается в искусственном турбулизации потока. Турбулизация потока бывает пассивная и активная. Пассивная заключается в создании на поверхности элементов, которые увеличивают значения Рейнольдса до значений развитого турбулентного потока. В качестве таких элементов поверхности могут выступать: обработанные, текстурированные поверхности, шероховатые поверхности, развитые или ребристые поверхности, устройства перемешивания и закрутки потока в каналах. Активные методы турбулизации потока для интенсификации теплообмена увеличивают теплообмен за счет приложения дополнительной энергии для воздействия на поток. Существуют следующие способы активной турбулизации потока: Механическое перемешивание жидкости или вращение поверхности теплообмена, вибрация поверхностей теплообмена или пульсация потока вплоть до акустических колебаний, электростатические поля, вдув или инъекция нагреваемой жидкости или ее отсос. Однако повышение значений эффективности с искусственными турбулизаторами растут не так сильно по сравнению с ростом сопротивления движению или затратами энергии.

Последний способ интенсификации теплообмена применение пластинчатых и спиральных теплообменников. Пластинчатые теплообменники активно применяют в промышленности. Пластинчатые теплообменные аппараты состоят из отдельных пластин, образующих поверхность теплообмена, при этом рабочая среда движется тонким слоем. Большое количество одинаковых тонких плоскопараллельных пластин с развитой поверхностью дают большую площадь теплообмена. Пластины легко изготавливаются, ремонтируются и очищаются от загрязнений. Пластинчатые теплообменные аппараты бывают разборными и неразборные. У разборных теплообменников существуют сложности с обеспечением герметичности соединений. Для неразборных теплообменников необходим постоянный контроль за коэффициентом теплообмена, уменьшающийся при загрязнении поверхности теплообмена.

Спиральные теплообменники начинают находить преимущество в промышленности благодаря своей компактности, возможности организации полного противотока и постоянства площади поперечного канала. Спиральные теплообменники изготавливают из скрученного рулонного металла вокруг центральной перегородки, образующими два спиральных канала.

Заключение

В результате анализа методов интенсификации можно сделать вывод, что для теплообменных аппаратов наиболее перспективна конструкция спиральных и пластинчатых теплообменных аппаратов. Повысить эффективность которых можно за счет создания развитых поверхностей теплообмена. Выбор метода интенсификации поверхности необходимо производить для конкретного применения.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Горшенин, А.С. Методы интенсификации теплообмена: учеб. пособ / А. С. Горшенин - Самара. Самар.гос.техн.ун-т, 2009.- 82 с.
2. Ташева, Д. И. Теплообменные аппараты в переработке нефти / Д. И. Ташева // Инновационная наука. – 2017. – № 2-1. – С. 101-103.
3. Anisin, A. A. Турбулизирующее влияние гладких круговых цилиндрических элементов на интенсификацию теплообмена симметричного коридорного пучка труб / А. А. Anisin, А. К. Anisin, V. T. Buglaev // Известия высших учебных заведений. Ядерная энергетика. – 2000. – No. 1. – P. 64-76.
4. Ананьев, Д. В. Интенсификация теплопереноса при ламинарном течении высокопарафинистой нефти в круглой трубе / Д. В. Ананьев, Г. Р. Халитова // Труды Академэнерго. – 2014. – № 2. – С. 7-16.

5. Мурзенков, Д. С. Промышленные методы механической очистки внутренней поверхности труб теплообменников / Д. С. Мурзенков, Б. А. Дулькин, С. Б. Воротнева // Известия Волгоградского государственного технического университета. – 2015. – № 1(154). – С. 77-79.

УДК 621.314

Степаненко Александр Алексеевич, студент, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Stepanenko Alexander Alekseevich, student, Komsomolsk-na-Amure State University

Сериков Александр Владимирович, доктор технических наук, доцент, заведующий кафедрой «Электромеханика», Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Serikov Aleksander Vladimirovich, Doctor of Engineering Sciences, Associate Professor, Head of Electromechanics Department, Komsomolsk-na-Amure State University

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ СИЛОВОГО ТРАНСФОРМАТОРА СПЕЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

MATHEMATICAL MODEL OF A POWER TRANSFORMER FOR SPECIAL PURPOSES

Аннотация. Описана конструкция силового трансформатора специального назначения для преобразования электрической энергии и теплоснабжения объектов. Наличие в конструкции дополнительной обмотки (нагревательного контура) позволяет производить нагрев теплоносителя за счет тепловых потерь трансформатора. Приведена математическая модель для расчета электромагнитных процессов при коммутации в цепи нагревательного контура.

Abstract. The design of a special-purpose power transformer for converting electrical energy and heating objects is described. The presence in the design of an additional winding (heating circuit) allows heating the coolant due to the heat losses of the transformer. A mathematical model is presented for calculating electromagnetic processes when the heating circuit is turned on.

Ключевые слова: трансформатор, нагревательный контур, математическая модель, система дифференциальных уравнений.

Key words: transformer, heating circuit, mathematical model, system of differential equations.

Введение

Математическое моделирование является важным элементом при исследовании процессов в сложном электротехническом оборудовании [1-3]. Рассматриваемый силовой трансформатор предназначен не только для преобразования электрической энергии, но и имеет дополнительную функцию – нагрев теплоносителя для систем теплообеспечения рядом расположенных объектов [4]. Существующие математические модели силовых трансформаторов [5, 6] не учитывают наличие дополнительной обмотки, предназначенной обеспечить нужные температурные параметры теплоносителя. Частые коммутационные процессы в цепи дополнительной обмотки могут негативно сказываться на работе электрооборудования, подключенного к силовым выводам трансформатора. Поэтому, получение математической модели, учитывающей конструктивные особенности трансформатора и имитирующей различные режимы его работы, является актуальной задачей.

Основная часть

Конструктивная схема активной части исследуемого трансформатора специального назначения состоит из магнитопровода, обмотки высокого напряжения (ВН) и обмотки низкого напряжения (НН). Особенностью является наличие третьей дополнительной обмотки, которая является нагревательным контуром (НК) и имеет магнитную связь с двумя другими силовыми обмотками (рисунок 1). Конструктивно каждая фаза трехфазных обмоток ВН, НН и НК размещена на соответствующих стержнях трехстержневой плоской магнитной системы, широко используемой в классических силовых трансформаторах. Для периодического включения и отключения в цепи НК имеется тиристорный коммутатор (ТК), представляющий собой два встречно-параллельно включенных силовых тиристора в каждой фазе НК (рисунок 1).

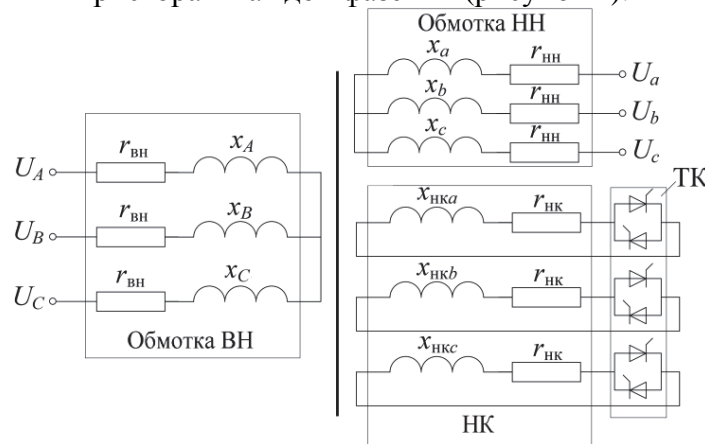


Рисунок 1 – Схема исследуемого трансформатора

В конструкцию рассматриваемого трансформатора входит три трехфазных обмотки (всего девять магнитно-связанных электрических контуров), следовательно, математическая модель состоит из девяти дифференциальных уравнений равновесия напряжений для каждого контура. С учетом того, что вторичная обмотка приведена к первичной, система дифференциальных уравнений будет иметь следующий вид:

$$\begin{aligned} U_A &= r_{\text{ВН}} i_A + \frac{d\Psi_A}{dt}, & U_a &= r_{\text{НН}} i_a + \frac{d\Psi_a}{dt}, & U_{\text{НКа}} &= r_{\text{НК}} i_{\text{НКа}} + \frac{d\Psi_{\text{НКа}}}{dt}, \\ U_B &= r_{\text{ВН}} i_B + \frac{d\Psi_B}{dt}, & U_b &= r_{\text{НН}} i_b + \frac{d\Psi_b}{dt}, & U_{\text{НКb}} &= r_{\text{НК}} i_{\text{НКb}} + \frac{d\Psi_{\text{НКb}}}{dt}, \\ U_C &= r_{\text{ВН}} i_C + \frac{d\Psi_C}{dt}, & U_c &= r_{\text{НН}} i_c + \frac{d\Psi_c}{dt}, & U_{\text{НКс}} &= r_{\text{НК}} i_{\text{НКс}} + \frac{d\Psi_{\text{НКс}}}{dt}, \end{aligned}$$

где U_A, U_B, U_C – фазные напряжения обмотки ВН; U_a, U_b, U_c – фазные напряжения обмотки НН; $U_{\text{НКа}}, U_{\text{НКb}}, U_{\text{НКс}}$ – напряжения на соответствующих фазах НК; $i_A, i_B, i_C, i_a, i_b, i_c, i_{\text{НКа}}, i_{\text{НКb}}, i_{\text{НКс}}$ – фазные токи обмотки ВН, обмотки НН и НК, соответственно; $r_{\text{ВН}}, r_{\text{НН}}, r_{\text{НК}}$ – активные сопротивления фаз обмоток ВН, НН и НК, соответственно; $\Psi_A, \Psi_B, \Psi_C, \Psi_a, \Psi_b, \Psi_c, \Psi_{\text{НКа}}, \Psi_{\text{НКb}}, \Psi_{\text{НКс}}$ – полные потокоцепления соответствующих контуров.

Напряжение первичной обмотки (например, обмотки ВН) является заданной функцией времени. Обычно силовые трансформаторы работают в системах электропитания с синусоидальной формой напряжения, следовательно, напряжение обмотки ВН (например, для фазы A) можно записать:

$$U_A = U_{1m} \sin(\omega t - \varphi_0),$$

где U_{1m} – амплитудное значение фазного напряжения; ω – угловая частота напряжения; φ_0 – начальная фаза.

Нагревательный контур конструктивно замыкается накоротко с помощью ТК, следовательно, можно принять, что $U_{\text{НКа}} = U_{\text{НКb}} = U_{\text{НКс}} = 0$.

Если вторичная обмотка (например, обмотка НН) соединена с сетью большой мощности, то напряжение на этой обмотке то же можно считать заданной величиной, определяемой по гармоническому закону.

Для возможности получения решения к системе дифференциальных уравнений необходимо добавить систему алгебраических уравнений, которая связывает неизвестные потокосцепления Ψ и токи i . Запишем систему алгебраических уравнений в относительных единицах. При этом вместо индуктивностей будем использовать равные им по величине в относительных единицах индуктивные сопротивления x . Система алгебраических уравнений имеет следующий вид:

$$\begin{aligned} \Psi_A &= x_A i_A + x_{mA} i_a + x_{mA} i_{HKA}, & \Psi_a &= x_a i_a + x_{mA} i_A + x_{mA} i_{HKA}, \\ \Psi_B &= x_B i_B + x_{mB} i_b + x_{mB} i_{HKB}, & \Psi_b &= x_b i_b + x_{mB} i_B + x_{mB} i_{HKB}, \\ \Psi_C &= x_C i_C + x_{mC} i_c + x_{mC} i_{HKC}, & \Psi_c &= x_c i_c + x_{mC} i_C + x_{mC} i_{HKC}, \\ \Psi_{HKA} &= x_{HKA} i_{HKA} + x_{mA} i_A + x_{mA} i_a, & x_{mA} &= f(\Psi_{mA}), \quad \Psi_{mA} = \Psi_A - x_{\sigma 1} i_A, \\ \Psi_{HKB} &= x_{HKB} i_{HKB} + x_{mB} i_B + x_{mB} i_b, & x_{mB} &= f(\Psi_{mB}), \quad \Psi_{mB} = \Psi_B - x_{\sigma 1} i_B, \\ \Psi_{HKC} &= x_{HKC} i_{HKC} + x_{mC} i_C + x_{mC} i_c, & x_{mC} &= f(\Psi_{mC}), \quad \Psi_{mC} = \Psi_C - x_{\sigma 1} i_C, \end{aligned}$$

где $x_A, x_B, x_C, x_a, x_b, x_c, x_{HKA}, x_{HKB}, x_{HKC}$ – полные индуктивные сопротивления соответствующих контуров; x_{mA}, x_{mB}, x_{mC} – индуктивные сопротивления взаимоиндукции соответствующих фаз; $\Psi_{mA}, \Psi_{mB}, \Psi_{mC}$ – потокосцепления фаз с потоками взаимной индукции, $x_{\sigma 1}$ – индуктивное сопротивление рассеяния фаз первичной обмотки (обмотки ВН).

Полные индуктивные сопротивления контуров определяются по формулам:

$$\begin{aligned} x_A &= x_{\sigma 1} + x_{mA}, & x_a &= x_{\sigma 2} + x_{mA}, & x_{HKA} &= x_{\sigma HK} + x_{mA}, \\ x_B &= x_{\sigma 1} + x_{mB}, & x_b &= x_{\sigma 2} + x_{mB}, & x_{HKB} &= x_{\sigma HK} + x_{mB}, \\ x_C &= x_{\sigma 1} + x_{mC}, & x_c &= x_{\sigma 2} + x_{mC}, & x_{HKC} &= x_{\sigma HK} + x_{mC}, \end{aligned}$$

где $x_{\sigma 2}$ – индуктивное сопротивление рассеяния фаз вторичной обмотки (обмотки НН); $x_{\sigma HK}$ – индуктивное сопротивление рассеяния фаз НК.

Индуктивные сопротивления рассеяния, как правило, не зависят от насыщения и являются постоянными величинами. Сопротивления взаимоиндукции обычно зависят от насыщения. Причем степень насыщения отдельных фаз может быть разной. Поэтому сопротивления взаимоиндукции считаются переменными и разными для разных фаз. Учет насыщения магнитной цепи можно выполнить отдельно для каждой фазы.

Заключение

Таким образом, в работе приведена математическая модель расчета динамических электромагнитных процессов в силовом трансформаторе специального назначения с дополнительным НК. Математическая модель учитывает особенности конструкции рассмотренного трансформатора и режимы его работы, заключающиеся в частых коммутационных процессах в цепи НК. Математическая модель может быть реализована в различных средах программирования и имитационного моделирования.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Анализ электромеханических систем методами имитационного моделирования / С.Н. Иванов, К.К. Ким, А.А. Просолович, М.И. Хисматулин // Ученые записки Комсомольского-на-Амуре государственного технического университета. – 2021. – № 3(51). – С. 29-38. – DOI 10.17084/20764359-2021-51-29. – EDN CLTWBH.

2. Фискова, Т.К. Повышение эффективности электромеханических преобразователей энергии / Т.К. Фискова, С.Н. Иванов // Молодежь и наука: актуальные проблемы фундаментальных и прикладных исследований : Материалы IV Всероссийской национальной научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. В 4-х частях, Комсомольск-на-Амуре, 12–16 апреля 2021 года. Том Часть 2. – Комсомольск-на-Амуре: Комсомольский-на-Амуре государственный университет, 2021. – С. 175-178. – EDN NZQXSC.

3. Ким, К. Моделирование электромагнитных и тепловых процессов в теплогенерирующих перекачивающих электромеханических преобразователях / К. Ким, С. Иванов, М. Хисматулин // Транспорт шёлкового пути. – 2020. – № 3. – С. 3-14. – EDN RWVGXP.

4. Степаненко, А.А. Использование нагревательного блока для повышения энергоэффективности трансформатора / А.А. Степаненко, А.В. Сериков // Молодежь и наука: актуальные проблемы фундаментальных и прикладных исследований : Материалы V Всероссийской национальной научной конференции молодых учёных. В 4-х частях, Комсомольск-на-Амуре, 11–15 апреля 2022 года / Редколлегия: А.В. Космынин (отв. ред.) [и др.]. Том Часть 1. – Комсомольск-на-Амуре: Комсомольский-на-Амуре государственный университет, 2022. – С. 165-167. – EDN ZPISLE.

5. Копылов, И.П. Математическое моделирование электрических машин: Учеб. для вузов по спец. «Электромеханика» / И.П. Копылов. – М. : Высш. шк., 1994. – 318 с.

6. Дмитриев, М.В. Учёт магнитного гистерезиса при моделировании силовых трансформаторов и реакторов / М.В. Дмитриев, Р.Н. Николаев, А.С. Карпов // Энергетик. – 2012. – № 1. – С. 16-19. – EDN ONYHJR.

УДК 621.31

Стефу Ярослав Ильич, аспирант, Югорский государственный университет
Stefu Yaroslav Illich, graduate student, Yugra University

Третьяков Евгений Александрович, доктор технических наук, доцент, профессор Политехнической школы, Югорский государственный университет

Tretyakov Evgeny Aleksandrovich, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Professor of the Polytechnic School, Yugra University

К ВОПРОСУ О ВЫЯВЛЕНИИ ПОТЕРЬ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ СЕТЯХ ПУТЕМ АНАЛИЗА ДАННЫХ, ПОЛУЧЕННЫХ С ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ

ON THE ISSUE OF DETECTING ELECTRICITY LOSSES IN DISTRIBUTION NETWORKS BY ANALYZING DATA OBTAINED FROM MEASURING SYSTEMS

Аннотация. Целью данной статьи является обзор зарубежных и отечественных исследований в области точного учета электрической энергии, методов выявления незаконного потребления электроэнергии, изучение проблемы потерь электрической энергии в электросетях, а также рассмотрение различных методов и технологий, которые используются для снижения этих потерь. Применение различных методов и технологий, таких как метод идентификации точек утечки тока и метод анализа амплитудно-частотных характеристик тока на основе измерительных систем позволит выявить потери электроэнергии.

Abstract. The purpose of this article is to review foreign and domestic research in the field of accurate accounting of electric energy, methods for detecting illegal electricity consumption, studying the problem of electric energy losses in power grids, as well as considering various methods and technologies that are used to reduce these losses. The use of various methods and technologies, such as the method of identifying current leakage points and the method of analyzing the amplitude-frequency characteristics of current based on measuring systems will allow to identify power losses.

Ключевые слова: потери электрической энергии, методы снижения потерь, учет электроэнергии, энергоэффективность.

Key words: losses of electric energy, methods of reducing losses, electricity accounting, energy efficiency.

Введение

В настоящее время имеется возможность широкого применения парка измерительных комплексов и систем технического и коммерческого учета электроэнергии в распределительных сетях 0,4-20 кВ с использованием интеллектуальных приборов учета (ИПУ) с удаленным сбором данных для повышения наблюдаемости и управляемости режимов электрической сети, а также определения потерь мощности и электроэнергии, выявления «очагов» потерь мощности.

Основная часть

Существует множество методов и технологий, которые используются для уменьшения потерь электрической энергии в электрических сетях. Они могут включать в себя как технические решения, так и изменения в организации работы электроэнергетических предприятий [1-4].

Например, новые материалы и технологии позволяют уменьшить потери энергии в кабелях и трансформаторах, что в свою очередь позволяет эффективнее использовать произведенную электроэнергию.

Также важным является управление нагрузкой. Это может включать в себя установку ИПУ, которые позволяют управлять нагрузкой в реальном времени, оптимизируя расход электрической энергии.

Другой метод – это внедрение систем контроля и управления. Такие системы могут использовать данные о потреблении электрической энергии, чтобы эффективнее управлять нагрузкой и уменьшить потери энергии. Также внедрение систем мониторинга и диагностики помогает быстро выявлять и устранять проблемы в работе электрических сетей, что также позволяет снизить потери энергии [5-7].

Точный коммерческий учет электроэнергии является ключевым фактором для снижения потерь электроэнергии в распределительных сетях. Несоответствия в учете могут привести к ошибкам в расчете потерь электроэнергии, что затрудняет выявление мест возникновения этих потерь и, соответственно, затрудняет принятие мер для их уменьшения.

Для выявления незаконного потребления электроэнергии используются различные методы, включая анализ потребления электроэнергии, проверку счетчиков, а также мониторинг электроэнергии, потребляемой в определенном районе или здании. В настоящее время широко используется технология смарт-счетчиков, которые позволяют собирать данные о потреблении электроэнергии в режиме реального времени и обнаруживать несоответствия в учете [5-7].

Одним из наиболее эффективных методов выявления незаконного потребления электроэнергии является анализ потерь электроэнергии в распределительной сети. Этот метод позволяет определить места возникновения наибольших потерь и принять меры для их уменьшения. Для анализа потерь электроэнергии используются различные методы, включая математические моделирования, технические измерения и анализ данных.

Также существует метод анализа амплитудно-частотных характеристик тока, который позволяет обнаружить наличие непропорциональных искажений тока в сети, свидетельствующих о наличии незаконного подключения.

Метод анализа амплитудно-частотных характеристик тока (ААС) – это метод выявления нештатных ситуаций в электропитании, включая потери электроэнергии в электрических сетях. Он основан на измерении и анализе амплитуд и частот тока в электрических сетях.

Применение метода ААС в коммерческом учете электроэнергии позволяет обнаруживать не только физические потери в электрических сетях, но и другие проблемы, такие как некачественное электропитание или неправильное подключение оборудова-

ния. Этот метод используется для анализа качества электропитания и определения потерь электроэнергии в электрических сетях [1-3].

Еще один метод – метод идентификации точек утечки тока, который основан на анализе потерь электроэнергии в сети и нахождении участков с повышенными потерями. Это позволяет энергетическим компаниям более эффективно бороться с незаконным потреблением электроэнергии и другими проблемами, связанными с потерями электроэнергии [6, 7].

Существует несколько методов идентификации точек утечки тока, включая:

- использование технических средств, таких как датчики тока и напряжения, для мониторинга расхода электроэнергии в различных точках сети;
- анализ результатов мониторинга с помощью математических методов, таких как анализ графа, для выявления точек с наибольшими потерями электроэнергии;
- использование алгоритмов машинного обучения для выявления аномалий в расходе электроэнергии в различных точках сети;
- комбинация различных методов для повышения точности определения точек утечки тока.

Концепция точного коммерческого учета электроэнергии и методов выявления незаконного потребления электроэнергии широко обсуждается в литературе.

В статье [3] рассматривается метод выявления фактов кражи электроэнергии и электроснабжения электроустановок незаконного потребителя в сетях, контролируемых автоматизированной системой учета путем расчетов. Предлагаемый метод применен в практической среде и описывается в результатах исследований.

Например, авторы [5] описывают расчетами метод моделирования электрических сетей и происходящих в них процессов с допущением об отсутствии протекания в сети емкостных токов утечки на землю и полном соответствии параметров линии их расчетным (паспортным) значениям, а также базовые законы электротехники.

Заключение

Таким образом, уменьшение потерь энергии в электрических сетях является важной задачей для энергетической отрасли, которая может быть решена с помощью различных методов и технологий, включая точный коммерческий учет электроэнергии и выявление незаконного потребления электроэнергии. Эти методы уже показали свою эффективность в разных странах мира и продолжают развиваться для достижения более высоких результатов.

Отражены несколько методов выявления незаконного потребления, такие как метод идентификации точек утечки тока, метод анализа амплитудно-частотных характеристик тока, метод моделирования электрических сетей и происходящих в них процессов с рядом допущений.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Liu, Y. A novel method for detecting the location of electricity theft based on current frequency response / Y. Liu, J. Lu, B. Zhang, Y. Yu // *Applied Energy* – 2014. – 2014131. – pp. 330-336. DOI 10.1109/PRAI53619.2021.9550791.

2. Almeida, P.G. Voltage and current signals analysis using the amplitude-frequency characteristics to identify different types of electrical faults / P.G. Almeida, C. Couto, G. Cardoso // *Electric Power Systems Research* – 2016. – 132, – pp. 90-96. DOI 10.1201/9781315400624-45.

3. Данилов, М.И. Метод идентификации одиночных утечек тока в фазах распределительной сети, контролируемой автоматизированной системой учета / М.И. Данилов, И.Г. Романенко // *Вестник ЮУрГУ. Серия «Энергетика»*. – 2021. – Т. 21, № 2. – С. 41-52.

4. Казымов, И.М. Метод определения факта и места возникновения коммерческих потерь в распределительных сетях / И.М. Казымов, Б.С. Компанец, // Вестник ИГЭУ. – 2021. – вып. 5. – С. 18-29.

5. Данилов, М.И. Оперативный расчет потерь электроэнергии в сети с неизвестными параметрами в АИИС КУЭ / М.И. Данилов, И.Г. Романенко // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. – 2020. – Т.22. №5. – С.116-127. DOI 10.30724/1998-9903-2020-22-5-116-127.

6. Савина, Н.В. Интеллектуализация учета электроэнергии как инструмент снижения потерь электроэнергии / Н.В. Савина, В.А. Гамолин, Л.А. Мясоедова // Вестник АмГУ. – 2021. – вып. 93. – С. 51-56. DOI 10.22250/jasu.93.11

7. Михеев, Г.М. Соотношение коммерческих потерь электроэнергии в электрических сетях до и после установки интеллектуальных приборов учёта / Г.М. Михеев, А.Г. Зиганшин, Д.А. Миронов // Вестник Чувашского университета. – 2021. – № 1. – С. 86-98. DOI 10.47026/1810-1909-2021-1-86-98.

УДК 621.316.7:621.389

Сунь Юй, студент, Дальневосточный государственный университет путей сообщения
Song Yu, student, Far Eastern State Transport University

Гасанова Рената Азадовна, ассистент, Дальневосточный государственный университет путей сообщения

Gasanova Renata Azadovna, Assistant, Far Eastern State University of Railway Engineering

Малышева Ольга Александровна, кандидат технических наук, доцент кафедры «Электротехника, электроника и электромеханика», Дальневосточный государственный университет путей сообщения

Malysheva Olga Alexandrovna, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor of the Department “Electrical Engineering, Electronics and Electromechanics”, Far Eastern State Transport University

ТЕХНИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ 3D ГАРАЖА

TECHNICAL SOLUTIONS FOR 3D GARAGE AUTOMATION

Аннотация. В статье представлены технические решения по автоматизации современного гаража, специально разработанного для удобной и функциональной парковки. Система управления электроприводом гаража основана на применении 1200PLC и 1500PLC, для которых написана программа и сделан выбор оборудования. Приведены результаты динамического моделирования трехмерного гаража, которые показали, что технические решения требуют постоянного совершенствования.

Abstract. The article presents technical solutions for automating a modern garage, specially designed for convenient and functional parking. The garage electric drive control system is based on the application of 1200PLC and 1500PLC, for which a program has been written and a choice of equipment has been made. The results of dynamic modeling of a three-dimensional garage are presented, which showed that technical solutions require constant improvement.

Ключевые слова: трехмерный гараж, 3D гараж, парковка, ПЛК, подъемно-транспортный механизм, двигатель.

Key words: three-dimensional garage, 3D garage, parking, PLC, lifting and transport mechanism, motor.

Введение

Проблема парковочных мест является важной проблемой каждого мегаполиса, поскольку ввиду большой численности населения, популярности автомобильного транспорта, где каждая семья со средними доходами имеет в пользовании от одной до нескольких машин.

Предлагаемые технические решения позволяют решить очень важную городскую проблему с нехваткой парковочных мест и трудности с парковкой в городской среде. Анализ различных типов гаражей, изучение их достоинств и недостатков, а также будущих перспектив подъемно-транспортных механизмов, показал, что трехмерный гараж становится отличным решением.

Трехмерная гаражная система подъема и транспортировки автомобиля на основе ПЛК проста и удобна в использовании, может быстро и эффективно идентифицировать информацию о транспортном средстве, может точно хранить и извлекать транспортные средства, а также кратко и интуитивно отображать информацию о парковочных местах, что имеет большое практическое значение.

Основная часть

Конструкция такого типа гаража представляет собой автоматическую трехмерную систему управления подъемом и перемещением на основе ПЛК. К такой подъемно-транспортной системе предъявляются следующие функциональные требования для обеспечения удобной и безопасной парковки [1, 2]:

- автоматическое хранение транспортных средств;
- автоматический выезд транспортного средства для реализации автоматизации извлечения транспортного средства с места парковки;
- контроль информации о местонахождении транспортного средства, чтобы можно было легко получить доступ к транспортному средству, его геолокации, для удобства и быстрого поиска;
- ручной режим обслуживания требуется в этой конструкции для облегчения работы по отладке работы при установке или дальнейшей эксплуатации для обслуживающего персонала;
- динамическое моделирование складирования транспортных средств и на панели HMI.

Внешний вид 3D гаража показан на рисунке 1.



Рисунок 1 – Внешний вид 3D гаража

Вместимость подъемно-поворотного трехмерного гаража составляет $4 \times 5 = 20$ парковочных мест.

Управление и мониторинг автоматической системой гаража осуществляется с помощью промышленно-логического контроллера (ПЛК) и человеко-машинного интерфейса (ЧМИ), а режим связи осуществляется по системе промышленной автоматизации Industrial Ethernet (IEC 61158) – PROFINET. Существует два основных режима управления 3D гаражом и его подъемно-поворотным механизмом: ручной и автоматический режимы [3, 4]. Структурная схема системы управления гаража данного типа для устройства и принципа действия представлена на рисунке 2.

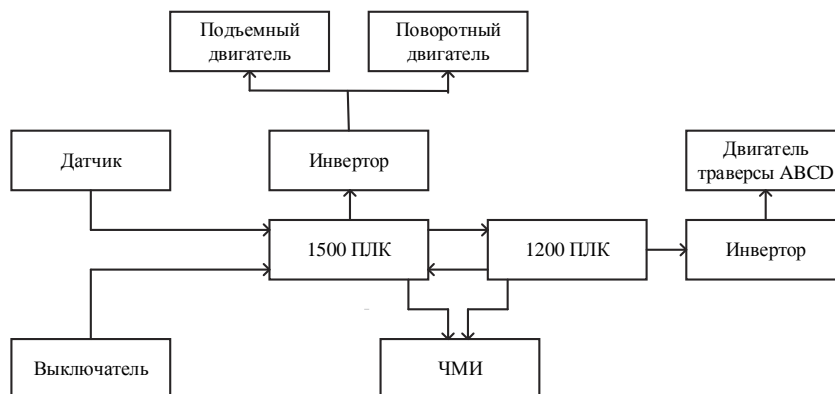


Рисунок 2 – Общая блок-схема устройства 3D гаража

Для реализации функции хранения и складирования необходима систематизация транспортных средств по габаритным показателям, в соответствии с которой можно все транспортные средства разделить на три типа: малые, средние и большие, которым будут соответствовать свои парковочные места на разных уровнях гаража. Учитывая, что будут ошибки в точности при проектировании во время въезда, было решено оставить определенный запас площади спереди, сзади, слева, справа и сверху парковочного места, чтобы гарантировать, что парковочное место может вместить соответствующее транспортное средство и обеспечить его безопасность в гараже.

Структурная схема управления трехмерным гаражом в основном состоит из двух частей: основной блок системы и система управления. Основная функция главной цепи заключается в управлении прямым и обратным вращением двигателя для обеспечения подъема и опускания, а также перемещения влево и вправо транспортного средства [3].

Основной функцией блока управления является выбор режима работы системы и защитная аварийная остановка реле при чрезвычайных ситуациях или происшествиях, при этом устанавливается однокнопочная активация аварийной остановки для обеспечения безопасности людей, транспортных средств и гаража в целом. Это сделано в первую очередь для сохранения безопасности в любых ситуациях, и блокировка причинения машинного вреда человеку.

В данном техническом решении по автоматизации трехмерного гаража используются ПЛК двух типов 1500PLC – основной контроллер и 1200PLC – вспомогательный контроллер.

Вспомогательная система управления трехмерным гаражом лифтового типа в основном связана с каналом подключения для управления прямым и обратным вращением двигателя парковки, чтобы парковочные места в гаражных зонах А, В, С и D перемещались вбок. Датчики контроля, такие как концевые выключатели, для обеспечения нормальной работы гаража [5].

Двигатель является основной частью подъемно-транспортного механизма. Подъемный двигатель должен иметь большой пусковой момент, низкую скорость и функцию торможения. Модуль двигателя в основном отвечает за подъем и перемещение транспорта. Для выполнения функции перемещения были выбраны пять комплектов специальных двигателей для трехмерного гаража Mingchun MCN модели

СЛРК22040403 мощность 0,4 кВт, 4Р, 220 В, скоростью на выходе 42 об/мин при 60 Гц. Для выполнения функции подъема – специальный двигатель Mingchun MCN модели MЛРК55370603 мощностью 3,7 кВт, 4Р, 220 В, скоростью на выходе 26 об/мин при 60 Гц.

Также важной деталью для комфортного пользования потребителям данным видом гаража является сенсорный экран, отвечающий последним технологическим требованиям, сочетающим в себе качество и простоту использования. Основной функцией сенсорного экрана является предоставление входных сигналов и отображение рабочего состояния. При работе системы автовладелец выбирает соответствующее парковочное место через сенсорный экран, на котором может отображаться процесс работы гаража и необходимые подсказки. Внешний вид экрана многофункционального сенсорного экрана Siemens HMI показан на рисунке 3.

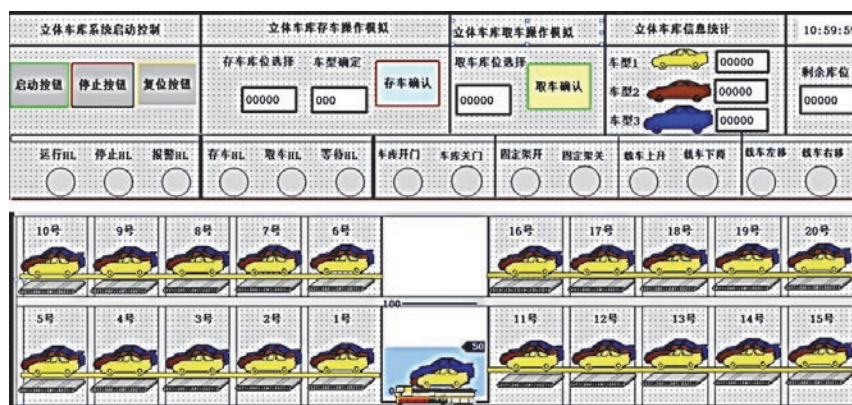


Рисунок 3 – Внешний вид сенсорного экрана 3D гаража

При проектировании системы управления 3D гаражом на базе ПЛК большое значение имеет выбор и проектирование аппаратных средств. Они полностью используются для обеспечения безопасной и бесперебойной работы трехмерного гаража. Аппаратная конструкция объемного гаража определяет его безопасность и надежность. Во-первых, аппаратное обеспечение, в основном используемое в этой конструкции, – это Siemens PLC1500 и PLC1200, инвертор Siemens MM420, тайваньский подъемный двигатель Mingchun, датчик Schneider, сенсорный экран и другие аппаратные средства.

Заключение

Реализация в современном мире данной технологии весьма правильна и имеет большое количество плюсов в использовании. Это отличное решение для больших городов, где есть проблема перенаселения людьми. Такое решение способно облегчить жизнь многим людям, упростив процесс парковки, при этом гарантируя сохранность автомобиля.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Абдулаев, Н.С. Современные научные технологии и общество / Н.С. Абдулаев, Д.В. Игнатьев // Новые технологии. – 2021. – № 153. – С. 11-17.
2. Володин, А.И. Проектирование многоуровневых систем хранения / А.И. Володин // Наука и люди. – 2020. – № 48. – С. 22-49.
3. Олегова, А.К. Автоматизация гаражей / А.К. Олегова // Современные технологические исследования и проекты. – 2021. – №31. – С. 54-78.
4. Симонов, В.И. Моделирование и проектирование / В.И. Симонов. – Москва : БИНОМ. Научные разработки XXI века. – 2019. – 1254 с.
5. Якушев, О.С. Создание моделей и внедрение их в общество / О.С. Якушев, Ж.В. Измайлов // Новые технологии. – 2021. – № 156. – С. 28 - 42.

УДК 699.86

Хакимова Аделия Ильдаровна, студент, Самарский Государственный Технический Университет

Khakimova Adelia Ildarovna, student, Samara State Technical University

Горшенин Андрей Сергеевич, кандидат технических наук, доцент, Самарский Государственный Технический Университет

Gorshenin Andrey Sergeevich, Candidate of Technical Sciences, docent, Samara State Technical University

Рахимова Юлия Игоревна, кандидат педагогических наук, доцент, Самарский Государственный Технический Университет

Rakhimova Julia Igorevna, Candidate of Pedagogical Science, docent, Samara State Technical University

СОВРЕМЕННЫЕ И ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ИЗОЛЯЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ СИСТЕМ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ

MODERN AND PERSPECTIVE INSULATING MATERIALS FOR HEAT SUPPLY SYSTEMS

Аннотация. Рассмотрены перспективные изоляционные материалы для систем теплоснабжения. Проанализированы сравнительные характеристики каждого из них. Сделан вывод о необходимости применения современных теплоизоляционных материалов для сокращения тепловых потерь при транспортировке, и уменьшения вложений на реконструкцию и ремонт тепловых сетей.

Abstract. Perspective insulating for heat supply systems are considered. The comparative characteristics of each of them are analyzed. It is concluded that it is necessary to use modern thermal insulation materials to reduce heat losses during transportation, and reduce investments in the reconstruction and repair of heating networks.

Ключевые слова: тепловая изоляция, тепловые потери, тепловые сети, базальтовое волокно, вспененный каучук, вспененный полиэтилен.

Key words: thermal insulation, heat losses heating networks, basalt fiber, foamed rubber, foamed polyethylene.

Введение

В настоящее время главной проблемой в сфере теплоснабжения является снижение тепловых потерь при транспортировке теплоносителя потребителю. На количество потерь оказывают влияние такие факторы как отсутствие, деформация или увлажнение слоя тепловой изоляции. Применение современных теплоизоляционных материалов способствует уменьшению потерь и эффективному потреблению тепловой энергии с рациональным использованием систем централизованного теплоснабжения.

Основная часть

Тепловые сети являются ключевым и самым ненадежным элементом системы теплоснабжения. Основной причиной этого являются большие потери теплоты вследствие изношенности тепловой изоляции трубопровода. При нарушении целостности слоя гидроизоляционных покрытий происходит увеличение влажности теплоизоляции. Увлажнение теплоизоляции способствует разрушению труб из-за коррозии внешней поверхности, в результате чего срок службы трубопроводов сокращается в несколько раз [2]. Выбор эффективного теплоизоляционного материала может стать важным шагом по энергосбережению. Также хорошо подобранный материал может повысить качество и надежность системы теплоснабжения и сократить затраты на обслуживание трубопроводов.

Современные виды теплоизоляционных покрытий должны иметь не только низкую теплопроводность, но и малую воздухо- и водопроницаемость, а также низкую электропроводность, что уменьшит электрохимическую коррозию материала труб [2]. Поэтому, выбор оптимального теплоизоляционного материала следует производить на основании следующих факторов:

- температура транспортируемой среды;
- температура окружающей среды;
- способ прокладки тепловых сетей;
- теплоизоляционные качества материала;
- возможность применения данного материала в заданных условиях и т.д. [4].

К показателям эффективности изоляционной конструкции относят: коэффициент теплопроводности, сопротивление к нагрузкам, паропроницаемость (вагопроницаемость), класс пожарной опасности, устойчивость к многократным перепадам температур как окружающей среды, так и теплоносителя [2].

На сегодняшний день самыми перспективными являются следующие теплоизоляционные материалы: базальтовое волокно, вспененный каучук, экструдированный полистирол. Рассмотрим подробнее каждый из этих материалов.

Базальтовое волокно или базальтовая вата представляет собой спрессованную плитку из переплетенных волокон, основой для которых выступают изверженные горные породы. За счет своих теплоизоляционных свойств, утеплитель препятствует потере тепла в холодное время года и сохраняет прохладу в жару. Такой материал обладает огнестойкостью – способен выдерживать температуру до 1000°C, в том числе открытый огонь, хорошо удерживает тепло и изолирует нагретый воздух, не пропускает влагу, устойчив к физическому воздействию. Преимуществами такого материала является длительный срок службы (до 50 лет), легкость монтажа, защита металла от коррозии.

Еще одним перспективным теплоизоляционным материалом является вспененный каучук, в структуре которого имеется большое количество воздушных ячеек, обеспечивающих низкую теплопроводность материала. Кроме того, он не подвергается процессам гниения и образования плесени, обладает влагонепроницаемостью, износостойкостью и высокой огнестойкостью на всем протяжении срока эксплуатации. Также, к преимуществам вспененного каучука можно отнести защиту трубопровода от конденсата; минимизацию тепловых потерь (благодаря мелкопористой структуре материал имеет минимальную теплопроводность (0,036 Вт/м*К)); прочность; термическую стойкость (способен функционировать в широком температурном диапазоне: от -200 до +175°C) [3].

Одним из самых экономичных изоляционных материалов является вспененный полиэтилен. Этот материал имеет структуру с закрытыми ячейками и гладкую поверхность, за счет чего становится влаго- и паронепроницаемым. Изготавливается из полиэтилена высокого давления, в качестве вспенивающего агента выступает углеводород. Теплоизоляция трубопроводов из вспененного полиэтилена обладает следующими свойствами:

- упругость, эластичность, гибкость при широком диапазоне рабочих температур;
- высокая химическая стойкость;
- устойчив к ударным нагрузкам;
- низкое водопоглощение;
- экологичность;
- долговечность и износостойкость.

Низкий коэффициент теплопроводности вспененного полиэтилена, а также его способность препятствовать образованию конденсации влаги делают его очень эффективным теплоизолятором. Дополнительным преимуществом можно отметить эластич-

ность вспененного полиэтилена при низких температурах и возможность изготовления материала в различных формах [5].

Заключение

Исходя из вышеизложенного, можно сделать вывод о целесообразности активного применения перечисленных выше теплоизоляционных материалов. Хочется особо подчеркнуть, что применение современных изоляционных материалов при ремонте и реконструкции тепловых сетей, позволит снизить тепловые потери и уменьшить вложения на обслуживание тепловых сетей.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Все о трубах // [Электронный ресурс] URL: <https://pipe-s.ru/snizheniye-poter-tepla-truboprovod/>
2. Закомолдина, Е. С. Влияние типа теплоизоляции и способа прокладки тепловых сетей на эффективность тепловых сетей / Е. С. Закомолдина, Л. В. Плотникова // Наука современности: проблемы и решения: Сборник научных статей. Том I. Часть III. – Москва: Издательство "Перо", 2019. – С. 102-105. – EDN LPCLFX.
3. Изоляция труб из вспененного каучука // [Электронный ресурс] URL: <https://www.pcventas.ru/information/izoljacija-trub-iz-vspennogo-kauchuka/>
4. Пампуха, А.С. Современные изоляционные материалы для трубопроводов тепловых сетей / А. С. Пампуха, Е. Н. Семикова, Д. А. Чуркина // Материалы IX Международной студенческой научной конференции «Студенческий научный форум» URL: <https://scienceforum.ru/2017/article/2017037440> (дата обращения: 30.03.2023).
5. Современные изоляционные материалы // [Электронный ресурс] URL: <http://euroterm.ru/index.php/article/articles21#:~:text=В%20зависимости%20от%20диаметров%20изолируемых,полиэтилен%2C%20экструдированный%20полиуретан%2C%20полиуретан%2C%20пеностекло>

УДК 332.87

Хакимова Аделия Ильдаровна, студент, Самарский Государственный Технический Университет

Khakimova Adelia Ildarovna, student, Samara State Technical University

Горшенин Андрей Сергеевич, кандидат технических наук, доцент, Самарский Государственный Технический Университет

Gorshenin Andrey Sergeevich, Candidate of Technical Sciences, docent, Samara State Technical University

Рахимова Юлия Игоревна, кандидат педагогических наук, доцент, Самарский Государственный Технический Университет

Rakhimova Julia Igorevna, Candidate of Pedagogical Science, docent, Samara State Technical University

ЭФФЕКТИВНЫЕ РЕШЕНИЯ ПО ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЮ В МНОГОКВАРТИРНЫХ ДОМАХ

EFFECTIVE ENERGY SAVING SOLUTIONS IN APARTMENT BUILDINGS

Аннотация. Рассмотрены эффективные решения по энергосбережению в многоквартирных домах. Изложены принципы применения систем индивидуального автоматизированного теплового пункта. Показана возможность применения солнечных крышных модулей с целью освещения подъездов. Сделан вывод о необходимости проведения мероприятий по сбережению энергии в каждом конкретном случае.

Abstract. Effective solutions for energy saving in apartment buildings are considered. The principles of application of individual automated heating point systems are described. The

possibility of using solar roof modules for purpose of lighting entrances is shown. It is concluded that it is necessary to carry out measures to save energy in each specific case.

Ключевые слова: индивидуальный тепловой пункт, солнечные крышные модули, тепловая энергия, энергосбережение, энергоэффективные мероприятия.

Key words: individual heat point, roof solar modules, heat power, energy saving, energy efficient measures.

Введение

Энергетика – одна из ведущих отраслей народного хозяйства любой страны, охватывающая энергетические ресурсы, выработку, преобразование, передачу и использование различных видов энергии. Одной из главных проблем энергетической отрасли является скоротечное истощение ее ресурсов. В связи с этим, необходимо искать пути энергосбережения и модернизации системы энергообеспечения потребителей. Анализ научно-исследовательских источников показывает, что энергетическая отрасль имеет большое значение в жизни человечества, уровень развития которой отражается на уровне жизни населения [5].

Основная часть

Большая часть энергии, потребляемая человеком, оказывается бесполезной из-за низкой эффективности использования имеющихся энергетических ресурсов или изношенности систем энергоснабжения. Людям необходимо научиться использовать энергию, находящуюся в их распоряжении, эффективно и безопасно [2]. Рассмотрим некоторые эффективные, на наш взгляд, решения по энергосбережению на примере многоквартирного жилого дома:

1. Утепление кровли здания путем замены изношенной и несвоевременной тепловой изоляции с низким коэффициентом сопротивления теплопередаче на новую, с высокими теплозащитными показателями. Благодаря этому значительно снижаются тепловые потери за счет нагрева инфильтрационного воздуха, которые являются следствием неплотности.

2. Увеличение сопротивления теплопередачи наружных стен и снижения тепловых потерь здания за счет улучшения его теплозащитных свойств и применения эффективных теплоизоляционных материалов.

3. Устройство вентилируемых наружных стен, способствующее повышению уровня тепловой защиты наружных стен.

4. Тепловая защита наружной стены в месте установки отопительного прибора гарантирует снижение тепловых потерь от наружных ограждений (стены), к которым прилегают отопительные приборы.

5. Применение теплопоглощающего и теплоотражающего остекления, предназначенного для сокращения теплопоступлений в помещения от солнечной радиации, что приводит к комфорту в помещениях.

6. Устройство застекленных лоджий, которое способствует сокращению расхода проникающего в помещение наружного холодного воздуха в зимний период и повышению температуры внутри помещения [3].

7. Установка индивидуального автоматизированного теплового пункта (ИТП) жилого дома. Суть данного мероприятия заключается в установке в подвале здания оборудования, которое обеспечит распределение тепловой энергии между потребителями, а также автоматическое поддержание заданных параметров системы отопления. Возможность саморегулирования расхода тепла, исходя из своих нужд, является основным преимуществом для потребителей. Также автоматическое поддержание комфортной температуры в помещении в зависимости от внешних условий позволит сэкономить и тепловую энергию, и денежные средства потребителей [4].

Еще одним важным решением по энергосбережению в жилом доме может стать использование альтернативной энергии для освещения подъездов, лестничной клетки и

придомовой территории. Основной идеей данного мероприятия является монтаж солнечных модулей на специальных профилях, с оптимальным для данной местности углом наклона, на крышу жилого дома. От фотоэлектрических батарей подводится длинный кабель к вспомогательному оборудованию на чердаке или в подвале и подключается к энергопотребляющим приборам.

К преимуществам такого решения можно отнести следующее:

- получение увеличенной генерации за счет значительной высоты расположения;
- снижение затрат на освещение подъездов и придомовой территории;
- отсутствие необходимости в дополнительных площадках, и как следствие компактность;
- накопленная в дневное время энергия может использоваться в ночное время для освещения [1].

Заключение

Исходя из вышеизложенного, можно сделать вывод о том, что данные мероприятия помогут значительно сократить расход тепловой и электрической энергии в целом. Также, перечисленные выше действия, способствуют уменьшению затрат на оплату электроэнергии за потребление в общедомовых нуждах. Хочется особо подчеркнуть важность энергосбережения и необходимость комплексного подхода к проведению мероприятий по сбережению энергии в каждом конкретном случае.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Блог о солнечных батареях // [Электронный ресурс] URL: <https://mywatt.ru/poleznaya-informaciya/mozhno-li-v-rossii-ustanavlivat-solnechnye-batarei-na-kryshu-mnogoetazhnogo-doma>.

2. Каримов, М.Т. ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ В ПОВСЕДНЕВНОЙ ЖИЗНИ ЧЕЛОВЕКА // Материалы VII Международной студенческой научной конференции «Студенческий научный форум» URL: <https://scienceforum.ru/2015/article/2015016204> (дата обращения: 13.03.2023).

3. Пилипенко, Н.В. Энергосбережение и повышение энергетической эффективности инженерных систем и сетей. Учебное пособие / Н. В. Пилипенко, И. А. Сиваков – СПб: НИУ ИТМО, 2013. – 274 с.

4. Устройство инженерных систем // [Электронный ресурс] https://www.akruks.net/article/ustrojstvo_inzhiniringovyh_sis/p447-kak_rabotaet_itp_v_mnogokvartirnom_dome/.

5. Ховалова, Т.В. Инновации в электроэнергетике: виды, классификация и эффекты внедрения // СРРМ.- 2019.- №3. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/innovatsii-v-elektroenergetike-vidy-klassifikatsiya-i-effekty-vnedreniya> (дата обращения: 13.03.2023).

УДК 621.314

Цыкунова Анна Андреевна, студент, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Tsykunova Anna Andreevna, student, Komsomolsk-na-Amure State University

Сериков Александр Владимирович, доктор технических наук, доцент, заведующий кафедрой «Электромеханика», Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Serikov Alexander Vladimirovich, Doctor of Engineering Sciences, Docent, Head of Electromechanics Department, Komsomolsk-na-Amure State University

ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СИСТЕМ УТИЛИЗАЦИИ ТЕПЛА В СИЛОВЫХ МАСЛЯНЫХ ТРАНСФОРМАТОРАХ

IMPROVING THE ENERGY EFFICIENCY OF POWER TRANSFORMERS

Аннотация. В работе производится оценка возможности внедрения и использования систем утилизации тепла в силовых масляных трансформаторах для собственных нужд трансформаторных подстанций. Проводится анализ известных систем охлаждения трансформаторов и предлагается схема утилизации тепла.

Abstract. The paper evaluates the possibility of introducing and using heat recovery systems in power oil transformers for the own needs of transformer substations. The analysis of known transformer cooling systems and the selection of a system for further implementation of the heat recovery selection scheme are carried out.

Ключевые слова: силовой трансформатор, энергоэффективность, тепловые потери.

Key words: power transformer, energy efficiency, heat losses.

Введение

На сегодняшний день проблеме энергосбережения уделяется все более пристальное внимание, активнее появляются различные варианты снижения энергозатрат, рассматриваются и реализуются разнообразные схемы, позволяющие сократить потребление энергии [1].

Потери силовых трансформаторов рассеиваются в виде тепла в окружающую среду [2]. Но, эти потери можно направить непосредственно на нужды самой трансформаторной подстанции.

Целью данной работы является оценка возможности использования тепловых потерь силовых масляных трансформаторов для теплоснабжения подстанций.

Основная часть

В среднем на собственные нужды трансформаторных подстанций выделяется около 5% от суммарных технологических потерь электроэнергии (рисунок 1), что в денежном эквиваленте достигает миллиардов рублей в год. К таким нуждам относятся: охлаждение трансформаторов; освещение, обогрев и вентиляция помещений; оперативные цепи и цепи управления; обогрев электрооборудования подстанции и прочее.

Одним из способов по снижению расхода тепла можно считать внедрение установки утилизации тепла трансформатора для обогрева зданий [3]. Положительным эффектом будет являться то, что в отопительный период установка утилизации тепла представляется дополнительным охлаждающим блоком, что снижает расход электроэнергии системой охлаждения трансформатора. Для



Рисунок 6– Распределение технологических потерь

внедрения установки утилизации тепла трансформатора нужно выполнить подробный разбор систем их охлаждения и оценить возможность полезного использования потерь трансформаторного оборудования.

На данный момент известны несколько основных систем охлаждения трансформаторов, выбор той или иной зависит от мощности устройства и, следовательно, от потерь энергии в нем [4]. Для более мощных трансформаторов используется масляная система охлаждения, которая подразделяется на марки: М, Д, ДЦ, НДЦ, Ц, НЦ.

Проанализировав существующие системы охлаждения масляных трансформаторов с точки зрения возможности регулирования теплообмена с окружающей средой, выявлено, что в системах охлаждения с дутьем и естественной циркуляцией масла, за счет изменения производительности охлаждающего вентилятора, обеспечивается средний уровень возможности регулирования теплообмена с окружающей средой. В силовых трансформаторах с дутьем и принудительной циркуляцией масла (например, ДЦ) возможность регулирования является высокой за счет изменения режима работы циркуляционного насоса и вентилятора.

В настоящее время существуют системы утилизации потерь такие как: система с использованием теплообменника «масло-воздух»; система утилизации теплоты трансформатора с помощью водомасляного теплообменника; система с использованием теплового насоса и другие [5].

Однако, все они обладают недостатком, который заключается в необходимости использования дополнительного оборудования вне габаритов силового трансформатора. К такому оборудованию относятся: внешний масляно-водяной теплообменник, дополнительное электронагревательное оборудование, тепловой насос и прочее.

В работе предлагается нагревательный элемент и теплообменник объединить в один узел – нагревательный модуль НМ (рисунок 2), в состав которого входит нагревательный контур (НК) и тиристорный коммутатор (ТК), состоящий из встречно-параллельно включенных тиристоров. НК представляет собой замкнутый с помощью ТК электропроводный полый виток из немагнитного материала, внутри которого циркулирует нагреваемый теплоноситель. Такой теплообменник может устанавливаться как на активной части трансформатора, так и вне ее, но внутри бака трансформатора. НМ позволяет более эффективно утилизировать часть потерь силового трансформатора и подогревать теплоноситель до необходимой рабочей температуры.

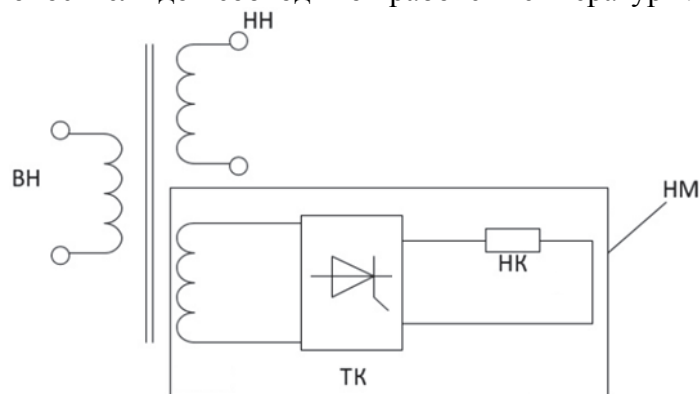


Рисунок 2 – Схема трансформатора с нагревательным модулем

Для повышения эффективности НК должен представлять собой теплообменник с развитой поверхностью теплообмена. НК целесообразно располагать в верхней части трансформатора, где масло нагревается до более высоких температур. ТК позволяет работать НМ в двух режимах: активном и пассивном. Пассивный режим характеризуется непроводящим состоянием тиристоров (то есть закрытое состояние). В этом режиме тепло от трансформаторного масла будет передаваться нагреваемой жидкости. В ак-

тивном режиме тиристоры находятся в проводящем состоянии. По НК протекают токи, за счет которых происходит подогрев теплоносителя до требуемой (рабочей) температуры.

Достоинства предложенной схемы трансформатора с НМ заключаются в отсутствии вынесенного отдельного теплообменника, что значительно удешевляет и упрощает систему. Нет необходимости в циркуляционном насосе для трансформаторного масла, требуется меньший его объем.

Заключение

Таким образом, рассмотрев существующие системы охлаждения трансформаторов, выявлены возможные пути утилизации тепловых потерь силовых масляных трансформаторов, предложена схема трансформатора с нагревательным модулем в качестве возможного способа утилизации тепла.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Воротницкий, В.Э. Снижение потерь электроэнергии – важнейший путь энергосбережения в электрических сетях / В.Э. Воротницкий // Энергосбережение. – 2014. – № 3. – С. 61-64. – EDN: SBKODD.

2. Иванов, С.Н. Повышение энергоэффективности и надежности силовых трансформаторов / С.Н. Иванов, Д.К. Шестопалько // Энергетика, электромеханика и энергоэффективные технологии глазами молодежи : Материалы IV Российской молодежной научной школы-конференции. Томск, 01–03 ноября 2016 года. – Томск: Томский политехнический университет, 2016. – С. 153-157. – EDN: UXYZER.

3. Биленко, И.И. Совершенствование конструкции и повышение энергосберегающих свойств силового масляного трансформатора / И.И. Биленко, Н.А. Карпов, В.В. Иванов, А.В. Сериков // Электроэнергетические комплексы и системы: история, опыт, перспектива : Материалы Всероссийской научно-технической конференции с международным участием, посвященной 60-летию кафедры "Системы электроснабжения" и 100-летию плана ГОЭЛРО. Хабаровск, 19–20 ноября 2020 года. – Хабаровск: Дальневосточный государственный университет путей сообщения, 2020. – С. 53-56. – EDN: WFULLF.

4. Цепелев, И.А. Системы охлаждения трансформаторов / И.А. Цепелев, Н.С. Причислов, В.З. Ковалёв // Проблемы рационального природопользования и история геологического поиска в Западной Сибири : Материалы VIII региональной молодежной конференции имени В. И. Шпильмана, посвященной 90-летию со дня образования Ханты-Мансийского автономного округа – Югры и 60-летию открытия Шаимского нефтяного месторождения. Ханты-Мансийск, 02–03 апреля 2020 года. – Ханты-Мансийск: Югорский государственный университет, 2020. – С. 246-248. – EDN: YDCRPH.

5. Воротницкий, В.Э. Системы утилизации тепла трансформаторов и автотрансформаторов 220-750 кВ / В.Э. Воротницкий // Энергия единой сети. – 2014. – № 6 (17). – С. 32-42. – EDN: VTBJYF.

УДК 621.791

Чураков Александр Евгеньевич, студент, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Churakov Alexander Evgenievich, student, Komsomolsk-na-Amure State University

Янченко Андрей Вячеславович, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры «Электромеханика», Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Yanchenko Andrey Vyacheslavovich, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, Associate Professor of Electromechanics Department, Komsomolsk-na-Amure State University

ОЦЕНКА НАГРЕВА РОЛИКОВ КАТЯЩЕГОСЯ ТОКОСЪЕМА УНИПОЛЯРНОГО ГЕНЕРАТОРА

ESTIMATION OF HEATING OF ROLLING CONTACTS OF A UNIPOLAR GENERATOR'S CURRENT COLLECTOR

Аннотация. В статье рассматривается оценка нагрева роликов катящегося токосъема униполярного генератора. Приводятся параметры токосъема УГ и результаты расчета, в котором отражено влияние импульсов тока на температуру нагрева роликов. Установлено, что при увеличении времени токоотдачи униполярного генератора, температура роликов также увеличивается, но нагрев происходит в допустимом диапазоне.

Abstract. The article considers the evaluation of the heating of the rollers of the rolling current collector of the unipolar generator. The parameters of the current removal of the UG and the results of the calculation are given, which reflects the effect of current pulses on the temperature of the heating of the rollers. It has been established that with an increase in the current transfer time of a unipolar generator, the temperature of the rollers also increases, but heating occurs within the allowable range.

Ключевые слова: нагрев роликов, униполярный генератор, катящийся токосъем.

Key words: heating of rollers, unipolar generator, rolling current collector.

Введение

В современном мире энергетические системы играют важную роль в обеспечении потребностей общества в электроэнергии. В связи с этим, разработка и улучшение энергетических установок является актуальной задачей, которая требует постоянного совершенствования технологий и процессов.

Одним из источников для контактной сварки может быть электромеханический преобразователь энергии на базе униполярной машины (УМ). Униполярные машины генерируют токи большой величины, необходимые для контактной сварки. Для повышения КПД в УМ применяют роликовый токосъем, в котором при больших токах (десятки тысяч ампер) может возникать перегрев роликов, который в свою очередь может привести к деформации элементов токосъема. Это увеличивает риск аварийной ситуации и снижает надежность работы энергетической установки [1, 2].

Цель данной работы состоит в изучении влияния параметров импульсного тока на температуру роликов униполярного генератора (УГ).

Исследование нагрева

Катящийся токосъем состоит из 50 медных роликов и двух медных цилиндрических обоем. Ток, проходящий через всю систему, равен вырабатываемому току униполярного генератора, таким образом, через один ролик проходит ток равный, определяемый по формуле:

$$I_{\text{рол}} = \frac{I_{\text{я}}}{N_{\text{рол}}} \quad (1)$$

где $I_{\text{я}}$ – ток якоря; $N_{\text{рол}}$ – количество роликов.

Для оценки нагрева токосъема тепловой расчет роликов был произведен с учетом электропотерь в контакте и в теле ролика [3, 4]. Параметры машины указаны в таблице 1

Таблица 1 – Соответствие элементов работы и стиля оформления

Параметры УГ	Значение параметра УГ -145
Длина ротора, м	0,784
Диаметр ротора (якоря), м	0,515
Масса ротора (якоря), кг	1274
Частота вращения макс., об/мин	3000
КПД УГ	76,77 / 97,5
Напряжение якоря, В	4,55
Ток максимальный, кА	16
Контактное сопротивление, мОм	0,18
Ток через один ролик, А	350
Количество роликов	50
Количество импульсов	13

Результат теплового расчета представлен в виде графика (рисунок 1).

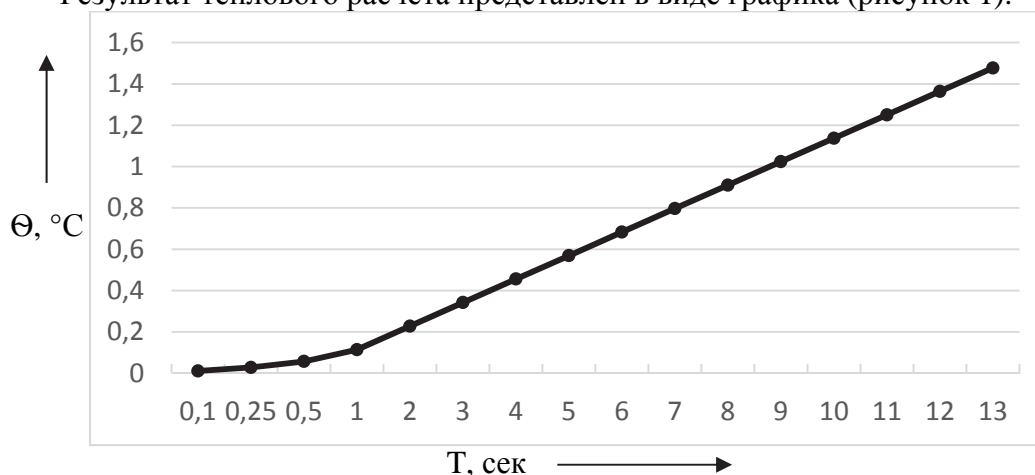


Рисунок 1 – Зависимость температуры нагрева от времени

Анализ полученных данных показал, что при увеличении времени работы генератора температура роликов также увеличивается. При расчете УГ мощностью 145 кВт в режиме инерционного накопителя длительность работы на максимальном токе до полной остановки составляет не более 14 секунд, поэтому нагрев является незначительным и не достигает критических значений.

Закключение

В ходе исследования УГ в режиме инерционного накопителя энергии было установлено, что при увеличении времени токоотдачи униполярного генератора, температура роликов также увеличивается, но нагрев происходит в допустимом диапазоне. При этом учитывалась теплоотдача только с поверхности роликов [5]. Если учитывать теплоотдачу с поверхности цилиндров обоймы, то общий нагрев токосъема должен снижаться.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Бут, Д.А. Накопители энергии: учеб. пособие для вузов / Д.А. Бут, Б.Л. Алиевский, С.Р. Мизюрин, П.В. Васюкевич // Энергоатомиздат. – 1991. – С. 203-211.

2. Геча, В.Я. Определение контактного сопротивления для токосъема униполярной электрической машины / В.Я. Геча, А.Б. Захаренко, А.К. Над-кин // Труды ВНИИЭМ «Вопросы электромеханики». – 2015. – Т.145. – С. 3-7.

3. Ким, К.И. Критерии устойчивости режима самовозбуждения асинхронного жидкометаллического магнитогидродинамического генератора / К.И. Ким, К.К. Ким, С.Н. Иванов // Ученые записки Комсомольского-на-Амуре государственного университета. Науки о природе и технике. – 2021. – № VII-1(55). – С. 11-17.

4. Ким, К.К. Триботехнические характеристики элементов скольжения электро-механических преобразователей / К.К. Ким, С.Н. Иванов, А.В. Горбунов // Ученые записки Комсомольского-на-Амуре государственного университета. Науки о природе и технике. – 2022. – № V-1(61). – С. 113-116.

5. Надкин, А.К. Исследование зонального токосъема и реакции якоря для повышения эффективности униполярных электрических машин. / А.К. Надкин // Диссертация на соискание уч. степени канд. техн. наук, МЭИ, М.: 2017. – 143с.

СЕКЦИЯ 5

ПРОМЫШЛЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ИННОВАЦИИ

УДК 004.418:[004.624+004.75]

Васильев Гордей Владимирович, аспирант, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Vasilev Gordei Vladimirovich, postgraduate student, Komsomolsk-na-Amure State University

МЕТОДИКА РАЗРАБОТКИ ОТКАЗОУСТОЙЧИВОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ ОБРАБОТКИ БОЛЬШИХ ДАННЫХ О ПОГОДЕ С ОМОЩЬЮ APACHE NIFI

METHODOLOGY FOR DEVELOPING A FAULT-TOLERANT INFORMATION SYSTEM FOR PROCESSING BIG WEATHER DATA USING APACHE NIFI

Аннотация. Разработана новая современная методика по реализации отказоустойчивой информационной системы для получения, обработки и хранения данных о погоде. Для этих задач был выбран Apache NiFi в качестве реализации ETL процесса. В качестве базы данных для хранения большого объема данных о погоде использовалась NoSQL MongoDB. Помимо этого, данные транслируются также в брокер сообщений RabbitMQ. Abstract. During the research, the author studied open sources and open-source software for the implementation of fault-tolerant information systems. Developed a methodology for the implementation of a fault-tolerant information system for receiving, processing and storing weather data. For these tasks, Apache NiFi was chosen as the implementation of the ETL process. NoSQL MongoDB was used as a database for storing weather data. In addition, the data is broadcast to the RabbitMQ message broker.

Ключевые слова: информационная система, отказоустойчивость, ETL, NiFi, RabbitMQ, MongoDB, погода.

Key words: information system, fault tolerance, ETL, NiFi, RabbitMQ, MongoDB, weather.

Введение

За последнее десятилетие отказоустойчивость информационной системы широко обсуждалась как критическая проблема, особенно с точки зрения центров обработки данных и облачных вычислений.

Масштабируемое программное обеспечение играет ключевую роль в качестве основы для программного обеспечения для обработки больших данных о погоде. Расстановка приоритетов приведет к снижению затрат на техническое обслуживание и эксплуатацию. Проектирование программного обеспечения – это балансирование, оно включает в себя разработку и поставку лучших продуктов в рамках временных и бюджетных ограничений.

Таким образом, необходима информационная система для сбора данных о погоде, которая будет решать следующие задачи: отказоустойчивость [1]; масштабируемость; работу в real-time режиме; user-friendly.

Для построения отказоустойчивой информационной системы, которая будет современной и эффективной автор выбрал Apache NiFi.

Apache NiFi имеет следующие преимущества: упрощенную интеграцию данных из различных источников; поток данных в реальном времени; разработан с учетом высокой масштабируемости; обладает высокой гибкостью и может быть настроен в соответствии с конкретными потребностями отдельных организаций; обеспечивает передачу данных и возможности аудита, которые позволяют организациям отслеживать перемещение данных по конвейеру данных.

В целом, Apache NiFi – это мощный инструмент, который упрощает процесс интеграции и управления потоками данных, что делает его популярным выбором для организаций, которым необходимо обрабатывать и анализировать большие объемы данных.

Основная часть

Автор реализовал архитектурное решение информационно системе в виде ETL (Extract, Transform, Load) процесса.

ETL означает извлечение, преобразование и загрузку. В современном мире хранилищ данных этот термин расширен до E-MPAC-TL или «извлечение», «мониторинг», «профилирование», «анализ», «очистка», «преобразование» и «загрузка». Другими словами, ETL фокусируется на качестве данных и метаданных.

Мониторинг данных позволяет проверять данные, которые перемещаются на протяжении всего процесса ETL.

Наконец, следует предусмотреть передачу данных на протяжении всего процесса ETL, включая созданные записи об ошибках.

E-MPAC-TL – это расширенная концепция ETL, которая пытается сбалансировать требования с реальными системами, инструментами, метаданными, техническими проблемами и ограничениями и, прежде всего, самими данными.

Для реализации информационной системы автор выбрал Apache NiFi.

Apache NiFi [2, 3] – это открытое программное обеспечение проекта Apache Software Foundation, предназначенное для автоматизации операций по обработке данных. Инструмент для извлечения, преобразования, загрузки (ETL) основан на программном обеспечении «NiagaraFiles», ранее разработанном Агентством национальной безопасности США (АНБ).

На рисунке 1 разработанный новый современный шаблон для Apache NiFi. Синим цветом обозначен процесс, который принимает данные на вход информационной системы. Белым цветом обозначены процессы, которые выполняют обработку данных. Зеленым завершающие процессы. Красным обозначается процесс логирования ошибок.

Запуск процесса производится каждые 10 минут. Первым шаг процесс считывает файл с субъектами.

После чего CSV конвертируется в JSON формат (рисунок 2).

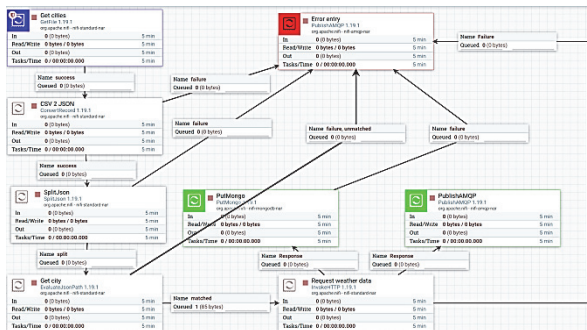


Рисунок 1 – Шаблон NiFi

```
as: formatted
[
  {
    "id_city": 2021851,
    "city": "Komsomolsk-on-Amur",
    "longitude": 137.01524,
    "latitude": 50.55199
  },
  {
    "id_city": 2022890,
    "city": "Khabarovsk",
    "longitude": 135.09277,
    "latitude": 48.48083
  },
  {
    "id_city": 2021799,
    "city": "Konstantinovka",
    "longitude": 127.98333,
    "latitude": 49.61667
  }
]
```

Рисунок 2 – Конвертация в JSON формат

Далее происходит разбиение flowfile на несколько flowfile. В данном случае на три flowfile, т. к. 3 субъекта (Комсомольск-на-Амуре, Хабаровск, Константиновка). После чего уже для каждого отдельного flowfile создается атрибут subject, в котором записано название субъекта. Таким образом формируется три запроса в API OpenWeather-Mар для получения данных о погоде. После чего идет запись сообщений в topic в RabbitMQ (рисунок 3) и запись в соответствующие коллекции в базу данных MongoDB [4] (рисунок 4). А также логирование ошибок.

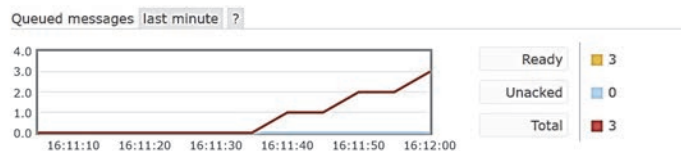


Рисунок 3 – Запись сообщений в topic

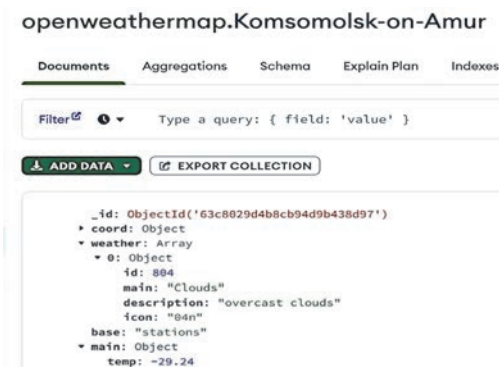


Рисунок 4 – Коллекции в MongoDB

Заключение

Автор изучил открытые источники и открытое программное обеспечение для реализации отказоустойчивых информационных систем. Вследствие чего был выбран Apache NiFi. В данной научной статье была продемонстрирована методика разработки ETL процессов для сбора, обработки и хранения данных о погоде.

Для реализации современной информационной системе по данной методике необходимо определить основные функциональные части информационной системе (получения данных, обработка, загрузка). Далее реализовать механизмы логирования ошибок. Для выбранных инструментов разработки уже предусмотрены механизмы мониторинга. А также поддержка отказоустойчивости и масштабирования.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Васильев Г. В. Параллелизм и отказоустойчивость в обработки больших данных / Г. В. Васильев, А. В. Васильев // Актуальные проблемы информационно-телекоммуникационных технологий и математического моделирования в современной науке и промышленности: Материалы I междунар. науч.-практ. конф. молодых учёных, Комсомольск-на-Амуре, 20-25 марта 2021. – Комсомольск-на- Амуре: ФГБОУ ВО «КнАГУ», 2021. – С. 257-260. – EDN AEIULF.
2. Папоян В. В. Применение технологий больших данных для организации сбора, потоковой обработки и хранения информации о компаниях-нерезидентах / В. В. Папоян, В. В. Кореньков, И. С. Кадочников // Системный анализ в науке и образовании. – 2019. – № 3. – С. 71-78. – EDN JSEXNX.
3. Data Processing in Cyber-Physical-Social Systems Through Edge Computing / R. Dautov, S. Distefano, D. Bruneo [et al.] // IEEE ACCESS. – 2018. – Vol. 6. – P. 29822-29835. – DOI 10.1109/ACCESS.2018.2839915. – EDN YBOLHV.
4. Смирнова, О. Н. MongoDB с человеческим лицом или Как спокойно спать по ночам / О. Н. Смирнова, А. Ф. Иванько // Вестник МГУП имени Ивана Федорова. – 2013. – № 2. – С. 98-101. – EDN ULEUEP.

УДК 004.021

Ворощенко Василий Даниилович, студент, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Voroschenko Vasiliy Daniilovich, student of Komsomolsk-na-Amure State University

Горькавый Александр Иванович, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры «Электропривода и автоматизации промышленных установок», Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Gorkavyu Aleksandr Ivanovich – Candidate of Engineering Sciences, Docent, Associate Professor of the Department of Electro drive Engineering and Industrial Automation, Komsomolsk-na-Amure State University

Горькавый Михаил Александрович, кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой «Управление инновационными процессами и проектами», Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Gorkavyu Mikhail Alexandrovich, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Management of Innovative Processes and Projects, Komsomolsk-na-Amure State University

АЛГОРИТМ ПОИСКА ТРАЕКТОРИИ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ УХОДА ОТ КОЛЛИЗИЙ КОЛЛАБОРАТИВНОГО РОБОТА-МАНИПУЛЯТОРА

ALGORITHM FOR SEARCHING A TRAJECTORY FOR AVOIDING COLLISIONS OF A COLLABORATIVE ROBOT-MANIPULATOR

Аннотация. В статье представлен алгоритм поиска траектории ухода от столкновения с препятствием в рабочей зоне робота-манипулятора. Это необходимо для предотвращения возможной коллизии, после которой может произойти увеличение времени выполнения операций. Алгоритм реализован на базе алгоритма муравьиной колонии.

Abstract. The article presents an algorithm for finding the trajectory of avoiding a collision with an obstacle in the working area of a robotic arm. This is necessary to prevent a possible collision, after which an increase in the execution time of operations may occur. The algorithm is implemented the ant colony algorithm.

Ключевые слова: траектория, алгоритм муравьиной колонии, задача коммивояжера, манипулятор, оптимизация, управление.

Key words: trajectory, ant colony algorithm, traveling salesman problem, manipulator, optimization, control.

Введение

В России множество промышленных предприятий, для улучшения их работы необходимо проводить роботизацию. Но для большего контроля и регулирования производственных процессов следует внедрять коллаборативные роботизированные ячейки, позволяющие человеку непосредственно влиять на выполняющиеся роботизированные процессы. В данной статье будет изложена концепция оптимизации такого взаимодействия.

Коллаборативные процессы предполагают под собой работу человека и робота в паре для того, чтобы нивелировать недостатки друг друга и использовать сильные стороны. Для обеспечения безопасности робот оснащен датчиками, не позволяющими причинить физический вред. При столкновении с человеком робот останавливается и может приступить к продолжению своих операций после сигнала или спустя время, что сказывается на увеличении времени изготовления единицы продукции. И в случае длительного препятствования движению робота, по неосторожности, манипулятор будет простаивать [1]. Для решения этой проблемы предлагается оснастить управляющую систему робота алгоритмом поиска объездных путей для избегания коллизий с минимальным затрачиваемым временем.

Основная часть

Перед описанием решения следует представить объект исследования (рисунок 1). Это 6-осевой коллаборативный манипулятор в рабочей зоне которого непрерывно или периодически находится человек. Для идентификации и позиционирования человека в рабочей зоне роботизированная ячейка оснащена техническим зрением [2]. Непрерывно в процессе работы ячейки камера передает сигнал в управляющую систему, которая распознает положение человека, а также прогнозирует возможные траектории робота. Эта информация и будет использоваться для изменения траектории движения робота в случае возможного столкновения.

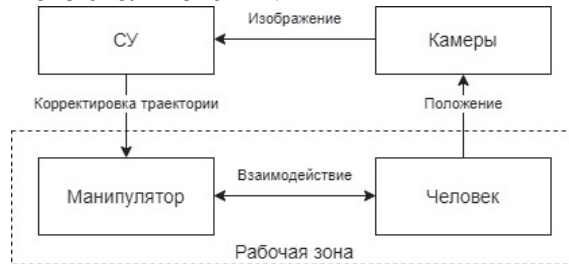


Рисунок 1 – Структура исследуемой системы

В первую очередь для анализа должно быть известно пространство, занимаемое человеком или нежелательным объектом в рабочей зоне робота, это позволяет понять, где робот не должен находиться, чтобы не произошло столкновение. А также координаты начального положения манипулятора и конечного. Беспрепятственное движение робота по траектории, близкой к прямой линии, лежит на точках. Когда эти точки попадают в пространство, занимаемое препятствием, роботу необходимо изменить траекторию. Анализ данных предлагается проводить на основе алгоритма муравьиных колоний или задачи коммивояжера [3]. Она состоит в перемещении между точками, замыкая маршрут на первой, используя минимальный общий путь. Эта задача адаптирована под задачу робота: достигнуть целевой точки по краткому маршруту. Ниже представлен алгоритм (рисунок 2).

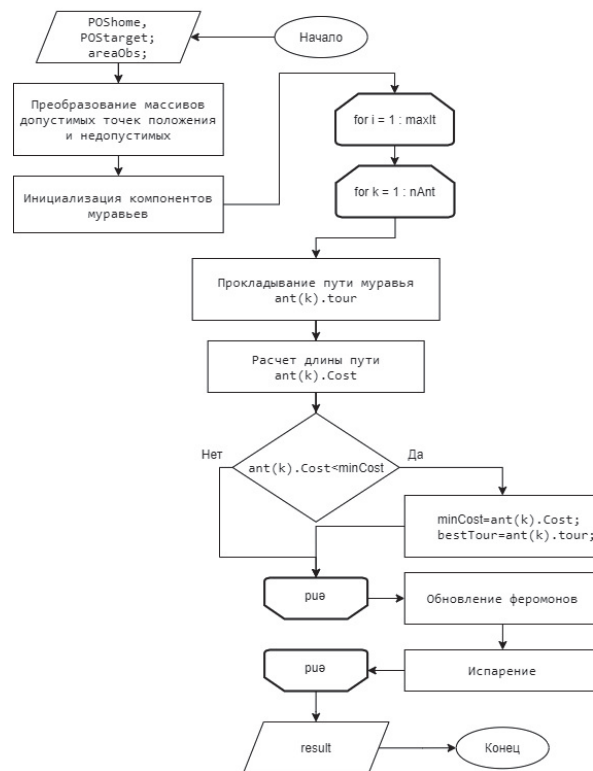


Рисунок 2 – Алгоритм поиска траектории

Вначале происходит ввод точек робота и координат препятствия. Рассчитывается массив смежности с данными о расстоянии между точками. Инициализируются некоторые компоненты муравьиного алгоритма, например, массив муравьев *ant*, содержащий информацию о его маршруте и длине. До входа в цикл массив не заполнен, имеется только первый город в маршруте муравья, соответствующий *POShome*.

Цикл производит перебор всех муравьев и последовательно каждому составляет маршрут. Муравей определяет следующий город в своем маршруте с помощью вероятностно-пропорционального правила. Он делает выбор в сторону того города, который имеет большее количество феромонов, но с некоторой вероятностью. Это продолжается до тех пор, пока в маршруте не появится целевой город.

После формирования всех маршрутов выполняется расчет длины пути каждого муравья и добавление к старым феромонам новых. Новые рассчитываются обратно-пропорционально длине пути каждого муравья и добавляются только к тем городам, которые стояли в маршруте.

После происходит незначительное уменьшение всех феромонов. По завершению цикла происходит вывод кратчайшего маршрута.

На его основе формируется последовательность точек, составляющих траекторию робота.

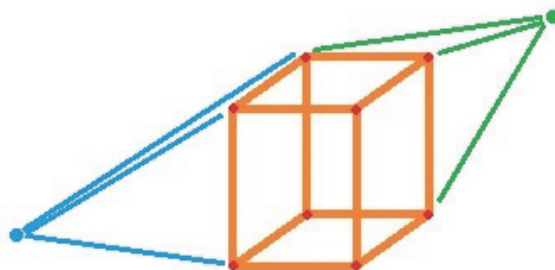


Рисунок 3 – Варианты движения при возникновении препятствия

В завершеном варианте исполнения алгоритма был проведен тест работы. До появления препятствия в форме куба траектория движения состояла только из двух точек (рисунок 4). После, алгоритм колонии проложил маршрут через одну точку на границе препятствия. У них была возможность использовать и другие точки, но этот маршрут оказался самым коротким. Результат может быть представлен и в виде большего количества точек. В данном случае понадобилось одного. Эту точку следует включить между начальной и целевой. Выполнив перемещение через эти три точки, робот пройдет по кратчайшей траектории обхода препятствия.

Заключение

В результате было представлено решение поставленной проблемы на основе задачи коммивояжера или алгоритма муравьиной колонии. Который хаотичное и случайное перемещение муравьев преобразует в упорядоченное и с минимальным по длине маршрутом. За счет заложенной логики выбора маршрута в каждом муравье.

Результаты представленных методов можно использовать в реальном манипуляторе с помощью изменения координат точек управляющей программы.

Благодарности. Исследование выполнено в рамках научного проекта, финансируемого за счет средств КНАГУ № ВН002/2020.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Wang. Modelling Un-certainties in Human-Robot Industrial Collaborations. *Procedia Computer Science/ Wang, Xiaodan, Setchi, Rossitza, Alhusin Alkhdur, Abdullah - Procedia Computer Science.* - 2022. - №09. - С. 425-435.

2. Топорин, А.А. Система предотвращения столкновений человека и робота в процессе работы производственной коллаборативной ячейки сборки / А.А. Топорин -

Мехатроника, автоматика и робототехника. – 2023. – № 11. – С. 50-57. – DOI 10.26160/2541-8637-2023-11-50-57.

3. Ходашинский И.А. Алгоритмы муравьиной и пчелиной колонии для обучения нечетких систем / И.А. Ходашинский, И.В. Горбунов, П.А. Дудин - ТУСУР. - 2009. - №2. - С. 25-30.

УДК 351.72

Воскобойникова Александра Алексеевна, студентка, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Voskoboynikova Alexandra Alekseevna, student of Komsomolsk-na-Amure State University

Зайченко Илья Владимирович, кандидат технических наук, доцент Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Zaychenko Ilya Vladimirovich Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, Komsomolsk-na-Amure State University

АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ПРОГРАММЫ «ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫЙ ГЕКТАР» В ЦЕЛЯХ СТИМУЛИРОВАНИЯ ЭКО-ФЕРМЕРСКОГО ДВИЖЕНИЯ НА ТЕРРИТОРИИ ХАБАРОВСКОГО КРАЯ

ANALYSIS OF THE EFFECTIVENESS OF THE IMPLEMENTATION OF THE FAR EASTERN HECTARE PROGRAM IN ORDER TO STIMULATE THE ECO-FARMING MOVEMENT IN THE KHABAROVSK TERRITORY

Аннотация. В статье проанализирована эффективность реализации инновационных предпринимательских проектов в сфере эко-фермерства на территории Хабаровского края. Определены законодательные акты, нормирующие данное направление предпринимательской деятельности. Приведена детализированная статистика использования земель в рамках программы «Дальневосточный гектар». Выявлены регионы – лидеры по активности в программе. Проанализированы проблемы реализации программы «Дальневосточный гектар» и существующих мер поддержки фермеров. Предложены меры по повышению эффективности предпринимательских проектов в сфере эко-фермерства на территории Хабаровского края.

Abstract. The article analyzes the effectiveness of the implementation of innovative entrepreneurial projects in the field of eco-farming in the Khabarovsk Territory. Legislative acts that regulate this area of business activity are determined. Detailed statistics of land use within the framework of the program "Far Eastern Hectare" is given. Identified regions - leaders in activity in the program. The problems of the implementation of the Far East Hectare program and existing measures to support farmers are analyzed. Proposed measures to improve the efficiency of entrepreneurial projects in the field of eco-farming in the Khabarovsk Territory.

Ключевые слова: инновации, предпринимательство, дальневосточный гектар.

Key words: innovations, entrepreneurship, Far Eastern hectare.

Введение

Самым большим федеральным округом в Российской Федерации является Дальневосточный федеральный округ (ДФО). На его территории, которая составляет 6,2 млн квадратных километров проживает всего 6,18 млн человек, что показывает сколько свободной земли по соотношению приходится на одного человека. По официальным данным Росстата, на территории ДФО в период с января по сентябрь 2021 года наблюдается сокращение населения из-за естественной убыли и миграции, что состави-

ло 16,5 тыс. человек. Вследствие чего в настоящее время существует дефицит трудовых ресурсов внутри округа.

В связи с этим Правительством РФ было принято решение создать министерство по развитию Дальнего Востока (Минвостокразвития), основной задачей которого являлась разработка государственной программы, которая в дальнейшем позволила бы вернуть или же вызвать прирост населения в ДВФО. Основным положением программы является Федеральный закон от 01.05.2016 №119 ФЗ «Об государственной или муниципальной собственности и расположенных на территориях субъектов Российской Федерации, входящих в состав Дальневосточного федерального округа, и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» [1]. Данный закон дает возможность получить гражданину в безвозмездное пользование 1 га земли для ведения предпринимательской деятельности, фермерского хозяйства или возведения жилого дома.

Основная часть

В программе «Дальневосточный гектар» участвуют такие регионы Дальнего Востока, как Амурская область, Еврейская автономная область, Приморский и Хабаровский края, Республика Саха (Якутия), Магаданская область, Камчатский край, Сахалинская область и Чукотский автономный округ [1]. Здесь стоит отметить, что Хабаровский край входит в тройку лидеров по предоставлению «дальневосточных гектаров».

Уже более 5 лет в Хабаровском крае функционирует закон о Дальневосточном гектаре. В течение этого времени гражданами подано 20 746 заявлений, из которых более 10 000 уже предоставлено в безвозмездное пользование. При этом каждую неделю продолжают поступать около 20 заявлений.

Чаще всего полученные земельные участки используются для [2]:

- постройки жилого дома – 54% участников;
- сельскохозяйственных работ – 23% участников;
- создания проектов туристической отрасли – 9% участников;
- ведение личного хозяйства – 7% участников;
- предпринимательство – 7% участников.

Ниже представлена диаграмма использования земельных участков в рамках программы «Дальневосточный гектар» (рисунок 1).



Рисунок 1 – Диаграмма использования земельных участков

Среди все регионов ДВФО, участвующих в программе, по количеству заявлений, поданных на получение участка, лидирующим является Хабаровский край. Но при этом он находится на втором месте по выданным участкам.

Во всем многообразии видов деятельности, которые предполагалось реализовать в рамках программы «Дальневосточный гектар», существует направление эко-фермерского движения, которое может выступать в производстве продуктов естественного происхождения или создано для рекреационной деятельности человека с природой [2].

Эко-движение является трендом в настоящее время, что обусловлено стремлением людей к ведению здорового образа жизни. Но сейчас данное направление недостаточно развито, так как занимает всего 7% от занятых земель [5].

Несмотря на то, что в программе существуют меры поддержки для начинающих фермеров, которые оказаны уже в размере 218,8 млн рублей, существует и ряд недостатков, которые препятствуют реализации эко-фермерского движения в Хабаровском крае.

Одним из таких является неточность картографических сведений и данных о фактическом использовании предлагаемых земельных участков. Некоторые участки занимаются незаконно, что усложняет процесс дальнейшего предоставления этих земель.

Также существуют сложности в информировании граждан России о существующей программе «Дальневосточный гектар». Как уже было сказано выше, эко-фермерство является трендом в настоящее время и многие люди хотели заниматься этим делом. Но, к сожалению, у многих людей нет представления о получении земельного участка для реализации своих идей.

Следующей проблемой является слабая доступность выделяемых земель. Так как предоставляемые участки находятся минимум в 10 км от населенных пунктов и в 20 км от городов с населением выше 300тыс. человек, то создание инфраструктуры для них будет создаваться, можно сказать, с нуля.

И последней проблемой является высокая затратность на освоение выданной земли в краткие сроки [4]. Большинство участников программы для реализации деятельности на земельном участке оформляют кредиты, тем самым сильно переплачивая средства, которые могли бы пойти на ее развитие.

Для успешного развития сферы эко-фермерства с помощью программы «Дальневосточный гектар» следует решить выделенные проблемы.

Проблему достоверности информации можно решить регулярными работами Росреестра по уточнению картографических данных границ земельных участков, выделенных под программу, и соответствию их предполагаемого использования с фактическим.

Путем решения проблемы слабой инфраструктуры является обеспечение доступа к земельным участкам крупному транспорту от дорог федерального значения и магистралей; организация поселений на предлагаемых участках (кооперация людей по совпадению видов деятельности) для упрощения подключения к основным инженерным коммуникациям.

Для снижения финансовой нагрузки участников госпрограммы потребуется создать условия, при которых кредиты для освоения дальневосточных гектаров будут беспроцентными. А далее, на определенный период (5 лет после освоения) вести налогообложение на льготной основе [3].

Заключение

В заключении можно сказать, что госпрограмма «Дальневосточный гектар» дает высокий шанс развитию экономики Дальнего Востока. При получении права на дальневосточный гектар следует брать во внимание проанализированные проблемы и предлагаемые пути их решения.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Федеральный закон от 1 мая 2016 г. N119-ФЗ "Об особенностях предоставления гражданам земельных участков, находящихся в государственной или муниципальной собственности и расположенных на территориях субъектов Российской Федерации, входящих в состав Дальневосточного федерального округа, и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации".

2. Радченко, Н. Б. Анализ сегментов рынка экотуризма в Хабаровском крае / Н. Б. Радченко // Молодежные исследования и инициативы в науке, образовании, культуре, политике: Сборник материалов XVI Всероссийской молодежной научно-

практической конференции с международным участием, Биробиджан, 22–23 апреля 2021 года. – Биробиджан: Приамурский государственный университет им. Шолом-Алейхема, 2021. – С. 729-732. – EDN DVVUSR.

3. Соколова, В. С. Бизнес планирование инновационно-технологического проекта / В. С. Соколова, И. В. Зайченко // Молодежь и наука: актуальные проблемы фундаментальных и прикладных исследований : Материалы IV Всероссийской национальной научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. В 4-х частях, Комсомольск-на-Амуре, 12–16 апреля 2021 года. – Комсомольск-на-Амуре: Комсомольский-на-Амуре государственный университет, 2021. – С. 250-252. – EDN JDIWMA.

4. Сизинцева, А. С. Финансовые и нефинансовые выгоды от использования информационных систем / А. С. Сизинцева, В. В. Бажеряну // Географические исследования в контексте социально-экономического развития регионов : Материалы Всероссийской научно-практической конференции (с международным участием), посвящённой 75-летию кандидата географических наук, доцента, почетного работника высшего профессионального образования Российской Федерации Ахмеда Лечаевича Устаева, Грозный, 01–02 июня 2022 года. – Грозный: Чеченский государственный университет имени Ахмата Абдулхамидовича Кадырова, 2022. – С. 584-586. – DOI 10.36684/68-2022-1-584-586. – EDN MLLFGZ.

5. Кирюченкова, А. С. Экомаркетинг в Хабаровском крае как перспективное направление развития бизнеса / А. С. Кирюченкова, В. С. Соколова // Молодежь и наука: актуальные проблемы фундаментальных и прикладных исследований : Материалы IV Всероссийской национальной научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. В 4-х частях, Комсомольск-на-Амуре, 12–16 апреля 2021 года / Редакция: Э.А. Дмитриев (отв. ред.), А.В. Космынин (зам. отв. ред.). Том Часть 3. – Комсомольск-на-Амуре: Комсомольский-на-Амуре государственный университет, 2021. – С. 383-385. – EDN UJPFH.

УДК 004.932.2

Грабарь Даниил Михайлович, студент, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Grabar Daniil Mikhailovich, student, Komsomolsk-na-Amure State University

Иванов Юрий Сергеевич, кандидат технических наук, доцент, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Ivanov Yuri Sergeevich, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, Komsomolsk-na-Amure State University

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ КАЛИБРОВКИ КАМЕР ПРОМЫШЛЕННОГО РОБОТИЗИРОВАННОГО КОМПЛЕКСА

RESEARCH OF METHODS OF CALIBRATION OF CAMERAS OF INDUSTRIAL ROBOTIC COMPLEX

Аннотация. В работе рассмотрены методы калибровки камеры по шаблону и приведен их сравнительный анализ. Описаны различия шаблонов для калибровки. Процесс калибровки позволит получить внутренние параметры камер и произвести процесс триангуляции для получения точек в трехмерном пространстве.

Abstract. The paper considers the methods of calibration of the camera according to the template and provides their comparative analysis. Differences between calibration templates are described. The calibration process will allow you to obtain the internal parameters of the cameras and perform a triangulation process to obtain points in three-dimensional space.

Ключевые слова: камера, калибровка по шаблону, ArUco, ChArUco, калибровочные доски.

Key words: camera, template calibration, ArUco, ChArUco, calibration boards.

Введение

Определение объектов в пространстве является одной из ключевых задач в робототехнике [1], с помощью которой возможно отслеживание и предсказание [2] движений человека в рабочей зоне робота для дальнейшего определения нештатных ситуаций [3]. Для определения ключевых точек человека в мировой трехмерной системе координат необходимо иметь две и более камеры. Стоит учитывать, что многокамерная система должна быть откалибрована. Целью калибровки является определение внутренних параметров и дисторсии (степени искажения изображения). Две откалиброванные камеры, объединенные в стереопару, позволяют создать алгоритмы для определения объектов в реальном пространстве с использованием нейросетевых алгоритмов [4].

Основная часть

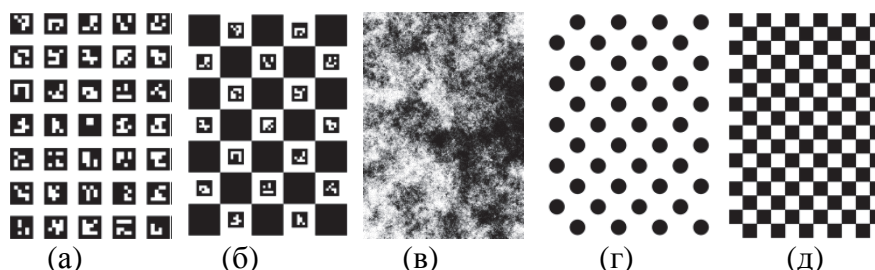
Имеется несколько способов калибровки камеры: калибровка по шаблону; калибровка по геометрическим примитивам; калибровка с помощью нейронных сетей. Наибольшей популярностью пользуется способ калибровки по шаблону, так как он не требует больших вычислительных ресурсов.

Целью данной работы является оценка качества калибровки камеры по шаблону используя разные методы. В качестве критериев оценки выступают следующие метрики: среднеквадратичная ошибка (RMSE от англ. Root Mean Square Error); независимое фокусное расстояние (измеряется в метрах / пикселях и не соответствует фокусному расстоянию линзы) по осям x (f_x) и y (f_y); c_x, c_y - естественные координаты главной точки относительно начала координат камеры. Среднеквадратичная ошибка рассчитывается по следующей формуле:

$$\text{RMSE} = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{j=1}^n (y_j - \hat{y}_j)^2}, \quad (1)$$

где n – количество объектов, y_j – предсказанное значение, \hat{y}_j – искомое значение.

Калибровка по шаблону имеет несколько методов, которые основаны на принципе чередования черно-белого цвета, создающего резкий градиент в разных направлениях. Для калибровки камеры создается калибровочный объект (рис. 1). В качестве калибровочных объектов были выбраны следующие: доска ArUco [5] и ChArUco [6], представляющие из себя набор QR кодов, содержащих информацию; доска со случайным шумом [7]; доска с круглыми маркерами; шахматная доска [8].



(а) доска ArUco, (б) доска ChArUco (в) шаблон со случайным шумом
(г) доска с круглыми маркерами (д) шахматная доска

Рисунок 1 – Калибровочные шаблоны

При калибровке камеры формируется K снимков, для вычисления внутренних параметров камеры (f_x, f_y, c_x, c_y). В данной работе использовались встроенные функции из библиотеки OpenCV для нахождения паттернов на калибровочных шаблонах (рис. 2).

Изображения калибровочного шаблона в разной ориентации дают достаточно информации для определения их положения в глобальной системе координат и определения внутренних параметров камеры. В таблице 1 приведен сравнительный анализ качества алгоритмов калибровки камеры на базе различных калибровочных шаблонов. Сбор данных производился с использованием камеры Intel RealSense D455, имеющей разрешение 1280x720. Расстояние шаблона от камеры составляло 30-100см.

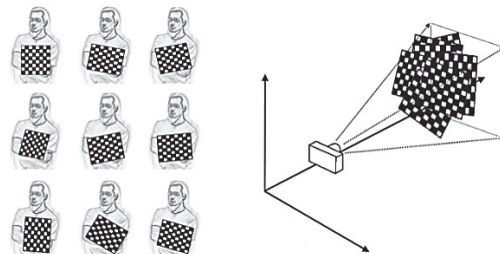


Рисунок 2 – Принцип сбора данных при калибровке камер промышленного роботизированного комплекса

Таблица 1 – Сравнительные параметры калибровки камеры

Параметры \ Шаблон	Доска ArUco	Доска ChArUco	Случайный шум	Круглые маркеры	Шахматная доска
RMSE	1.781	1.385	0.892	0.193	0.142
f_x	1666.473	1548.735	785.756	668.222	304.639
f_y	1669.029	1593.831	793.432	674.208	295.639
c_x	505.29	550.151	622.491	622.735	629.98
c_y	621.393	670.3	408.654	412.122	406.179

Как можно заметить фокусное расстояние по x и y отличаются друг от друга. Если калибровочный шаблон пикселей камеры представляет собой идеальный квадрат, $f_x = f_y$. Если пиксели немного прямоугольные, а не квадратные, $f_x \neq f_y$ [9].

Заключение

Рассмотрены основные методы калибровки камеры. Наименьшую ошибку RMSE показал шаблон шахматной доски. Размер фокусного расстояния изменятся от шаблона калибровки и, чем выше ошибка RMSE, тем больше значение. При этом естественные координаты главной точки относительно начала координат камеры зависят от расстояния, на котором происходил сбор данных.

Процесс калибровки камеры по шаблону позволил определить внутренние параметры камеры, которые в дальнейшем пригодятся для объединения нескольких камер в стереопару и воссоздания 3D сцены взаимодействия оператора и коллаборативного робота.

Благодарности.

Работа выполнена при поддержке Российского научного фонда проект №22-71-10093 «Разработка и синтез перспективных мультимодальных адаптивных алгоритмов и методов управления поведением коллаборативных робототехнических систем с учетом нештатных ситуаций и экстремальных условий в недетерминированной среде» <https://rscf.ru/project/22-71-10093/>.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Li A., Schoellig A. P. Multi-View Keypoints for Reliable 6D Object Pose Estimation //arXiv preprint arXiv:2303.16833. – 2023.
2. Chiu H. et al. Action-agnostic human pose forecasting //2019 IEEE winter conference on applications of computer vision (WACV). – IEEE, 2019. – С. 1423-1432.

3. Амосов О.С. Вычислительный метод распознавания ситуаций и объектов в кадрах непрерывного видеопотока с использованием глубоких нейронных сетей для систем контроля и управления доступом / О. С. Амосов, С. Г. Амосова, С. В. Жиганов - Известия Российской академии наук. Теория и системы управления. — 2020. — № 5. — С. 73-88.

4. Guo H. et al. Neural 3d scene reconstruction with the manhattan-world assumption //Proceedings of the IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition. – 2022. – С. 5511-5520.

5. Detection of ArUco Markers // OpenCV - Open Source Computer Vision URL: https://docs.opencv.org/4.x/db/da9/tutorial_aruco_board_detection.html (дата обращения: 29.03.2023).

6. Detection of ChArUco Boards // OpenCV - Open Source Computer Vision URL: https://docs.opencv.org/4.x/df/d4a/tutorial_charuco_detection.html (дата обращения: 30.03.2023).

7. Multi-camera Calibration // OpenCV - Open Source Computer Vision URL: https://docs.opencv.org/4.x/d2/d1c/tutorial_multi_camera_main.html (дата обращения: 31.03.2023).

8. Camera Calibration // OpenCV - Open Source Computer Vision URL: https://docs.opencv.org/4.x/dc/dbb/tutorial_py_calibration.html (дата обращения: 31.03.2023).

9. Camera calibration With OpenCV // OpenCV URL: https://docs.opencv.org/2.4/doc/tutorials/calib3d/camera_calibration/camera_calibration.html (дата обращения: 01.04.2023).

УДК 001.895

Кучеров Вячеслав Антонович, магистр, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Kuchеров Vyacheslav Antonovich, undergraduate, Komsomolsk-na-Amure State University

Куделько Анатолий Романович, кандидат технических наук, доцент, профессор кафедры «Управление инновационными процессами и проектами», Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Kudelko Anatoly Romanovich, Candidate of Technical Sciences, assistant professor, Professor of the Department of Management of Innovative Processes and Projects, Komsomolsk-na-Amure State University

Пугачева Алина Игоревна, аспирант, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Pugacheva Alina Igorevna, postgraduate student, Komsomolsk-na-Amure State University

АНАЛИЗ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ И ПУТЕЙ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ИННОВАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ПРЕДПРИЯТИЯ

ANALYSIS OF THE FUNCTIONING AND WAYS TO IMPROVE THE INNOVATIVE SYSTEM OF THE ENTERPRISE

Аннотация. В настоящее время компаниям необходимо идти по пути инноваций и развития, осваивать новые технологии и продукты с ключевыми преимуществами, а также обновлять и модернизировать устаревшие производственные системы и механизмы управления. В рамках данной работы проводится анализ явления инновационной системы хозяйствующего субъекта, описание её функционирования и определение путей

её совершенствования с учетом ориентированности на возможные проблемы и недостатки в функциональной структуре.

Abstract. Currently, companies need to follow the path of innovation and development, master new technologies and products with key benefits, as well as upgrade and modernize outdated production systems and management mechanisms. Within the framework of this work, an analysis of the phenomenon of the innovation system of an economic entity is carried out, a description of its functioning and determination of ways to improve it, taking into account the focus on possible problems and shortcomings in the functional structure.

Ключевые слова: инновационная система хозяйствующего субъекта, методы, технологии, повышение эффективности, инновации

Key words: innovative system of an economic entity, methods, technologies, efficiency improvement, innovations.

Введение

До настоящего времени при совершенствовании научных концепций, связанных с формированием, эволюцией и исследованием структур инновационных систем разных уровней, внимание в основном уделяется особенностям построения и функционирования национальных [1] и региональных [5] инновационных систем.

В [4] рассматривается классификация инновационных систем и, в частности, рассматриваются предпосылки формирования инновационной системы предприятия.

Основная часть

Инновационная система предприятия [4] представляет собой совокупность внутренних и внешних по отношению к нему (при необходимости) компонентов, которые в их взаимодействии в инновационном процессе обеспечивают высокую эффективность процессов жизненного цикла инноваций и инновационной деятельности в целом, что в свою очередь ведет к повышению уровня эффективности функционирования предприятия и усовершенствованию ассоциативных связей между этими компонентами.

Так, на рисунке 1 можно увидеть то, из чего состоит инновационная система любой организации.

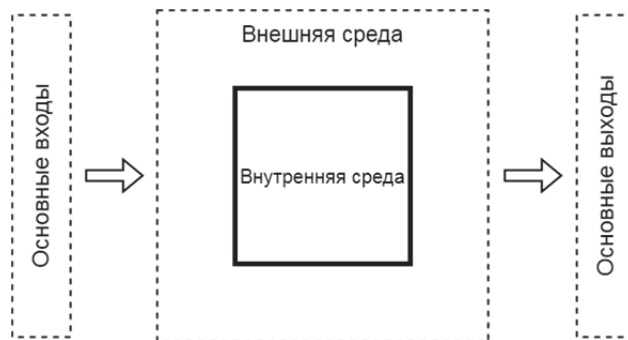


Рисунок 1 – Схема инновационной системы предприятия

На схеме блок основных входов отражает проблемы возникающие в ходе функционирования предприятия. В свою очередь основными выходами являются решения выявленных ранее проблем. Центральная часть отражает в себе компоненты инновационной системы предприятия, выраженные в структурных подразделениях, относящихся к внутренней или внешней среде.

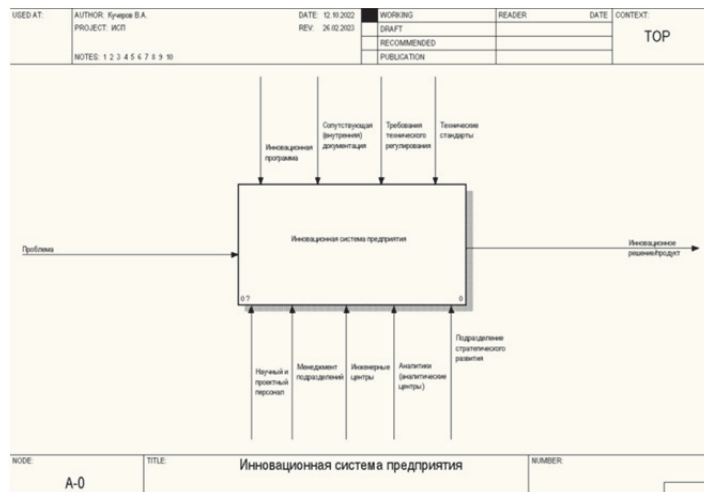


Рисунок 2 – Структурно-функциональная модель инновационной системы предприятия

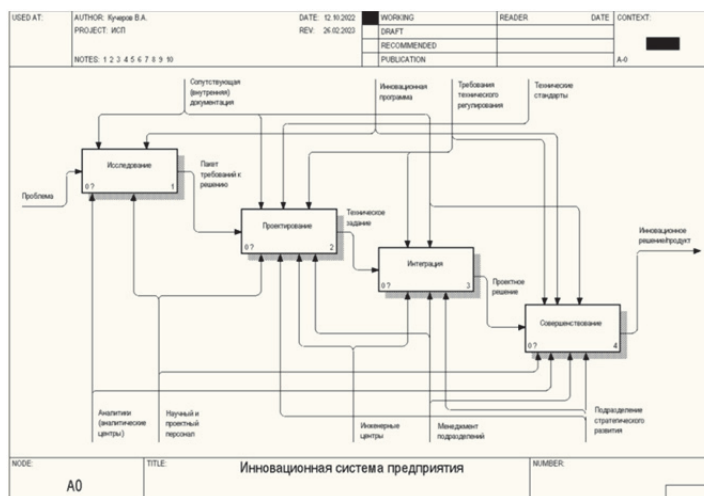


Рисунок 3 – Декомпозиция контекстного уровня структурно-функциональной модели

На рисунках 2 и 3 отражено функционирование инновационной системы предприятия. Здесь представлены такие процессы как: исследование; проектирование; интеграция; совершенствование.

На входе в модель есть проблема, которая проходит исследование, проводимое аналитиками и научным персоналом со вспомогательной документацией, представленная на рисунке как «сопутствующая документация», что подразумевает, общие положения предприятия, его локальные акты, корпоративная этика организации.

Далее, когда появляется пакет требований к решению проблемы начинается этап проектирования, где составляется план, рекомендации и пожелания к решению проблемы. На этом этапе механизмами являются научный и проектный персонал, подразделения стратегического развития, менеджмент подразделений и инженерные центры. Результатом проектирования является техническое задание.

С готовым техническим заданием подходит следующий этап – интеграция, что значит процесс внедрения разработанной документации. Процесс интеграции проходит в соответствии с требованиями технического регулирования и с внутренней документацией, под воздействием менеджмента подразделений, инженерных центров, и подразделений стратегического развития.

В результате на выходе появляется проектное решение, следует заключительный этап – совершенствование. В любом проектировании, после внедрения, выявляются

проблемы и недостатки. Этап совершенствования нужен для того, чтобы их исправить или убрать на начале их работы. Этот процесс сопровождается так же инновационной программой, требованиями технического регулирования и внутренней документацией. Следуя по всем перечисленным процессам в данной структурно-функциональной модели, следует выход: инновационное решение, либо инновационный продукт.

Заключение

При анализе инновационной системы предприятия не редким является несоответствие или отсутствие её структуры. В связи с этим предложен перечень аспектов, на которые следует обратить внимание для организации эффективной инновационной системы или совершенствования существующей:

- максимально полное использование энергии, опыта и знаний сотрудников компании, следовательно, работать эффективнее;
- иметь четкое понимание того, что сотрудник в рамках своего рабочего процесса более осведомлен о том, что необходимо улучшить, чем кто-то другой;
- необходимо разработать систему критериев для оценки инноваций, в целом инновационной деятельности компании;
- сосредоточить внимание на развитии творческих, в том числе, изобретательских способностей персонала:
- формирование и/или развитие и повышение эффективности функционирования обеспечивающих инновационную деятельность компонентов (подсистем), например, подсистема «кайдзен», корпоративный венчурный фонд, корпоративный бизнес-инкубатор, корпоративный грантовый фонд, консалтинговый центр, центр трансфера технологий, образовательный центр (в сфере предпринимательства, маркетинга, продаж и т.п.) и другие.

Благодарность.

Исследование выполнено в рамках научного проекта «Разработка принципов построения, моделей, поиск путей и методов повышения эффективности организационно-технологической инновационной системы в структуре АСУ хозяйствующего субъекта», финансируемого за счет средств ФГБОУ ВО КнАГУ № ВН11/2022.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Голиченко О.Г. Национальная инновационная система России. состояние и пути развития. – М.: Наука, 2006. – 396 с. 2.
2. Крылов, А.Г. Совокупность инновационных проектов предприятия как инструмент повышения эффективности инновационной деятельности // Экономика и менеджмент инновационных технологий. - 2015. - №2 [Электронный ресурс]. URL: <http://ekonomika.snauka.ru/2015/02/7362>
3. Куделько А.Р. Моделирование организационной культуры инновационного типа как инструмента повышения эффективности деятельности экономического агента / А.Р. Куделько, Финогеев М.А. // Производственные технологии будущего: от создания к внедрению: материалы IV Международной научно-практической конференции, Комсомольск-на-Амуре, 16 – 26 февраля 2021 г. – Комсомольск-на-Амуре: ФГБОУ ВО «КнАГУ», 2021. – С. 451 – 454.
4. Куделько, А. Р. Технология формирования структуры компонентов инновационной системы предприятия / А. Р. Куделько, А. И. Пугачева // Научно-технический вестник Поволжья. – 2022. – № 11. – С. 124-127.
5. Монастырный Е.А. Методологическое обеспечение процессов формирования региональной инновационной системы // Инновации. – 2006. – №8. – С. 98-101.

УДК 332.13

Маркова Варвара Евгеньевна, студент, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Markova Varvara Evgenievna, student, Komsomolsk-na-Amure State University

Куделько Анатолий Романович, кандидат технических наук, доцент, профессор кафедры «Управление инновационными процессами и проектами», Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Kudelko Anatoly Romanovich, Candidate of Technical Sciences, assistant professor, Professor of the Department of Management of Innovative Processes and Projects, Komsomolsk-na-Amure State University

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ТЕРРИТОРИИ ОПЕРЕЖАЮЩЕГО РАЗВИТИЯ "СВОБОДНЫЙ"

STUDY OF POSSIBILITIES TO IMPROVE THE EFFICIENCY OF THE FUNCTIONING OF THE TERRITORY OF ACCELERATED DEVELOPMENT "SVOBODNY"

Аннотация. В работе представлены основные компоненты структуры территорий опережающего развития Амурской области, проведен анализ и дана оценка состояния и возможности развития ТОР «Свободный». Предложены варианты стратегий, ориентированных на улучшение, увеличение результативности и эффективности функционирования рассматриваемой территории.

Abstract. The paper presents the main components of the structure of the territories of advanced development of the Amur region, analyzes and evaluates the state and development opportunities of the Svobodny TOR. Variants of strategies aimed at improving, increasing the effectiveness and efficiency of the functioning of the considered territory of advanced development are proposed.

Ключевые слова: территория опережающего развития, потенциал территории опережающего развития, инновационные процессы, университетский инновационный научно-образовательный кластер.

Key words: territory of advanced development, potential of the territory of advanced development, innovative processes, university innovative scientific and educational cluster.

Введение

Территории опережающего развития (ТОР) способны проявлять значительное воздействие на социально-экономическое состояние как регионов, в котором они расположены, так и Российской Федерации в целом. Вопросы осуществления стратегий и планов формирования, создания, развития и дальнейшего совершенствования функционирования конкретной ТОР всегда являются актуальными и требуют пристального внимания.

Основная часть

10 января 2023 года в силу вступило постановления правительства Российской Федерации об объединение ТОР «Свободный» с другими двумя действующими территориями опережающего развития Амурской области - «Белогорск», «Приамурская», расположенных на территориях городов Белогорск и Благовещенск (рисунок 1).

Решение даст возможность усовершенствовать систему управления территориями опережающего развития, а также увеличить результативность деятельности по созданию благоприятной инвестиционной среды в Приамурье.

Компании, работающие в объединившихся ТОР, имеют различную специализацию. Для резидентов «Белогорска» это агропромышленный бизнес и производство

продуктов. Компании – резиденты ТОР «Приамурская» работают в сфере логистики. Направление деятельности в «Свободном» – газохимическая промышленность и производство строительных материалов.



Рисунок 1 – Укрупненная системная карта внутренней чреды объединенной ТОР Амурской области

В связи с этим, целью работы является исследование возможностей и перспектив становления и развития территории опережающего развития «Свободный», а также объединенной ТОР, как одного из основных факторов роста, повышения социально-экономического состояния региона (Амурской области) в целом, что также определяет актуальность рассматриваемых в работе вопросов.

Само по себе, наличие и формирование совокупности ТОР характеризует развитие инновационной инфраструктуры региона. Но, после того, как на территории, в рамках как объединенной ТОР, так и каждой из ее компонентов (рисунок 1) начнут запускаться первые предприятия, должно получить развитие и повышение эффективности различных направлений (технико-технологических, организационно-управленческих экономических, маркетинговых, образовательных, социальных и т.п.) инновационной деятельности и в целом, и каждого из резидентов ТОР. В результате возникнет актуальность, сформируется необходимость определения структуры, содержания компонентов и возможностей инновационной системы как ТОР в целом, так и каждого из ее резидентов в отдельности.

Будущее и основные возможности ТОР могут и должны быть связаны с повышением эффективности применением природных ресурсов и развитием промышленных производств. При этом, главными направлениями совершенствования и обеспечения эффективности функционирования, формирующейся ТОР должна быть деятельность, связанная с:

- активное применение возможностей федерального финансирования при создании объектов как традиционной, так и инновационной инфраструктуры ТОР;
- увеличение инвестиционной активности бизнеса, конкретных инвесторов и населения области в целом;
- развитие экономических связей с соседними регионами и странами, например, Азиатско-Тихоокеанского региона;
- создание импортозамещающих производств резидентами ТОР и в целом на территории области;
- развитием отраслей экономики области на основе научных исследований и работ фундаментального и прикладного характера;
- формирование развитой многопрофильной системы кадрового обеспечения как соответствующих направлений деятельности резидентов ТОР, так и организационно-технологического обеспечения всей совокупности процессов инновационной деятельности, в том числе, при непосредственном участии резидентов ТОР в подготовке кадров;

— привлечением специалистов из других регионов и городов региона и России в целом.

В нынешних условиях инновационные процессы являются одним из источников стабильного стратегического развития большинства резидентов ТОР «Свободный».

Одним из существенных факторов для развития территории является вовлечение инвесторов. В результате чего у ТОР будет гарантирована стабильная финансовая поддержка для развития территории. Для привлечения инвесторов необходимо продвигать ТОР в целом и работать с потенциальными инвесторами. Для этого, необходимо постоянно продвигать и улучшать продукцию и услуги резидентов. Для этого целесообразно участвовать в форумах, где можно демонстрируются новые или усовершенствованные результаты деятельности предприятий.

Также существует потребность в формировании, обеспечении эффективного функционирования и развития такого целесообразного и необходимого элемента инновационной инфраструктуры территории, как университетский инновационный научно-образовательный кластер, который, в свою очередь, должен осуществлять функции системообразующего элемента инновационной системы территории. Одним из таких элементов, в начале внедрения, может стать Амурский государственный университет, расположенный в городе Благовещенск. Резиденты ТОР будут иметь возможность предоставлять целевое обучение, для дальнейшего трудоустройства студентов, а также предоставлять возможность для прохождения практики непосредственно на предприятиях ТОР.

Заключение

Следует отметить, что студентов, которые будут обучаться по новым программам, следует ориентировать и обучать технологиям определения проблем, реализации процессов разработки и введения инноваций с целью повышения результатов и эффективности работы резидентов, а также повышение эффективности ТОР в целом. Также, для мотивации молодого поколения оставаться обучаться и работать на территории Амурской области, а не переезжать в другие регионы и страны, необходимо реализовывать программы формирования комфортной городской среды, формирование социально-культурных условий обеспечения жизнедеятельности населения территории.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Корпорация развития Дальнего Востока и Арктики / ТОР «Амурская» URL: <https://erdc.ru/tors/priamurskaya.html> (дата обращения: 25.03.2023)

2. Куделько, А.Р. Место и сферы деятельности университета в структуре территориальной инновационной системы / А.Р. Куделько, Ю.В. Ляпустина // Проблемы высшего образования: материалы международной научно-методической конференции, Хабаровск, 11 – 13. 04. 2018. – Хабаровск: Изд-во Тихоокеанского государственного университета, 2018. – С. 29 – 33.

3. Ляпустина, Ю.В. Инновационный образовательный кластер как компонент территориальной инновационной системы // Ю.В. Ляпустина, А.Р. Куделько // Научно-техническое творчество аспирантов и студентов: Материалы Всероссийской научно-технической конференции студентов и аспирантов. Комсомольск-на-Амуре, 09.04 – 20.04. 2018: В 2-х ч. – Комсомольск-на-Амуре: ФГБОУ ВО «КнАГТУ», 2018. – Ч. 1. – С. 347 – 350.

4. Куделько, А.Р. Роль и основные направления деятельности вуза по формированию и обеспечению функционирования системы и инфраструктуры инновационного развития территории / А.Р. Куделько // Проблемы высшего образования: материалы международной научно-методической конференции, Хабаровск, 11 – 12. 04. 2019. – Хабаровск: Изд-во Тихоокеанского государственного университета, 2019. – С. 26 – 30.

5. Маркова, В.Е. Анализ и оценка перспектив совершенствования функционирования инновационной системы Комсомольского-на-Амуре территориально-промышленного комплекса / В.Е. Маркова, А.Р. Куделько // Молодежь и наука: актуальные проблемы фундаментальных и прикладных исследований: материалы IV-й Всероссийской национальной научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, Комсомольск-на-Амуре, 12 – 16 апреля 2021 г.: в 4 ч. – Комсомольск-на-Амуре: ФГБОУ ВО «КнАГУ», 2021. – Ч. 2. – С. 223 – 226.

6. Куделько, А.Р. Анализ состояния, направления совершенствования и повышения эффективности деятельности ТОО «Свободный» / А.Р. Куделько, В.Е. Маркова // Производственные технологии будущего: от создания к внедрению: материалы VI Международной научно-практической конференции молодых ученых: в 2 частях. – Комсомольск –на-Амуре: ФГБОУ ВО «КнАГУ», 2023. – Ч. 1. – С. 383 – 386

УДК 64-52

Маслов Владислав Игоревич, магистрант, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Maslov Vladislav Igorevich, master student, Komsomolsk-na-Amure State University

Куделько Анатолий Романович, кандидат технических наук, профессор, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Kudelko Anatoly Romanovich, Candidate of Technical Sciences, Professor, Komsomolsk-na-Amure State University

РАЗРАБОТКА И ОСВОЕНИЕ ПРОИЗВОДСТВА ИННОВАЦИОННОГО ПРОДУКТА ДЛЯ УЧЁТА И ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ О ПОТРЕБЛЁННЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСАХ

DEVELOPMENT AND DEVELOPMENT OF THE PRODUCTION OF INNOVATIVE PRODUCT FOR ACCOUNTING AND TRANSFER OF DATA ON CONSUMED ENERGY RESOURCES

Аннотация. Целью работы является исследование процессов учёта потребления энергетических ресурсов, передачи информации о потреблённых ресурсах, разработка мероприятий и предпосылок, ориентированных на оборудование и переоборудование многоквартирных домов на систему автоматически регулируемого оборудования подачи тепловой энергии, а также оборудование этих домов «умными» приборами учёта для автоматического сбора и передачи информации о потреблённых ресурсах участникам ЖКХ. Для достижения цели необходимо разработать процессную модель производства и провести её декомпозицию.

Abstract. The purpose of the work is to study the processes of accounting for the consumption of energy resources, the transfer of information about the consumed resources, the development of measures and prerequisites focused on equipping and re-equipping apartment buildings with a system of automatically controlled equipment for supplying heat energy, as well as equipping these houses with "smart" metering devices for automatic collection and transmission of information about the consumed resources to the participants of housing and communal services. To achieve the goal, it is necessary to develop a process model of production and decompose it.

Ключевые слова: процессная модель, инновационный продукт, производство, передача данных, приборы учёта, автоматизированная система, распределение ресурсов.

Key words: process model, innovative product, production, data transfer, metering devices, automated system, resource allocation

Введение

Представленная проблема, а также тематика, структура и содержание работы соответствуют приоритетному направлению «Энергоэффективность, энергосбережение, ядерная энергетика» программы развития науки, техники и технологий в РФ, а также одному из компонентов перечня критических технологий РФ – "Технологии создания энергосберегающих систем транспортировки, распределения и использования энергии" (Указ Президента РФ от 07.07.2011 г. № 899). Кроме того, она учитывает тенденцию непрерывного возрастания стоимости потребляемых энергоресурсов и связано с созданием современных энергоэффективных технологий по управлению энергоресурсопотреблением распределенными зданиями, энергохозяйством и инженерными инфраструктурами микрорайонов города на основе поисковых проблемно-ориентированных исследований.

В работе предлагается рассмотреть формирование инновационного проекта создания автоматизированной системы распределения ресурсов, состоящей из блока управления ресурсами, работающего на основании принятых данных с внутриквартирных датчиков, а также модуля Wi-fi для соединения с сетью интернет в целях последующей передачи данных. Вместе с этим проект ориентирован на разработку системы индивидуальных приборов учёта с возможностью передачи данных на соответствующие серверы, состоящих из самих приборов учёта и модулей подключения к сети интернет [1].

Основная часть

В работе изучена структурная схема региональной инновационной системы ПАО РусГидро. Основными входами инновационной системы являются: потребность в оптимизации производственно-хозяйственной деятельности; необходимость в сокращении операционных расходов и увеличении выручки компании; потребность государства в повышении энергоэффективности. Основными выходами инновационной системы являются: оптимизация затрат на топливо, энергию для собственных нужд, снижение затрат на проведение ремонтов и обслуживания; увеличение выручки хозяйствующего субъекта от реализации энергии; улучшение технико-экономических показателей работы энергооборудования.

Корпоративная инновационная система АО «ДГК» входит в структуру региональной инновационной системы ПАО РусГидро. Обособленное существование инновационной системы АО «ДГК» (ПАО «ДЭК») невозможно ввиду регулирования инновационной деятельности со стороны государства и правительства региона [2].

На этапе приёма заявки рассматривается возможность установки системы отопления для её дальнейшего ввода в эксплуатацию. То есть выясняется техническая возможность установки оборудования. Оценивается состояние текущего оборудования и объём работ для его демонтажа в случае, если возможно установить автоматизированную систему отопления.

После оценки возможности установки нового оборудования составляется договор с собственниками помещений, в котором указывается полная сумма работ, а также способ и сроки оплаты за установленную систему.

После того как договор подписан, на место выезжает строительная бригада, чтобы заняться демонтажем старой отопительной установки и установкой новой. Интеллектуальная система отопления включает в себя счётчики горячего водоснабжения, холодного водоснабжения и счётчики электроэнергии. Сборкой данных приборов организация занимается самостоятельно, и для сборки к работе необходимо привлечь сборщиков.

Во время демонтажа старой отопительной установки сборщики приступают к сборке компонентов новой системы для дальнейшей установки.

После монтажа основной установки распределения энергетических ресурсов в каждую квартиру устанавливаются внутриквартирные датчики температуры, на осно-

вании которых система будет принимать решение об увеличении давления в системе или же наоборот, снижения.

Также в рамках данного продукта предусмотрена установка счётчиков с автоматической передачей данных о потреблённых ресурсах. От ближайших аналогов этот продукт отличается тем, что значительно упрощает сбор и обработку информации о потреблённых ресурсах и позволяет более достоверно отражать количество потреблённых ресурсов [3].

Контекстный уровень процесса представлен на рисунке 1.

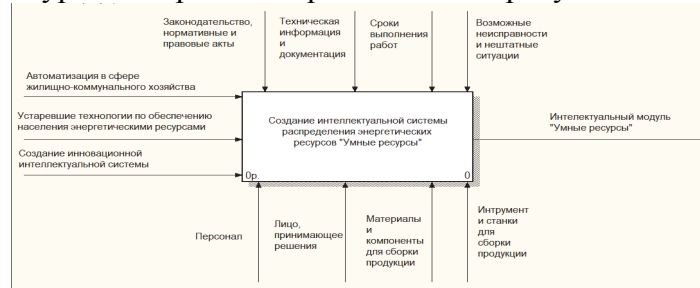


Рисунок 1 – Функциональная модель процесса производства интеллектуальной системы распределения энергетических ресурсов

При декомпозиции были выявлены обязательные переходные процессы, такие как:

- управление процессом;
- приём заявки на установку оборудования;
- изучение нормативной и информационной базы;
- сборка основных комплектующих системы и подготовка готового продукта;
- демонтаж старого оборудования и установка нового;
- отладка работы системы.

Данные процессы приведены на рисунке 2.

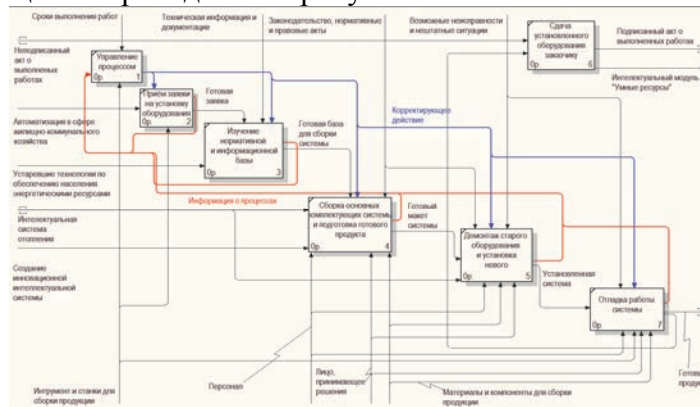


Рисунок 2 – Декомпозиция процесса производства интеллектуальной системы распределения энергетических ресурсов

Заключение

Рассмотренная и смоделированная автоматизированная система распределения энергоресурсов позволяет снять вынужденные «перетопы» в переходные межсезонные периоды, что позволяет достигнуть 30-40% экономии в эти периоды отопления. Данная система позволяет корректировать температурный график, что формирует экономию до 15% от потребления ресурсов [4].

Благодарности.

Исследование выполнено в рамках научного проекта, финансируемого за счет средств ФГБОУ ВО КнАГУ № ВН11/2022.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Алимкулова С.Р. Автоматизация индивидуальных тепловых пунктов / С.Р. Алимкулова, Э.Ю. Абдуллаянова - Казань: Казанский государственный энергетический университет, 2019. - 78 с.

2. Куделько А.Р. Инновационная автоматизированная система распределения энергоресурсов с подсистемой регистрации данных по потребленным коммунальным ресурсам / Куделько А.Р., Маслов В.И. // Производственные технологии будущего: от создания к внедрению: Материалы VI международной научно-практической конференции молодых учёных: в двух частях. - Комсомольск-на-Амуре: ФГБОУ ВО "КнАГУ", 2023. - ч.1. - С. 369-373.

3. Потапенко А. Н. Автоматизированное управление процессом централизованного теплоснабжения распределенного комплекса зданий с учетом моделирования этих процессов / А. Н. Потапенко, Е. А. Потапенко, А. С. Солдатенков, А. О. Яковлев - Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. – 2007. – № 7-8. – с. 120-134.

4. Ищенко А.С., Повышение энергоэффективности тепловых пунктов / Н.Е. Сафонов, Н.В. Колосова, А.С. Ищенко - Градостроительство. Инфраструктура. Коммуникации. - 2021. - №3 (24). - С. 6-10.

УДК 62-526

Мельниченко Маркел Андреевич, аспирант; Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Melnichenko Markel Andreevich, postgraduate student of Komsomolsk-na-Amure State University

Горькавый Михаил Александрович, кандидат технических наук, заведующий кафедрой «Управление инновационными процессами и проектами», Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Gorkavyu Mikhail Aleksandrovich, Komsomolsk-na-Amure State University

РАЗРАБОТКА GUI ДЛЯ ОБРАБОТКИ РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗМЕРЕНИЙ ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННОГО РОБОТИЗИРОВАННОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА

DEVELOPMENT OF GUI FOR PROCESSING THE RESULTS OF ENERGY CONSUMPTION MEASUREMENTS OF AN INDUSTRIAL ROBOTIC TECHNOLOGICAL COMPLEX

Аннотация. В данной статье рассмотрен процесс формирования графического интерфейса пользователя (GUI) в среде MATLAB для обработки результатов измерения энергопотребления роботизированного технологического комплекса. Приведен перечень основных функций, реализуемых в рамках разработанного интерфейса. Обозначены перспективы применения полученного программного обеспечения.

Abstract. This article discusses the process of forming a graphical user interface (GUI) in the MATLAB environment for processing the results of measuring the energy consumption of a robotic technological complex. The list of the main functions implemented within the framework of the developed interface is given. Prospects of application of the received software are designated.

Ключевые слова: промышленный робот, измерение энергопотребления, энергетическая эффективность, роботизированный технологический комплекс, программный интерфейс.
Key words: industrial robot, energy consumption measuring, energy efficiency, robotic technological process, program interface.

Введение

Одним из основных направлений развития современных промышленных предприятий является снижение энергетических затрат на производство продукции при сохранении её качества и скорости изготовления [1, 2]. Достижение указанных показателей возможно за счет применения передовых промышленных технологий и разработок в области автоматизации и робототехники. Так, наиболее эффективным решением в условиях массового производства является применение роботизированных технологических комплексов (РТК) способных обеспечить высокие показатели производительности и качества продукции при минимальных трудозатратах на установку, программирование и обслуживание комплекса [3]. Основным недостатком применения РТК является повышение энергетических затрат на производство продукции, что приводит к значительному повышению сроков окупаемости роботизированного оборудования.

Обзор ключевых направлений научных исследований в области повышения энергетической эффективности РТК представлен в работе [4]. Так, одним из наиболее простых и без затратных способов повышения энергетической эффективности РТК является корректировка его управляющей программы в соответствии с наименее энергозатратной траекторией перемещения объекта промышленным роботом (ПР) [5].

Основная часть

При рассмотрении типового роботизированного технологического процесса укладки продукции на поддон необходимо найти такую точку в зоне возможной погрузки, чтобы обеспечить загрузку необходимого объема продукции с минимальным энергопотреблением. Решением задачи поиска оптимального по энергопотреблению местоположения поддона будет проведение эксперимента по измерению затрачиваемой энергии на перемещение одной единицы продукции во все возможные позиции в зоне погрузки с определенной дискретностью и расчет суммарного энергопотребления на сборку комплекса единиц продукции. Процесс формирования комплексов траекторий перемещения для проведения измерений энергопотребления подразумевает определение геометрии траектории перемещения и дифференциацию зоны возможной погрузки (позиционирования поддона для продукции).

В результате проведения эксперимента по измерению энергетических затрат на перемещение одной единицы продукции были получены значения энергопотребления, средней мощности и времени на отработку траекторий. Для повышения объективности полученных данных эксперимент был проведен многократно.

С целью проведения обработки результатов в автоматизированном режиме был сформирован графический интерфейс пользователя в среде MATLAB (рисунок 1).

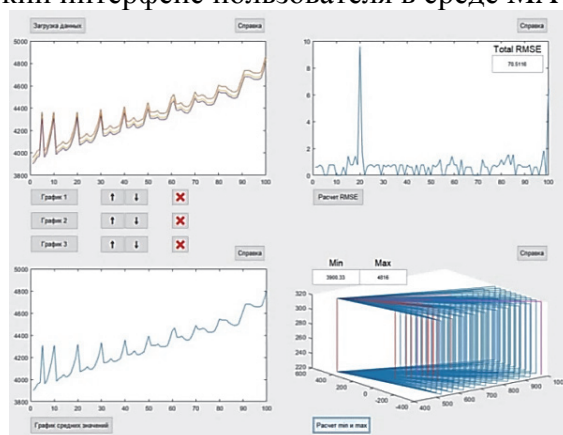


Рисунок 1 – Графический интерфейс пользователя в среде MATLAB

С помощью разработанного интерфейса оператор роботизированного комплекса получает возможность обработать информацию о результатах эксперимента, а именно вывести на экран несколько графиков значений измерений, график среднего значения по результатам нескольких измерений, график корня среднеквадратичной ошибки (RMSE) и

её суммарное значение по всем измерениям, а также комплекс траекторий с цветовой интерпретацией «эффективности» траектории по значению затраченной энергии.

Заключение

Таким образом, разработанный графический интерфейс автоматизирующий процесс обработки результатов измерений энергопотребления ПР на совершение траекторных перемещений, позволит оператору формировать комплекс траекторий перемещения с учетом выбранного критерия оптимизации, что, в свою очередь, обеспечит минимальное потребление электрической энергии промышленным роботом при сохранении высоких показателей качества и скорости изготовления продукции.

Благодарности.

Исследование выполнено в рамках научного проекта, финансируемого за счет средств КНАГУ № ВН002/2020.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Егоров, О.Д. Робототехнические мехатронные системы / О.Д. Егоров, Ю.В. Подураев, М.А. Буйнов. – Москва : МГТУ «Станкин», 2015.

2. Кожевников, В.В. Нейросетевые технологии построения интеллектуальных систем управления роботами / В.В. Кожевников, М.Ю. Леонтьев, В.В. Приходько, В.А. Сергеев, А.Н. Фомин // Ученые записки УлГУ. Серия: Математика и информационные технологии, 2019. С. 36-53.

3. Ефимов, А.Ю. Идентификация нелинейных зависимостей энергопотребления промышленного робота в задачах повышения эффективности управления автоматизированным технологическим процессом / А.Ю. Ефимов, М.А. Горькавый, В.А. Соловьев // Электротехнические системы и комплексы № 2 (47), 2020. С. 64-71.

4. Мельниченко, М.А. Обзор способов повышения эффективности роботизированных технологических процессов / М.А. Мельниченко // В сборнике материалов конференции «Молодёжь и наука: актуальные проблемы фундаментальных и прикладных исследований». Материалы V Всероссийской национальной научной конференции молодых ученых, 2022. С. 225-227.

5. Горькавый, М.А. Алгоритмы поиска энергоэффективного положения комплекса траекторий движения промышленного робота в составе технологического процесса / М.А. Горькавый, А.Ю. Ефимов, В.П. Егорова, В.А. Соловьев // Известия высших учебных заведений. Электромеханика Т. 64. № 1., 2021. С. 84-91.

УДК 001.895

Минько Дмитрий Андреевич, студент, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Minko Dmitriy Andreevich, student, Komsomolsk-na-Amure State University

Пугачева Алина Игоревна, аспирант, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Pugacheva Alina Igorevna, graduate student, Komsomolsk-na-Amure State University

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ОТДЕЛЬНЫХ КОМПОНЕНТОВ ИННОВАЦИОННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЯ

SIMULATION OF THE PROCESSES OF INDIVIDUAL COMPONENTS OF THE INNOVATIVE ACTIVITY OF THE ENTERPRISE

Аннотация. В работе рассматриваются процессы формирования отдельных компонентов инновационной системы в деятельности предприятия, для реализации

полного цикла инновационного процесса от идентификации проблемы предприятия до внедрения идей по решению полученной проблемы в деятельности предприятий с его дальнейшими развитиями деятельностью.

Abstract. The paper considers the processes of formation of individual components of the innovation system in the activities of the enterprise, to implement the full cycle of the innovation process from identifying the problem of the enterprise to introducing ideas to solve the problem in the activities of enterprises with its further development of activities.

Ключевые слова: инновационная система, семантическая сеть, предприятие, инновационная деятельность.

Key words: innovation system, semantic network, enterprise, innovation activity.

Введение

Под инновационной системой предприятия [2] понимается совокупность элементов и подсистем, которые организованы на уровне конкретного предприятия, взаимодействуют друг с другом и осуществляют свою деятельность в рамках проводимой предприятием политики в области развития инновационной деятельностью в процессе создания, производства и реализации инновационной продукции. Отличительной особенностью системы является использование внешних объектов инновационной инфраструктуры, а также собственных или заемных источников финансирования при реализации и разработке инновационных решений проблемы (например, инновационных продуктов).

Основная часть

Инновационная система уровня предприятия, как и любая другая инновационная система, с целью ее эффективного функционирования должна содержать необходимую совокупность функциональных подсистем, а также компоненты обеспечивающей инфраструктуры, которые способствуют реализации инновационных процессов (проектов) и развитию инновационной деятельности предприятия в целом.

Предприятия взаимодействуют с инновационной системой, используя ее инфраструктуру и ресурсы для развития своей инновационной деятельности. Это может включать в себя использование научных исследований, разработок и технологий, проведение совместных научных и коммерческих проектов с научными институтами и университетами, участие в инновационных конкурсах и программах государственной поддержки.

Предприятия могут также участвовать в создании инновационной системы, например, создавать и инвестировать в инновационные стартапы, создавать инновационные центры и лаборатории, предоставлять свои производственные площади и ресурсы для проведения научных исследований и экспериментов, обучать своих сотрудников в области инноваций и технологий.

В целом, взаимодействие предприятий с инновационной системой помогает им сократить время и затраты на разработку новых продуктов и технологий, улучшить качество своей продукции, увеличить эффективность производства и конкурентоспособность на рынке. В свою очередь, инновационная система получает от предприятий финансовую поддержку, сотрудничество и сбыт инновационной продукции, что способствует ее развитию и укреплению на мировой арене.

В работе для формирования структуры и связей компонентов инновационной системы, а также системы управления инновационной деятельностью хозяйствующего субъекта предлагается руководствоваться логикой (или алгоритмом) инновационной деятельности, связанной, например, с реализацией инновационного решения проблемы, при использовании соответствующей модели инновационного процесса, как это представлено на рисунке 1.



Рисунок 1- Семантическая сеть взаимодействий компонентов инновационной системы

При этом, всё-таки необходимо учесть, что функционирование инновационной системы ориентировано на развитие инновационной деятельности, внедрение инновационных процессов в ряде профильных целесообразных сфер и направлений деятельности хозяйствующего субъекта, и эффективное взаимодействие между компонентами предприятием и системой в целом может существенно повысить результативность инновационной деятельности.

Инновационная деятельность предприятия [2] необходима для обеспечения его конкурентоспособности и роста в условиях быстро меняющегося рынка и технологических инноваций. Предприятия, которые активно занимаются инновациями, могут создавать новые продукты, услуги и бизнес-модели, повышать эффективность своих процессов, улучшать качество продукции, снижать затраты и увеличивать прибыль. Кроме того, инновации могут улучшать имидж предприятия и помогать привлекать новых клиентов, инвесторов и партнеров. Один из примеров формирования структуры эффективного управления инновационной деятельностью хозяйствующим субъектом представлен блок-схемой на рисунке 2.

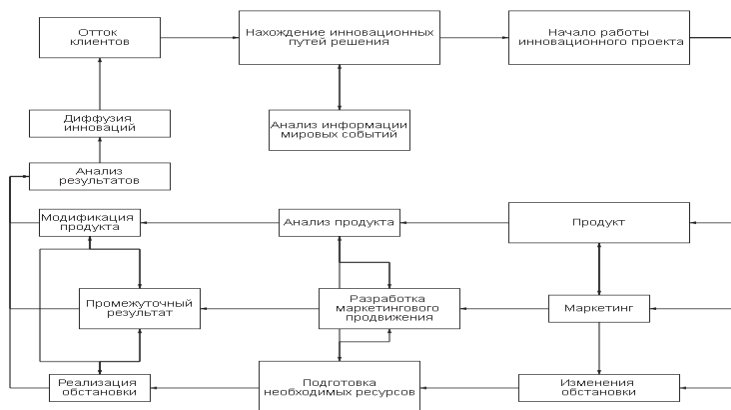


Рисунок 2- Пример структуры управления инновационной деятельностью предприятия

Управление инновационной деятельностью предприятия необходимо для эффективного использования ресурсов и увеличения вероятности успешной коммерциализации инноваций. Оно позволяет определить стратегию развития инноваций, управлять процессом их создания и внедрения, оценивать эффективность инновационной деятельности и, при необходимости, осуществлять ее коррекцию. Кроме того, эффективное управление инновационной деятельностью может способствовать повышению конкурентоспособности предприятия и обеспечению его долгосрочного развития.

Заключение

В заключении можно отметить, что инновационные системы разных уровней [1] в России активно развиваются, в том числе, и с государственной поддержкой, созданием инновационных центров и реализацией соответствующих конкурсных мероприятий.

Однако, остаются проблемы с доступом к финансовым ресурсам для малых и средних предприятий, недостатком внимания к инновациям в традиционных отраслях и сложностями в коммерциализации продуктов. Для успешного развития инновационных систем необходима активизация создания инновационной инфраструктуры, более эффективное использование государственных ресурсов на поддержку инноваций, совершенствование механизмов коммерциализации и системы образования.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Голиченко О.Г. Национальная инновационная система России. Состояние и пути развития. – М.: Наука, 2006. – 396 С.
2. Куделько, А. Р. Технология формирования структуры компонентов инновационной системы предприятия / А. Р. Куделько, А. И. Пугачева // Научно-технический вестник Поволжья. – 2022. – № 11. – С. 124-127.
3. Kudelko A.R., Finogeev M.A. Managing the organizational culture of an enterprise is one way to improve its efficiency (DOI 10.1007/978-3-030-69421-0_90) // Lecture Notes in Networks and Systems. – 2021. – Vol. 200. – P. 826-834.
4. Дежина И.Г., Киселева В.В. Государство, наука и бизнес в инновационной системе России. – М.: ИЭПП, 2008. – 227 с.
5. Котельников В.Ю. Управление инновациями: стратегический подход. Гибкие корпоративные стратегии выживания и лидерства в новой экономике. – М.: Эксмо, 2007. – 96 с. (с. 59 – 63).

УДК 66.023

Муленко Илья Геннадьевич, аспирант, Ilya G. Mulenko, PhD student
Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov, Belgorod
Пучка Олег Владимирович, д.т.н., доцент, Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, г. Белгород
Oleg Vladimirovich Puchka, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor
Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov, Belgorod

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО МЕТОДА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ФАКТИЧЕСКОЙ ЕМКОСТИ РЕЗЕРВУАРОВ ДЛЯ НЕФТЕПРОДУКТОВ

IMPROVEMENT OF THE AUTOMATED METHOD FOR DETERMINING THE ACTUAL CAPACITY OF TANKS FOR PETROLEUM PRODUCTS

Аннотация. В данной статье раскрываются особенности эксплуатации и контроль учета основных параметров емкости резервуаров, эксплуатируемых на нефтяных базах. Проанализированы точностные характеристики резервуаров и предложена методика расчета неопределенности резервуаров

Abstract. This article reveals the features of operation and control of accounting for the main parameters of the capacity of tanks operated at oil bases. The accuracy characteristics of the tanks are analyzed and a method for calculating the uncertainty of the tanks is proposed

Ключевые слова: ГОСТ, методика поверки, поверка, резервуар, средство измерения утвержденного типа, техническое устройство, неопределенность, инструментальная погрешность, погрешность метода измерения, измерительная система учета основных параметров вместимости резервуаров, программное обеспечение измерительной системы.

Key words: GOST, verification method, verification, tank, approved type measuring instrument, technical device, uncertainty, instrumental error, measurement method error, measuring system for accounting for the main parameters of tank capacity, measuring system software.

Введение

Актуальность данной темы обусловлена экономическим запросом на учетно-расчетные операции с нефтепродуктами, то есть вопрос в точности данных операций. При рассмотрении логистики нефтепродуктов от месторождения до конечного потребителя мы сталкиваемся с постоянным присутствием на всех этапах «жизненного цикла» резервуаров для хранения и транспортировки нефтепродуктов. Как видим из трудов В.Г. Шухова «Нефтепроводы», данное техническое устройство (в некоторых случаях средство измерения утвержденного типа) обладает достаточно архаичной конструкцией, которая не менялась с момента создания первых нефтепроводов в России в XIX веке. Соответственно и технические характеристики резервуаров для хранения и транспортировки нефтепродуктов неизменны более 100 лет. За это время требования к точности, с развитием технологий, значительно выросло. Проанализируем основные метрологические характеристики резервуаров, влияющие прямым образом на экономику процесса транспортировки, хранения и реализации нефтепродуктов.

Проведенный анализ вместимости резервуаров приводит нас к закономерному вопросу о точности в операциях по отгрузке содержимого резервуаров с целью реализации по назначению сырья. Конечно же конечному потребителю важна экономическая составляющая, которая основана как на качестве, так и на количестве содержимого.

Основная часть

В разрезе хранения и отгрузки нефтепродуктов потребителям, самым экономически важным в Российской Федерации «хабом» являются нефтебазы. В частности, проведен анализ систем учета нефтепродуктов, хранимых в резервуарах и на некоторых нефтебазах ПАО «Роснефти» и нормативно техническую документацию в области метрологии [1,2,3,4]. На данных объектах применяется система Tankvision (далее – измерительная система) [5] для резервуаров, она предназначена для измерения уровня, температуры, давления и вычислений объема, массы, средней плотности нефти, нефтепродуктов, и других жидкостей [6] в резервуарах при взаимных расчетах между поставщиками и потребителями, а также при технологических операциях.

Основной принцип работы данной системы основан на постоянном онлайн измерении вышеуказанных параметров, их обобщении через контроллер и выведении всей информации на дисплей оператора.



Рисунок 1 – Измерительная система основных параметров резервуара

С точки зрения обобщения и контроля основных параметров безусловно данный тип измерительных систем позволяет оперативно реагировать на возникающие отклонения. Но с точки зрения стандартизации и метрологического обеспечения выводимая система не в полной мере отображает действительные значения емкости резервуара и количества хранимых в нем нефтепродуктов. В соответствии с нормативно-технической документацией на измерительную систему основной погрешностью при постоянном он-лайн измерении параметров является инструментальная погрешность, то есть погрешность каждого датчика (датчика уровня, датчика плотности и датчика температуры) по суммарной погрешности данных датчиков определяется погрешность вместимости резервуара. Предлагается применять для расчета неопределенность.

Расширенная неопределенность.

$$UV = 2 \cdot \sqrt{uV_r^2 + uV_h^2 + uV_{cal}^2 + (uV_t^2 \cdot V^2) + uV_b^2} \quad (1)$$

Таблица 1 – Таблица параметров неопределенности

H, м	V, м ³	uV _r , м ³	uV _h , м ³	uV _c , м ³	UV, м ³	UV, %
1,537	278,850	0,167268	0,000102	0,034856	0,341723	0,123
3,029	548,282	0,319707	0,000547	0,068535	0,653942	0,119
4,520	817,386	0,481393	0,001408	0,102173	0,984238	0,120
6,012	1086,965	0,653098	0,002748	0,135871	1,334175	0,123
7,505	1357,008	0,837065	0,004555	0,169626	1,708183	0,126
8,994	1626,542	1,034786	0,006831	0,203318	2,109187	0,130
10,486	1896,687	1,249036	0,009588	0,237086	2,542749	0,134
11,901	2153,019	1,465198	0,012653	0,269127	2,979527	0,138

Заключение

Полученные результаты расчета параметров вместимости резервуаров подтверждают целесообразность применения данной методики расчета неопределенности вместимости резервуара. Так как инструментальная погрешность резервуаров не является объективной метрологической характеристикой и не может отображать реальную погрешность вместимости резервуаров для хранения нефтепродуктов в том числе по причине механического износа конструкции резервуара [7].

Экономическим подтверждением актуальности данной темы является тот факт, что при тестовом использовании алгоритмов расчетов в ПО измерительной системы, применяемой сегодня на нефтебазах (резервуары РВС(П)-2000) экономия нефтепродукта составляет в районе 300 литров с одного резервуара за один цикл отгрузки, средняя нефтебаза состоит примерно из 15 подобных резервуаров.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Закон Российской Федерации "Об обеспечении единства измерений" от 26.06.2008 № 102-ФЗ // Официальный интернет-портал правовой информации. - 2008 г. - Ст. 102
2. Приказ Министерства промышленности и торговли "Об утверждении требований к содержанию и построению государственных поверочных схем и локальных поверочных схем, в том числе к их разработке, утверждению и изменению" от 11.02.2020 № 456 // Официальный интернет-портал правовой информации. - 2020 г. - Ст. 456
3. ГОСТ "Резервуары стальные горизонтальные для нефтепродуктов" от 22.05.2013 № 17032-71 // База ГОСТов РФ. - 2013 г. - Ст. 17032-71 с изм. и допол. в ред. от 01.08.2013.
4. ГОСТ "Резервуары стальные вертикальные цилиндрические. Методика поверки." от 22.05.2013 № 8.570-2000 // База ГОСТов РФ. - 20.06.2013 г. - Ст. 8.570-2000 с изм. и допол. в ред. от 20.06.2013.
5. Техническое описание и руководство по эксплуатации "Система измерительная Tankvision для резервуаров." от 22.05.2013 № 208-009-2017 // Техническое описание и руководство по эксплуатации. - 20.06.2013 г. - Ст. 208-009-2017 с изм. и допол. в ред. от 20.06.2013.
6. ГОСТ "РЕЗЕРВУАРЫ СТАЛЬНЫЕ ГОРИЗОНТАЛЬНЫЕ ЦИЛИНДРИЧЕСКИЕ. Методика калибровки электронно-оптическим методом" от 01.01.2021 № 8.994-2020 // База ГОСТов РФ

УДК 519.716

Мурзин Никита Алексеевич, студент, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Murzin Nikita Alekseevich, student of Komsomolsk-na-Amure State University

Болдырев Владислав Вячеславович, кандидат технических наук, доцент кафедры «Управления инновационными процессами и проектами», Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Boldyrev Vladislav Vyacheslavovich, candidate of technical sciences, associate professor of the department of innovation process and project management, Komsomolsk-na-Amure State University

SAAS СЕРВИС ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОЦЕССА ВЫПОЛНЕНИЯ РЕМОНТНЫХ РАБОТ В КВАРТИРЕ С ПОМОЩЬЮ СИСТЕМЫ МАШИННОГО ЗРЕНИЯ И АЛГОРИТМОВ МАРШРУТИЗАЦИИ

SAAS SERVICE FOR AUTOMATING THE PROCESS OF PERFORMING REPAIRS IN AN APARTMENT USING A MACHINE VISION SYSTEM AND ALGORITHMS

Аннотация. Статья описывает разработку SaaS-сервиса, который автоматизирует процесс выполнения ремонтных работ в квартире с помощью системы машинного зрения и алгоритмов маршрутизации. Описана архитектура сервиса, используемые технологии, функциональность, алгоритм маршрутизации, результаты тестирования и перспективы дальнейшей разработки. Система машинного зрения определяет тип поломки по фотографии, находит магазин, где можно купить необходимые запчасти, и отправляет уведомление исполнителю о месте проведения работ. Исполнитель может использовать алгоритм маршрутизации для оптимального перемещения. Сервис может улучшить опыт клиентов и сократить время на выполнение ремонта.

Abstract. The article describes the development of a SaaS service that automates the process of performing repairs in an apartment using a machine vision system and routing algorithms. The architecture of the service, the technologies used, functionality, routing algorithm, test results and prospects for further development are described. The machine vision system determines the type of breakdown from the photo, finds a store where you can buy the necessary spare parts, and sends a notification to the contractor about the place of work. The performer can use the routing algorithm for optimal movement. The service can improve customer experience and reduce repair time.

Ключевые слова: SaaS сервис, автоматизация, ремонтные работы, машинное зрение, алгоритмы маршрутизации.

Key words: SaaS service, automation, repair work, machine vision, routing algorithms.

Введение

SaaS (Software as a Service)[1,2] – это сервис, который позволяет пользователям получить доступ к программному обеспечению через интернет. Данный тип сервисов позволяет организациям быстро реагировать на изменяющиеся требования рынка в автоматизации бизнес-процессов, не инвестируя в закупку дорогостоящих серверов и лицензий на программное обеспечение. Подписавшись на SaaS сервис, пользователи получают огромный выбор функциональных возможностей, удобный интерфейс и гибкость в настройке. Кроме того, с SaaS сервисом работать можно в любом месте, где есть доступ к интернету, что дает возможность быстро реагировать на запросы клиентов и оперативно принимать решения.

Основная часть

При появлении неисправности в рабочем процессе формируется потребность его устранения, что провоцирует принятие быстрых решений, но не всегда оптимальных. В

тех случаях, когда человек сокращает время на поиск необходимого специалиста, он может получить не качественно выполненную работу. Для устранения таких рисков будет предложен SaaS сервис, который предоставит быстрый поиск специалиста и сократит риск недобросовестного исполнения ремонтных работ.

На рисунке 1 представлен алгоритм работы будущего сервиса.

Для оценки алгоритма работы выделим метрики [3], которые будут учитываться при разработке сервиса, с целью минимизации рисков связанных с проблемными зонами процесса[4].

Метрики:

1) время от поступления заявки до ее обработки: это время измеряется от момента, когда клиент отправил заявку на ремонт, до момента, когда заявка будет автоматически обработана системой;

2) время выполнения работ: это время измеряется от момента, когда заявка была принята исполнителем, до момента, когда работа выполнена.

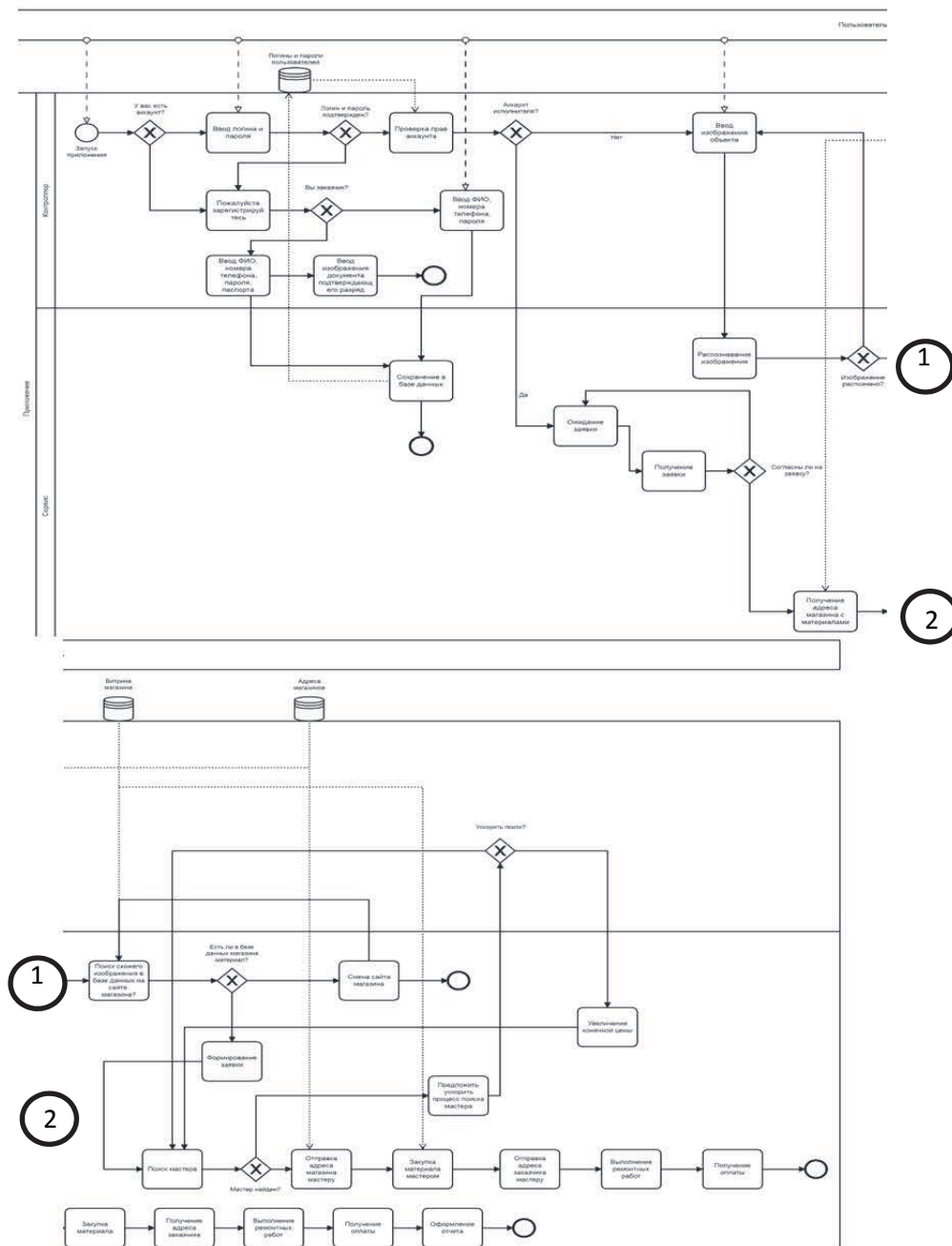


Рисунок 1 – Алгоритм работы будущего сервиса

3) количество ошибок: количество случаев, когда заявка не может быть обработана, либо возникают проблемы с оплатой, исполнитель отказывается от выполнения работ и т.д.;

4) качество обслуживания: оценка качества обслуживания клиентов и качества работы исполнителей.

Проблемные зоны:

1) распознавание объектов: возможны ошибки в распознавании объектов, что может привести к неверному формированию заявки на ремонт;

2) связь с магазинами: возможны проблемы связи с магазинами, что может привести к задержкам в выполнении работ;

3) формирование коммерческого предложения: возможны ошибки в формировании предложения, которые могут привести к неправильному расчету стоимости работ;

4) обратная связь от исполнителя: возможны проблемы с обратной связью от исполнителя, что может привести к задержкам в оплате и некачественному обслуживанию клиентов;

5) управление оплатой: возможны проблемы с оплатой, что может привести к недовольству клиентов и исполнителей.

Заключение

Был разработан алгоритм взаимодействия заказчика и исполнителя ремонтных работ с использованием машинного зрения[5] и алгоритмов маршрутизации[6], а также представлены метрики и проблемные зоны, для минимизации рисков. Данный сервис можно в различных сферах, а именно: общепита, транспорта и многих других

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Уланов Е.А. SAAS-сервисы: состояние, особенности, преимущества и направления развития / Е. А. Уланов - НАУКА КРАСНОЯРЬЯ – 2022 – С. 168-174.

2. Болдырев, В. В. Agile методы в управлении инновационным проектом по разработке программного обеспечения / В. В. Болдырев - Производственные технологии будущего: от создания к внедрению : Материалы V Международной научно-практической конференции, Комсомольск-на-Амуре - 2021 – с 150-155.

3. Boldyrev, V. V. Development of an intelligent control system for an autonomous hybrid solar system / V. V. Boldyrev, M. A. Gorkavyy // Lecture Notes in Networks and Systems. – 2021. – Vol. 200. – P. 96-105. – DOI 10.1007/978-3-030-69421-0_11.

4. Г. В. Шелухов Экономика и индустрия 5.0 в условиях новой реальности (ин-пром-2022) - сборник трудов всероссийской научно-практической конференции с зарубежным участием. Санкт-Петербург - 2022. С. 460-463

5. Манукян Р.Л. Современная наука: актуальные вопросы, достижения и инновации / Р. Л. Манукян., И. В. - сборник статей VII Международной научно-практической конференции - 2019. С 295-297

6. Планидин Р. И. Вестник студенческой науки кафедры информационных систем и программирования. / Р. И. Планидин - 2017. С. 41-47

УДК 004.942

Мурзин Никита Алексеевич, студент, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Murzin Nikita Alekseevich, student of Komsomolsk-na-Amure State University

Егорова Валерия Павловна, старший преподаватель кафедры «Управления инновационными процессами и проектами», Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Egorova Valeria Pavlovna, Senior Lecturer, Department of Innovation Processes and Projects Management, Komsomolsk-na-Amure State University

Грабарь Даниил Михайлович, студент, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Grabar Daniil Mikhailovich, student of Komsomolsk-na-Amure State University

КОНЦЕПТУАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ ПРОЦЕССА ФОРМИРОВАНИЯ ОПТИМАЛЬНЫХ ТРАЕКТОРИЙ ПЕРЕМЕЩЕНИЙ РОБОТИЗИРОВАННОГО КОЛЛАБОРАТИВНОГО КОМПЛЕКСА

CONCEPTUAL MODEL OF THE PROCESS OF FORMING OPTIMAL TRAJECTORIES OF MOVEMENTS OF A ROBOTIC COLLABORATIVE COMPLEX

Аннотация. В статье рассматриваются текущие проблемы оптимизации траекторий перемещения в технологическом процессе. На основе причинно-следственной диаграммы Исикавы структурированы возможные причины снижения эффективности роботизированного процесса. Продемонстрирована необходимость и специфика разработки интеллектуального модуля для оптимизации траекторного движения. Применение разработанного метода позволит минимизировать ресурсы в технологическом процессе.

Abstract. The article discusses the current problems of optimizing the trajectories of movement in the technological process. On the basis of the Ishikawa causal diagram, possible reasons for the decrease in the effectiveness of the robotic process are structured. The necessity and specificity of the development of an intelligent module for optimizing trajectory movement is demonstrated. The application of the developed method will minimize resources in the technological process.

Ключевые слова: роботизированный коллаборативный комплекс, диаграмма Исикавы, проблемы коллаборативного комплекса, оптимизация траекторного движения.

Key words: robotic collaborative complex, Ishikawa diagram, problems of the collaborative complex, trajectory optimization.

Введение

Роботизированные коллаборативные комплексы (РКК)[1] стали неотъемлемой частью многих производственных процессов, что привело к увеличению автономности производства и сокращению нагрузки на работников. Одной из важнейших задач в управлении РКК является формирование оптимальных траекторий перемещений для роботов и других элементов комплекса во время выполнения задач. Формирование оптимальных траекторий движений является сложной инженерной задачей, чтобы решить ее эмпирически. Поэтому предлагается разработать имитационную модель, позволяющую определять все возможные траектории и находить среди них оптимальную.

Основная часть

Для выявления текущих проблем можно воспользоваться диаграммой Исикавы – это графический инструмент, используемый для систематического анализа причин возникновения определенного события или проблемы.

На рисунке 1 показана диаграмма Исикавы рассматривающая создание интеллектуального модуля для обхода препятствий в высокотехнологичном роботизированном процессе.



Рисунок 1 – Диаграмма Исикавы проблемы увеличения производственного цикла

Одной из ключевых проблем в диаграмме Исикавы является разработка интеллектуального модуля. При некачественной и неполной разработке интеллектуального модуля, могут возникать непредвиденные проблемы, которые повлияют на конечную цель проекта.

Данный процесс было предложено рассмотреть с нотации IDEF0[4], которая позволяет декомпозировать процесс распознавания объекта (рисунки 2-3).

Для разработки нейронной сети[3] потребуется использование ряда библиотек для языка программирования Python (OpenCV, Pytorch, Numpy), программ для разработки архитектуры (Label studio и Draw.io), а также метрик (OKS и PDJ).

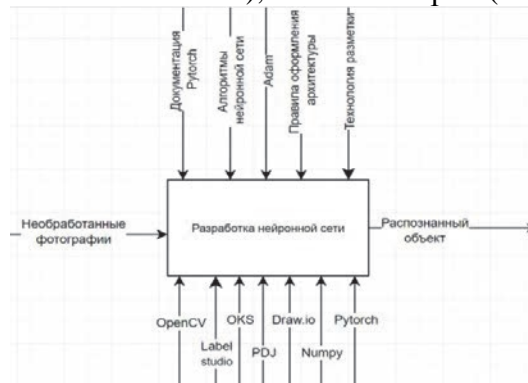


Рисунок 2 - Контекстный уровень процессной модели разработки нейронной сети

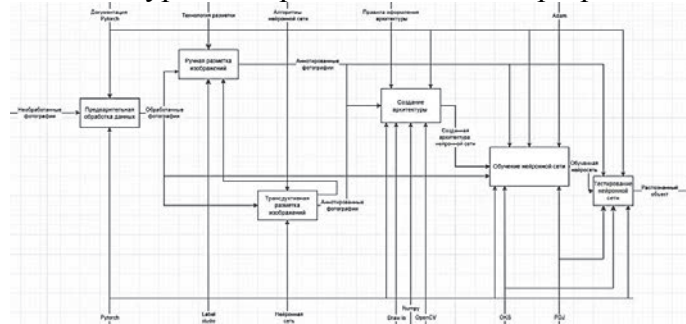


Рисунок 3 - Первый уровень процессной модели разработки интеллектуального модуля

Заключение

Разработка интеллектуального модуля для коллаборативного процесса[5] является важным компонентом для формирования оптимальных траекторий перемещения. Данный модуль поможет сократить энергопотребления, затрат на остановку робота при столкновении с препятствием (руки специалиста)[2], и времени, затрачиваемого на возвращении всех приводов робота в «домашнее положение». При внедрении данного модуля в управляющую программу робота так же уменьшится количество несчастных случаев на производстве.

Благодарности.

Исследование выполнено в рамках научного проекта, финансируемого за счет средств КНАГУ № ВН002/2020/

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2022668069 Российская Федерация. Программа синтеза нейросетевой имитационной модели энергопотребления и оптимизации комплекса траекторий перемещений робота манипулятора в ограниченном пространстве задач технологического процесса позиционирования: № 2022666799 : заявл. 12.09.2022 : опубл. 04.10.2022 / М. А. Горькавый, А. И. Горькавый, В. П. Егорова [и др.] ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Комсомольский-на-Амуре государственный университет».

2. Горькавый М.А. Разработка архитектуры системы управления роботизированным производственным процессом на базе технологии цифрового двойника / М. А. Горькавый, В. П. Егорова, В. А. Соловьев - Ученые записки Комсомольского-на-Амуре государственного технического университета. – 2023. – № 1(65). – С. 40-46. – DOI 10.17084/20764359-2023-65-40

3. Иванов Ю. С. Анализ устойчивости предиктивных моделей к состязательным атакам в робототехнических комплексах / Ю. С. Иванов, М. А. Горькавый, Д. М. Грабарь - Ученые записки Комсомольского-на-Амуре государственного технического университета. – 2023. – № 1(65). – С. 109-115. – DOI 10.17084/20764359-2023-65-109

4. Мурзин Н.А. Идентификация роботизированного технологического процесса механической обработки с применением графической нотации IDEF0 / Н.А. Мурзин, В.В. Болдырев, М.А. Мельниченко - Электронные средства и системы управления-2022. С 15-35

5. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2023614080 Российская Федерация. «программа управления коллаборативным роботом с внешнего устройства на базе нейросетевых алгоритмов» : заявл. 10.02.2023 : опубл. 22.02.2023 / М. А. Горькавый, М. А. Лямин, М. А. Мельниченко [и др.] ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Комсомольский-на-Амуре государственный университет». – EDN ZCUTTG.

УДК 004.891

Прохоров Кирилл Константинович, студент, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Prokhorov Kirill Konstantinovich student of Komsomolsk-na-Amure State University

Зайченко Илья Владимирович, кандидат технических наук, доцент, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Zaychenko Ilya Vladimirovich Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, Komsomolsk-na-Amure State University

РАЗРАБОТКА ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО МОДУЛЯ МОТИВИРОВАНИЯ ПЕРСОНАЛА ПРЕДПРИЯТИЯ, НА ОСНОВЕ ОЦЕНКИ ПСИХОЛОГИЧЕСКОГО ПРОФИЛЯ СОТРУДНИКА

DEVELOPMENT OF AN INTELLIGENT MODULE FOR STAFF MOTIVATION OF THE ENTERPRISE, BASED ON THE ASSESSMENT OF THE PSYCHOLOGICAL PROFILE OF THE EMPLOYEE

Аннотация. В работе рассматривается концепция интеллектуального модуля мотивирования персонала предприятия, на основе оценивания психологического профиля сотрудника. Также были выделены и рассмотрены основные виды мотивации была представлена структура работы системы, состоящая из двух модулей. Динамическая оценка персонала предприятия, полученная при помощи системы оценивания психологического профиля сотрудника и матрица мотивации с данными, которая отражает информацию о том, какой способ наиболее эффективен для конкретного сотрудника.

Abstract. The paper considers the concept of an intelligent module for motivating the personnel of an enterprise, based on the assessment of the psychological profile of an employee. The main types of motivation were also identified and considered, and the structure of the system, consisting of two modules, was presented. A dynamic assessment of the company's personnel obtained using the employee's psychological profile assessment system and a motivation matrix with data that reflects information about which method is most effective for a particular employee.

Ключевые слова: интеллектуальный модуль, оценка профиля сотрудника, мотивация, структура, матрица, концепция.

Key words: intellectual module, employee profile assessment, motivation, structure, matrix, concept.

Введение

Ключевым успехом любой организации выступает эффективное управление сотрудниками предприятия. Под эффективным управлением подразумевается система деятельности, направленная на кадровое обустройство организации. В него входит скоординированный подход к набору штатных сотрудников, назначение на руководящие должности компетентных руководителей, повышение квалификации, а также ротации. Штат любой организации – это сложная структура со своими взаимосвязями, которыми очень сложно управлять ввиду того, что он состоит из сотрудников со своими индивидуальными особенностями и интересами, а также поведением. Сложно предугадать, как поведет себя сотрудник в той или иной ситуации, так как зачастую поведение людей непредсказуемо, также из-за того, что изначально сложно определить истинные цели сотрудников, их сложно мотивировать на какую-либо деятельность. Для решения такой проблемы были придуманы различные виды мотивации, каждая из которых содержит свой метод воздействия, направленный на сотрудника [5]. Но, к сожалению, мотивация не всегда оказывается эффективной из-за нестабильного психологического состояния сотрудника. Психологическое состояние сотрудника является основным элементом его эффективной работы. Сотрудник со стабильным психологическим состоянием, но менее компетентный, будет эффективнее, чем сотрудник с нестабильным психологическим состоянием, но более компетентный.

Для решения такой проблемы предлагается разработать концепцию интеллектуального модуля мотивирования персонала предприятия на основе его психологического профиля [4-6].

Цель – создание концепции интеллектуальной системы управления компетенциями персонала предприятия на основе оценки психологического профиля сотрудника.

Задачи:

1. Рассмотреть основные виды мотивации.
2. Определить основные элементы для работы модуля.
3. Представить структуры работы модуля.

Мотивация – это процесс стимулирования сотрудника или группы сотрудников к деятельности, направленной на достижение целей организации [5]. Выделяют несколько основных видов мотивации:

1. Внешняя мотивация. Данный вид мотивации представляет собой знание руководителем конкретных методов воздействия на сотрудника, которые позволят замотивировать его на выполнение задачи, к примеру, похвала за отлично выполненную работу.

2. Внутренняя мотивация. В данном виде мотивации руководитель должен знать психологический профиль своего сотрудника и на его основе мотивировать сотрудника. К примеру, выдать работнику задачи, соответствующие навыкам, которые он хочет улучшить.

3. Материальная мотивация, этот вид подразумевает собой различные денежные выплаты: премии либо повышение зарплаты.

4. Нематериальная мотивация.

Под нематериальной мотивацией подразумеваются такие методы, как перспективы карьерного роста и гибкий график работы.

Основная часть

При мотивации персонала важно помнить, что вид мотивации, эффективный для одного сотрудника, не всегда будет эффективным для другого, поэтому при мотивировании важно учитывать индивидуальные особенности каждого сотрудника.

Основными элементами для работы модуля будут выступать:

1. Результаты динамической оценки психологического профиля сотрудника, которые будут сообщать интеллектуальной системе оценки психологического профиля сотрудника.

2. Матрица мотивации с данными, которая отражает информацию о том, какой способ наиболее эффективен для конкретного сотрудника. Пример такой матрицы представлен в таблице 1

Таблица 1 – Матрица мотивации

	Внешняя мотивация	Внутренняя мотивация	Материальная мотивация	Нематериальная мотивация
Сотрудник 1	+			
Сотрудник 2			+	
Сотрудник 3		+		
Сотрудник 4				+

Как видно из таблицы для сотрудника 1 эффективным способом мотивирования выступает внешняя мотивация, а для сотрудника 2 материальная мотивация и т.д.

Концепция работы модуля будет заключаться в анализе результатов системы, на основе данных полученных из системы оценивания психологического профиля и матрицы мотивирования сотрудников. Структура работы системы представлена на рисунке 1. Структура составлялась с учетом рекомендаций [1-3].

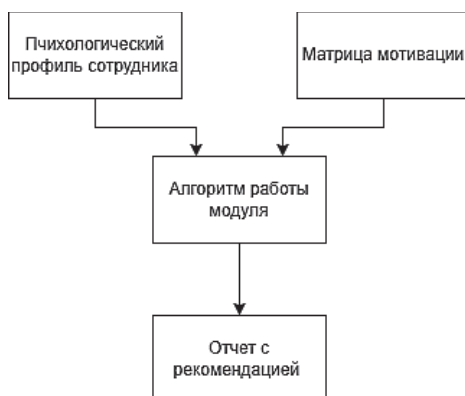


Рисунок 1 – Структура работы модуля

Структура модуля будет состоять из двух основных элементов. Первым элементом будут данные о результатах работы системы динамической оценки психологического профиля сотрудника, по результатам которого будет формироваться текущий психологический профиль сотрудника. Вторым элементом будет являться матрица мотивации, в которую будут вноситься данные о способе мотивации каждого сотрудника. После внесения данных об основных элементах происходит расчет, по результатам которого модуль выдает результат. Результатом работы модуля будет отчет с рекомендацией о том, можно ли мотивировать сотрудника в данный момент и будет ли он эффективен на данный момент.

Заключение

В статье была описана проблематика выбранной области; в соответствии с проблематикой была поставлена цель, а именно создание концепции интеллектуальной си-

стемы управления компетенциями персонала предприятия на основе оценки психологического профиля сотрудника. направленная на решение проблемы, был сформирован перечень задач, направленный на достижение цели. Были описаны основные способы мотивации, представлены и описаны элементы системы, которые необходимы для ее функционирования, а также была представлена структура работы системы.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Гончарова С.А., Зайченко И.В. Оптимизация трудовой деятельности персонала предприятия, находящегося на рабочем месте в положении сидя // Передовые инновационные разработки. Перспективы и опыт использования, проблемы внедрения в производство. сборник научных статей по итогам второй международной научной конференции. 2019. С. 120-122.

2. Соколова В.С., Зайченко И.В. Бизнес планирование инновационно-технологического проекта // Молодежь и наука: актуальные проблемы фундаментальных и прикладных исследований. Материалы IV Всероссийской национальной научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. В 4-х частях. 2021. С. 250-252.

3. Зайченко И.В., Гордин С.А., Егорова Ю.Г. Математическое моделирование и управление процессом повышения эффективности человеко-машинных систем с помощью комплексного критерия оценки эргономичности // Ученые записки Комсомольско-на-Амуре государственного технического университета. 2020. Т. 1. № 1 (41). С. 45-50.

4. Горькавый М.А. Интеллектуальные системы в задачах управления техническими и организационно- технологическими процессами / М.А. Горькавый, А.И. Горькавый - 2016.

5. Виды мотивации персонала // studfile URL: <https://studfile.net/preview/3549746/> (дата обращения: 01.04.2023).

6. Прохоров К.К., Зайченко И.В. Разработка интеллектуальной системы управления персоналом предприятия на основе оценки психологического профиля сотрудника // Производственные технологии будущего: от создания к внедрению Часть 1. - Комсомольск-на-Амуре: ФГБОУ ВО «КнАГУ», 2022. - С. 393-395.

УДК 519.716

Рудов Александр Владимирович, студент, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Rudov Alexander Vladimirovich, student of Komsomolsk-na-Amure State University

Болдырев Владислав Вячеславович, кандидат технических наук, доцент кафедры управления инновационными процессами и проектами, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Boldyrev Vladislav Vyacheslavovich, candidate of technical sciences, associate professor of the department of innovation process and project management, Komsomolsk- na-Amure State University

АЛГОРИТМ МАШИННОГО ЗРЕНИЯ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТИПА ПОЛОМКИ И АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОЦЕССА РЕМОНТА В КВАРТИРЕ

A MACHINE VISION ALGORITHM FOR DETERMINING THE TYPE OF BREAKDOWN AND AUTOMATING THE REPAIR PROCESS IN AN APARTMENT

Аннотация. В работе рассмотрен процесс анализа данных, на основе которого планируется разработка алгоритма машинного зрения в рамках функционирования цифрового сервиса автоматизирующего взаимодействие заказчика и исполнителя ремонтных работ. Предложен подход к реализации элемента сервиса автоматизированного формирования заявки для выполнения ремонтных работ.

Abstract. The paper considers the process of data analysis, on the basis of which it is planned to develop a machine vision algorithm within the framework of the functioning of a digital service automating the interaction of the customer and the contractor of repair work.

Ключевые слова: алгоритм, архитектура, машинное зрение, ремонтные работы.

Key words: algorithm, architecture, machine vision, repairs work.

Введение

В момент возникновения бытовых неисправностей существует неопределенность, связанная с типом поломки, непонимание способа ее устранения из-за чего сложно сформировать техническое задание для специалиста способного устранить неисправность специалист который получает неполную информацию о виде работ не может оценить стоимость работ и набор необходимых материалов и инструментов и это приводит к риску к значительному увеличению времени устранения неисправности, проблема является актуальной в момент взаимодействия заказчика и исполнителя а машинное зрение помогает минимизировать риск ,уточнить техническое задание и сократить риск увеличения времени на устранение неполадки. ведь благодаря машинному зрению заказчик может сделать фотографию неисправного объекта, и исполнитель в результате получит точную информацию о типе поломки и в кратчайшие сроки сможет исправить проблему.[3]

Для определения типа поломки алгоритм использует методы машинного обучения, такие как нейронные сети и классификацию изображений.

Алгоритм должен предоставляет информацию о типе поломки, которая будет использоваться для формирования заказа и поиска необходимых запчастей.

Основная часть

За основу нейронной сети был взят ShuffleNetV2 который обладает большой скоростью работы и малым количеством ошибок.

Ниже подробнее описаны блоки из архитектуры:

Conv – n-количество фильтров разных цветов и заданной размерностью пикселей, которые обрабатывают фотографию и сжимают ее.

Max pool – фильтр, который ищет максимальное значение пикселей в конкретной заданной области и сжимает изображение в два раза.

BN ReLU – Слой активации который ищет отрицательные значения в матрице и приводит их к 0, положительные остаются неизменными.

Channel Shuffle - Перетасовка каналов это операция, помогающая передавать информацию по каналам функций в сверточных нейронных сетях. Используется для связи входных и выходных каналов.

Concat (Concatenate) - операция конкатенации это объединение двух веток (операций) в одну большую.

Через данную последовательность проходит фотография и в результате получается обработанная фотография с объектом который уже известен.

Ниже на рисунке 1 представлена полная архитектура машинного зрения.

Пример хода реализации модели машинного обучения

Для реализации алгоритма [9] машинного обучения с целью распознавания объектов в начале необходимо создать базу данных. Этот шаг выполняется для того, чтобы нейронная сеть с высокой точностью определяла объект на изображении. Процесс реализуется на основе модуля ShuffleNet V2. в результате следующей последовательности действий [8]:

- изображение поступает в нейронную сеть;
- после чего на изображение накладывается сверточный фильтр, который преобразуют пиксели изображения в более сжатую форму для четкости и точности изображения,

- после этого изображение поступает на максимальный слой, который преобразовывает наше изображение в матрицу и сжимает его в два раза, параллельно проводя поиск максимальных значений в матрице(пиксели),

- потом в дело вступает глобальный фильтр, который имеет маленькую размерность для более точной обработки изображения

- после завершения процедуры изображения проходит через активационный слой, который имеет значения либо равное 1 либо 0, данный слой активации преобразовывает отрицательные значения в матрице пикселей и приводит их 0 а положительные значения остаются неизменными

- на вход поступает два одинаковых изображения которые проходят разные процедуры одной из них сжимается и обрабатывается для четкого виденья объекта а другое почти никак не изменятся, это происходит для того чтобы по степени продвижения по алгоритму мы не испытывали нехватку данных чтобы на выходе после всех процессов у нас получилась цельная картинка с распознанным объектом данные процедуры повторяются несколько раз до полной обработки и сжатия поступившего изображения,

-после чего происходит процесс разметки данных – в результате на выходе среди различных шумов на изображении у нас будет обозначен объект, который нам необходим.

Указанная последовательность действий выполняется с целью распознавания объектов на изображении средствами машинного обучения.

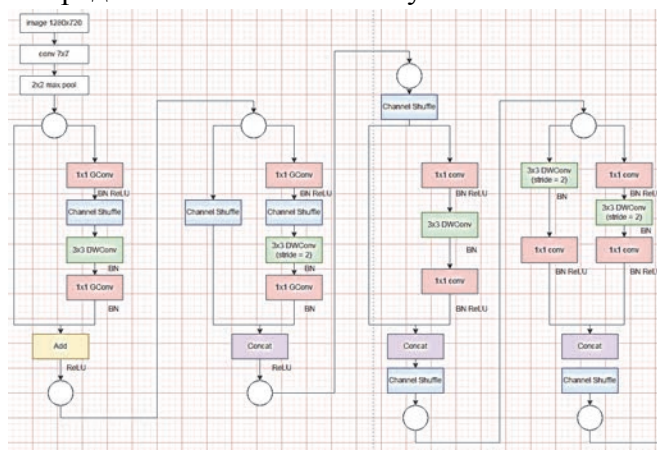


Рисунок 1 – Архитектура машинного зрения

Заключение

Примененный алгоритм машинного обучения может повысить точность требования, указанного в техническом задании на выполнение ремонтных работ и срок его формирования. Рассмотренные в настоящей работе алгоритм станет основой для модели машинного обучения, реализующей распознавание изображений поврежденных элементов.[4]

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Лугинина К.С. Анализ показателей эффективности компаний по обеспечению сервиса доставки еды / К.С. Лугинина, С.В. Сможенкова - Учредители: Общество с ограниченной ответственностью «Сибирская академическая книга». - 2021., С. 94-101.

2. Андриянов Н.А., Данилов А.Н. Сервис службы заказа такси с прогнозированием статистики на основе комплексных математических моделей // Успехи современной науки. 2016. 114-116с.

3. Пустовая О.В. Системный оператор - инновационная технология творчества // Наука и образование: актуальные вопросы теории и практики материалы международной научно-методической конференции. 2022. 132с.

4. Болдырев, В.В. Agile методы в управлении инновационным проектом по разработке программного обеспечения // Производственные технологии будущего: от со-

здания к внедрению: Материалы V Международной научно-практической конференции. 2021. 183-186с.

5. Горькавый М.А., Егорова В.П., Болдырев В.В. Инструменты управления инновационными проектами // Учебно-практическое пособие для студентов направления 27.03.05 «Инноватика», 27.04.04. «Управление в технических системах» всех форм обучения. 2018. 105с

6. Соколова В.С., Зайченко И.В. Бизнес-планирование инновационно-технологического проекта // Молодежь и наука: актуальные проблемы фундаментальных и прикладных исследований: Материалы IV Всероссийской национальной научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. 2021. 250-252с.

7. Image Processing and Computer Vision // MathWorks URL: <https://ch.mathworks.com/solutions/image-video-processing/object-recognition.html> (дата обращения: 01.04.2023).

8. R. Girshick. «Region-based convolutional networks for accurate object detection and segmentation» / R. Girshick, J. Donahue, T. Darrell, J. Malik. – TPAMI – 2015, pp 17-26.

9. Boldyrev, V. V. Development of an intelligent control system for an autonomous hybrid solar system / V. V. Boldyrev, M. A. Gorkavyu // Lecture Notes in Networks and Systems. – 2021. – Vol. 200. – P. 96-105. – DOI 10.1007/978-3-030-69421-0_11. – EDN YAGYBI.

10. Болдырев, В. В. Анализ эффективности алгоритмов нечеткого вывода sugeno и mamdani в задачах оптимизации автоматизированных систем слежения / В. В. Болдырев // Производственные технологии будущего: от создания к внедрению : Материалы IV Международной научно-практической конференции, Комсомольск-на-Амуре, 16–26 февраля 2021 года / Редколлегия: С.И. Сухоруков (отв. ред.), А.С. Гудим, Н.Н. Любушкина. – Комсомольск-на-Амуре: Комсомольский-на-Амуре государственный университет, 2021. – С. 164-167. – EDN AMBIIK.

УДК 004.942

Рудов Александр Владимирович, студент, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Rudov Alexander Vladimirovich, student of Komsomolsk-na-Amure State University

Егорова Валерия Павловна, старший преподаватель кафедры управления инновационными процессами и проектами, Комсомольский-на-Амуре государственный университет
Egorova Valeria Pavlovna, Senior Lecturer, Department of Innovation Processes and Projects Management, Komsomolsk-on-Amur State University

Грабарь Даниил Михайлович, студент, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Grabar Daniil Mikhailovich, student, Komsomolsk-on-Amur State University

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ АЛГОРИТМОВ РАСПОЗНАНИЯ КЛЮЧЕВЫХ ТОЧЕК ДЛЯ ИНДЕНТИФИКАЦИИ ЖЕСТОВ РУК

COMPARATIVE ANALYSIS OF ALGORITHMS FOR RECOGNITION OF KEY POINTS FOR IDENTIFICATION OF HAND GESTURES

Аннотация. В статье представлен сравнительный анализ алгоритмов в задачах распознавания ключевых точек, используемых для идентификации жестов рук. Рассматриваются нейросетевые алгоритмы распознавания ключевых точек. Описан роботизированный технологический процесс и область применения распознавание жестов рук. Подробнее рассказано про алгоритм OpenPifPaf выявлены преимущества и недостатки перед другими алгоритмами распознавания.

Abstract. The article presents a comparative analysis of algorithms in key point recognition tasks used to identify hand gestures. Neural network algorithms for recognition of key points are con-

sidered. The robotic technological process and the scope of hand gesture recognition are described. It is described in more detail about the OpenPifPaf algorithm, the advantages and disadvantages over other recognition algorithms are revealed.

Ключевые слова: сравнительный анализ, алгоритм, ключевые точки, жесты рук, коллаборативный роботизированный комплекс, технологический процесс, нейросетевые алгоритмы .

Key words: comparative analysis, algorithm, key points, hand gestures, collaborative robotic complex, technological process.

Введение

Распознавание ключевых точек является критически важной задачей в идентификации жестов рук, так как оно позволяет установить положение и ориентацию рук в пространстве. Существует несколько методов для распознавания ключевых точек, которые отличаются по точности, скорости и сложности реализации. В роботизированном высокотехнологичном процессе используется коллаборативный роботизированный комплекс, оборудованный камерой с помощью, которой определяются жесты рук, попав в объектив камеры алгоритм, распознает жесты рук. При определении объекта кобот меняет траекторию движения при этом, не останавливая свою работу и не затрагивая оператора. В данной работе рассматривается сравнительный анализ алгоритмов распознавания ключевых точек для идентификации жестов рук.

Основная часть

В статье представлены алгоритмы распознавания такие как:

Mask R-CNN, AlphaPose, HigherHRNet-W48, SPPE, HigherHRNet-W48+ , OpenPifPaf.

Ниже представлена таблица 1, в которой представлены методы работы алгоритмов распознавания.

Таблица 1 – Анализ методов работы алгоритмов

Наименование алгоритма распознавания	Метод работы
Mask R-CNN	Одновременно обнаруживает, сегментирует и отслеживает объекты на изображении за счёт добавления ветви прогнозирования масок объекта, которая работает параллельно с существующей ветвью
AlphaPose	Используют распознавание позы нескольких человек в реальном времени
HigherHRNet-W48	Современный алгоритм оценки позы человека, в которой используется сетевая архитектура с высоким разрешением для повышения точности оценки позы. Модель включает в себя сверточную нейронную сеть, что позволяет более точно оценивать позу.
HigherHRNet-W48+	Современный алгоритм оценки позы человека, в которой используется сетевая архитектура с высоким разрешением для повышения точности оценки позы. включающим дополнительный модуль повышающей дискретизации для улучшения разрешения на выходе.
SPPE	Алгоритм глубокого обучения, в котором используется наложение модулей песочных часов для оценки позы людей на изображении. Модель способна выполнять многоэтапную обработку, что позволяет более точно и надежно оценивать позу.
OpenPifPaf	Алгоритм оценки жестов с открытым исходным кодом которая использует многоэтапную обработку для оценки нескольких жестов на изображении. способна извлекать функции высокого уровня из входного изображения, что позволяет более точно оценивать позу

В таблице 2 представлены сравнительная характеристика показателей распознавания.

Таблица 2 – Сравнительный анализ алгоритмов распознавания

Наименование алгоритма распознавания	Средняя точность	Средняя точность 0.50	Средняя точность 0.75	Количество кадров в секунду
Mask R-CNN	57.2	83.5	60.3	2.9
AlphaPose	61	81.3	66	10.9
HigherHRNet-W48	65.9	86.4	70.6	-
HigherHRNet-W48+	67.6	87.4	72.6	-
SPPE	66	84.2	72.6	10.1
OpenPifPaf	70.5	89.1	76.1	13.7

Целью распознавания является сокращение времени на выполнение технологического процесса и снижение травматизма на предприятии по средствам внедрения алгоритма распознавания жестов рук

Согласно таблице 2 алгоритм распознавания OpenPifPaf имеет ряд преимуществ над другими алгоритмами, его способность распознавать ключевые точки в режиме реального времени с высокой точностью и с высокой скоростью. Алгоритм лучше всех справляется со статистическими изображениями. Высокую точность гарантируют блоки PIF и PAF, которые обнаруживает, и формируют пространственно-временные ассоциации ключевых точек за один этап.

Заключение

Предложенное решение в использовании метода OpenPifPaf применимо к роботизированному технологическому процессу. В работе проведен сравнительный анализ алгоритмов распознавания, наилучший результат показал алгоритм OpenPifPaf основанный на графическом подходе и пространственно-временных ассоциациях.

Исследование выполнено в рамках научного проекта, финансируемого за счет средств КНАГУ № ВН002/2020/

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Мурлин А.Г. Алгоритм и методы обнаружения и распознавания жестов руки на видео в режиме реального времени // Научный журнал КубГАУ, №97(03), 2014 // открытый доступ
2. On-Device, Real-Time Hand Tracking with MediaPipe: (ред. от 01.04.2019). // открытый доступ
3. Sven Kreiss, Lorenzo Bertoni, Alexandre Alahi // OpenPifPaf: Composite Fields for Semantic Keypoint Detection and Spatio-Temporal Association // 21 сентября 2021 // открытый доступ
4. Бенгезаль С.Р., Коваленко Н.В. Алгоритм распознавания жестов руки в реальном // информатика: проблемы, методология, технологии // Сборник материалов XIX международной научно-методической конференции. Под ред. Д.Н. Борисова. 2019. с 30-37.
5. Калина Д.А. Голованов Р.В. Воротнев Д.В. Алгоритм распознавания статических жестов руки на основе скелетизации // Вестник компьютерных и информационных технологий // с 13-22
6. Ворощенко, В. Д. Интеллектуальный модуль оптимизации и управления эффективностью производственного процесса на базе агентной имитационной модели / В. Д. Ворощенко, В. П. Егорова, М. А. Горькавый // Ученые записки Комсомольского-на-Амуре государственного технического университета. – 2023. – № 1(65). – С. 85-93. – DOI 10.17084/20764359-2023-65-85
7. Иванов, Ю. С. Анализ устойчивости предиктивных моделей к состязательным атакам в робототехнических комплексах / Ю. С. Иванов, М. А. Горькавый, Д. М. Грабарь // Ученые записки Комсомольского-на-Амуре государственного технического университета. – 2023. – № 1(65). – С. 109-115. – DOI 10.17084/20764359-2023-65-109

УДК 65.011.48

Самар Константин Алексеевич, студент, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Samar Konstantin Alekseevich, student, Komsomolsk-na-Amure State University

Болдырев Владислав Вячеславович, кандидат технических наук, доцент, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Boldyrev Vladislav Vyacheslavovich, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, Komsomolsk-na-Amure State University

МОДЕЛЬ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ ЭКСПЕРТНОЙ ОЦЕНКИ СТОИМОСТИ АЛМАЗОВ МЕТОДОМ ТАБЛИЦЫ РАПАПОРТА ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ АК «АЛРОСА»

A MACHINE LEARNING MODEL FOR AUTOMATING EXPERT EVALUATION OF THE VALUE OF DIAMONDS USING THE RAPAPORT TABLE METHOD TO IMPROVE THE EFFICIENCY OF «ALROSA'S» BUSINESS PROCESSES

Аннотация. В статье рассматривается создание модели машинного обучения для автоматизации экспертной оценки стоимости алмазов по методу таблицы Рапаяорта с целью оптимизации бизнес-процессов АК «Алроса». Разработанная модель основана на алгоритме глубокого обучения и обеспечивает точность оценки более 95%. На основе анализа требований к модели, ее интерфейсу и результатам тестирования приведены детальные сведения о ее функционале, включая этапы разработки, обучения и интеграции программного продукта в существующую систему оценки стоимости алмазов. Описание процесса взаимодействия модели с пользователями и ее интеграции в рабочий процесс сотрудников АК «Алроса» также представлены в статье. Результаты исследования подтверждают эффективность разработанной модели в автоматизации процессов экспертной оценки стоимости алмазов.

Abstract. The article discusses the creation of a machine learning model to automate expert assessment of diamond value using the Rapaport table method, with the aim of optimizing the business processes of «Alrosa». The developed model is based on a deep learning algorithm and provides an accuracy of more than 95%. Based on an analysis of the requirements for the model, its interface, and the results of testing, detailed information is provided about its functionality, including the stages of development, training, and integration of the software product into the existing diamond valuation system. The article also presents a description of the model's interaction with users and its integration into the working process of «Alrosa's» employees. The research results confirm the effectiveness of the developed model in automating expert assessment processes of diamond value.

Ключевые слова: машинное обучение, оценка алмазов, таблица Рапаяорта, бизнес-процесс, автоматизация.

Key words: machine learning, diamond evaluation, Rapaport table, business process, automation.

Введение

В современном мире, где все большую роль играют автоматизация и использование технологий, применение моделей машинного обучения для автоматизации экспертной оценки стоимости алмазов является важной задачей. Одним из наиболее распространенных методов оценки стоимости является метод таблицы Рапаяорта. Применение моделей машинного обучения вместе с данным методом может значительно увеличить эффективность бизнес-процессов, связанных с оценкой стоимости драгоценных камней.

В основе проблемы стоит факт того, что существующий процесс оценки стоимости алмазов требует значительных затрат времени и сил, а также подвержен человеческому фактору, что может приводить к неточности результатов [1].

Основная часть

Таблица Рапатора - система классификации алмазов, которая основывается на их весе в каратах, формах алмаза, наличии дефектов и их цвете. Данная таблица используется для определения цены на алмазы [2]. Оценка проводится специалистами-оценщиками, что занимает много времени и требует значительных затрат. Поэтому применение моделей машинного обучения для автоматизации этого процесса становится весьма актуальной задачей.

При разработке модели машинного обучения необходимо использовать большой набор данных, включающий в себя разные категории алмазов с разными характеристиками и ценами. На основе этих данных разрабатывается модель, которая занимается кластеризацией массива данных, используя метод k-ближайших соседей. Данный метод определяет зависимость между входными параметрами алмазов и их ценой в массиве, что позволяет проанализировать и спрогнозировать стоимость алмаза, параметры которого вносятся специалистом.

Процессная модель [3] на рисунке 1 отражает алгоритм работы экспертной стоимостной оценки алмазов, благодаря которому планируется снизить затраты времени и денег на экспертизу каждого алмаза без кардинального изменения технологического процесса.

Рассмотрим основные этапы оценки стоимости алмазов.

1. Поступление алмазов на экспертизу;
2. Сортировка алмазов по весу и размеру, сохранение данных о весе и размере алмаза;
3. Сортировка алмазов по форме, сохранение данных о форме алмаза;
4. Сортировка алмазов по цвету, сохранение данных о цвете алмаза;
5. Сортировка алмазов по качеству, сохранение данных о качестве алмаза;
6. Приём всех данных о параметрах алмаза;
7. Кластеризация данных при помощи алгоритма на основе k-ближайших соседей;
8. Интерпретация результата кластеризации с спрогнозированной стоимостью алмаза;
9. Одобрение прогноза стоимости алмаза экспертом;
- 9.1. Если прогноз стоимости не одобрен, алгоритм запускается сначала;
10. Стоимостная оценка алмазов.

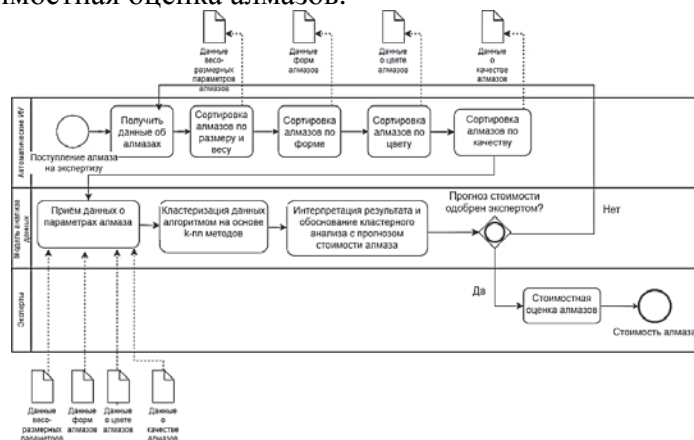


Рисунок 1 – Процессная модель стоимостной оценки алмазов

При анализе экспертной модели стоимостной оценки алмазов по таблице Рапатора, реализуемой моделью машинного обучения на базе данных параметров алмазов мы выявили следующие метрики:

1) точность предсказаний модели при сопоставлении с реальными стоимостями алмазов;

2) среднее отклонение предсказанных стоимостей от реальных стоимостей.

Исследуя данные метрики, можно выявить проблемные зоны:

1) невозможность учесть все параметры при оценке стоимости алмаза;

2) недостаточная точность предсказаний модели при учете сложных случаев, таких как алмазы с нестандартными характеристиками.

На данный момент проблемные зоны актуальны, но при повышении точности метрик модель можно предложить к эксплуатации в бизнес-процессах АК «Алроса» [4].

Заключение

В заключении, использование моделей машинного обучения для автоматизации экспертной оценки стоимости алмазов методом таблицы Рапапорта является перспективным направлением в развитии бизнес-процессов отрасли. Это позволит увеличить эффективность работы и сократить затраты, что в свою очередь повысит конкурентоспособность компании «Алроса» на рынке.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Сухарев А.Н. Алмазы и бриллианты как инвестиционные инструменты, оценка их стоимости / А.Н. Сухарев // Финансы и кредит. – 2013. № 37. – С. 18-23;

2. Минорин В.Е. Способ оценки стоимости крупных камней и средней цены карата по их зависимости от классов крупности алмазов в месторождении / В.Е. Минорин, Е.М. Веричев // Руды и металлы. – 2002. №2. – С. 29-33.

3. Горькавый М.А., Егорова В.П., Болдырев В.В. Инструменты управления инновационными проектами. Учебно-практическое пособие для студентов направления 27.03.05 «Инноватика», 27.04.04. «Управление в технических системах» всех форм обучения. 2018. 105с.

4. Алексеева Т.И. Оценка эффективности управления финансовой устойчивостью компании ПАО «Алроса» / Т.И. Алексеева, И.Д. Элякова // Экономика и предпринимательство. – 2021. № 9. – С. 838-842.

УДК 004.94

Соколова Вера Сергеевна, аспирант, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Sokolova Vera Sergeevna, postgraduate student, Komsomolsk-na-Amure State University

Зайченко Илья Владимирович, кандидат технических наук, доцент, Zaichenko Ilya Vladimirovich, Candidate of Engineering Sciences, associate professor, Komsomolsk-na-Amure State University

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОПРОСА УЧЕТА ВЛАЖНОСТИ ВОЗДУХА ПРИ МАТЕМАТИЧЕСКОМ МОДЕЛИРОВАНИИ ПРОЦЕССОВ ФОРМИРОВАНИЯ МИКРОКЛИМАТА В ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПОМЕЩЕНИЯХ

STUDY OF THE ISSUE OF ACCOUNTING FOR AIR HUMIDITY DURING MATHEMATICAL MODELING OF THE PROCESSES OF MICROCLIMATE FORMATION IN PRODUCTION ROOMS

Аннотация. В работе рассматривается вопрос учета влажности воздуха как параметра микроклимата при математическом моделировании процессов формирования микроклимата в производственных помещениях. Исследованы оптимальные параметры температуры и влажности воздуха для технологических процессов некоторых производственных пред-

приятий. Исследована зависимость абсолютной влажности воздуха от температуры воздуха. Приведено математическое описание процесса образования конденсата.

Abstract. The paper considers the issue of taking into account air humidity as a microclimate parameter in mathematical modeling of the processes of microclimate formation in industrial premises. Optimal parameters of air temperature and humidity for technological processes of some industrial enterprises have been studied. The dependence of absolute air humidity on air temperature has been studied. A mathematical description of the process of condensate formation is given.

Ключевые слова: математическое моделирование, микроклимат, производственное помещение, влажность воздуха.

Key words: mathematical modeling, microclimate, industrial premises, air humidity.

Введение

Любой технологический процесс имеет жесткие требования не только к температуре, но и относительной влажности. Причем показатели зависят от характера, вида и специфики производства. Кроме того, для одного производственного процесса характерны различные требования к относительной влажности воздуха в зависимости от этапа производственного процесса. Так, например, в таблице 1 представлены показатели температуры и влажности воздуха производственного помещения для предприятия машиностроения для отдельных этапов технологического процесса [1].

Таблица 1 – Оптимальные параметры температуры и влажности воздуха

для технологических процессов машиностроительного предприятия

Вид производства	Температура, °С	Влажность, %
Намотка трансформаторов и катушек сборки радиоламп	22±1	-
Изготовление электроизмерительных приборов	21-24	50-55
Обработка пластинок из селена и окиси меди	23±1	30-40
Плавка оптического стекла	24±1	45±5
Шлифовка линз	24±0,5	80±5

Можно заметить, что влияние температуры воздуха отражается меньше, чем влияние относительной влажности воздуха: требования к температуре колеблются примерно в одном диапазоне, что нельзя сказать о влажности воздуха. Допустимый показатель относительной влажности достаточно разрозненный, что обусловлено физико-химическими свойствами производимых, обрабатываемых и хранимых деталей, изделий и материалов.

Целью данной работы является выявление зависимости абсолютной влажности воздуха от температуры воздуха и анализ процесса образования конденсата с помощью математического описания.

Основная часть

Анализируя некоторые отрасли промышленности, также можно сказать о жестких требованиях к относительной влажности воздуха в производственном помещении:

1. Окрасочное производство. Процесс сушки лака должен быть сопровожден высокой относительной влажностью воздуха – около 65 %. Данное требование связано с уменьшением воздействия высокой влажности на процесс окисления поверхности, избегание образования пузырей посредством свободного выхода газов.

2. Обработка углеродистых сталей. Процесс обработки углеродистых сталей и их хранение должен сопровождаться пониженной относительной влажностью воздуха – примерно 30-45 %, потому что при повышении влажности возрастает скорость коррозии металла.

3. Производство химических волокон. Процесс предсозревания щелочной целлюлозы требует поддержание температуры в камере 30-35 градусов и относительной влажности 90 % и выше.

4. Полиграфическое производство. Качество бумаги обеспечивается повышенной влажностью воздуха. Отклонения влажности более $\pm 5\%$ влияют на размер бумажного волокна, что влечет за собой снижение качества цветной печати.

5. Производство интегральных схем с помощью метода фотопечати. В технологическом процессе производства интегральных схем колебания влажности приводят к изменению размеров сверхтонких пленок, на которые наносится интегральная схема, этого нельзя допустить, поэтому в данном процессе возможны колебания температуры и относительной влажности только на $0,5\%$.

Следует отметить также опасность некоторых явлений при определенных производственных процессах вызванные несоответствующими показателями влажности воздуха. Например, накапливаемое статическое электричество, вред от которого можно свести к минимуму поддержанием относительной влажности воздуха более 55% [2]. В текстильной промышленности в прядильных и ткацких цехах, статическое электричество оказывает высокое влияние на эластичность и обрывность волокна. В полиграфическом производстве также важно поддерживать повышенную влажность воздуха для предупреждения накопления статического электричества.

Итак, любой технологический процесс требует поддержания относительной влажности в заданном диапазоне. Соответственно при управлении температурой воздуха в производственном помещении, необходимо также управлять влажностью воздуха. Температура и влажность воздуха – это зависимые переменные. Другими словами, при изменении температуры изменяется и относительная влажность воздуха: чем больше нагревается воздух, тем ниже относительная влажность. Также и абсолютная влажность воздуха зависит от его температуры. На рисунке 1 представлен график зависимости абсолютной влажности воздуха от его температуры.

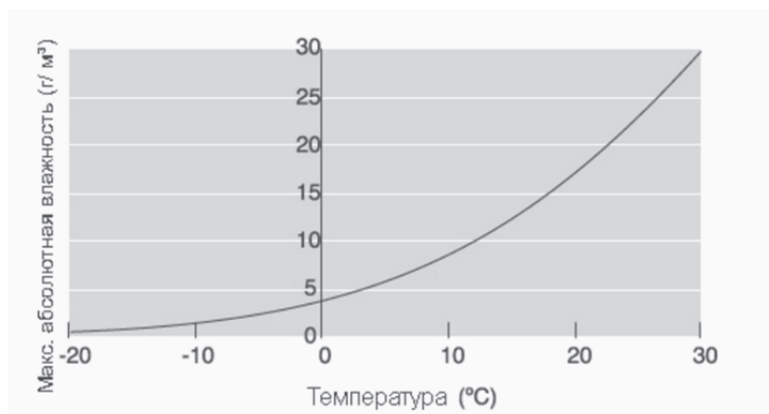


Рисунок 1 – График зависимости абсолютной влажности воздуха от его температуры

Из графика видно, что при температуре воздуха $20\text{ }^{\circ}\text{C}$, абсолютная влажность составляет $17,3\text{ г/м}^3$. Другими словами, максимальное значение содержания водяного пара при температуре воздуха $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ составляет $17,3\text{ г/м}^3$. Холодному времени года характерна разница между температурой воздуха окружающей среды и температурой воздуха в помещении, в таком случае поглощение влаги воздухом проходит особенно активно. В отапливаемом помещении воздух с температурой $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ максимально впитывает в себя 23 г/м^3 влаги. Тогда как холодный воздух температурой $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ способен впитать в себя только $4,84\text{ г/м}^3$ воды. Поступление холодного уличного воздуха в помещение влечет за собой снижение влажности воздуха в помещении, так как холодный уличный воздух сухой и ему требуется дополнительное увлажнение, после того как он нагреется в помещении. Т.е. при управлении температурой производственного помещения: охлаждении и нагревании воздуха, фактическое влагосодержание (абсолютная влажность) будет изменяться. Процесс охлаждения воздуха в помещении сопровождается выпадением конденсата,

так как температура воздуха может понизиться до точки росы, соответственно при охлаждении воздуха необходимо учитывать данное явление и обеспечить предотвращение выпадения конденсата [3]. При нагревании воздуха в помещении абсолютная влажность не изменяется, но доля максимально возможной влаги в воздухе возрастет. В таком случае относительная влажность уменьшится. Поддержание постоянной относительной влажности воздуха при изменении температуры воздуха, требует управления показателем абсолютной влажности.

Разберем пример, что произойдет при резком снижении температуры в помещении в режиме день-ночь. Наибольший интерес представляет образование конденсата, т.к. данное явление может вызывать негативные последствия в виде плесени, разбухания поверхностей, выхода из строя техники и т.д. Итак температура воздуха $t_1 = 30\text{ }^\circ\text{C}$, относительная влажность воздуха $\phi_1 = 60\%$. Будет ли образование конденсата, если температура понизится до $t_2 = 5\text{ }^\circ\text{C}$. Для того чтобы узнать, образуется ли конденсат при понижении температуры воздуха до $t_2 = 5\text{ }^\circ\text{C}$, необходимо провести сравнение плотности насыщенного пара при $t_2 = 5\text{ }^\circ\text{C}$ и плотности (парциальным давлением) пара при начальной температуре $t_1 = 30\text{ }^\circ\text{C}$. В соответствии с психометрической таблицей [4] плотность насыщенного водяного пара при температуре $t_2 = 5\text{ }^\circ\text{C}$ составит, $\rho_{H2} = 7,3\text{ г/м}^3$. Плотность водяного пара, которым насыщен воздух при температуре $t_1 = 30\text{ }^\circ\text{C}$ можно найти по формуле

$$\phi = \frac{\rho_1}{\rho_{H1}} \cdot 100\% \quad (1)$$

где $\rho_{H1} = 30,3 \frac{\text{г}}{\text{м}^3}$

$$\rho_1 = \frac{\phi_1 \rho_{H1}}{100\%} = \frac{60\% \cdot 30,3 \frac{\text{г}}{\text{м}^3}}{100\%} = 18,18 \frac{\text{г}}{\text{м}^3} \quad (2)$$

Получаем $\rho_1 > \rho_{H2} = 18,18 \frac{\text{г}}{\text{м}^3} > 7,3 \frac{\text{г}}{\text{м}^3}$. Это неравенство указывает на то, что количество водяного пара в воздухе достаточно для насыщения, следовательно образуется конденсат.

Заключение

В ходе работы были проанализированы требования к влажности и температуре воздуха производственных помещений различных производств. Была выявлена зависимость абсолютной влажности воздуха от температуры воздуха и представлен график зависимости. В ходе анализа процесса образования конденсата было представлено математическое описание данного процесса, которое может быть использовано для термодинамических расчетов при проектировании систем организации микроклимата производственного помещения, а также для разработки имитационной модели формирования микроклимата в производственных помещениях [5].

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. СанПиН 2.2.4.548-96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений: Санитарные правила и нормы: дата введения 1996-10-01 / Информационно-издательский центр Минздрава России - Москва : Информационно-издательский центр Минздрава России ., 2001. – 20 с.

2. Корреляционный анализ связи между температурой наружного воздуха и потребляемой мощностью тягодутьевыми механизмами отопительных котельных / С. А. Гордин, И. В. Зайченко, В. В. Бажеряну [и др.] // Научно-технический вестник Поволжья. – 2020. – № 3. – С. 110-112. – EDN BTOZNC.

3. Табунщиков, Ю. А. Математическое моделирование и оптимизация тепловой эффективности зданий / Ю. А. Табунщиков, М. М. Бродяч. – 2-е издание, исправленное и дополненное. – Москва : АВОК, 2012. – 204 с. – EDN SXQNSV.

4. ГОСТ Р 8.811 – 2012. Таблицы психрометрические: Построение, содержание, расчетные соотношения: дата введения 2012-11-29 / Стандартиформ - Москва : Стандартиформ ., 2019. – 27 с.

5. Болдырев В.В., Горькавый М.А. Разработка имитационной модели прихода солнечной радиации, входящей в структуру интеллектуального модуля управления автоматизированной автономной гелиосистемы // Научно-технический вестник Поволжья, № 8, 2020. С. 17-20

УДК 004.021

Щербakov Алексей Максимович, студент, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Shcherbakov Aleksey Maksimovich, student, Komsomolsk-na-Amure State University

Горькавый Александр Иванович, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры «Электропривода и автоматизации промышленных установок», Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Gorkavy Aleksandr Ivanovich – Candidate of Engineering Sciences, Docent, Associate Professor of Electric Drive and Industrial Automation Department, Komsomolsk-na-Amure State University

Горькавый Михаил Александрович, кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой «Управление инновационными проектами и процессами», Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Gorkavyu Mikhail Aleksandrovich, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Head of the Department "Management of Innovative Processes by Projects and Us", Komsomolsk-na-Amure State University

МОДЕЛИРОВАНИЕ ИНТЕРФЕЙСОВ УПРАВЛЕНИЯ В КОЛЛАБОРАТИВНОМ РОБОТИЗИРОВАННОМ ПРОЦЕССЕ

MODELING CONTROL INTERFACES IN A COLLABORATIVE ROBOTIC PROCESS

Аннотация. Автоматизация недетерминированных процессов с использованием коллаборативного робота, требует формирование каналов связи для взаимодействия человека и роботизированной машины. Предложена классификация, позволяющая выбрать наиболее подходящие интерфейсы для повышения эффективности производственного процесса. Представлена модель расширенного интерфейса распознавания объектов с использованием мультимодального подхода к проектированию интерфейсов.

Abstract. Automation of non-deterministic processes using a collaborative robot requires the formation of communication channels for the interaction of a person and a robotic machine. A classification is proposed that allows choosing the most appropriate interfaces to improve the efficiency of the production process. A model of an extended object recognition interface is presented using a multimodal approach to interface design.

Ключевые слова: коллаборативный робот, интерфейсы взаимодействия, классификация интерфейсов, мультимодальный интерфейс, синергетическая система, социокиберфизическая система, индустрия 5.0.

Key words: collaborative robot, interaction interfaces, interface classification, multimodal interface, synergetic system, socio-cyber-physical system, industry 5.0.

Введение

Для дальнейшего развития производственных процессов с участием человека и коллаборативного робота, необходимо улучшать эффективность коммуникационных каналов между оператором и роботизированной машиной [1]. Определение коммуникации является одним из ключевых элементов коллаборативного процесса, поскольку оно определяет основные принципы взаимодействия социальной и киберфизической системы, а также позволяет работать совместно человеку и роботу [2]. Таким образом, для установления эффективного контакта между оператором и коботом требуются нормализованный язык или код, который будет следовать определенным правилам и гарантировать успешное установление связи между агентами [3].

Основная часть

Классификация коммуникационных каналов (рис.1) может служить полезной методикой при выборе подходящих способов передачи информации от человека к роботу и наоборот. Основными параметрами, позволяющими оптимизировать взаимодействие человека и робота в производственном процессе, выступают:

- 1) безопасность;
- 2) время, затрачиваемое на программирование коботов;
- 3) минимизация простоев по причине возникновения аварийных ситуаций;

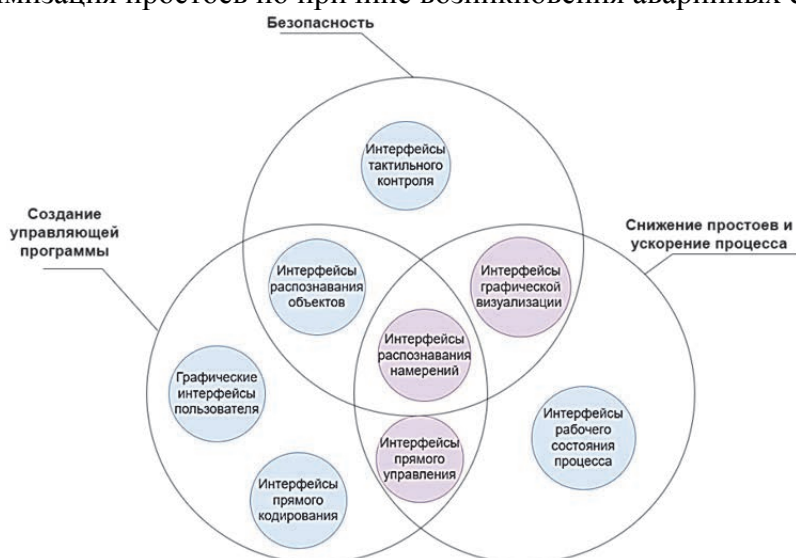


Рисунок 1 – Классификация интерфейсов управления

Интерфейсы тактильного контроля обеспечены такими устройствами, как электрическая кожа и тензодатчики и позволяют человеку безопасно взаимодействовать с коллаборативным роботом, путем остановки кобота при прикосновении к человеку, либо объекту, в процессе выполнения управляющей программы [4].

Графическая визуализация в коллаборативном процессе может быть представлена при помощи интерфейсов дополненной и виртуальной реальности [5]. Моделирование рабочих зон человека и робота позволяет снизить простои по причине остановки управляющей программы коллаборативного робота, при срабатывании датчиков приближения, так как опасная зона понятна для оператора и не нарушается.

Интерфейсы распознавания объектов [6] представляют собой группу устройств, позволяющих обеспечить безопасность при взаимодействии человека и робота, а также снизить время на создание управляющей программы. Такая система может представлять собой мультимодальную коммуникацию интерфейсов [3] и обязательно должна быть оснащена камерами, фиксирующими положение объектов в пространстве [1,2].

Графические интерфейсы пользователя [6] предназначены для создания шаблонов, позволяющих быстро запрограммировать робота на выполнение производствен-

ных задач, но обладают низкой эффективностью в процессах, где требуется принятие решения в режиме реального времени, так как для настройки робота требуется прямое участие человека, и следовательно, возрастает время, затрачиваемое на программирование коллаборативного робота.

К интерфейсам прямого управления, относятся такие системы, где человек может формировать управляющие команды для роботизированной машины привычными способами взаимодействия, такими как: голос, жесты, мимика [3, 7]. Преимуществом данной группы интерфейсов является минимизация времени настройки коллаборативного робота, что является важнейшим параметром для обеспечения взаимодействия человека и робота в режиме реального времени.

Распознавание намерений человека является одним из ключевых направлений исследования взаимодействия социальной и киберфизической системы [2]. Как правило, наиболее эффективными методами для решения таких задач выступают электроэнцефалография и электромиография [1,8,9], позволяющие считывать мозговые и мышечные сигналы в режиме реального времени и оперативно реагировать на них.

Анализ рабочего состояния процесса в режиме реального времени, как правило, основан на использовании цифровых двойников [10] и позволяет выполнять корректирующие действия для повышения эффективности параметров роботизированного процесса.

Таким образом, для создания идеального производственного процесса, необходимо мультимодальное взаимодействие интерфейсов [3], где за счет синергии, возможно обеспечить эффективное управление (рис. 2).

Например, сочетание классического интерфейса распознавания объектов с интерфейсом тактильного контроля, позволяет идентифицировать объекты в окружающей среде, основываясь на изображениях и прикосновениях, благодаря чему предоставляется возможным сформировать более точную управляющую команду, позволяющую захватить объект правильным образом, либо сформировать траекторию, безопасную для человека. Синергия достигается за счет использования интеллектуальных алгоритмов, где интеллектуальным выводом достигается конечный результат, запрашиваемый пользователем.

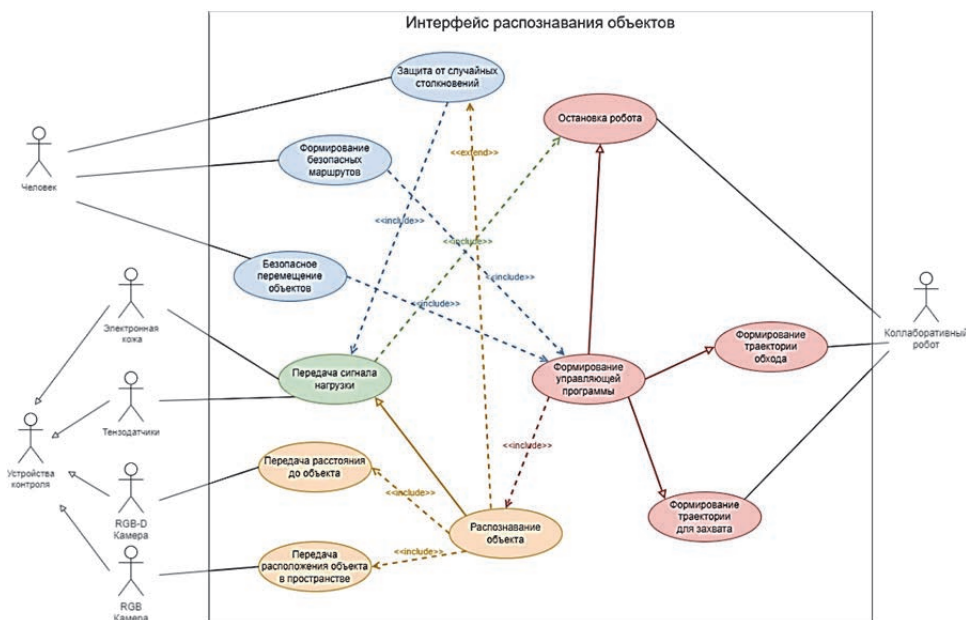


Рисунок 2 – Диаграмма вариантов использования мультимодального интерфейса распознавания объектов

Заключение

Предложенная схема организации модели, в том числе классификация интерфейсов управления, позволяет сформировать комбинации интерфейсов для эффективного управления производственным процессом с участием коллаборативного робота и человека. Интеллектуальные алгоритмы и мультимодальность взаимодействия управляющих систем помогают минимизировать время настройки робота и повысить безопасность при совместной работе оператора и роботизированной машины. Результатом такого синергичного подхода является более точное и быстрое выполнение производственных задач, что способствует повышению эффективности производства.

Благодарности.

Исследование выполнено в рамках научного проекта, финансируемого за счет средств КНАГУ №ВН002/2020.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Castro A, Silva F, Santos V. Trends of Human-Robot Collaboration in Industry Contexts: Handover, Learning, and Metrics. *Sensors*. 2021; 21(12):4113. <https://doi.org/10.3390/s21124113>
2. Villani, Valeria, Pini, Fabio, Leali, Francesco, Secchi, Cristian. (2018). Survey on human–robot collaboration in industrial settings: Safety, intuitive interfaces and applications. *Mechatronics*. 55
3. Maurtua I, Fernández I, Tellaechе A, et al. Natural multimodal communication for human–robot collaboration. *International Journal of Advanced Robotic Systems*. 2017;14(4). doi:10.1177/1729881417716043
4. Li Guozhen, Zhu Rong. (2022). Intelligent Interactive Control via Haptic E-skin for Human–Robot Interaction and Collaboration. *Advanced Intelligent Systems*. 4. 10.1002/aisy.202200101.
5. Hietanen Antti, Pieters Roel, Lanz Minna, Latokartano Jyrki, Kämäräinen Joni-Kristian. (2020). AR-based interaction for human-robot collaborative manufacturing. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*. 63. 101891. 10.1016/j.rcim.2019.101891.
6. Cheng Fang-Che, Yen Chia-Ching, Jeng Tay-Sheng. (2021). Object Recognition and User Interface Design for Vision-based Autonomous Robotic Grasping Point Determination. 10.52842/conf.caadria.2021.1.633.
7. Martin, J.B., Moutarde, F. (2019). Real-Time Gestural Control of Robot Manipulator Through Deep Learning Human-Pose Inference. In: Tzovaras, D., Giakoumis, D., Vincze, M., Argyros, A. (eds) *Computer Vision Systems. ICVS 2019. Lecture Notes in Computer Science()*, vol 11754. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-34995-0_51.
8. Xu Baoguo, Zhang Dalin, Wang Yong, Deng Leying, Wang Xin, Wu Changcheng, Song Aiguo (2021). Decoding Different Reach-and-Grasp Movements Using Noninvasive Electroencephalogram. *Frontiers in Neuroscience*. 10.3389/fnins.2021.684547.
9. Lyu Jianzhi, Maýe Alexander, Görner Michael, Ruppel Philipp, Engel Andreas K., Zhang Jianwei (2022). Coordinating human-robot collaboration by EEG-based human intention prediction and vigilance control. *Frontiers in Neurorobotics*. 10.3389/fnbot.2022.1068274
10. Специфика архитектуры цифрового двойника коллаборативного роботизированного процесса на базе мультиагентных систем / М. А. Горькавый, А. И. Горькавый, В. А. Соловьев [и др.] // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2022. – № 4. – С. 147-156. – DOI 10.24412/2071-6168-2022-4-147-157. – EDN YTXPXW.

СЕКЦИЯ 6

ЭЛЕКТРОННЫЕ УСТРОЙСТВА И СИСТЕМЫ

УДК 621.3.14

Абдуллоев Мамед Акдодович, студент, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Abdulloev Mamed Akdodovich, student, Komsomolsk-na-Amure State University

Киба Дмитрий Анатольевич, кандидат технических наук, доцент, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Kiba Dmitry Anatolyevich, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Komsomolsk-na-Amure State University

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВЕТРО-СОЛНЕЧНОЙ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ В ГОРНОЙ МЕСТНОСТИ

USING A WIND-SOLAR POWER PLANT IN MOUNTAIN

Аннотация. Потребность в автономных источниках энергии в горной местности очень высока. Одним из решением данной проблемы станет использование гибридной системы энергоснабжения, состоящей из совместно используемых солнечных панелей и ветрогенераторов. Такая система отличается автономностью работы в горной местности, с учетом формирования розы ветров на конкретной территории, удобством монтажа, высокой эффективностью вырабатываемой энергии.

Abstract. The need for autonomous energy sources in mountainous areas is very high. One solution to this problem will be the use of a hybrid power supply system, consisting of jointly used solar panels and wind turbines. Such a system is distinguished by autonomy of work in mountainous areas, taking into account the formation of a wind rose in a specific area, ease of installation, and high efficiency of the generated energy.

Ключевые слова: ветрогенератор, солнечная панель, энергоснабжение, система энергоснабжения, батареи.

Key words: wind generator, solar panel, power supply, power supply system, batteries.

Введение

Система энергоснабжения будет включать в себя следующие элементы:

- источники электрической энергии, которые позиционируются как тепловые станции с комплектом ветрогенераторов;
- система непосредственной передачи электрической энергии;
- преобразователи энергии, в роли которых принято использовать трансформаторы, частотные преобразователи, выпрямители, а также трансформаторы, работающих в автоматическом режиме;
- приборы для последующего распределения по отдельным объектам энергии, в число которых входят открытые и закрытые распределительные устройства;
- цепь защитных элементов, представленная в виде реле тока, напряжения, сопротивления. Также предусмотрена система дуговой, грозовой защиты, схема защиты при возникновении коротких замыканий;
- элементы управления работой системы электрического снабжения энергией. например, для этого принято использовать автоматизированную систему коммерческого учета электрической энергии;
- элементы обеспечения собственных нужд, в число которых входит система вентиляции, отопления, а также комплект осветительных элементов.

Для промышленных объектов, расположенных в горной местности, система должна иметь куда более мощные показатели. В то же самое время для бытовых нужд принято использовать более простые элементы и системы, отличающиеся меньшей мощностью.

Опираясь на данные количества фаз, стоит выделить однофазные и многофазные системы. Данная классификация и принципы формирования системы энергоснабжения горной местности является предельно простой.

Используемые ветро-солнечные электростанции делятся на:

– Системы бытового электроснабжения, задача которых работать с сетью, имеющей номинальное напряжение в пределах 220/380 В. Их принято устанавливать в жилых и общественных помещениях.

– Системы аварийного электроснабжения, в состав которых входят генераторы, а также различных бесперебойные источники питания. Используются как резервные на случай возникновения возможных аварийных ситуаций.

– Системы автономного электроснабжения. В составе принято использовать комплекты солнечных батарей, тепловые аккумуляторы и ветряные электрические станции. Система эффективна для частных домов, где размер потребляемой энергии небольшой и составляет не более нескольких кВт. В таком случае, актуально использовать автономную систему, нежели чем выполнить подключение к основной сети энергоснабжения.

Основная часть

В качестве обоснования выбора конкретных элементов принято использовать конкретные особенности и преимущества отдельного наименования изделий и оборудования. Это позволит обеспечить выбор наиболее рационального и практичного оснащения для системы, корректно подобрать отдельные элементы, соединив их в одну систему.

Характерные особенности солнечных батарей, следующие:

– возможность полноценного использования возобновляемого и экологически чистого источника энергии для конкретного региона;

– возможность обеспечения дополнительного дохода, от продажи выработанной энергии в случае ее избытка;

– существенное снижение общих расходов на выданные счета за электричество, которое ранее было потреблено домохозяйством или объектом предпринимательской деятельности;

– сокращение общей зависимости потребителей от установленной энергосистемы, а также исключение частых перебоев в подаче питания в сеть.

Характерные особенности использования ветрогенераторов:

– возможность использование ветра для получения необходимой энергии;

– в горной местности и местности открытого типа, отличной сильными ветрами, оборудование может иметь достаточно высокую рентабельность, быструю и практичную окупаемость;

– в зависимости от типа установки и скорости ветра, достигается высокая эффективность, порядка 38 – 40 %;

– надежность и бесперебойный показатель электроснабжения, в случае автономной работы и наличия аккумуляторной батареи.

В качестве показателей для проведения анализа энергообеспеченности, принято использовать:

– количество солнечных дней в году;

– количество ветреных дней в году.

Выборка осуществляется за несколько лет подряд.

В частности, для конкретного объекта принято использовать некоторое снижение показателей энергообеспеченности. При показателе в 1 – 2 % не отмечается критичности самого темпа снижения, а может быть вполне актуальной реакцией на рост самой эффективности использования энергетической мощности и при этом обновления оборудования.

Для указанных сетей важно выполнять моделирование режима строго до его полноценной реализации. В этом ключе, моделирование установленных режимов позволит в дальнейшем обеспечить получение необходимой информации о степени загрузки линий, равно как и другого оборудования. Общий расчет токов производится для последующей проверки чувствительных защит реле, равно как и стойкости самого

электрического оборудования к термическому и электродинамическому воздействию короткого замыкания. Важен расчет токов замыкания на землю в сетях, имеющих компенсированную нейтраль.

Внедрение системы, которая отвечает за моделирование электрических сетей, связано в дальнейшем с приобретением специального комплекта программных комплексов, специально рассчитанных на выполнение приведенной задачи. Как показывает практика, общая стоимость моделирующих программ составляет в этих рамках куда меньший объем затрат, что актуально в комплексе решаемых операций. Значительную часть затрат составляют непосредственно те, которые связываются с постановкой расчетных задач, корректным сбором и последующим анализом исходных параметров, дальнейшим созданием модели. Учитывается так же анализ выполненных в программе расчетных параметров, подготовкой отчетной документации, некоторых выводов и рекомендаций по реконструкциям и проведением последующей оптимизации моделируемой электрической сети.

Заключение

В горной местности рациональным решением послужит использование системы энергоснабжения, основанной на сочетании ветрогенераторов и солнечных панелей. Подобная комбинация оборудования исключит возникновение слепых зон, при которых по ряду причин становится невозможной полноценная подача электроэнергии на указанный участок.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Харитонов, В.П. Автономные ветроэлектрические установки / В.П. Харитонов. – Москва : ГНУ ВИЭСХ, 2006. – 280 с.
2. Константинова, С.В. Типы ветродвигателей. Новые конструкции и технические решения / С.В. Константинова // Энергетика и ТЭК. – 2013. – №1. – С. 16-20.
3. Кривцов, В.С. Неисчерпаемая энергия. Кн.1. Ветроэнергетика : учебник / В.С. Кривцов, А.М. Олейников, А.И. Яковлев. – Харьков : Нац. аэрокосм. ун-т «Харьк. авиац. ин-т», 2003. – 400 с.
4. Кривцов, В.С. Неисчерпаемая энергия. Кн.2. Ветроэнергетика : учебник / В.С. Кривцов, А.М. Олейников, А.И. Яковлев. – Харьков : Нац. аэрокосм. ун-т «Харьк. авиац. ин-т», 2004. – 519 с.
5. Харченко, Н. В. Индивидуальные солнечные установки / Н.В. Харченко. – Москва : Энергоатомиздат, 1991. – 208 с.

УДК 621.33

Барадулько Алексей Андреевич, студент, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Baradulko Alexey Andreevich, student, Komsomolsk-na-Amure State University

Копытов Сергей Михайлович, кандидат технических наук, доцент, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Kopytov Sergey Mihailovich, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, Komsomolsk-na-Amure State University

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ШАГАЮЩЕЙ ПЛАТФОРМОЙ

DEVELOPMENT OF A WALKING PLATFORM CONTROL SYSTEM

Аннотация. Ранее в КнАГУ была разработана конструкция платформы для выполнения технологических операций, использующая шаговый принцип перемещения. Данная работа посвящена созданию системы электропривода и управления ее движением. Вы-

браны исполнительные устройства и элементы согласования их с управляющим контроллером, предложена и реализована электрическая схема системы, разработан алгоритм работы и программное обеспечение. Система управления установлена на макете платформы, подтверждено ее функционирование.

Abstract. Previously, KnASU developed the design of a platform for technological operations, using the stepping principle of movement. This work is devoted to creating a system of electric drive and control of its movement. The actuators and elements of their coordination with the control controller were selected, the electrical scheme of the system was proposed and implemented, the algorithm of operation and the software were developed. The control system is installed on the platform prototype and its functioning is confirmed.

Ключевые слова: шагающая платформа, шаговый двигатель, актуатор, мостовой драйвер, управляющий контроллер, алгоритм работы.

Key words: walking platform, stepper motor, actuator, bridge driver, control controller, operation algorithm.

Введение

На факультете кадастра и строительства КНАГУ разработана шагающая платформа для обработки сельскохозяйственных культур. В данной работе реализована система электропривода и управления ее движением.

Основная часть

Платформа представляет собой конструкцию в виде двух полозьев, по которым может катиться кабина. Из углов кабины вниз могут выдвигаться почвенные упоры, приподнимая кабину вместе с полозьями над почвой. В этом случае относительно неподвижной кабины могут уже перемещаться полозья. Чередуя движение кабины относительно лежащих на почве полозьев и движение полозьев относительно зафиксированной кабины, можно добиться поступательного перемещения платформы вперед и назад. Кроме того, на самой кабине перпендикулярно полозьям установлены направляющие, по которым может катиться лоток с рабочим инструментом. Лоток получает доступ к любой точке обрабатываемой площади.

Для приведения в движение кабины и лотка предложено использовать биполярные шаговые двигатели с понижающим редуктором – на каждый полз по одному двигателю и один двигатель на лоток [1]. В качестве почвенных упоров применены актуаторы на основе двигателей постоянного тока [2]. Принципиальная схема разработанной системы управления платформой приведена на рисунке 1.

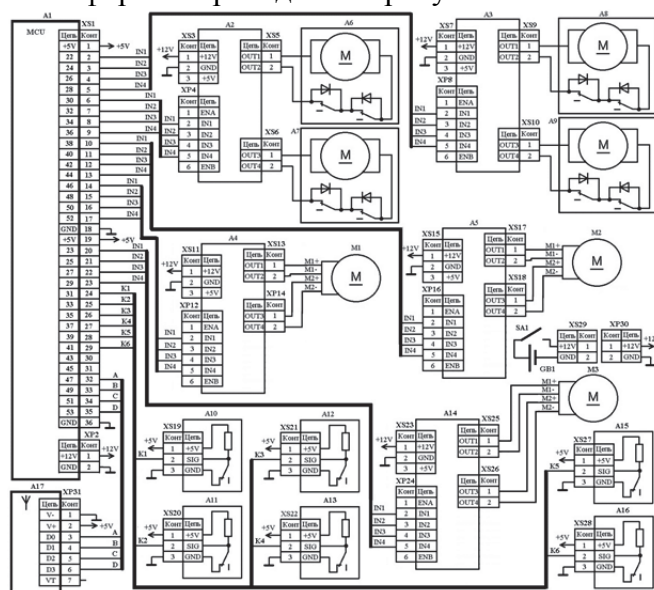


Рисунок 1 – Принципиальная схема системы привода платформы

Для управления платформой выбран одноплатный контроллер Arduino Mega 2560 (A1) [3]. Данный контроллер имеет двухрядный разъем XS1 с множеством цифровых линий портов, к которому можно надежно подключить ответную часть в виде вилки. Для согласования актуаторов и шаговых двигателей с контроллером использованы модули силовых мостовых драйверов на базе мощных микросхем L298 (A2 – A5, A14) [4]. Хотя токи обмоток шаговых двигателей меньше максимальных выходных токов микросхем L298, теплоотвод установленных производителем охладителей драйверов недостаточен. Поэтому охладители драйверов были заменены на более мощные. Для обнаружения момента достижения кабиной или лотком крайнего положения используются концевые выключатели A10 – A13, A15, A16. Для каждого двигателя предусмотрены выключатели в крайних положениях.

Работой платформы управляет оператор с помощью приемника RX480-E4 радиопульта A17 [5]. Он настроен на режим работы, при котором на одном из четырех выходов фиксируется высокий уровень. Соответственно предусмотрено четыре команды: «Вперед», «Назад», «В сторону», «Стоп». Система привода платформы запитана от аккумуляторной батареи GB1. Напряжение +5В для радиоприемника и концевых выключателей формирует контроллер.

Блок-схема алгоритма работы контроллера приведена на рисунке 2.

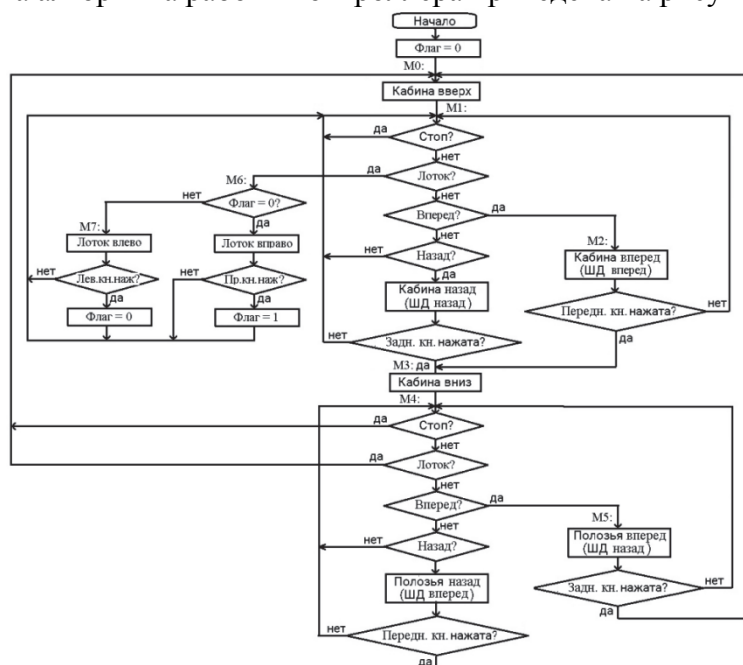


Рисунок 2 – Блок-схема алгоритма работы контроллера

В соответствии с алгоритмом разработана программа для контроллера, которая отлажена и протестирована на макете платформы.

Заключение

Таким образом, разработаны аппаратная и программная части системы управления шагающей платформой для обработки сельскохозяйственных культур. Система управления реализована на практике. Ее работа протестирована на макете платформы.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Шаговый двигатель с редуктором: принцип работы // Все о двигателе : сайт. URL : <https://avtika.ru/shagovyy-dvigatel-s-reduktorom-printsip-raboty/> (дата обращения: 03.03.2023). Режим доступа: свободный.
2. Шишкин С. Практика применения актуаторов LAM3 // Электропривод : сайт. URL : <https://electroprivod.ru/lam3-praktika.htm> (дата обращения 03.03.2023). Режим доступа: свободный.

3. Arduino Mega 2560 // Arduino.ru : сайт. URL : <https://arduino.ru/Hardware/ArduinoBoardMega2560> (дата обращения: 03.03.2023). Режим доступа: свободный.

4. Драйвер двигателя L298N // 3DiY shop : сайт. URL : <https://3d-diy.ru/wiki/arduino-moduli/drayver-dvigatelya-l298n/> (дата обращения: 03.03.2023). Режим доступа: свободный.

5. 433 MHz приемник 4х-канальный, RX480E-4 // Электронные компоненты : сайт. URL : https://elcomp.ru/product_info.php/433mhz-priemnik-4h-kanalny-rx480e-p-22369 (дата обращения: 03.03.2023). Режим доступа: свободный.

УДК 621.79.03

Бобылев Максим Алексеевич, студент, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Bobylev Maxim Alekseevich, student, Komsomolsk-na-Amure State University

Фролов Алексей Валерьевич, кандидат технических наук, доцент, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Frolov Alexey Valerievich, Candidate of Technical Sciences, associate professor, Komsomolsk-na-Amure State University

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ ТЕХНОЛОГИИ СВАРКИ

DEVELOPMENT OF A CONTROL SYSTEM FOR WELDING TECHNOLOGY

Аннотация. В данной статье предложено разработать систему контроля технологии сварки. Представлена функциональная схема устройства. Описаны функциональные блоки, используемые в данном устройстве. Описаны основные плюсы данной системы перед системами, существующие на данный момент. Сделаны выводы о целесообразности разработки данной системы.

Abstract. This article proposes to develop a welding technology control system. A functional diagram of the device is presented. The functional blocks used in this device are described. The main advantages of this system over the systems that currently exist are described. Conclusions are drawn about the feasibility of developing this system

Ключевые слова: технология сварки, система контроля, контроль качества, автоматизация.

Key words: welding technology, control system, quality control, automation.

Введение

В настоящее время во многих отраслях промышленности применяется сварка. На большинстве предприятий сварка осуществляется вручную. Существует такое понятие как брак в результате несоблюдения технологии сварки. В большинстве случаев контроль брака и проверка изделий производится уже после проделанной работы и в случае, если изделие является браком, то процесс производства замедляется, предприятие несет убытки. В результате чего появляется задача о недопущении брака или же раннем обнаружении его.

В первую очередь необходимо контролировать процесс и технологию сварки, во-вторых – автоматизировать данный процесс, чтобы исключить человеческий фактор и в итоге получать объективные данные со сварочного производства.

В мире на данный момент существуют компании, производящие подобные системы, но основными минусами данных систем являются их высокая цена и производство за рубежом.

Основная идея при разработке системы контроля сварки заключается в том, чтобы сделать ее как можно дешевле, расширить функционал, сделать максимально доступной и простой в обращении.

Описание системы контроля

Функциональная схема системы контроля показана на рисунке 1 которая состоит из блоков: U1 – датчик тока; U2 – датчик напряжения; U3 – сканер штрих-кода; U4 – преобразователь интерфейса USB/UART; U5 – micro SD; U6 – преобразователь интерфейса UART/RS-485; Z1, Z2 – фильтры нижних частот; S1 – энкодер; S2 – транзисторный ключ; K1 – реле; HG – дисплей.

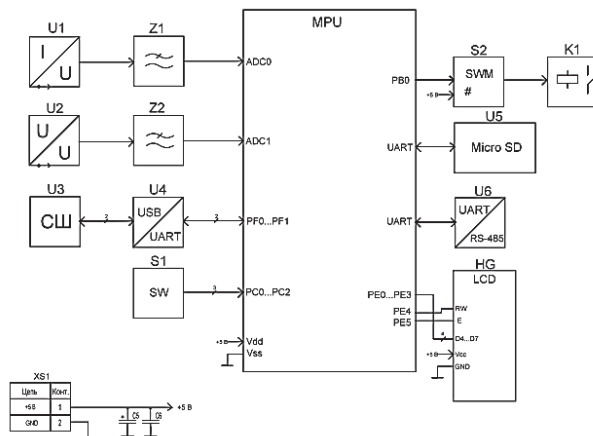


Рисунок 1 – Функциональная схема системы контроля технологии сварки

Центральным управляющим звеном является микроконтроллер, который связан со всеми блоками системы.

Измерение тока во время сварки осуществляется с помощью датчика тока на основе эффекта Холла, который имеет ряд преимуществ перед токовыми шунтами и трансформаторами тока. В первую очередь такие датчики позволяют измерять как переменный, так и постоянный ток. Датчик Холла не имеет прямого электрического контакта с компонентами цепи. Выходной сигнал такого датчика меньше подвержен влиянию шумов за счет высокого выходного сигнала. Сигнал с датчика сглаживается и поступает на внутренний АЦП (аналого-цифровой преобразователь) микроконтроллера.

Для измерения напряжения применяется датчик напряжения на основе эффекта Холла, сигнал с которого также сглаживается и поступает на внутреннее АЦП микроконтроллера.

Для реализации функции идентификации персонала устройство оснащено промышленным сканером штрихкодов. Преобразование интерфейса UART в USB осуществляется преобразователем интерфейсов. Сварщику для идентификации необходимо поднести пропуск к сканеру и на дисплее появится разрешение или запрет на работу на данном аппарате. Помимо идентификации персонала сканер штрих-кода позволяет упростить выбор сварочных материалов, заготовок. Для выбора материалов необходимо просканировать штрих-код, нанесенный на этих материалах и на дисплее, появится уведомление о том, что нужная ли выбрана заготовка или же электрод.

Для связи с компьютером по промышленной сети устройство имеет преобразователь интерфейса UART/RS-485. Дисплей управляется микроконтроллером через интерфейс I2C. Световая сигнализация реализуется с помощью светодиодов, которые подключаются через реле к МК. Питание системы осуществляется блоком питания, подключенным к сети.

Разрабатываемая система позволяет измерять сварочный ток, напряжение, имеет возможность записывать параметры сварки в реальном времени и сохранять данные на внешней памяти. Для автоматизации контроля персонала система имеет функцию идентификации по штрихкоду. Также устройство имеет дисплей для отображения акту-

альных параметров сварки. При нарушении технологии сварки система сигнализирует о нарушении в виде световой сигнализации.

Заключение

Внедрение такой системы позволит повысить качество сварных соединений, улучшить безопасность и снизить затраты на производство. По сравнению с существующими аналогами данная система имеет меньшую стоимость за счет использования простых элементов.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Лачин, В. И. Электроника / В. И. Лачин, Н. С. Савелов. – Ростов-на-Дону: Феникс, 2008. – 306 с
2. Фролов, А.В. Расчет активных фильтров: учеб. пособие / А.В. Фролов, В.В. Лановенко, В.А. Чекалов, С.В. Рудько. – Комсомольск-на-Амуре: издательство ГОУВПО «Комсомольский-на-Амуре государственный технический университет», 2011. – 131 с.
3. Чижма, С.Н. Электроника и микросхемотехника: учебное пособие/ С.Н. Чижма - М.: Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте, 2012.– 359 с. // IPRbooks: электронно-библиотечная система. URL: <http://www.iprbookshop.ru/16275.html> (дата обращения 27.03.2023)
4. Муравьев В.И. Особенности образования специфических дефектов при сборке крупногабаритных титановых конструкций летательных аппаратов / Муравьев В.И., Бахматов П.В., Григорьев В.В. // Вестник Московского авиационного института. 2019. Т. 26. № 4. с. 17 - 27.
5. Влияние режимов сварки и различных источников тока на формирование сварочного шва стали 12Х18Н10Т / П.В. Бахматов, Р.А. Мамадалиев, В.Н. Кусков, Д.П. Ильященко // Обработка металлов (технология, оборудование, инструменты). – 2018. – Т.20, №4. – С. 35-45.

УДК 629.7.054.07

Валитов Рафаэль Рафикович, аспирант, Ульяновское конструкторское бюро приборостроения

Rafael Rafikovich Valitov, a postgraduate student, Ulyanovsk Instrument Manufacturing Design Bureau.

Киселев Сергей Константинович, доктор технических наук, доцент, Ульяновский государственный технический университет

Sergei Konstantinovich Kiselyov, Doctor of Engineering Science, Associate Professor, Ulyanovsk State Technical University.

МЕТОДИКА РЕГУЛИРОВКИ МОДУЛЯ СВЕРХВЫСОКИХ ЧАСТОТ ИЗ СОСТАВА ДОПЛЕРОВСКОГО ИЗМЕРИТЕЛЯ СОСТАВЛЯЮЩИХ СКОРОСТИ

METHOD OF REGULATING MICROWAVE FREQUENCY MODULE INCLUDED IN DOPPLER SYSTEM

Аннотация. Предлагается методика проведения согласования СВЧ-тракта и проверки СВЧ-модуля из состава ДИСС. Предлагаемая методика согласования и регулировки СВЧ-модуля позволит получить и оценить основные характеристики устройства для подтверждения соответствия ДИСС установленным требованиям.

Abstract. Following method is proposed for matching microwave frequency channel and testing microwave frequency module included in Doppler System. The selected method of

matching and regulating microwave frequency module will allow obtaining, measuring and estimating main characteristics of the device to prove conformance of Doppler System requirements with the specified ones.

Ключевые слова: СВЧ-модуль, доплеровский эффект, ДИСС, навигационный прибор, воздушное судно.

Key words: microwave frequency module, Doppler effect, Doppler System, navigation instrument, aircraft.

Введение

Одним из автономных радионавигационных приборов бортового оборудования летательного аппарата является доплеровский измеритель составляющих вектора скорости (ДИСС) [1,3]. Одним из основных узлов в ДИСС является приемо-передающий модуль сверхвысоких частот (СВЧ), которым определяются характеристики и выходные данные прибора.

Целью рассмотрения является теоретические и практические особенности методики проверки характеристик СВЧ-модуля и согласование СВЧ-тракта.

Обеспечение согласования в линии передачи является одной из наиболее распространенных и важных задач техники СВЧ. Линия будет идеально согласована с нагрузкой, если в ней отсутствуют отраженные волны, то есть согласующие устройства должны устранить отраженную от нагрузки волну.

Предлагается подход к проведению согласования СВЧ-тракта и проверки СВЧ-модуля из состава ДИСС. Выбранная методика согласования и регулировки СВЧ-модуля позволит измерить и оценить основные характеристики устройства для подтверждения соответствия требований ДИСС.

Основная часть

В СВЧ-модуль из состава ДИСС состоит из низкочастотной части и высокочастотной части, которые конструктивно разделены корпусом самого модуля (рисунок 1).

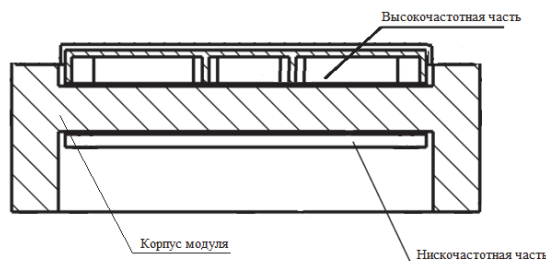


Рисунок 1 – Конструктивная схема СВЧ-модуля

Так же в высокочастотной части отдельно устанавливается циркулятор (рисунок 2).

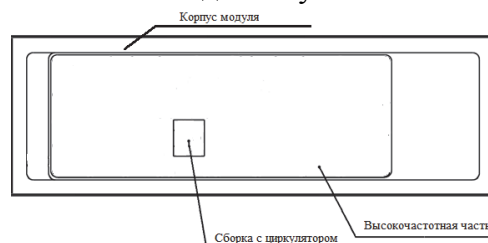


Рисунок 2 – Установка сборки с циркулятором

СВЧ-модуль обеспечивает формирование, усиление и прием с переключением между антенными выходами СВЧ частотно-модулированного (ЧМ) сигнала и выделение доплеровской частоты. Модуль генерирует, модулирует и передает на вход антенны СВЧ ЧМ-сигнал со следующими характеристиками:

- центральная рабочая частота (F_p) – (13250 – 13400) МГц;
- тип модуляции – частотная непрерывная с индексом модуляции $(3,7 \pm 0,5)$ дБ;

- выходная мощность модуля не менее 8 и не более 50 дБм;
- модуль обеспечивает выделение доплеровской частоты и ее спектра при работе одновременно на прием и передачу по каналу сигнала с мощностью не менее 100 дБм с подавлением паразитных составляющих сигнала не хуже 20 дБ;
- приемопередатчик СВЧ-модуля имеет развязку между антенными выходами не менее 23 дБ.

СВЧ-модуль имеет встроенные средства контроля, которое контролирует исправность аппаратуры с помощью измерения следующих параметров:

- превышение тока потребления по цепи питания (логический «0» соответствует нормальному режиму работы, логическая «1» - отказ);
- наличие выходной мощности усилителя на антенном ключе (логическая «1» соответствует нормальному режиму работы, логический «0» - отказ).

Для достижения и проверки указанных характеристик СВЧ-модуля необходимо рабочее место.

Схема рабочего места для проведения согласования и отладки СВЧ-модуля из состава ДИСС представлена на рисунке 3.

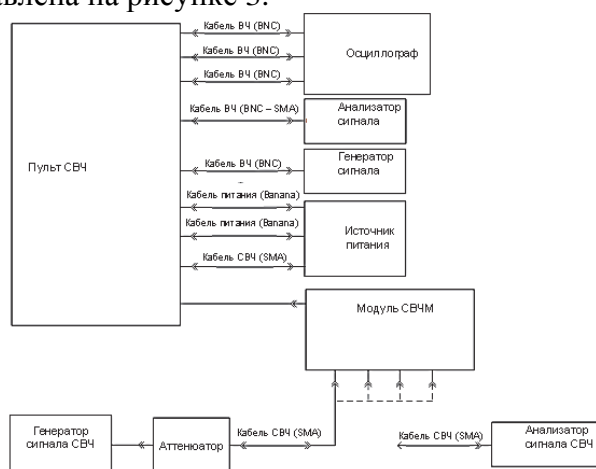


Рисунок 3 – Схема рабочего места для проведения регулировки СВЧ

Перед подключением источника питания (ИП) устанавливается на каждом выходе значения 6 В, ограничение по току 0,6 А.

Контролировать значение потребляемого тока от ИП необходимо по встроенному индикатору, ток должен быть не более 5 мА по каждому из трех каналов.

С помощью анализатора сигналов проводится измерение несущей частоты, мощность излучения на каждом из четырех выходов модуля СВЧ. Выбор выхода осуществляется галетным переключателем на «Пульте СВЧ». При проверке потребляемого тока, необходимо убедиться, что уровень мощности каждого канала находится в пределах от 8 до 50 дБм, а на пульте СВЧ зажегся индикатор «КВМ». В случае отклонения параметра или отсутствия индикации «КВМ» на пульте СВЧ, выполнить подстройку. Подстроечным элементом является индиевая фольга толщиной 0,1 мм, размер и форма подстроечного элемента определяется в процессе подстройки.

Следующим проверяемым параметром является индекс модуляции. На анализаторе настраивают центральную частоту так, чтобы частота несущей была в центре экрана. Регулируют уровень REF так, чтобы пик несущей расположился на расстоянии половины деления от верхней границы экрана. На генераторе согласно руководству по эксплуатации прибора установить форму выходного сигнала синусоидальной, частота 25 кГц, амплитуда 1,6 В. Устанавливают канал 1 на пульте СВЧ.

С помощью анализатора считывают разницу между уровнем несущей и уровнем первой боковой гармоники.

Далее проводится измерение фазовых шумов на каждом выходе модуля СВЧ, с помощью анализатора. На анализаторе выбирают режим измерения фазовых шумов нажатием кнопки MODE и выбором в меню PHASENOISE.

Следующим шагом является согласование СВЧ-тракта между сборкой с циркулятором и коммутатором.

Установив частоту генератора 25,0 кГц, с помощью осциллографа, контролируем уровень и фазы сигналов I и Q. Необходимо добиться подстройкой различия амплитуд и сдвига фаз в 90° не более 20% (сдвиг по времени между переходами через ноль 10нс).

Заключение

Были рассмотрены теоретические и практические особенности проверки характеристик СВЧ-модуля и согласование СВЧ-тракта. Разработана методика проверки характеристик СВЧ модуля и согласование СВЧ-тракта. Разработано рабочее место с оптимальным набором оборудования, которое обеспечит в полном объеме настройку и регулировку модуля СВЧ с целью подтверждения заданных требований.

Основным отстрочечным материалом была выбрана индиевая фольга, которая имеет хорошую адгезию для формирования топологии и использование метода «слепков».

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Передающий модуль СВЧ для доплеровского измерителя скорости и дальности программы «Фобос-Грунт» / В.А. Мальцев, В.Ю. Мякинков, Ю.Б. Рудый, В.Н. Лебедев // Электронная техника, Сер. СВЧ-техника/ – 2009. – вып.3 (502). – С.27-35.

2. ГОСТ 23221–78. Модули СВЧ, блоки СВЧ. Термины, определения и буквенные обозначения : межгосударственный стандарт : изд. официальное : утв. и введен в действие постановлением Государственного комитета СССР по стандартам от 24 июля 1978 г. № 1973 дата введения установлена 01.01.80. Москва : Стандартинформ, 2005. – 12 с.

3. Джуринский, К., Лисицын, А. Конструктивные и технологические особенности модулей СВЧ / Современная электроника. – 2008. – №1. – С. 22-27

4. Элементы радиочастотных линий передачи: Методическая разработка по курсам «Устройства СВЧ и антенны», «Техническая электродинамика» / М.П. Наймушин, И.П. Соловьянова. – Екатеринбург: ГОУ ВПО УГТУ – УПИ, 2005. – 40 с.

5. К. С. Лялин, Д. В. Приходько. Электродинамика СВЧ : учебное пособие : [в 2 ч.] ; М-во образования и науки Российской Федерации, Федеральное агентство по образованию, Московский гос. ин-т электронной техники (технический ун-т). – Москва : МИЭТ, 2009. – 280 с.

6. Максимов, В.М. Линии передачи СВЧ-диапазона : учебное пособие для вузов / В.М. Максимов. – М. : САЙНС-ПРЕСС, 2002. – 80 с.

УДК 628.931

Васильев Владимир Владимирович, студент, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Vasilev Vladimir Vladimirovich, student, Komsomolsk-na-Amure State University

Шибeko Роман Владимирович, старший преподаватель, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Shibeko Roman Vladimirovich, Senior Lecturer, Komsomolsk-na-Amure State University

СИСТЕМА ОСВЕЩЕНИЯ ВЗЛЕТНО-ПОСАДОЧНОЙ ПОЛОСЫ

RUNWAY LIGHTING SYSTEM

Аннотация. В данной статье поясняется актуальность создание эффективных систем освещения, рассматривается система освещения взлетно-посадочной полосы, приводится оценка возможности автоматизации освещения для экономии затрачиваемой

электроэнергии, показана схема блока синтезируемой автоматической системы освещения, учитывающей положение воздушного судна на взлетно-посадочной полосе.

Abstract. This article explains the relevance of creating efficient lighting systems, considers the runway lighting system, assesses the possibility of lighting automation to save energy, shows the block diagram of the synthesized automatic lighting system, taking into account the position of the aircraft on the runway.

Ключевые слова: освещение, автоматизация, взлетно-посадочная полоса, огни ВПП.
Key words: lighting, automation, runway, runway lights.

Введение

Свет – необходимая составляющая любого технологического процесса. Его наличие необходимо в течение всего времени пребывания человека или машины на рабочем месте. В нашей стране на освещение тратится не менее 15 % всей вырабатываемой электроэнергии, поэтому организация эффективных систем освещения является актуальной задачей. Современные технологии, в частности, системы освещения активно претерпевают изменения и рационализации в целях экономии затрачиваемой электроэнергии.

Аэродром, как место постоянного пребывания работников и воздушных судов, должен постоянно освещаться, особенно ночью либо в пасмурную погоду. Аэродром состоит как минимум из двух частей: взлетно-посадочной полосы и остальной части, включая парковочные места самолетов, здание диспетчерской, аэропорт и т.д. Все места аэродрома кроме ВПП активно используются и поэтому возможность автоматизации и экономии на освещении путем временного его отключения (уменьшения освещения) не столь велика.

Взлетно-посадочная полоса является местом с высокими требованиями к освещению при взлете и посадке воздушного судна. Тем не менее, на аэродромах, которые фактически являются низко загруженными (например, в малых городах), либо в периоды низкой загруженности крупных аэродромов, ВПП мало используется. Исходя из этого, ВПП можно рассмотреть, как объект автоматизации и повышения энергоэффективности.

Основная часть

Обратимся к схеме расположения осветительных объектов на ВПП, взятой из Федеральных авиационных правил «Требования, предъявляемые к аэродромам, предназначенным для взлета, посадки, руления и стоянки гражданских воздушных судов» (рисунок 1).

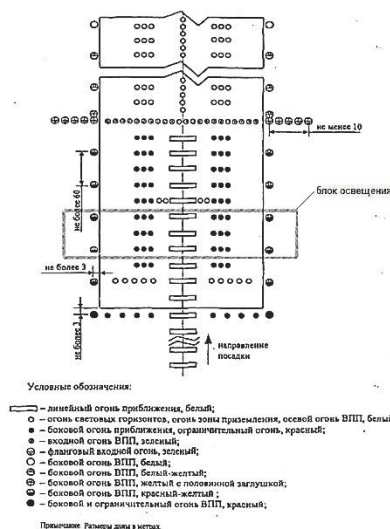


Рисунок 1 – Схема освещения ВПП

ВПП, но тем не менее, принцип разделения останется неизменным. Каждый блок может быть полностью включен, полностью выключен или иметь ограниченную яркость (например, дежурное освещение). Формирования блоков, алгоритм регулирования яр-

костью подбирается в зависимости от назначения аэродрома, месторасположения и т.д. В реализации алгоритма учувствуют радиотехническое оборудование, датчики положения и т.д.

Схема блока синтезируемой автоматической системы показана на рисунке 2.



Рисунок 2 – Схема блока освещения

Приведем простой алгоритм освещения ВПП. Когда радиолокационная станция обнаруживает приближающийся к месту посадки самолет, все огни ВПП включаются. Огни, в свою очередь, подключены к коммутационному оборудованию, управляемому некоторым количеством микроконтроллеров равным сумме выделенных блоков, связанных друг с другом последовательно. Огни могут быть включены либо в ручном режиме диспетчером, но предпочтительно получение сигнала с радиолокационной станции, поступающей на пульт, а затем подающее сигнал на первый микроконтроллер, расположенный ближе к концу ВПП, который передаст сигнал включения на следующие МК. Далее, необходимо для каждого блока по бокам полосы расположить датчики приближения, реагирующие на проезжающий по ней самолет. Во время того, как воздушное судно минует первый блок, произойдет срабатывание датчика и микроконтроллер отключит данный блок. Так, по очереди, произойдет и с остальными блоками вплоть до полной остановки воздушного судна. В целом, со стороны этот принцип представляет собой «световую волну». При взлете будет происходить то же самое, но в обратную сторону: во время включения двигателей самолета все огни ВПП будут светить, а по мере разгона минуемые блоки будут по очереди отключаться вплоть до отрыва воздушного судна от полосы.

Помехоустойчивость, т.е. защита датчиков от ложного срабатывания может быть реализована программным способом путем внесения в микроконтроллер информации диапазона скорости, длины самолета, а также расстояния нахождения судна от датчика. Микроконтроллер, сравнив параметры движущегося судна, принимает решение о достоверности принятого сигнала.

Заключение

Мощность каждого светильника аэродрома составляет не менее 400 Вт. К тому же количество их велико. ВПП является крупным энергопотребителем, поэтому снижение энергозатрат актуально. Предложенная энергосберегающая система освещения ВПП позволяет решить проблему снижения энергозатрат и к тому же автоматизировать процесс управления светильниками ВПП. Данный принцип в перспективе можно распространить на рулежные дорожки и места стоянок самолетов.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Кнорринг, Г. М. Справочная книга для проектирования электрического освещения / Г. М. Кнорринг, И. М. Фадин, В. Н. Сидоров. – 2-е изд., перераб. и доп. – Санкт-Петербург : Энергоатомиздат. С.-петерб. отд-ние, 1992. – 448 с.
2. Бажов, Л.Б. Аэропорты и их эксплуатация: учеб, пособие / Сост. Л.Б. Бажов. – Ульяновск : УВАУ ГА, 2008. - 66 с.
3. Аэропорты и аэродромы: учебное пособие. / С.А. Сулаев, Н.Б. Лосева, И.А. Чехов. – Воронеж : ООО «МИР», 2019. – 56 с.

4. Романенко, В.А. Аэродромы, аэропорты, авиакомпании : конспект лекций / В.А. Романенко. – Самара : Самар. гос. аэрокосм. ун-т им. С. П. Королева (нац. исслед. ун-т), 2013. – 53 с.

5. Фридлянд, А.А. Гражданская авиация : учебное пособие /А. А. Фридлянд. - Москва: Проспект, 2015 – 364 с.

6. Требования, предъявляемые к аэродромам, предназначенным для взлета, посадки, руления и стоянки гражданских воздушных судов : официальное издание : утверждены и введен приказом Министерством транспорта Российской Федерации от 25.08.2015 г. №262. - Москва : Федеральное агентство воздушного транспорта (Росавиация), 2015. – 130 с. Электрон. версия печ. изд. URL: <https://favt.gov.ru/public/materials/5/b/8/0/0/5b80059ee2c324e982daec15db67bd00.pdf> (дата обращения: 27.03.2023). Доступна на сайте <https://favt.gov.ru>.

7. Светосигнальное оборудование аэродрома: виды, размещение и назначение // FB.ru : сайт URL: <https://fb.ru/article/462794/svetosignalnoe-oborudovanie-aerodroma-vidyi-razmeschenie-i-naznachenie> (дата обращения: 28.03.2023).

УДК 621.396.967

Васильев Владимир Владимирович, студент, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Vasilev Vladimir Vladimirovich, student, Komsomolsk-na-Amure State University

Шибeko Роман Владимирович, старший преподаватель, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Shibeko Roman Vladimirovich, Senior Lecturer, Komsomolsk-na-Amure State University

РАДИОЛОКАЦИОННАЯ СТАНЦИЯ ОБЗОРА ЛЕТНОГО ПОЛЯ

RADAR STATION OF THE AIRFIELD REVIEW

Аннотация. В статье указывается актуальность применения радиолокационной станции обзора летного поля, поясняется принцип работы РЛС данного типа, описываются основные устройства всей системы, составные блоки и их функциональное назначение, производится синтез структурной схемы радиолокационной станции обзора летного поля, указывается положительный эффект применения РЛС данного типа в обеспечении авиационной безопасности.

Abstract. The article indicates the relevance of the use of a radar station for monitoring the airfield, explains the principle of operation of a radar of this type, describes the main devices of the entire system, its constituent blocks and their functional purpose, synthesizes a block diagram of a radar station for monitoring the airfield, indicates the positive effect of using a radar of this type in aviation security.

Ключевые слова: РЛС обзора летного поля, структурная схема, радиолокация.

Key words: airfield surveillance radar, structural scheme, radar.

Введение

В настоящее время в целях обеспечения максимальной безопасности при маневрах самолетов на взлетно-посадочной полосе и рулевых дорожках активно применяются радиолокационные станции обзора летного поля. Их основная задача – наблюдение за маневрирующими самолетами, специальным автотранспортом, техническими средствами и другими объектами удаленно из диспетчерской, минимизируя постоянный визуальный контакт. Особенно данное устройство необходимо для работы диспетчерской в неблагоприятных погодных условиях. Мониторинг взлетной-посадочной полосы, рулевых дорожек, и перроном должен обеспечиваться в постоянном режиме, иметь вы-

сокую надежность, разрешающую способность и коэффициент обнаружения, стремящийся к единице.

Контроль, в частности, за воздушными судами должен происходить, во-первых, на некотором удалении от взлетно-посадочной полосы, обычно устанавливается предел в 4500 м, а во-вторых, при посадке самолета, обеспечивать высокую точность показателей ускорения, мгновенной скорости и удаления от конца ВПП.

Основная часть

Одним из основных типов радиолокационных станций, применяемых для обзора летного поля, являются импульсные РЛС. Главный принцип работы данных радиостанций – излучение коротких зондирующих импульсов высокой частоты с выжиданием паузы между их посылкой, обычно на порядок большей, чем время самого импульса, и дальнейшее принятие отраженного от цели сигнала. Расстояние до цели вычисляется через задержку между посланным импульсом и принятым отраженным. Частоты зондирующих импульсов обычно находятся в СВЧ-диапазоне, на данных частотах удается минимизировать размер антенны и понизить потери в волноводах.

Конструктивно РЛС обзора летного поля являются однопозиционными и состоят из трех главных частей: излучающего устройства, принимающего устройства и обрабатывающего устройства.

Излучающее устройство состоит из:

- Блок синхронизации или синхронизатор. Данный блок обеспечивает генерацию управляющих сигналов, которые определяют длину и частоту повторения зондирующего импульса. На выходе синхронизатора присутствует остроконечный пилообразный сигнал, возбуждающий работу модулятора.

- Модулятор. Модулятор является блоком, формирующим мощные прямоугольные сигналы для модуляции работы СВЧ-генератора. Запускается сигналами с синхронизатора.

- СВЧ-генератор. Является блоком, генерирующим радиоимпульсы большой мощности, длительность и частота повторений которых определяются параметрами модулирующих сигналов.

Принимающее устройство состоит из:

- Усилитель высоких частот. Позволяет усилить полученный сигнал для дальнейшей обработки и анализа.

- Фильтр. Позволяет выделить из полученного сигнала импульс только той частоты, которая требуется для дальнейшей обработки. В данном случае используется синхронный фильтр, в котором происходит умножение полученного сигнала на ожидаемый.

- Когерентный (либо некогерентный) накопитель. Позволяет произвести суммирование сигналов в пределах пачки импульсов.

- Фазовый детектор. Позволяет произвести детектирование сигналов, в отличие от амплитудного детектора, без потери доплеровской информации (для вычисления скорости движущихся объектов).

- Пороговое устройство. Сравнивает полученный сигнал с пороговым и решает, принята ли помеха либо полезный сигнал. Представляет из себя компаратор.

- Видеоусилитель. Производит усиление сигнала с фазового детектора.

- АЦП. Преобразует аналоговый сигнал в цифровой для дальнейшей обработки.

Общими для приемной и передающей части являются антенна и антенный переключатель.

Обрабатывающее устройство состоит из:

- Процессор сигналов. Производит обработку полученного сигнала, вычисление параметров отслеживаемой цели.

- Процессор данных. Формирует метки и обозначения для передачи на монитор.

– Средства отображения информации. Содержит ЭВМ с монитором и программным обеспечением для непосредственного использования диспетчером.

На основе вышеописанных узлов составлена структурная схема радиолокационной станции, представленная на рисунке 1.

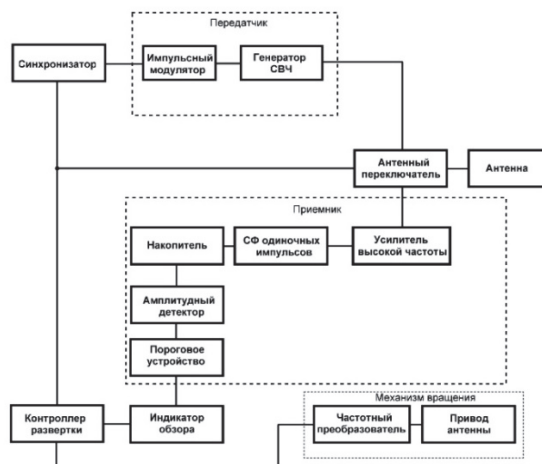


Рисунок 1 – Структурная схема РЛС ОЛП

Стоит отметить, что синхронизатор является задающим устройством для всей системы в целом. Синхронизация – важная часть корректного получения информации. Синхронизации подлежит передатчик, антенный переключатель (для своевременного переключения режимов приема-передачи), контроллер развертки (позволяет синхронизировать информацию о повороте и фазах приема-передачи с процессором данных), который в свою очередь контролирует частоту оборота привода антенны. Конструктивно РЛС должна быть расположена таким образом, чтобы, во-первых, обеспечить на сто процентов поле зрения антенны, во-вторых, минимизировать потери передачи сигнала из антенны в антенный переключатель, что решается сокращением длины волновода. Сама антенна должна вращаться со скоростью, согласованной с остальной системой для правильной и корректной развертки изображения на экране диспетчера. Типичные угловые скорости для радиолокационных станций обзора летного поля от 60 до 360 об/мин.

Заключение

Обеспечение авиационной безопасности является многоуровневой задачей. В качестве подзадачи можно указать исключение аварийных ситуаций на летном поле аэропортов. Радиолокационные станции обзора летного поля вносят существенную помощь в решении данной подзадачи.

Данная структурная схема отражает основные узлы потенциально проектируемой радиолокационной станции. К сожалению, на современном рынке тяжело выстроить подходящую элементную базу при самостоятельном проектировании РЛС, так как большинство авиакомпаний пользуются либо готовыми решениями, либо покупают блоки в частном порядке у иностранных компаний, а поэтому на рынке почти не представлено узлов системы для приобретения по отдельности. Тем не менее, при правильном подборе оборудования, наладке и запуске возможно добиться хороших характеристик выходного устройства. Проектирование РЛС особо выгодно в условиях современных реалий, когда подавляющая часть радиотехнического оборудования является иностранной продукцией.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Основы построения радиолокационных станций радиотехнических войск: учебник / В.Н. Тяпкин, А.Н. Фомин, Е.Н. Гарин [и др.]. – Красноярск : Сиб. федер. ун-т., 2011. – 536 с.

2. Бакулев, П.А. Радиолокационные системы: Учебник для вузов. / И.А. Бакулев. – Москва : Радиотехника, 2014. – 440 с.
3. Пешков, И.В. Радиолокация (направление «Радиотехника»): учебное пособие. – Елец : Елец. гос. ун-т им. И.А. Бунина, 2018. – 44 с.
4. Быстров, Р.П. Радиолокационные системы обнаружения наземных объектов в коротковолновой части миллиметрового диапазона радиоволн. В 2-х томах. Т.1. – Москва : Технология, 2002. – 216 с
5. Сборник лекций по дисциплине: «Радиолокационные системы» для студентов заочной формы обучения. Москва : МГТУ ГА, 2021. 121 с. Электрон. версия печ. изд. URL: [http://rfmstuca.ru/Методические%20материалы/Заочная%20форма%20обучения/5%20курс/25.05.03/Радиолокационные%20системы%20\(Костенко%20П.И.\)/Сборник%20лекций%20по%20дисциплине%20РЛС.pdf](http://rfmstuca.ru/Методические%20материалы/Заочная%20форма%20обучения/5%20курс/25.05.03/Радиолокационные%20системы%20(Костенко%20П.И.)/Сборник%20лекций%20по%20дисциплине%20РЛС.pdf) (дата обращения: 25.03.2023). Доступ на сайте rfmstuca.ru.

УДК 621.317

Гришин Григорий Константинович, студент, Калужский филиал МГТУ им. Баумана
Grishin Grigorii Konstantinovich, student, Bauman Moscow State Technical University, the Kaluga branch

Андреев Дмитрий Владимирович, кандидат технических наук, доцент, Калужский филиал МГТУ им. Баумана

Andreev Dmitry Vladimirovich, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Bauman Moscow State Technical University, the Kaluga branch

РАЗРАБОТКА БЛОКА ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ШУМОВЫХ ПАРАМЕТРОВ ОПЕРАЦИОННОГО УСИЛИТЕЛЯ

DESIGNING MODULE TO MEASURE THE NOISE PARAMETERS OF AN OPERATIONAL AMPLIFIER

Аннотация. В статье описана разработка блока для измерения шумовых параметров операционного усилителя. Проведен анализ и обоснование выбора полосового фильтра и источника питания, а также получены значения выходных напряжений шума. Полученные результаты являются важными для проектирования аналогичных измерительных блоков с использованием малошумящих операционных усилителей.

Abstract. The article describes designing the module to measure the noise parameters of an operational amplifier. The analysis and grounding of bandpass filter and power supply are discussed. The output noise voltage values are presented. The obtained results are important for designing of measuring modules that contains low-noise operational amplifiers.

Ключевые слова: операционный усилитель, полосовой фильтр, шум, фильтр Саллена-Ки, измерения.

Key words: operational amplifier, bandpass filter, noise, Sallen-Key filter, measuring.

Введение

Для обеспечения высокой надежности и качества работы электронных устройств необходимо иметь возможность точно измерять шумовые параметры микросхем.

Цель работы – спроектировать специализированный измерительный блок, позволяющий измерить шумовые параметры используемой микросхемы для дальнейшего увеличения выхода годных микросхем в серийной партии.

Основная часть

В работе в качестве микросхемы для измерения шумовых параметров разработанным блоком выбран малошумящий операционный усилитель 1489УА012. Для изме-

рения шумовых параметров микросхемы операционного усилителя использовалась методика, приведенная в ГОСТ23089.12-86 [1].

Схема измерений приведена на рисунке 1.

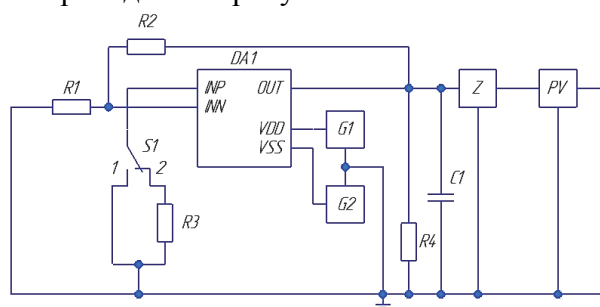


Рисунок 1 – Схема измерения операционных усилителей (ОУ)

На рисунке показаны: DA1 – проверяемый ОУ; G1, G2 – источники постоянного напряжения; Z – полосовой фильтр; PV – измеритель переменного напряжения; R1, R3 – резисторы обратной связи; R2 – резистор имитирующий сопротивление источника шума; R4 – резистор нагрузки; C1 – конденсатор нагрузки; S – устройство коммутации; INP – неинвертирующий вход ОУ; INN – инвертирующий вход ОУ.

Для измерения шумовых параметров операционных усилителей необходимо выбрать частотный диапазон. Рекомендуется использовать диапазон от 10 Гц до 100 кГц [1].

Существуют различные типы схем полосовых фильтров на основе операционного усилителя: активный RC-фильтр, активный LC-фильтр и активный Sallen-Key фильтр. Для данной задачи наиболее подходящей является схема на основе активного Sallen-Key фильтра, который обеспечивает высокую точность и стабильность работы при широких частотных диапазонах и имеет низкий уровень шума [2 – 4].

В качестве PV используется анализатор спектра R&S FSV, а полосовой фильтр создан на основе схемы, изображенной на рисунке 2 [5].

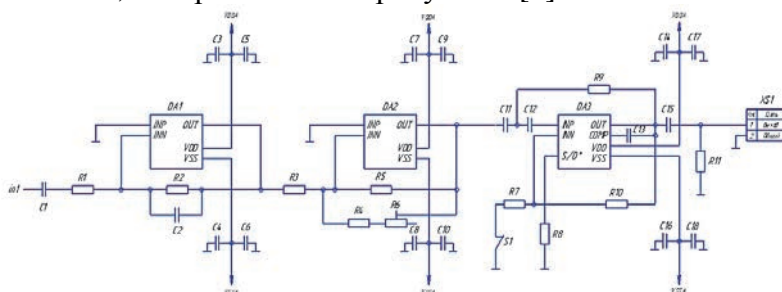


Рисунок 2 – Схема малошумящего усилителя

В малошумящий усилителе используются операционные усилители AD797N и LT1206 для высокого коэффициента усиления и низкого уровня шума. На основе LT1206 собран фильтр Баттерворта 2-го порядка для сглаживания выходной характеристики. Режим работы каскада может быть переключен с помощью ключа S1 для работы как усилитель или повторитель. Питание блока осуществляется через 4 батареи типоразмера 1604А, что обеспечивает 36 В напряжения и низкий шум при низкой стоимости [6,7].

Для избавления от влияния внешних источников шума необходимо поместить готовый узел в экранированный корпус, размером 165x127x75 мм.

Для обработки конструкции выбрана группа микросхем 1489УА012 в количестве 5 штук.

Расчет производился по формулам (1) и (2), приведенных в ГОСТ 23089.12-86:

$$E_{ш,н} = \sqrt{\left(\frac{R_1}{R_1+R_3} \times \frac{U_{ш,ввых,1}}{K_z} \times \frac{1}{\sqrt{\Delta f^*}}\right)^2 - 1,66 \times 10^{-20} \times R_1} \quad (1),$$

$$I_{ш,н} = \sqrt{\left(\frac{R_1}{R_1+R_3} \times \frac{U_{ш,вых,2}}{R_2} \times \frac{1}{K_z \times \sqrt{\Delta f^*}}\right)^2 - \frac{1,66 \times 10^{-20}}{R_2^2}} \quad (2),$$

где K_z – коэффициент передачи полосового фильтра;

Δf^* – эффективная полоса пропускания полосового фильтра;

$U_{ш,вых,1,2}$ – выходное напряжение на анализаторе спектра, делённое на коэффициент усиления малошумящего усилителя.

Результаты измерений приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты измерений

№ образца	1	2	3	4	5
$E_{ш,н}, \text{нВ} \times \sqrt{\text{Гц}}$	1,56	1,45	1,66	1,57	1,71
$I_{ш,н}, \text{фА} \times \sqrt{\text{Гц}}$	40,7	38,21	41,08	40,80	42,42

На рисунках 3, 4 приведены графики, полученные с анализатора спектра R&S FSV для одного образца.

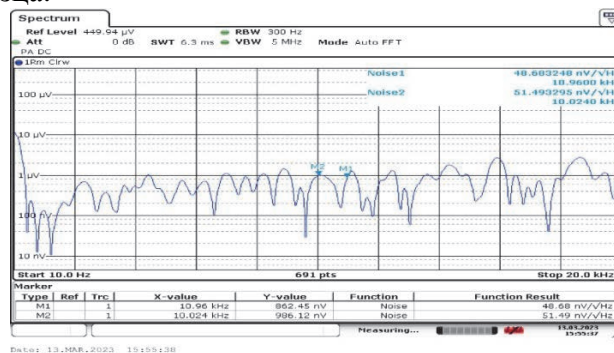


Рисунок 3 – Образец №1 с подключенными усилительными каскадами

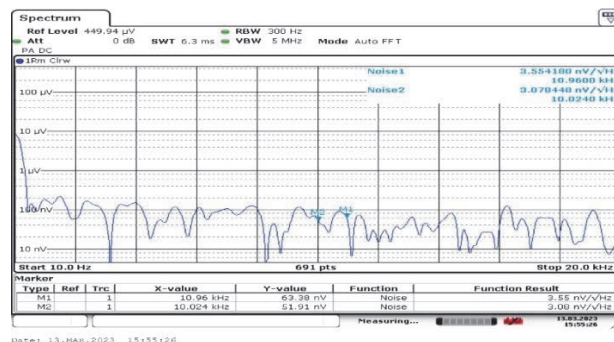


Рисунок 4 – Образец №1 без подключенных усилительных каскадов

Заключение

В работе спроектирован специализированный измерительный блок, позволяющий измерять шумовые параметры микросхем, а также проанализировано соответствие значений параметров шума, полученных в ходе измерений. В результате исследования выявлено, что значения уровней шума соответствуют установленным нормам ТУ.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. ГОСТ 23089.12-86 Микросхемы интегральные. Методы измерения шумовых параметров операционных усилителей. – принят и введен в действие Постановлением Государственного комитета СССР по стандартам от 27 июня 1986 г. – Москва : Издательство стандартов, 1986. – 18 с.

2. Расчет и проектирование цифровых фильтров : [учеб.-метод. пособие] / В. Г. Коберниченко. – Екатеринбург : Изд-во Урал. ун-та, 2013. – 64 с.

3. Марше. Ж. Операционные усилители и их применение Пер. с франц., Л. «Энергия», 1974 с. 181.

4. Sallen, R. P.; E. L. Key (March 1955). "A Practical Method of Designing RC Active Filters". IRE Transactions on Circuit Theory. 2 (1): 74–85. doi:10.1109/tct.1955.6500159. S2CID 51640910.

5. Low noise measurement preamplifier. [Электронный ресурс] – URL: tangentsoft.com/elec/lnmp/ (Дата обращения 27.03.2023)

6. Michael L. Honig, David G. Messerschmitt. Adaptive Filters Structures, Algorithms, and Applications. – Hingham, MA: Kluwer Academic Publishers, 1984. – ISBN 0-89838-163-0.

7. Noise Analysis in Operational Amplifiers Circuits. Application Report. Texas Instruments Inc. SLVA043, 1998.

УДК 628.93.97

Диц Алексей Сергеевич, студент, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Dits Alexei Sergeevich, student, Komsomolsk-na-Amure State University

Копытов Сергей Михайлович, кандидат технических наук, доцент, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Kopytov Sergey Mihailovich, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, Komsomolsk-na-Amure State University

РАЗРАБОТКА УСТРОЙСТВА ДИММИРОВАНИЯ ДЛЯ КИНОЗАЛА

DEVELOPMENT OF DIMMING DEVICE FOR CINEMA HALL

Аннотация. На основе микрокомпьютера Raspberry Pi разработана структурная схема устройства диммирования для кинозала. Устройство содержит два управляемых канала – звуковой и световой. Предусмотрена регулировка громкости звука, а также уровня и цветовой окраски освещенности кинозала. В качестве источников освещения используются светодиодные сборки с люминофорным покрытием.

Abstract. Based on Raspberry Pi microcomputer, we developed a schematic diagram of a dimming device for a movie theater. The device contains two controllable channels - sound and light. The volume of the sound is regulated, as well as the level and color of the cinema hall illumination. LED assemblies with phosphor coating are used as lighting sources.

Ключевые слова: Raspberry Pi, микроэлектронный регулятор громкости, ШИМ, диммер, светодиодная лампа, опторазвязка.

Key words: Raspberry Pi, microelectronic volume control, PWM, dimmer, LED lamp, optocoupling.

Введение

Традиционно в кинозалах перед началом фильма происходит подготовка зрителей к началу сеанса. Уровень освещенности экрана проектором обычно меньше, чем уровень освещенности окружающей среды снаружи кинозала. Поэтому необходимо время и соответствующее освещение, чтобы глаз человека адаптировался к новым условиям.

Предлагаемое устройство диммирования для кинозала в определенной степени решает указанные задачи. Под диммированием в общем случае понимают управление мощностью в нагрузке. В данном устройстве предложено управлять уровнем и спектром освещения кинозала, а также громкостью звукового канала.

Основная часть

В качестве управляющего контроллера использован микрокомпьютер Raspberry Pi. Такой выбор обусловлен тем, что Raspberry Pi является практически персональным компьютером с операционной системой, возможностью подключения монитора, клавиатуры и других внешних устройств, выхода в сеть, проигрывания медиа файлов и т.д., Кроме того, он имеет разъем с GPIO портами и распространенными последовательными интерфейсами (I2C, SPI).

На рисунке 1 представлена структурная схема разработанного устройства диммирования.

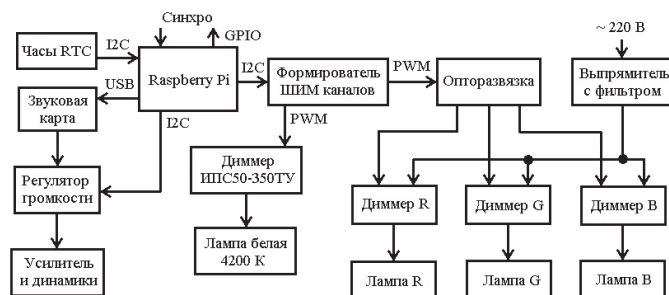


Рисунок 1 – Структурная схема устройства диммирования для кинозала

Поскольку Raspberry Pi не содержит встроенных часов, подключен внешний модуль часов реального времени RTC с источником питания. Наличие отчета времени позволяет синхронизировать этапы киносеанса, подавать звонки в фойе. Аналогично из-за отсутствия встроенной звуковой карты потребовалось подключить внешнюю карту с интерфейсом USB.

Известно, что для решения определенных задач можно усложнять программное обеспечение, облегчая аппаратную часть, и наоборот, используя дополнительное аппаратное обеспечение, можно упрощать программное. Кроме того, в последнем случае уменьшаются временные затраты. Руководствуясь данным положением, в схему введен регулятор громкости на основе малобюджетной микросхемы PT2257 с интерфейсом I2C [1]. Полученный звуковой канал позволяет воспроизводить подходящие к теме фильма музыкальные файлы, озвучивать объявления.

Для управления световыми приборами использованы диммеры с входами широтно-импульсной модуляции (ШИМ). Основную функцию освещения выполняют светодиодные линейки белого цвета, эквивалентные тепловым источникам с температурой 4200 К. Для их подключения использованы сетевые источники питания с функцией диммирования ИПС50-350ТУ [2].

Raspberry Pi имеет только один аппаратный ШИМ. Поэтому применен формирователь ШИМ-каналов на специализированной микросхеме PCA9685, представляющей собой 16-канальный 12-разрядный ШИМ-контроллер с интерфейсом I2C [3]. В случае большого кинозала можно на все источники питания ИПС50-350ТУ подавать одинаковый сигнал ШИМ или использовать разные каналы ШИМ для формирования необходимого распределения освещенности.

В дополнение к основной освещенности, близкой к естественному свету, предложено в подходящих случаях добавлять цветовую окраску. Для этого применены светодиодные лампы с разными цветами излучения. Принцип их работы основан на использовании сборки синих светодиодов с люминофорным покрытием. Внешний вид этих светодиодных светильников представлен на рисунке 2.

Для управления данным лампами использованы бестрансформаторные диммеры с гальванической развязкой по цепи ШИМ управления на основе специализированных микросхем CRC9909 с режимом регулирования по среднему току [4, 5].

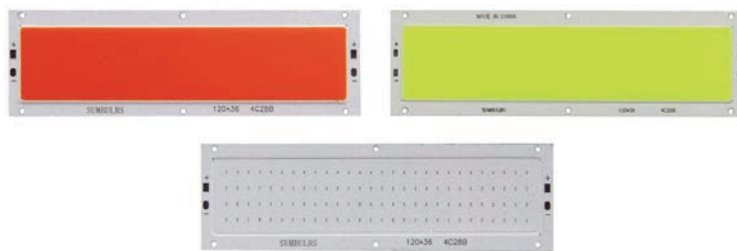


Рисунок 2 – Светильники красного, зеленого и синего цветов

Заключение

Таким образом, предложено одно из возможных решений устройства диммирования для кинозала. В данном решении применены современные модули и микроэлектронные компоненты, диммируемые светодиодные источники освещения.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. liman28. PT2257 – цифровой регулятор громкости // rcl-radio.ru. Сайт для радиолюбителей : сайт URL : <http://rcl-radio.ru/?p=56034> (дата обращения: 11.03.2023).
2. Диммирование драйверов // argos-electron.ru. ООО Аргос : сайт URL : https://argos-electron.ru/news/dimmirovanie_drayverov/ (дата обращения: 11.03.2023).
3. Сергей. Обзор модуля PCA9685 // robotchip.ru. Комплектующие для Arduino : сайт URL : <https://robotchip.ru/obzor-pca9685/> (дата обращения 11.03.2023).
4. CPC9909: Драйвер для построения модулей питания LED // mt-system.ru. Электронные компоненты : сайт URL: <https://mt-system.ru/news/clare/cpc9909-drajver-dlja-postroenija-modulej-pitanija-led> (дата обращения: 11.03.2023).
5. Босхонджеев, С.А. Экономичный диммируемый драйвер для управления светодиодными светильниками / С.А. Босхонджеев, С.М. Копытов // Производственные технологии будущего: от создания к внедрению : материалы VI Международной науч.-практ. конф., Комсомольск-на-Амуре, 5-11 декабря 2022 г. : в 2 ч. / редкол. : С.И. Сухо руков (отв. ред.) [и др.]. – Комсомольск-на-Амуре : ФГБОУ ВО «КНАГУ», 2023. – Ч. 1. – С. 157-161.

УДК 621.317.39

Журбин Владислав Станиславович, студент, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Zhurbin Vladislav Stanislavovich, student, Komsomolsk-na-Amure State University

Копытов Сергей Михайлович, кандидат технических наук, доцент, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Kopytov Sergey Mihailovich, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, Komsomolsk-na-Amure State University

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ТЕПЛОВОГО КОНТРОЛЯ ЭЛЕКТРОННЫХ ПЕЧАТНЫХ УЗЛОВ

DEVELOPMENT OF A THERMAL CONTROL SYSTEM FOR ELECTRONIC PRINTED CIRCUIT ASSEMBLIES

Аннотация. Для поиска на работающей печатной плате электронных элементов с повышенной температурой предложена тепловизионная система контроля. Ее особенностью является применение пирометра для измерения температуры. Для сканирования платы использовано механическое перемещение пирометра по двум взаимно перпендикулярным направлениям. Приведение его в движение осуществляют линейные анало-

говые сервоприводы на базе двигателей постоянного тока с потенциометрическими датчиками положения.

Abstract. A thermal imaging control system is proposed to search for electronic elements with a high temperature on a working printed circuit board. Its peculiarity is the use of a pyrometer to measure the temperature. A mechanical movement of the pyrometer along two mutually perpendicular directions is used to scan the board. It is driven by linear analog servo drives based on DC motors with potentiometric position sensors.

Ключевые слова: нагрев электронных элементов, тепловизор, пирометр, механическое сканирование, линейный сервопривод, контроллер.

Key words: heating of electronic elements, thermal imager, pyrometer, mechanical scanning, linear servo drive, controller.

Введение

Известно, что нагрев ухудшает электрические параметры дискретных полупроводниковых приборов и интегральных микросхем и даже может привести к выходу их из строя [1]. Для борьбы с повышенной температурой выбирают соответствующую мощность рассеяния элементов и применяют конструктивные методы, из которых можно отметить использование охладителей и вентиляторов [2]. Однако по каким-либо причинам перегрев элементов можно встретить на практике. Кроме того, он также может быть обусловлен перераспределением напряжений и токов вследствие неполадок в схеме печатного узла. Поэтому актуальна задача контроля распределения температуры в работающем печатном узле и обнаружения элементов, испытывающих повышенный нагрев.

Основная часть

В настоящее время для визуализации тепловой картины используют тепловизоры [3]. Это удобные, но достаточно дорогие устройства, предназначенные для получения тепловизионных изображений окружающих объектов. Для контроля работающих электронных печатных узлов можно использовать более дешевую специализированную систему, ориентированную на данное применение. Предлагаемая структурная схема такой системы приведена на рисунке 1.

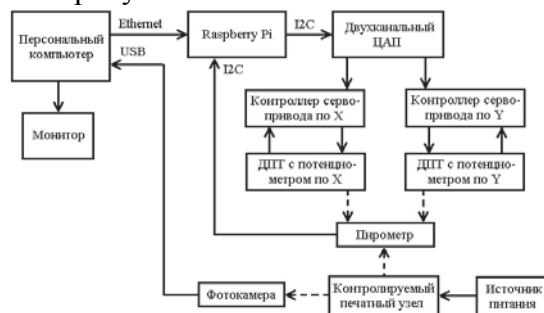


Рисунок 1 – Структурная схема системы теплового контроля

В основу системы положен принцип планшетного графопостроителя (рисунок 2).

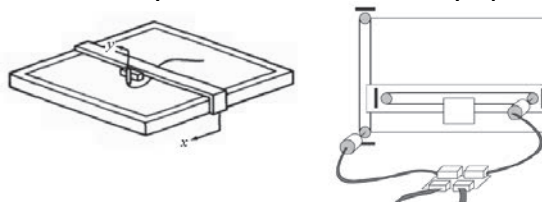


Рисунок 2 – Основа конструкции планшетного графопостроителя

Вместо пера на подвижной платформе установлен пирометр MLX90614ACF с узким углом поля зрения [4]. Он измеряет температуру точек печатного узла, закрепленного напротив планшета. Пирометр может перемещаться по двум координатам X и Y, сканируя поверхность печатного узла. Для приведения пирометра в движение используются

два двигателя постоянного тока (ДПТ) с редукторами, ременной передачей и многооборотными потенциометрами в качестве датчиков позиционирования. Один из ДПТ перемещает вдоль оси Y второй ДПТ, закрепленный на оси X.

Двигатели с потенциометрами обратной связи представляют собой линейные сервоприводы, для управления которыми служат соответствующие контроллеры на базе H-мостов [5]. Компараторы контроллеров сравнивают аналоговые сигналы задания координат, поступающие от двухканального ЦАП, и сигналы обратной связи от потенциометров. Управление сканированием с помощью ЦАП и получение данных от пирометра выполняет микрокомпьютер Raspberry Pi по интерфейсу I2C. Вместо Raspberry Pi может быть использован другой программируемый контроллер, например, MyRIO.

Визуализацию тепловизионного изображения можно выполнить с помощью микрокомпьютера Raspberry Pi, подключив к нему монитор и другое периферийное оборудование. Также потребуется разработать необходимое программное обеспечение. С меньшими затратами усилий визуализацию и обработку данных можно выполнить на внешнем персональном компьютере, связав его с Raspberry Pi по локальной сети.

Для повышения информативности следует сопоставить тепловизионное изображение печатного узла с его реальным видом. Для этого удобно использовать фотокамеру на основе малогабаритной USB видеокамеры.

При использовании персонального компьютера совместно с Raspberry Pi или MyRIO удобно разрабатывать программное обеспечение на графическом языке программирования LabVIEW. При этом один модуль устанавливается и запускается на контроллере, а второй на компьютере.

Разумеется, необходимо обеспечить функционирование печатного узла при контроле. В простейшем случае потребуется подача только напряжения питания. В более сложных случаях придется обеспечивать связь контролируемого узла с другими узлами с помощью удлинителя-переходника.

Заключение

Таким образом, предложена тепловизионная система контроля печатных узлов, использующая метод механического сканирования пирометра. Для позиционирования пирометра использованы линейные сервоприводы на основе двигателей постоянного тока с многооборотными потенциометрами в качестве датчиков позиционирования.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Воздействие тепла на электронные компоненты // ОША : сайт. URL : <https://oshav.ru/blog/vozdeystvie-tepla-na-elektronnye-komponenty/> (дата обращения: 18.03.2023). Режим доступа: свободный.
2. Эс А. Причины температурного перегрева электронных компонентов и пути инженерных решений / Антти Эс // Современная электроника. – 2023. – № 2. – С. 54-59.
3. Соколова С. Применение тепловизоров в электронике / С. Соколова // Современные технологии. - 2008. - № 9. – С. 14-15. Электрон. копия печ. изд. URL : <https://303421.selcdn.ru/soel-up-load/clouds/1/iblock/adb/adba40352c2c1ae1e12e2e6921a966ab/200809014.pdf> (дата обращения 18.03.2023). Режим доступа: свободный.
4. Цифровой инфракрасный термометр // Melexis. Inspired Engineering : сайт. URL : <https://www.melexis.com/en/product/mlx90614/digital-plug-play-infrared-thermometer-to-can> (дата обращения 18.03.2023). Режим доступа: свободный.
5. Тимохин, П.А. Контроллер сервопривода на базе драйвера L298 / П.А. Тимохин, С.М. Копытов // Молодежь и наука: актуальные проблемы фундаментальных и прикладных исследований : материалы V Всероссийской национальной науч. конф., Комсомольск-на-Амуре, 11-15 апреля 2022 г. : в 4 ч. / редкол. : А.В. Космынин (отв. ред.) [и др.]. – Комсомольск-на-Амуре : ФГБОУ ВО «КнАГУ», 2022. – Ч. 1. – С. 324-325.

УДК 621.45.01

Ильченко Елизавета Сергеевна, студент, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Ichenko Elizaveta Sergeevna, student, Komsomolsk-na-Amure State University

Шибек Роман Владимирович, старший преподаватель, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Shibeko Roman Vladimirovich, Senior Lecturer, Komsomolsk-na-Amure State University

ДИСКРЕТНО-ФАЗОВЫЙ МЕТОД КОНТРОЛЯ РАБОЧЕГО СОСТОЯНИЯ ЛОПАТОК ТУРБИНЫ РЕАКТИВНОГО ДВИГАТЕЛЯ

DISCRETE-PHASE METHOD OF CONTROL OF THE WORKING STATE OF JET ENGINE TURBINE BLADES

Аннотация. Данная работа посвящена дискретно-фазовому методу контроля состояний лопаток турбины на реактивном двигателе. Повреждение лопаток турбины возникают: от высокого уровня переменных напряжений, которые возникают при их резонансных колебаниях; от перегрева что приводит к разрушению лопатки по перу, а также к вытягивания лопатки вследствие ползучести материала; от интенсивного обгорания лопаток, это приводит к помпажу двигателя.

Abstract. This work is devoted to a discrete-phase method for monitoring the states of turbine blades on a jet engine. Turbine blade damage occurs: from a high level of alternating stresses that occur during their resonant vibrations; from overheating, which leads to the destruction of the blade along the feather, as well as to the pulling of the blade due to the creep of the material; from intense burning of the blade-current, this leads to engine surge.

Ключевые слова: реактивный двигатель, лопатки, температура, давление, повреждения.
Key words: jet engine, blades, temperature, pressure, damage.

Введение

Безопасность полетов – комплекс мер обеспечивающих снижение рисков связанных с эксплуатацией воздушных судов до приемлемого и контролируемого уровня. Наиважнейшей составляющей безопасности полетов является техническая исправность самого воздушного судна.

Самолет периодически проверяют по техническим параметрам, обеспечивающих работоспособность авиационной техники. К неисправностям конструкции воздушного судна относят: остаточные деформации, нарушения покрытия, трещины, глубокие царапины, срезы головок заклепок, расслоения конструкции и коррозии, неисправности взлетно-посадочных устройств, гидравлических систем, пневматических и топливных систем, а также неисправности двигателей.

На данный момент контроль дефектного состояния лопаток турбин осуществляется с помощью различных методов, включая визуальный осмотр, ультразвуковую дефектоскопию, рентгенографию, магнитную дефектоскопию, термографию и другие. Выбор метода контроля дефектов зависит от типа и состояния материала, типа дефектов, которые нужно обнаружить, а также от доступности оборудования и квалификации персонала. Большинство методов контроля дефектов лопаток турбин требуют остановки оборудования. Однако, для получения более полной информации о дефектах лопаток, можно проводить контрольно-диагностические испытания на работающей турбине, что позволяет учитывать динамические нагрузки на лопатки.

Основная часть

Лопатки самые нагруженные детали в двигателе и в период длительного использования на них накладываются большие аэродинамические и механические нагрузки.

Поломка лопатки приводит к поломке двигателя что приводит к авиационному прише- ствию, а иногда к авиационной катастрофе.

Суть дискретно-фазового метода заключается в измерении временных интервалов между импульсами датчика, установленного периферийно, и фиксирующего про- хождение торца лопатки напротив датчика. Метод бесконтактный и позволяет опреде- лить индивидуальное состояние каждой лопатки рабочего колеса.

На рисунке 1 представлен элемент окружности лопаточного венца с двумя лопат- ками. В неподвижном двигателе лопатки занимают стационарное положение OR (ради- альное направление). В работающем двигателе исправные лопатки занимают усреднен- ное положение OS, которое в общем случае отличается от OR. На рисунке правая лопат- ка исправна. Амплитуда ее колебаний A_s . Слева – лопатка с начинающимся развиваться дефектом, который уменьшает жесткость лопатки. Лопатка занимает усредненное поло- жение OD и колеблется с амплитудой A_d . На рисунке также обозначено:

- y_{ss} – усредненный шаг между торцами исправных лопаток;
- y_{ds} – усредненный шаг между торцами неисправной и исправной лопаток;
- y_{dsmax} – максимальное значение y_{ds} ;
- y_{dsmin} – минимальное значение y_{ds} .

Метод позволяет определить параметры:

- Амплитуда колебаний лопатки. Измерение амплитуды колебаний позволяет выявлять даже небольшие дефекты лопаток.
- Частота колебаний лопатки. Изменение частоты колебаний может свидетель- ствовать о повреждении лопатки или изменении условий ее работы.
- Фазовые характеристики колебаний лопатки. Фазовые данные позволяют определить точное положение лопатки в процессе ее колебаний.
- Спектральные характеристики колебаний лопатки. Спектральный анализ поз- воляет выявить наличие дополнительных частотных компонент, которые могут быть связаны с дефектами лопатки.

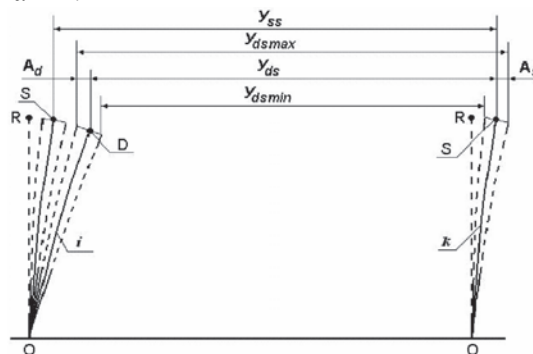


Рисунок 1 – Элемент окружной развертки лопаточного венца с двумя соседними лопатками

Структурная схема варианта устройства, реализующего дискретно-фазового ме- тод представлена на рисунке 2.

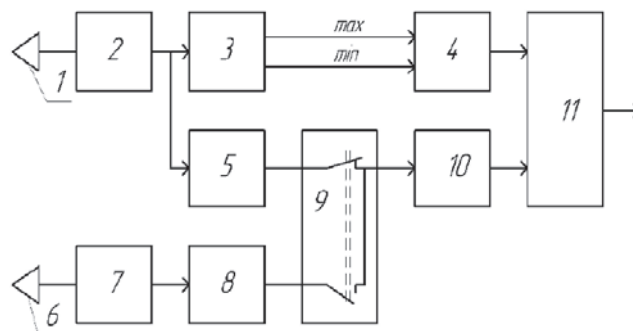


Рисунок 2 – Структурная схема

Периферийный датчик 1 является основным элементом данного метода контроля лопаток. Он устанавливается в корпусе турбоагрегата над траекторией движения торцов лопаток и генерирует электрические сигналы при взаимодействии с торцами лопаток.

Формирователь импульсов 2 преобразует временные интервалы между прямоугольными импульсами, соответствующими окружному шагу между торцами лопаток, в цифровой код. Эти цифровые данные затем передаются в блок 3.

Блок 3 определяет величины максимальных и минимальных значений для каждого шага на основе N текущих оборотов ротора. Полученные экстремальные значения каждого межлопаточного интервала поступают в блок 4.

Блок 4, который определяет значение τ_{si} каждого шага в соответствии с выражением:

$$\tau_{si} = (\tau_{imax} + \tau_{imin})/2.$$

Полученные значения τ_{si} поступают в блок 11 для сравнения с τ_s .

Блок 5 суммирует временные интервалы за N оборотов ротора и находит средний за N оборотов период вращения ротора. Датчик оборотной метки 6 генерирует импульсы при каждом обороте, которые преобразуются в цифровой код блоком 7 и передаются в блок 8, который управляет началом и окончанием процесса контроля.

Блок 9 принимает сигналы о предаварийных перемещениях торцов лопаток, которые обрабатываются блоком 10 и формируют сигналы для блока 11. В блоке 11 значения τ_{si} сравниваются с τ_s , и, если они отличаются на пороговую величину Δ , генерируется сигнал о возникновении дефекта в одной или нескольких лопатках.

На рисунке 3 представлена структура системы, реализующей дискретно-фазовый метод, выпускаемой ООО «Научно-производственное предприятие «МЕРА».

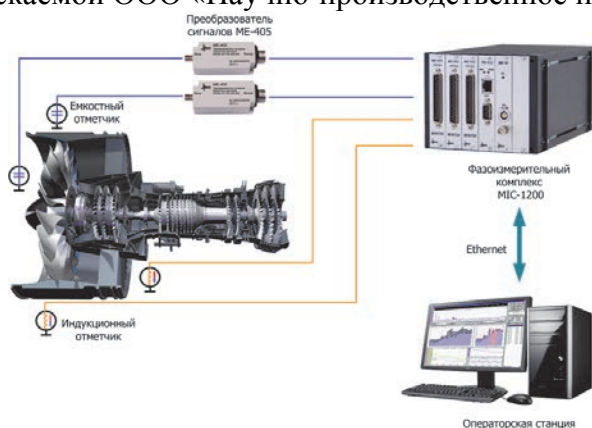


Рисунок 3 – Структура системы, выпускаемой ООО «Научно-производственное предприятие «МЕРА»

Заключение

Для контроля состояния лопаток реактивного двигателя используются различные методы диагностики, каждый из которых имеет свои преимущества и недостатки. Одним из наиболее эффективных и точных методов является дискретно-фазовый метод, который основывается на анализе изменения фазового угла вибраций лопаток.

Данный метод имеет ряд преимуществ. Он позволяет определять состояние лопаток без необходимости остановки турбины, что экономит время и снижает затраты на обслуживание. Кроме того, этот метод является достаточно точным и позволяет определять даже незначительные изменения параметров колебаний лопаток.

Однако для использования этого метода необходимо иметь специальное оборудование и проводить регулярную калибровку сенсоров. Кроме того, для правильной интерпретации результатов диагностики необходима экспертная оценка, что может требовать определенных знаний и опыта.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Деформация лопаток турбины // Научная электронная библиотека «КиберЛенинка» : сайт. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/ustroystva-diagnostiki-i-kontrolyadeformatsionnogosostoyaniya-lopatok-turbin-v-protseesse-ih-ekspluatatsii> (дата обращения: 09.03.2023). Режим доступа: свободный.
2. Реактивная турбина. Схема реактивной паровой турбины // Море Знаний. Помощь студентам в написании работ : сайт. URL: <http://morez.ru/sxema-reaktivnoj-parovoj-turbiny-i-grafik-izmeneniya-davleniya-i-absolyutnoj-skorosti-para/> (дата обращения: 25.03.2023). Режим доступа: свободный.
3. МІС-1500 Цифровая многоканальная телеметрическая система // ООО «Научно-производственное предприятие «МЕРА» : сайт. URL: <http://www.nppmera.ru/mic-1500> (дата обращения: 03.04.2023). Режим доступа: свободный.
4. Реактивный двигатель: как он работает? : видеофильм 00:24:47 (время воспроизведения). URL: https://www.youtube.com/watch?v=u-11b1JMs_E&ab_channel=Lesics%D1%80%D1%83%D1%81%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B9 (дата обращения: 04.04.2023). Доступно на: youtube.com : онлайн-сервис
5. Некоторые пути развития реактивных двигателей летательных аппаратов / В. А. Алтунин, К. В. Алтунин, М. Р. Абдуллин [и др.] // Восьмые Уткинские чтения : Труды Общероссийской научно-технической конференции, Санкт-Петербург, 13–14 ноября 2018 года. – Санкт-Петербург: Балтийский государственный технический университет "Военмех", 2019. – С. 419-424. – EDN ADIGEK.

УДК 621.38

Кутеминская Мануэла Николаевна, студент, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Kuteminskaya Manuela Nikolaevna, student, Komsomolsk-na-Amure State University

Копытов Сергей Михайлович, кандидат технических наук, доцент, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Kopytov Sergey Mihailovich, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, Komsomolsk-na-Amure State University

РАЗРАБОТКА ЗАМКА С ДОСТУПОМ ПО ОТПЕЧАТКУ ПАЛЬЦА

DEVELOPMENT OF A LOCK WITH FINGERPRINT ACCESS

Аннотация. Предложена схема электронного замка на базе оптического сканера отпечатка пальца FPM10A, который во внутренней базе может сохранять до 162 экземпляров отпечатков. Подключение его к управляющему контроллеру Arduino Uno выполнено по программно реализуемому интерфейсу UART. Замок оснащен электромагнитным реле и жидкокристаллическим модулем для индикации имени входящего. При использовании аппаратного интерфейса UART для связи с внешним компьютером замок может быть включен в состав системы контроля и управления доступом.

Abstract. We propose an electronic lock scheme based on the optical fingerprint scanner FPM10A, which can store up to 162 copies of fingerprints in its internal base. Its connection to the controlling Arduino Uno controller is made via the software implemented UART interface. The lock is equipped with an electromagnetic relay and an LCD module for indicating the name of the incoming person. When using a hardware UART interface for communication with an external computer, the lock can be included in an access control system.

Ключевые слова: сканер отпечатка пальца FPM10A, принципиальная схема, Arduino UNO, электромагнитное реле, жидкокристаллический модуль.

Key words: FPM10A fingerprint scanner, circuit diagram, Arduino UNO, electromagnetic relay, LCD module.

Введение

Развитие цифровой электроники привело к появлению микроэлектронных устройств, выполняющих сложные функции по обработке графической информации большого объема. К таким устройствам можно отнести оптический сканер отпечатка пальца FPM10A. Выпускают обычные и антивандальные разновидности данного сканера. Для макета замка выбрана обычная разновидность сканера, как более доступная. Ее можно использовать для управления доступом внутри зданий, например, на проходной под наблюдением вахтера или для доступа в кабинеты. Рассмотрим вариант реализации такого замка.

Основная часть

Сканер FPM10A построен на 32-разрядном микроконтроллере ARM Cortex (рисунок 1) [1]. Микроконтроллер создает базу отпечатков во внутренней памяти, вмещающую до 162 экземпляров. При анализе отпечатков он производит их сравнение по шаблону. Сканер может сканировать отпечатки, записывать их во внутреннюю память и сравнивать с записанными ранее отпечатками, а также просматривать снимки отпечатков.



Рисунок 1 – Оптический сканер отпечатка пальца FPM10A

Сканер оснащен последовательным интерфейсом UART, с помощью которого его также можно подключать к одноплатным контроллерам и микрокомпьютерам, например, Arduino или Raspberry Pi [2]. Поэтому сканер можно применять в автономных устройствах.

На рисунке 2 представлена принципиальная схема разработанного замка с доступом по отпечатку пальца на базе контроллера Arduino Uno.

Все узлы замка за исключением сканера A2 питаются от стабилизированного источника напряжения +5 В через разъем XP10. Для сканера требуется напряжение +3,3 В, которое вырабатывается стабилизатором контроллера Arduino UNO. Сканер подключается к контроллеру по интерфейсу UART [3]. Поскольку аппаратный UART может быть задействован для связи с компьютером, то его выводы на контактах 1 и 2 разъема XS5 не используются. Контроллер будет использовать программный UART: через вывод D3 данные выдаются (TxD), а через вывод D2 принимаются (RxD).

Запись отпечатков пальцев, используемых в качестве ключей, может быть выполнено двумя способами. Во-первых, при непосредственном подключении сканера к компьютеру с помощью драйвера USB-UART. Производитель сканера предоставляет для этого программу SFGDemo под операционную систему Windows [4]. Во-вторых, при подключении сканера к контроллеру с помощью программной библиотеки для работы с ним. Всем отпечаткам присваивается индивидуальный номер.

В режиме управления доступом сканер самостоятельно сканирует оптический вход, обнаруживает изображение пальца, анализирует его и сравнивает с хранящимися в базе данных отпечатками. В случае совпадения обнаруженного отпечатка с одним из записанных информация о разрешении доступа передается в контроллер. Контроллер с помощью электромагнитного реле открывает механический замок.

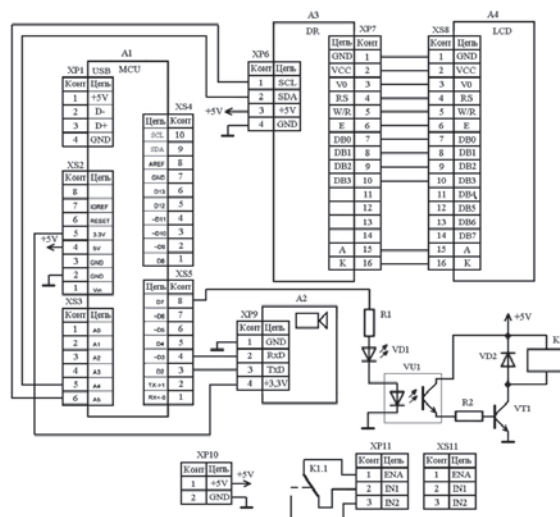


Рисунок 2 – Принципиальная схема замка с доступом по отпечатку пальца

Номерам сохраненных отпечатков сканера в памяти микроконтроллера сопоставлены имена входящих людей. Для индикации имени применен символьный жидкокристаллический модуль на базе специализированного контроллера HD44780 (A4). Жидкокристаллический модуль имеет параллельный интерфейс с множеством сигналов. Для минимизации числа сигнальных линий связи с управляющим контроллером применен драйвер А3 на основе микросхемы 8-ми битного расширителя порта ввода/вывода для шины I2C PCF8574. На плате Arduino UNO на аппаратном уровне интерфейс I2C поддерживают выводы А4 – SDA, А5 – SCL.

Разработанный замок может быть подключен к системе контроля и управления доступом (СКУД) на базе компьютера. Для этого контроллер А1 подключают к компьютеру по интерфейсу USB. Контроллер передает идентификационные данные в текстовом виде в кодировке ASCII. В компьютере прием и обработка данных могут быть выполнены, например, с помощью механизма VISA в программе LabVIEW [5].

Заключение

Таким образом, предложен вариант реализации замка с доступом по отпечатку пальца. Особенности данного замка является вывод информации на символьный индикатор, а также возможность его использования в составе СКУД.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. ZFM-20 Series Fingerprint Identification Module. User Manual // [cdn-shop.adafruit.com](https://cdn-shop.adafruit.com/datasheets/ZFM+user+manualV15.pdf) : сайт. URL : <https://cdn-shop.adafruit.com/datasheets/ZFM+user+manualV15.pdf> (дата обращения: 07.03.2023). Режим доступа: свободный.
2. Rui Santos. Guide to Fingerprint Sensor Module with Arduino (FPM10A) // [Random Nerd Tutorials](https://randomnerdtutorials.com/fingerprint-sensor-module-with-arduino/) : сайт. URL : <https://randomnerdtutorials.com/fingerprint-sensor-module-with-arduino/> (дата обращения: 07.03.2023). Режим доступа: свободный.
3. Интерфейс передачи данных – UART // [3DiY shop](https://3d-diy.ru/wiki/arduino-moduli/interfeys-peredachi-dannykh-uart/) : сайт. URL : <https://3d-diy.ru/wiki/arduino-moduli/interfeys-peredachi-dannykh-uart/> (дата обращения: 07.03.2023). Режим доступа: свободный.
4. Arduino и биометрический сканер отпечатков пальцев // [Pikabu](https://pikabu.ru/story/arduino_i_biometricheskij_skaner_otpec_hatkov_paltsev_4313428) : сайт. URL : https://pikabu.ru/story/arduino_i_biometricheskij_skaner_otpec_hatkov_paltsev_4313428 (дата обращения: 07.03.2023). Режим доступа: свободный.
5. Тимохин П.А. Использование распространенных измерительных модулей на основе интегральных датчиков для автоматизации физического эксперимента в среде LabVIEW / П.А. Тимохин, С.М. Копытов // Производственные технологии будущего: от создания к внедрению : материалы VI Международной науч.-практ. конф., Комсомольск-на-Амуре, 5-11 декабря 2022 г. : в 2 ч. / редкол. : С.И. Сухоруков (отв. ред.) [и др.]. – Комсомольск-на-Амуре : ФГБОУ ВО «КнАГУ», 2023. – Ч. 1. – С. 286-289.

УДК 621.317.7

Миняйло Алексей Аркадьевич, студент, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Minyaylo Alexei Arkadyevich, student, Komsomolsk-na-Amure State University

Копытов Сергей Михайлович, кандидат технических наук, доцент, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Kopytov Sergey Mihailovich, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, Komsomolsk-na-Amure State University

РАЗРАБОТКА ЛАБОРАТОРНОГО СТЕНДА ДЛЯ ФОТОСПЕКТРОСКОПИИ СВЕТОВЫХ ПОТОКОВ

DEVELOPMENT OF A LABORATORY BENCH FOR PHOTOSPECTROSCOPY OF LIGHT STREAMS

Аннотация. Предложена структурная схема лабораторного стенда для спектрального анализа световых потоков от различных источников света. В качестве анализирующего элемента выбран интегральный датчик AS7341, который позволяет проводить анализ оптического спектра по 11 каналам в диапазоне от 350 нм до 1000 нм. Предусмотрено диммирование контролируемых светодиодных сборок различными способами. Управление стендом возложено на контроллер Arduino, имеющий необходимые для работы последовательные интерфейсы I2C, SPI, UART и каналы ШИМ.

Abstract. The structural scheme of a laboratory bench for spectral analysis of light fluxes from various light sources is proposed. The integrated sensor AS7341 was chosen as an analyzing element, which allows to analyze the optical spectrum in 11 channels in the range from 350 nm to 1000 nm. The controlled LED assemblies can be dimmed in various ways. The bench is controlled by an Arduino controller, which has the necessary I2C, SPI, UART serial interfaces and PWM channels.

Ключевые слова: спектр излучения, источник света, датчик AS7341, контроллер, лабораторный стенд, диммер, светодиодная сборка, ЦАП.

Key words: radiation spectrum, light source, AS7341 sensor, controller, lab bench, dimmer, LED assembly, DAC.

Введение

Фотоспектроскопии световых потоков уделяется повышенное внимание, поскольку она востребована в различных областях. Например, она используется для измерения коэффициента пропускания и оптической плотности растворов и определения концентрации жидких проб различного назначения при проведении химических, биологических, оптических, эко-аналитических исследований, контроле качества воды, почв, пищевых продуктов и т.п. Анализируя свет, отраженный от различных объектов, можно выполнять их сортировку.

Одним из наиболее востребованных применений является анализ спектрального состава источников света естественного и искусственного происхождения. Данная задача важна как для оценки качества светильников, так и с точки зрения управления освещением, например, при тепличном выращивании сельскохозяйственных культур.

В данной работе предложена структура лабораторного стенда для исследования спектра светильников с различным принципом работы.

Основная часть

В качестве анализирующего элемента выбран интегральный датчик AS7341 производства компании AMS. Он позволяет проводить анализ оптического спектра по 11 каналам в диапазоне от 350 нм до 1000 нм. Шесть из 11 каналов могут обрабатываться параллельно с помощью встроенного АЦП, а остальные доступны через мультиплексор. Восемь каналов охватывают весь диапазон видимого света. Один канал изме-

рывает ближний инфракрасный диапазон. Еще один, так называемый чистый канал, измеряет интенсивность в полном спектре. Последний канал используется для обнаружения мерцания светового сигнала с промышленной частотой 50 Гц или 60 Гц.

Для разделения световых частот датчик AS7341 содержит светофильтры, встроенные в структуру КМОП. Это решение реализовано благодаря технологии наноптических интерференционных фильтров. Нормированная спектральная чувствительность отдельных каналов и матрица сенсоров датчика AS7341 приведены на рисунке 1.

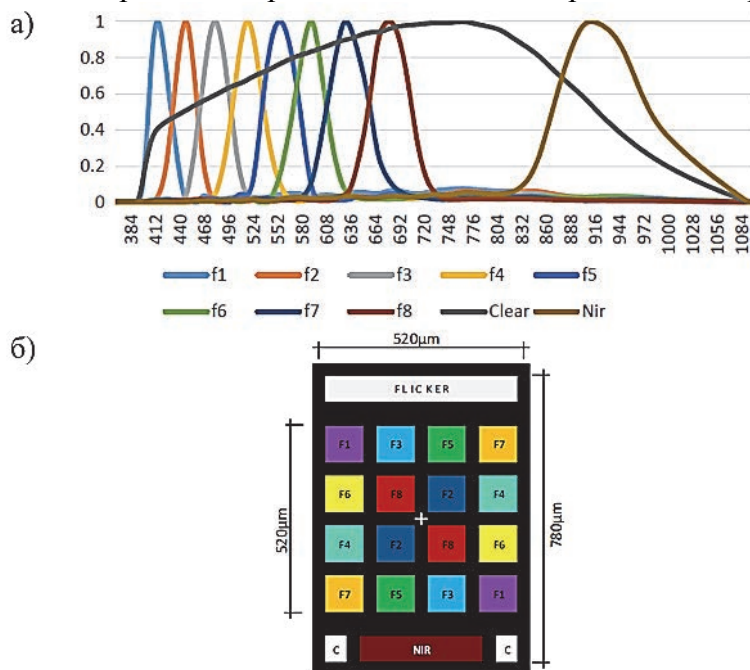


Рисунок 1 – Нормированная спектральная чувствительность отдельных каналов (а) и матрица сенсоров (б)

Датчик поддерживает последовательный интерфейс I2C, с помощью которого его можно связать с управляющим контроллером. Структурная схема лабораторного стенда с датчиком AS7341 приведена на рисунке 2.

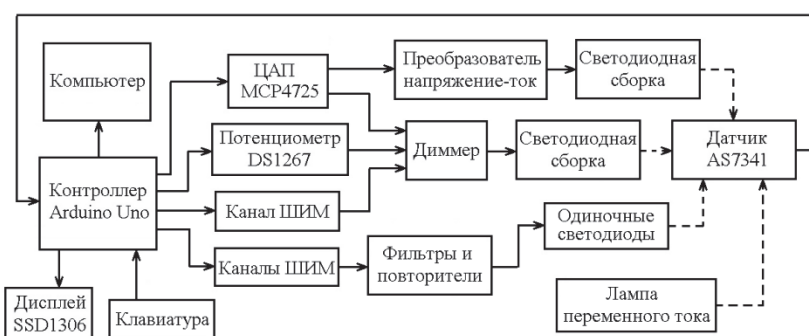


Рисунок 2 – Структурная схема лабораторного стенда

В качестве управляющего контроллера выбран контроллер Arduino Uno. Выбор контроллера обусловлен тем, что он имеет необходимые последовательные интерфейсы I2C, SPI, UART, поддерживает шесть выходных каналов ШИМ, легко взаимодействует с внешним компьютером по интерфейсу USB с помощью виртуального COM-порта.

Известно, что диммируемые драйверы для светодиодных сборок могут управляться тремя способами: постоянным напряжением в диапазоне от 0 до 10 В, внешним переменным резистором и ШИМ сигналом. Соответственно в схеме стенда реализованы эти способы.

Изменяемое постоянное напряжение формируется ЦАП на микросхеме МСР4725. ЦАП является 12-разрядным и имеет интерфейс I2C. Внешний переменный

резистор представляет двоянный цифровой потенциометр DS1267 на 256 позиций с интерфейсом SPI. ШИМ сигнал формирует сам контроллер.

В случае использования светодиодной сборки с нестандартными параметрами предусмотрен альтернативный способ задания рабочего тока – с помощью преобразователя напряжение-ток, выполненного на операционном усилителе с уможняющим транзистором.

Также возможен анализ спектра недиммируемой лампы на переменное напряжение 220 В любого типа. С помощью каналов ШИМ контроллера и внешних RC фильтров с повторителями напряжения реализованы простейшие ЦАП. Они используются для создания тока в одиночных светодиодах с различной длиной волны излучения.

Вывод информации возможен на матричный дисплей SSD1306 с разрешением 128*64 точек, имеющий интерфейс I2C. Также предусмотрена связь с внешним компьютером через виртуальный COM порт. Выбор режима работы стенда и выводимой информации может быть выполнен двумя способами: с помощью клавиатуры, подключаемой через порты ввода, и с помощью команд, передаваемых из компьютера через терминал.

Заключение

Преимущество разработанного стенда заключается в использовании современного микроэлектронного датчика оптического спектра AS7341 с относительно невысокой ценой. Кроме того, в стенде предусмотрены каналы управления током различных светодиодных источников освещения, что позволяет его использовать для снятия зависимостей спектра от тока.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Моргунов Д.Н. Исследование спектральных характеристик электрических источников света / Д.Н. Моргунов, С.И. Васильев // Вестник аграрной науки Дона. – 2017. – № 2 (38). – С. 5-13. Электрон. копия печ. изд. URL : <https://cyberleninka.ru/article/n/issledovanie-spektralnyh-harakteristik-elektricheskikh-istochnikov-sveta> (дата обращения: 10.03.2023). Режим доступа: свободный.
2. Буш М. Спектральные датчики повышают урожайность при использовании полупроводникового освещения / Маркус Буш // Полупроводниковая светотехника. – 2019. – Т. 59. – № 3. – С. 28-32. – URL : <https://led-e.ru/fitoosveshhenie/spektralnye-datchiki/> (дата обращения: 10.03.2023). Режим доступа: свободный.
3. AS7341 – 11-Channel Spectral Color Sensor // AMS : сайт. URL : <https://ams.com/as7341> (дата обращения: 10.03.2023). Режим доступа: свободный.
4. Диммирование драйверов // Аргос – светодиодная продукция для всей России и СНГ : сайт. URL : https://argos-electron.ru/news/dimmirovanie_drayverov/ (дата обращения: 10.03.2023). Режим доступа: свободный.
5. Бодров В. Российская микросхема двухканального цифрового потенциометра на 256 положений с трехпроводным последовательным интерфейсом / В. Бодров, А. Деревягин // Компоненты и технологии. – 2006. – № 11. – С. 70-72. – URL : <https://cyberleninka.ru/article/n/rossiyskaya-mikroshema-dvuhkanalnogo-tsifrovogo-potentsiometra-na-256-polozheniy-s-tryohprovodnym-posledovatelnyim-interfeysom/viewer> (дата обращения: 10.03.2023). Режим доступа: свободный.

УДК 621.382

Сизоненко Кристина Ильинична, студент, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Sizonenko Kristina Ilinichna, student of Komsomolsk-na-Amure State University

Марущенко Сергей Григорьевич, кандидат технических наук, доцент, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Marushchenko Sergey Grigorevich, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, Associate Professor "Industrial electronic", Komsomolsk-na-Amure State University

РАЗРАБОТКА ЭЛЕКТРОННОГО УСТРОЙСТВА ДЛЯ ЦВЕТОВОЙ СТИМУЛЯЦИИ ЗРЕНИЯ

DEVELOPMENT OF AN ELECTRONIC DEVICE FOR COLOR VISION STIMULATION

Аннотация. В статье рассмотрены основные способы воздействия на глаза светом различной длиной волны, называемые цветовой стимуляцией зрения. Показаны положительные эффекты цветовой стимуляции при лечении офтальмологических заболеваний. Рассмотрены аналоги современных электронных устройств, предложенных для данных целей. Предложена структурная схема прибора для цветовой стимуляции глаз и описан принцип его функционирования.

Abstract. The article discusses the main ways of influencing the eyes with light of different wavelengths, called color stimulation of vision. The positive effects of color stimulation in the treatment of ophthalmic diseases are shown. Analogues of modern electronic devices proposed for these purposes are considered. A block diagram of the device for color stimulation of the eyes is proposed and the principle of its operation is described.

Ключевые слова: цветковая стимуляция, прибор, свет, зрение, импульсы.

Key words: color stimulation, device, light, vision, impulses.

Введение

В современной медицине фототерапия обрела огромную популярность, применяемая, как один из методов терапевтического воздействия на орган зрения [3,4,5].

Прибор, предназначенный для фототерапии, используется в медицинских учреждениях, а также в домашних условиях. Фототерапия показана при таких заболеваниях как астигматизм, астенотопия, глаукома, амблиопия, патология сетчатки, катаракта и для снятия зрительного утомления на рабочем месте.

Основная часть

Лечебные свойства цвета определены влиянием электромагнитных волн светового диапазона, которое улучшает микроциркуляцию в сосудах сетчатки и стимулирует тканевый обмен. Цветовая энергия благоприятно влияет на работу клеток организма человека. Терапевтический эффект воздействия светом связан с фотоактивирующим действием на активный обмен процессов в тканях организма, ускоряя восстановление пораженных болезнью клеток.

Воздействие светом разных цветов через орган зрения на нервную систему человека, применяется для лечения заболеваний глаз. Цветовая стимуляция – один из видов биорезонансной терапии. Метод состоит из явлений, связанных с работой фотоэнергетической и лимбической системой глаз, а также гипоталамусом, эпифизом и гипофизом в центральной нервной системе. Глаз преобразовывает спектр яркой энергии в мозг, активируя биологические часы, которые создают резонансное взаимодействие энергии между организмом и внешней средой, а также между клетками организма.

На данный момент времени существуют несколько приборов для цветовой стимуляции зрения. Одним из таких приборов является АДФТ-4 «Радуга» [1]. Основной

особенностью данного прибора является возможность динамического воздействия. Режимы работы прибора включают в себя непрерывный, стохастический и бегущий режим модуляции светового потока. Аппарат повышает эффект лечебного воздействия с помощью увеличения биотропных параметров. В главном элементе устройства используются светодиодные панели RGB.

Еще один из аппаратов цветовой стимуляции описан в патенте [2]. Восстановление зрительных функций, осуществляется с помощью данного прибора импульсной цветовой фотостимуляцией. Лечебное воздействие прибора осуществляется с помощью очков со светоизолированными окулярами. Данный прибор позволяет реализовать такие режимы работы как мигающий с частотой от 0,6 до 2 Гц, квазинепрерывный с изменением критической частоты мелькания (КЧМ) для каждого цвета и просто непрерывный с различной длиной волны излучения.

Каждый из рассмотренных приборов реализует свои уникальные методики цветотерапии. Однако при лечении часто возникают задачи, связанные с индивидуальным подходом к пациенту. Поэтому была поставлена задача объединить режимы методики цветowego воздействия на глаза пациента, как непосредственно через светоизлучающую панель, так и через индивидуальные очки.

Заключение

Основываясь на функциональных возможностях рассмотренных приборов цветовой стимуляции, была разработана структура прибора, который сочетает в себе все функции рассмотренных аналогов. В предлагаемом приборе реализованы такие виды стимуляции как дистанционное воздействие на закрытые веки пациента, а также воздействие при помощи светоизолированных очков на оба глаза и поочередно на каждый глаз. Прибор позволяет реализовать такие режимы работы как непрерывный, бегущий, стохастический и критический с частотой слияния мельканий.

Структурная схема разработанного прибора для цветовой стимуляции зрения представлена на рисунке 1. В структуру прибора входят: микроконтроллер, клавиатура, индикатор, приемник сигналов дистанционного управления, светодиодные панели, драйверы светодиодов, коммутаторы (К) и модуляторы (М).

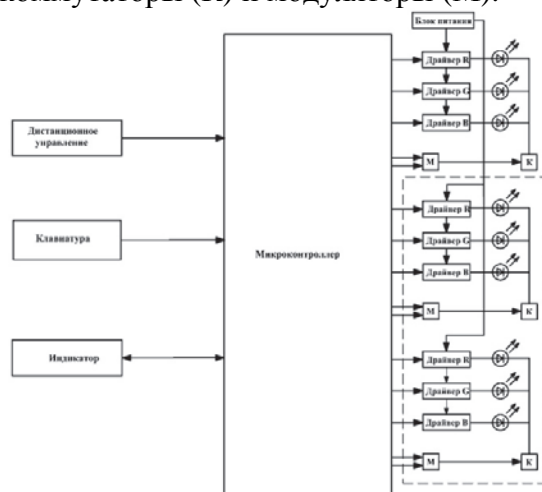


Рисунок 1 – Структурная схема прибора цветовой стимуляции

Клавиатура предназначена для задания режимов работы устройства и продолжительности воздействия. На индикаторе отображается текущий режим работы и оставшееся время до конца сеанса. Датчик дистанционного управления позволяет управлять прибором через пульт. Микроконтроллер позволяет программно реализовать все заявленные режимы работы устройства. С помощью светодиодных драйверов микроконтроллер управляет яркостью свечения светодиодных панелей или светодиодов в очках, а с помощью модулятора и коммутатора – режимов мигания и режимов мелькания.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Аппарат динамической терапии // Окимед : сайт. URL: <https://www.okimed.ru/wpcontent/uploads/2020/05/38b1d9a6eb00cd65aaab66df405f4120.pdf?ysclid=lfs763ob1y360479256> (дата обращения: 20.03.2023). Режим доступа: свободный
2. Патент на полезную модель № 2599862С1 Российская Федерация, МПК А61F 9/00, А61N 5/00. Способ улучшения и стабилизации зрительных функций и устройство для его осуществления : № 2015114607/14 : заявл. 20.04.2015 : опубл. 20.10.2016 / Т.С. Хейло, И.Г. Куман, В.Н. Лыга ; заявитель Хейло Татьяна Сергеевна.
3. Офтальмотренажер «Светодар» // Дембский : сайт. URL: <https://dembsky.org/article/urok-53-ofthalmotrenazher-svetodar> (дата обращения: 10.03.2023). Режим доступа: свободный
4. Очки профессора Панкова «Радуга прозрения» // Офтальмоцентр : сайт. URL: <https://ophthalmocenter.ru/pribory-i-apparaty-dlya-glaz/raduga-prozreniya.html> (дата обращения 10.03.2023). Режим доступа: свободный
5. Патент на полезную модель № 2230534С1 Российская Федерация, МПК А61F 9/00. Устройство Тетериной для коррекции функциональных систем организма человека : № 2003109459/14: заявл. 04.04.2003 : опубл. 20.06.2004 / Т.П. Тетерина; заявитель Предприниматель без образования юридического лица Тетерина Татьяна Прохоровна.

УДК 615.478.73

Сизоненко Кристина Ильинична, студент, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Sizonenko Kristina Ilyinichna, student, Komsomolsk-na-Amure State University

Шибeko Роман Владимирович, старший преподаватель кафедры «Промышленная электроника», Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Shibeko Roman Vladimirovich, Senior Lecturer, Department of Industrial Electronics, Komsomolsk-na-Amure State University

СУХОЖАРОВОЙ ШКАФ

DRY OVEN

Аннотация. В данной статье рассматривается сухожаровой шкаф. Обосновывается актуальность качественной стерилизации медицинских изделий для безопасности пациента. Приводятся внешний вид шкафа, его внутренний вид, предполагаемые технические характеристики. Поясняются режимы работы устройства, способы задания режимов и порядок работы со шкафом. В конце показана структурная схема с подробными пояснениями работы устройства на структурном уровне.

Abstract. This article discusses a dry-heat cabinet. The relevance of high-quality sterilization of medical devices for the safety of the patient is substantiated. The appearance of the cabinet, its internal view, approximate technical characteristics are given. The operating modes of the device, methods of setting the modes and the procedure for working with the cabinet are explained. At the end, a block diagram is shown with detailed explanations of the operation of the device at the structural level.

Ключевые слова: сухожаровой шкаф, режимы, стерилизация, медицинские изделия, температура.

Key words: dry-oven cabinet, modes, sterilization, medical products, temperature.

Введение

Одним из главных принципов медицины звучит «не навреди». Безопасность пациента, как и качество назначаемого лечения обеспечивается многими факторами. Стерилизация медицинских изделий является рутинной повседневной процедурой и редко полностью осознается ее важность, но это не уменьшает ее актуальности.

Сухожаровой шкаф – это прибор, применяемый для обработки медицинских изделий горячим воздухом. Работа прибора предполагает использование термического воздействия, чтобы полностью уничтожить микробную флору на поверхностях разных медицинских и лабораторных изделий. Так же с помощью воздушного стерилизатора выполняют дезинфекцию и сушку стеклянной посуды и различных металлических емкостей.

Основная часть

Ниже описывается сухожаровой шкаф для применения в лечебных учреждениях с небольшим потоком пациентов. Шкаф представляет собой законченное устройство внешний вид которого представлен на рисунке 1. Внутренний вид представлен на рисунке 2.

- 1 – индикатор режима работы;
- 2 – индикатор температуры работы;
- 3 – индикатор времен работы;
- 4 – кнопка ввода значений;
- 5 – кнопка выбора, сохранения значения;
- 6 – кнопка уменьшения значения/назад;
- 7 – кнопка увеличения значения/вперед;
- 8 – кнопка включения/выключения сети питания.

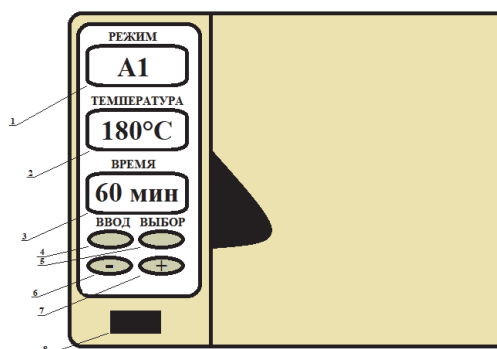


Рисунок 1 – Внешний вид сухожарового шкафа

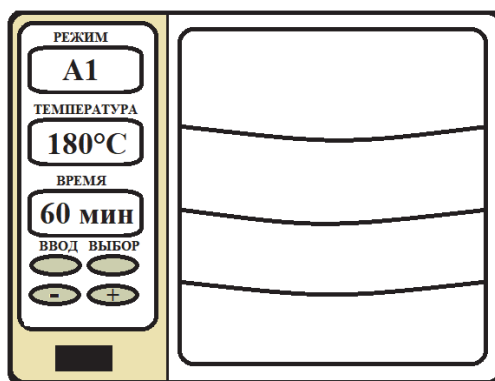


Рисунок 2 – Сухожаровой шкаф внутри

Таблица 1 – Предполагаемые технические характеристики сухожарового шкафа

Характеристика	Значение
Объем камеры, л	10
Полочки, шт	3
Температурный режим, °С	от 60 до 180
Время работы, мин	от 1 до 300
Питание от сети, В	220
Габариты стерилизатора (ш·г·в), мм	442·450·415
Габариты камеры (ш·г·в), мм	228·225·280
Масса прибора, кг	20

Режимы работы шкафа:

- Режим А1: время стерилизации 60 минут, показатель температуры +180 °С.
- Режим А2: время стерилизации 150 минут, показатель температуры +160 °С.
- Режим А3: время стерилизации 45 минут, показатель температуры +60°С.
- Режим А4: произвольный режим, время и температура задается вручную.

При выборе режима А4 на индикаторе температуры высвечивается +60 °С, а на индикаторе времени высвечивается 1 минут по умолчанию. Режим А4 настраивается вручную при помощи кнопки «ввод», затем нажатием кнопок «увеличения-уменьшения/назад-вперед» задаем нужную температуру и сохраняем при помощи кнопки «выбрать», далее автоматически начинается настройка времени таким же способом.

Порядок работы с устройством:

- 1) Открыть дверцу сухожарового шкафа. Разместить внутри на полках инструменты и закрыть дверцу шкафа до щелчка ручки.
- 2) Подключить прибор к сети и нажать кнопку «включение/выключение сети питания». При включении прибора на индикаторе режима высвечивается режим А1.
- 3) Затем следует выбрать нужный режим для обработки инструментов при помощи кнопки «увеличения-уменьшения/назад-вперед» и подтвердить его нажатием кнопки «выбрать». Начнется набор набранной температуры. При выборе режима А4, требуется ручная настройка.
- 4) После того, как прибор закончит стерилизацию, будет подан сигнал. При нажатии кнопки «включения/выключения сети питания» сигнал прекратиться, прибор отключится.



Рисунок 3 – Структурная схема сухожарового шкафа

Структурная схема сухожарового шкафа показана на рисунке 3. Стерилизатор подключается к сети переменного тока 220 В. Выключатель позволяет включать и выключать прибор от сети. Плавкие предохранители защищают сеть и устройство от перегрузки по току. Термовыключатель (термореле) предназначено для полного отключения стерилизатора в случае перегрева выше 235 °С. Индикатор сети – неоновая лампа позволяет определить подключение к сети. Блок питания преобразовывает входное напряжение сети в постоянное напряжение 5 В для питания управляющей части устройства. Предохранитель в цепи нагрузки предназначен для защиты шкафа от перегрузки или короткого замыкания со стороны нагрузки. Симисторы необходимы для управления мощной нагрузкой: ТЭН и вентиляторы. Трубчатый электронагреватель (ТЭН) предназначен для нагрева воздуха в устройстве. Центробежный вентилятор выводит воздух из камеры стерилизации. Циркуляционный вентилятор разгоняет горячий воздух от ТЭН по камере стерилизатора для более равномерной обработки. Кнопки управления предназначены для выбора режимов работы, установки времени и температуры, выгрузки и запуска обработки. Датчик температуры измеряет температуру воздуха в камере, что позволяет системе управления стабилизировать ее с большой точностью. Динамик издает звуковые оповещения по окончанию обработки или в аварийной

ситуации. В качестве индикаторов режима работы, нагрева и охлаждения, выгрузки и аварийной ситуации используются светодиодные индикаторы зеленого, желтого и красного цветов. Индикаторы температуры и времени состоят из трех светодиодных сегментных индикаторов с десятичной точкой.

Заключение

В современных условиях расширения видов инфекционных заболеваний, уменьшения коллективного иммунитета нации из-за многих факторов (например, экологических), все возрастающей резистентности микроорганизмов к традиционным лечебным препаратам применение сухожарового шкафа актуально. Предложенный сухожаровый шкаф многофункционален и удобен в эксплуатации. Сфера применения не ограничивается медицинскими учреждениями и может включать в себя детские дошкольные и школьные учреждения.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Белобородов, В. А. Асептика, антисептика : учебное пособие / В. А. Белобородов, Е. А. Кельчевская. – Иркутск : Иркут. гос. мед. ун-т, 2022. – 50 с.
2. Дезинфекция и стерилизация изделий медицинского назначения в лечебно-профилактических учреждениях / Л.М. Зорина, М.Ш. Шафесв, Н.М. Хакимов [и др.]. – Казань: Казан. гос. мед. ун-т, 2001. – 48 с.
3. Евплов, В. И. Дезинфекция и стерилизация в лечебном учреждении: Сборник документов, комментарии, рекомендации / В.И. Евплов. – Ростов-на-Дону : Феникс, 2003. – 480 с.
4. Особенности дезинфекции и стерилизации в стоматологии. Учебное пособие / Э.А. Базилян, Г.И. Лукина, Л.В. Волчкова. – Москва : ГЭОТАР-Медиа, 2020. – 122 с.
5. Схема и устройство воздушного стерилизатора // Мультибрендовая компания по оснащению медицинских учреждений «Cordismed» : сайт : URL: <https://cordismed.ru/blog-servis/sterilizatory/shema-i-ustrojstvo-vozdushnogo-sterilizatora.html> (дата обращения: 03.04.2023).

УДК 629.7.062

Солецкий Вячеслав Вадимович, аспирант, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Soletsky Vyacheslav Vadimovich, graduate student, Komsomolsk-na-Amure State University

Чипизубов Алексей Михайлович, студент, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Chipizubov Aleksey Mikhailovich, student, Komsomolsk-na-Amure State University

Киба Дмитрий Анатольевич, кандидат технических наук, доцент, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Kiba Dmitry Anatolyevich, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Komsomolsk-na-Amure State University

РАЗРАБОТКА СТЕНДА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ХАРАКТЕРИСТИК СИЛОВОЙ УСТАНОВКИ ДВУХСРЕДНОГО БЕСПИЛОТНОГО ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА В РАЗЛИЧНЫХ СРЕДАХ

DEVELOPMENT OF A STAND FOR DETERMINING THE CHARACTERISTICS OF THE POWER PLANT OF A TWO-ENVIRONMENT UNMANNED AERIAL VEHICLE IN VARIOUS ENVIRONMENTS

Аннотация. Данная работа посвящена разработке и изготовлению лабораторного стенда для определения интегральных (механических, электрических) характеристик винтомоторной группы, управление которой осуществляется по командам от радиопульта через

приемник или по командам от системы управления и сбора данных (универсальный измерительный прибор VirtualBench). Стенд предусматривает проведение исследований в воздушной и водной средах.

Abstract. This work is devoted to the development and manufacture of a laboratory bench for determining the integral (mechanical, electrical) characteristics of a propeller group, which is controlled by commands from a radio remote control through a receiver or by commands from a control and data acquisition system (virtual measuring device VirtualBench). The stand provides for research in air and water environments.

Ключевые слова: БПЛА, двухсредный аппарат, конвертоплан, лабораторный стенд, воздушный винт, две среды.

Key words: UAV, two-media vehicle, tiltrotor, laboratory bench, propeller, two media.

Введение

Бурный рост спроса на беспилотные транспортные средства, в частности, беспилотные летательные аппараты (БПЛА) приводит к созданию их новых типов, видов и способов применения. Одним из новшеств являются двухсредные БПЛА, способные летать и плавать под водой.

К данной разновидности БПЛА относится аппарат конвертопланного типа (патент RU 213733 U1) (рисунок 1), разрабатываемый в ФГБОУ ВО «КНАГУ». Он состоит из корпуса, выполненного в форме профиля крыла с переменной высотой, переходящего в два профиля, образующих два крыла, консоли которых имеют возможность поворота вокруг поперечной оси и снабжены электродвигателями с установленными в них воздушными винтами.



Рисунок 1 – 3D-модель двухсредного БПЛА

Появление данного типа БПЛА обусловило необходимость проведения исследований винтомоторной группы с воздушным винтом. Эти исследования требуются, во-первых, для подтверждения практической возможности использования воздушного винта в воде, а, во-вторых – для определения интегральных (механических, электрических) характеристик винтомоторной группы. Для проведения таких исследований необходима разработка и изготовление соответствующего лабораторного стенда, способного получить корректные характеристики, которые будут использованы при проектировании системы управления двухсредным БПЛА.

Основная часть

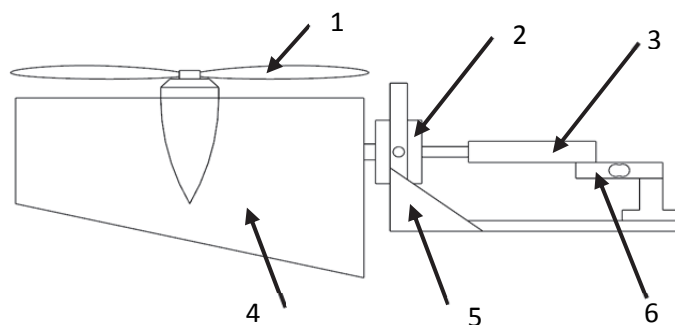
В рамках работы был разработан и изготовлен лабораторный стенд для определения тягового усилия воздушного винта в воздушной и в водной среде. Состав и устройство механической части стенда представлены на рисунке 2.

Силовая установка разрабатываемого БПЛА интегрирована в консоль крыла, оснащенную мотогондолой. Эта консоль установлена в лабораторный стенд для создания условий, аналогичных тем, в которых пребывает винтомоторная группа при реальной работе БПЛА.

Консоль с двигателем 1 в мотогондole 4 закреплена на качалке 2 шарнирно с помощью подшипникового узла, устраняющего трение, и связана с тензодатчиком 6.

На качалке предусмотрен регулируемый утяжелитель 3, предназначенный для балансировки и исключения влияния гравитации на показания стенда. Тензодатчик и подшипниковый узел закреплены на раме 5.

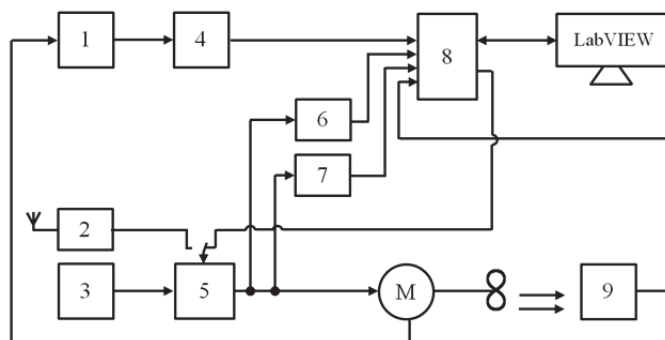
При вращении винта создается тяговое усилие, которое прикладывается через мотогондолу, консоль и качалку к тензодатчику.



- 1 – электродвигатель с установленным на нем воздушным винтом;
2 – качалка; 3 – утяжелитель; 4 – мотогондола с жестко закрепленным в нем валом; 5 – рама стенда; 6 – тензодатчик

Рисунок 2 – Механическая часть стенда для определения тяговых характеристик силовой установки БПЛА в различных средах

Структурная схема электрической части стенда представлена на рисунке 3.



- 1 – тензодатчик; 2 – приемник; 3 – аккумулятор; 4 – аналого-цифровой преобразователь; 5 – драйвер двигателя; 6 – датчик напряжения;
7 – датчик тока; 8 – система управления и сбора данных;
9 – датчик контроля частоты вращения

Рисунок 3 – Структурная схема стенда для определения тяговых характеристик силовой установки БПЛА в различных средах

Рассмотрим работу стенда. Управление вращением двигателя осуществляется через драйвер 5 по командам от радиопульта через приемник 2 или по командам от системы управления и сбора данных 8 (универсальный измерительный прибор VirtualBench). Напряжение на двигателе и потребляемый им ток измеряется с помощью соответствующих датчиков 6, 7. Скорость вращения винта при этом контролируется с помощью оптического датчика 9. Усилие, создаваемое винтомоторной группой, вызывает микродеформацию тензодатчика. На выходе тензодатчика формируется аналоговый сигнал, который затем кодируется специализированным аналого-цифровым преобразователем 4 и далее поступает в VirtualBench. Первичную обработку сигналов, их обобщение и сохранение для дальнейшего анализа выполняет виртуальный прибор, созданный в среде LabVIEW, и работающий на персональном компьютере, который подключен к VirtualBench.

Стенд обеспечивает размещение винтомоторной группы как на воздухе, так и под водой, в вертикальном и горизонтальном положении, есть возможность установки электродвигателей и винтов любых типов и размеров, а также смены мотогондолы.

Заключение

В рамках работы был разработан и изготовлен лабораторный стенд для определения интегральных (механических, электрических) характеристик винтомоторной группы, а именно напряжение на двигателе, потребляемый им ток, скорость вращения винта и усилие, создаваемое винтомоторной группой. Первичную обработку сигналов, их обобщение и сохранение для дальнейшего анализа выполняет виртуальный прибор, созданный в среде LabVIEW, и работающий на персональном компьютере, который подключен к VirtualBench.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Патент на полезную модель № 213733 U1 Российская Федерация, МПК В64С 39/08, В60F 5/02. Двухсредный беспилотный летательный аппарат : № 2022119081 : заявл. 12.07.22 : опубл. 27.09.2022 / В. В. Солецкий, А. А. Перевалов, Д. А. Киба, А. М. Чипизубов ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Комсомольский-на-Амуре государственный университет". –EDN ZFSKUH.
2. Глаговский, Б. А. Библиотека по автоматике, вып. 115. Электротензометры сопротивления / Б. А. Глаговский, И. Д. Пивен. М.–Л. : Энергия, 1964. – 72 с.
3. Латышенко, К. П. Автоматизация измерений, контроля и испытаний : учебник для студ. учреждений высш. проф. образования. – М. : Издательский центр «Академия», 2012. – 320 с.
4. Теуш, В. Л. Общий курс воздушных винтов / В. Л. Теуш, И. А. Сидоров. М. – Государственное издание оборонной промышленности, 1961. – 280 с.
5. Тревис, Д. LabVIEW для всех / Д. Тревис ; пер. с англ. Н. А. Клушин. – М. : ДМК Пресс; ПриборКомплект, 2005. – 544 с.

УДК 621.382

Сочнева Полина Константиновна, студент, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Sochneva Polina Konstantinovna, student of Komsomolsk-na-Amure State University

Марущенко Сергей Григорьевич, кандидат технических наук, доцент, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Marushchenko Sergey Grigorevich, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, Komsomolsk-na-Amure State University

МОДЕРНИЗАЦИЯ ШАХТНОГО ТЕЛЕФОННОГО АППАРАТА ТАШ-1319К

MODERNIZATION OF THE MINE TELEPHONE TASH-1319K

Аннотация. Статья посвящена обзору и модификациям шахтного телефонного аппарата ТАШ-1319К в горнодобывающей промышленности. Рассмотрены ключевые недостатки шахтного телефонного аппарата ТАШ-1319К, а также способы их решения. Предложена структурная схема улучшения ТАШ-1319К и описан принцип его функционирования.

Abstract. The article is devoted to the review and modifications of the mine telephone TASH-1319K and TASH-1319 in the mining industry. The key disadvantages of the TASH-1319K mine telephone for the mining industry are considered, as well as ways to solve them. The structural scheme of improvement of TASH-1319K is proposed and the principle of its functioning is described.

Ключевые слова: ТАШ-1319К, шахта, шахтовый телефонный аппарат, усилитель, модернизация.

Key words: TASH-1319K, mine, mine telephone, amplifier, modernization.

Введение

В настоящее время на предприятии АО «Ургалуголь» возникает необходимость обеспечения связи в процессе выполнения работы шахтеров занятых в производстве. В данный момент на предприятии используются шахтные телефоны ТАШ-1319К и ТАШ-1319. Данные аппараты обеспечивают телефонную связь с использованием излучающего кабеля в качестве передающей среды [1].

Телефоны ТАШ-1319К и ТАШ-1319 предназначены для работ в шахтах и карьерах [2]. В настоящее время на шахте в качестве основного используется телефонный аппарат ТАШ-1319К с кнопочным номеронабирателем. Корпус телефона состоит из ударопрочного пластика, в конструкции имеются кнопки вызова диспетчера, плата с передатчиком, оповещатель для подачи звукового сигнала и кнопочный номеронабиратель. Внутри трубки вмонтированы искрогасители, усилитель передачи и малогабаритный микрофон. Основные блоки аппарата выполнены неразборными и залиты компаундом. Обмотки трансформатора, вызывное устройство защищены стабилитронами и выпрямительным мостом. Конструкция аппаратов пыле- и влагозащищенная, а также предусмотрен уровень взрывозащищенности.

Основная часть

Структурная схема шахтного телефонного аппарата ничем не отличается от схемы обычного абонентского телефона и приведена на рисунке 1.

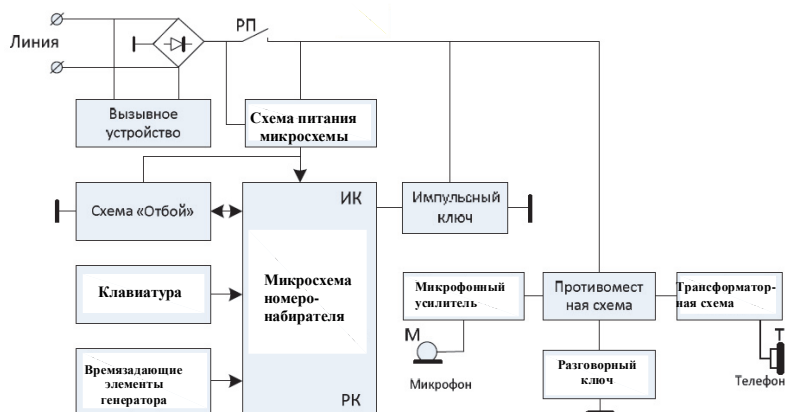


Рисунок 1 – Структурная схема телефонного аппарата

В состав структуры телефонного аппарата ТАШ-1319К входят следующие блоки [2]:

- 1) вызывное устройство (ВУ) – предназначено для приема вызывных сигналов со станции и преобразования его в звуковые колебания;
- 2) диодный мост – исключает влияние полярности напряжения линий на схему телефонного аппарата;
- 3) схема «отбой» – осуществляет начальную установку интегральной схемы номеронабирателя;
- 4) рычажный переключатель РП – отключает питание схемы телефонного аппарата при положенной на рычаг микротелефонной трубке;
- 5) времязадающие элементы генератора – определяют частоту внутреннего тактового генератора, от которой зависят все временные параметры сигналов, вырабатываемых интегральной схемой номеронабирателя (частота набора, длительность импульсов и меж цифровой интервал);

б) схема питания интегральной схемы номеронабирателя – обеспечивает питание микросхемы во время набора номера и поддержку питания оперативного запоминающего устройства (ОЗУ) при положенной на рычаг трубке;

7) микросхема номеронабирателя (МС НН) выполняет следующие функции:

а) опрос клавиатуры;

б) формирование сигналов набора номера, управляющих работой импульсного ключа (ИК);

в) формирование сигнала отключения разговорной части во время набора номера, управляющего работой разговорного ключа (РК);

г) запоминание последнего или нескольких набираемых номеров;

8) импульсный ключ (ИК) – формирует импульсы набора для передачи в линию;

9) разговорный ключ (РК) – отключает разговорную часть на время прохождения импульсного набора;

10) трансформаторная схема – усиливает речевой сигнал до уровня нормальной слышимости и согласует сопротивление линии с сопротивлением звукоизлучающего элемента Т (телефона);

11) микрофонный усилитель – усиливает сигнал микрофона (М);

12) противоместная схема – устраняет местный эффект (прослушивание голоса говорящего в собственном телефоне);

13) клавиатура – предназначена для набора номера абонента.

При извлечении телефона рычажный переключатель РП подключает телефон к линии АТС. В результате образования разделителя напряжение на линейных выводах снижается до 5 – 15 В. В то же время "отключение" схемы, обусловленное подачей напряжения на схему, выполняет первоначальную установку интегральной схемы (ИС НН) – набирает режим готовности [3].

Производственный процесс в шахте сопровождается определенным шумом. Уровни шума 90 – 95 дБА и частоты 50 – 2300 Гц преобладают во время забивания молотом; уровни шума до 115 дБА и выше могут быть зафиксированы при работе комбайна SL300. Уровни шума, превышающие 125 дБА, были зарегистрированы на гидравлических мониторах. Таким образом, шум от горного оборудования превышает максимально допустимый уровень производственного шума более чем на 10 – 20 дБА [4].

В процессе эксплуатации телефонного аппарата ТАШ-1319К на предприятии АО «Ургалуголь» были выявлены следующие недостатки: плохая слышимость собеседника в забое и невозможность определения входящего номера абонента. Недостаток плохой слышимости собеседника в трубке телефона связан с самой конструкцией разговорной части телефонного аппарата.

Для устранения данного недостатка в трансформаторную схему разговорной части был включен усилитель сигнала.

Для устранения второго недостатка в схему телефонного аппарата был добавлен блок автоматического определения номера абонента (АОН). Принцип работы АОН заключается в следующем, абонент А-1, подняв трубку, набирает абоненту А-2. При этом у абонента А-2 по телефонной сети поступает вызов [5].

Телефон подключается к телефонной линии, понижая напряжение, блокируя разговорный такт. Через некоторое время на окончание переходных процессов при коммутации ТЛ, АОН абонента А-2 выдаст на А-1 сигнал «Запрос для АОН» с частотой около 485 – 505 Гц и с уровнем 4,3 дБ и длительностью около 100 мс.

Для А-2 на А-1 декодируется сигнал, и выдают «Ответ на запрос»- номер телефона звонящего абонента А-1 в принятом коде «2 из 6». АОН у абонента А-2 принимает пакет с последующей дешифровкой комбинации.

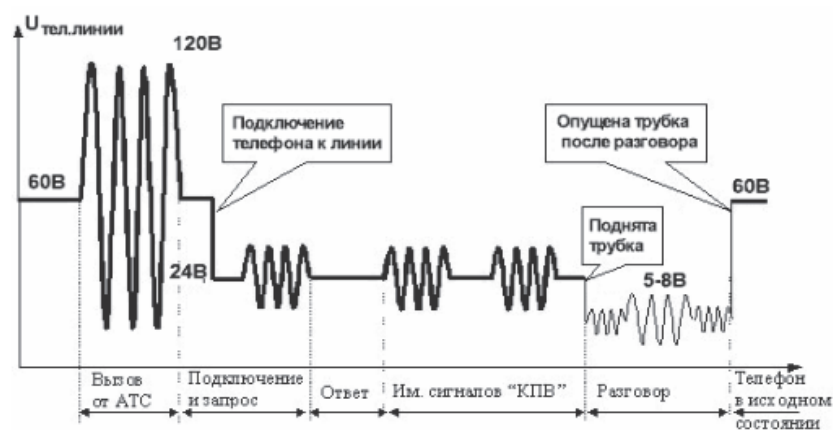


Рисунок 2 – Принцип определения номера

Структурная схема доработки телефонного аппарата ТАШ-1319К приведена на рисунке 3.

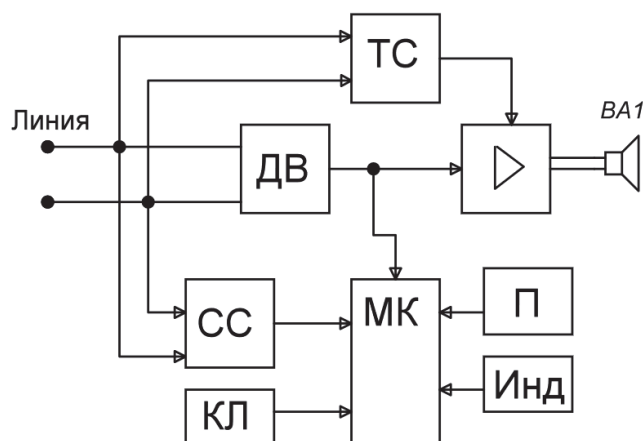


Рисунок 3 – Структурная схема с усилителем и АОН

Доработка осуществляется добавлением данной структурной схемы в виде отдельного блока к структурной схеме рисунка 1. Общими точками подключения между схемами являются телефонная линия и трансформаторная схема (ТС).

Заключение

Таким образом, предложенные технические решения позволили устранить указанные выше функциональные недостатки телефонного аппарата ТАШ-1319К. Благодаря, данным двум доработкам появилась возможность улучшить слышимость собеседника на фоне производственных шумов, а также определения номера вызывающего абонента.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Патент № 2265923 Российская Федерация, МПК H01P3/06, H01B11/18. Излучающий кабель: № 2005104991/09: заявл. 24.02.2005 : опубли. 10.12.2005 / Назаров М.С., Ружин О.К., Гальченков А.А., Гришин К.В., Букатов М.Д.; заявитель Закрытое акционерное общество «Автоматизированные информационные системы и телекоммуникации». – 9 с. // FindPatent.ru: патенты. URL: <https://findpatent.ru/patent/226/2265923.html> (дата обращения: 15.04.2023). Режим доступа: свободный.

2. Состав телефонного аппарата // StudFiles. Файловый архив студентов: сайт. URL: <https://studfile.net/preview/2952922/page:12/> (дата обращения: 11.04.2023). Режим доступа: свободный.

3. Способы набора номера // StudFiles. Файловый архив студентов : сайт. URL: <https://studfile.net/preview/7080694/page:3/> (дата обращения: 10.04.2023). Режим доступа: свободный.

4. James L. Weeks. Вредности, связанные с горным делом и карьерными работами [Электронный ресурс]: сайт. URL: <https://base.safework.ru/iloenc?doc&nd=857200703&nh=0&sssect=0/> (дата обращения: 10.04.2023). Режим доступа: свободный.

5. Принцип работы АОН // АТС ТЕЛЕКОМ: сайт. URL: https://www.ats-telecom.ru/6_information/6_13_aon/6_13_1_princip/6_13_1.htm (дата обращения: 12.04.2023). Режим доступа: свободный.

УДК 621.3.07

Тимохин Петр Александрович, студент, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Timokhin Petr Alexandrovich, student, Komsomolsk-na-Amure State University

Копытов Сергей Михайлович, кандидат технических наук, доцент, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Kopytov Sergey Mihailovich, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, Komsomolsk-na-Amure State University

КОНТРОЛЛЕР ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ КОЛЛЕКТОРНЫМ И БЕСКОЛЛЕКТОРНЫМ ДВИГАТЕЛЯМИ ПОСТОЯННОГО ТОКА

CONTROLLER FOR CONTROLLING DC COLLECTOR AND COMMUTATORLESS MOTORS

Аннотация. Проведение соревнований моделей судов требует определенного алгоритма работы их двигателей, в качестве которых могут использоваться коллекторные и бесколлекторные двигатели постоянного тока. В работе предложено универсальное устройство на базе контроллера Arduino Nano для управления разгоном и работой двигателей обоих типов. Приведены принципиальная схема устройства и листинг управляющей программы контроллера с подробными пояснениями.

Abstract. Conducting competitions of model ships requires a certain algorithm of their engines, which can be used collector and commutatorless DC motors. This paper proposes a universal device based on the Arduino Nano controller for controlling acceleration and operation of both types of motors. A schematic diagram of the device and a listing of the controller's control program with detailed explanations are given.

Ключевые слова: Arduino Nano, коллекторный и бесколлекторный двигатели постоянного тока, согласующий драйвер, листинг программы.

Key words: Arduino Nano, DC collector and commutatorless motors, matching driver, program listing.

Введение

На факультете авиационной и морской техники КнАГУ функционирует опытовый бассейн, в котором регулярно проводятся показательные демонстрации и соревнования судомоделистов со своими моделями. Регламент некоторых соревнований предусматривает прохождение определенной гоночной дистанции, на которой двигатели моделей должны работать необходимое время, а затем отключаться для избежания аварийных столкновений и ухода из заданной зоны. В связи с этим возникла необходимость создания компактного контроллера для управления двигателями моделей по определенному алгоритму.

Основная часть

В настоящее время используются как коллекторные, так и бесколлекторные двигатели постоянного тока. Для универсальности применения контроллера желательна поддержка обоих типов двигателей. Необходимо реализовать плавный разгон двигателя, его работу в задаваемом оператором диапазоне времени от 4 до 20 секунд, желательно обеспечить возможность регулировки максимальной частоты вращения.

Принципиальная схема разработанного контроллера приведена на рисунке 1. В качестве управляющего контроллера использован миниатюрный экономичный контроллер Arduino Nano. Питание устройства осуществляется от аккумуляторной батареи GB1. Ее напряжение одновременно подается на два силовых драйвера: драйвер A2 для управления работой коллекторного двигателя M1 и драйвер A3 для управления работой бесколлекторного двигателя M2. Драйвер A3 имеет выход стабилизированного напряжения +5В, которое используется для питания управляющего контроллера A1 и подается на потенциометры R1 и R2. Микроконтроллер ATmega328 имеет встроенный АЦП с мультиплексором на входе. Поэтому для задания временного интервала работы двигателей и максимальной частоты вращения можно использовать потенциометры.

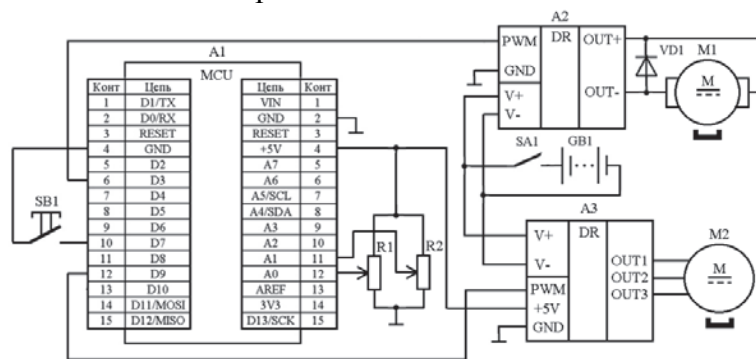


Рисунок 1 – Принципиальная схема разработанного контроллера

Драйвер A2 представляет собой электронный ключ на основе двух параллельно соединенных МОП транзисторов AOD4184 с индуцируемым каналом n-типа [1]. Двигатель M1 подключается к цепи стока ключа. Открытием транзисторов управляет ШИМ сигнал порта D3 контроллера.

Драйвер A3 специализирован для управления бесколлекторным двигателем и имеет встроенный микроконтроллер. С помощью входа PWM драйвер должен быть инициализирован после подачи питания. При дальнейшей работе на данный вход требуется подавать управляющий ШИМ сигнал с определенными параметрами [2].

Кнопка без фиксации SB1 предназначена для запуска вращения двигателей. Подтягивающий к высокому уровню резистор не установлен, поскольку использован встроенный в микроконтроллер резистор Pull Up.

Листинг программы для управляющего микроконтроллера с подробными комментариями приведен ниже.

```
#include <Servo.h> // подключение библиотеки Servo.h
Servo motor; // создание объекта
int mot_pin = 9; // номер порта с ШИМ для БК двигателя
int max_pwm = 2300; // максимальное значение ШИМ 2.3 мс
int min_pwm = 800; // минимальное значение ШИМ 0.8 мс
int count_speed_BK = 0; // текущая скорость БК двигателя
int acp_speed_BK; // заданная скорость БК двигателя
int dwig_PT = 3; // номер порта с ШИМ для двигателя ПТ
int count_speed_PT = 0; // текущая скорость ПТ
int acp_speed_PT; // заданная скорость ПТ
int acp_time; // заданное время работы
```

```

int knopka = 7; // номер порта кнопки

void setup() // однократный цикл
{ pinMode(knopka, INPUT_PULLUP); // порт кнопки на ввод с подтягиваю-
  щим рез.
  motor.attach(mot_pin); // инициализация двигателя
  // калибровка БК двигателя
  delay(1000);
  motor.writeMicroseconds(max_pwm);
  delay(2000);
  motor.writeMicroseconds(min_pwm);
  delay(4000); }

void loop() // бесконечный цикл
{
count_speed_BK = 0; // переменная роста скорости БК двигателя
count_speed_PT = 0; // переменная роста скорости двигателя ПТ
M0:
acr_speed_BK = analogRead(A0); // прочитали заданную скорость с R1
acr_speed_PT = acr_speed_BK/4; // масштабировали до <=255 для двиг. ПТ
acr_time = analogRead(A1); // чтение времени работы с R2
acr_time = acr_time*20; // масштабирование до 20 с
if (digitalRead(knopka) == LOW) {goto M0;} // ожидание нажатия кнопки
M1: // плавный разгон двигателя
  count_speed_BK = count_speed_BK + 8; // постепенное увеличение скорости БК двиг.
  count_speed_PT = count_speed_PT + 2; // постепенное увеличение скорости двиг. ПТ
  if (count_speed_BK < acr_speed_BK)
  {
  int speed=map(count_speed_BK,0,1023,800,2300);
  motor.writeMicroseconds(speed);
  analogWrite(dwig_PT, count_speed_PT);
  delay(15); // интервал для разгона на один шаг
  goto M1;
  }
  delay(acr_time); // время работы двигателя
  int speed=map(0,0,1023,800,2300); // скорость равна нулю
  motor.writeMicroseconds(speed); // остановка БК двигателя
  digitalWrite(dwig_PT, LOW); // выключение двигателя ПТ
}

```

После подачи питания микроконтроллер производит однократную калибровку драйвера бесколлекторного двигателя. Затем начинается бесконечный цикл, в котором микроконтроллер ожидает нажатия кнопки SB1. Периодически он считывает напряжения с потенциометров R1 и R2. Поэтому в любой момент можно установить максимальную частоту вращения двигателей и время их работы.

После нажатия на кнопку начинается плавный разгон двигателей. Время разгона зависит от установленной максимальной частоты вращения. После выхода на максимальное значение частоты двигатели работают заданное время, затем происходит их остановка и переход в режим ожидания и опроса потенциометров.

Заключение

Итогом выполненной работы являются аппаратное и программное решение поставленной задачи по разработке универсального контроллера для управления коллек-

торным и бесколлекторным двигателями, используемыми на моделях судов при проведении соревнований. Испытания контроллера показали его работоспособность в соответствии с техническим заданием.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Макаров Д. Что такое бесколлекторный двигатель постоянного тока и его принцип работы // ASUTPP : сайт. URL : <https://www.asutpp.ru/chto-takoe-beskollektornyj-dvigatel-postoyannogo-toka-i-ego-princip-raboty.html> (дата обращения: 03.03.2023). Режим доступа: свободный.
2. Arduino Nano // 3DiY shop : сайт. URL : <https://3d-diy.ru/wiki/arduino-platy/arduino-nano/> (дата обращения: 03.03.2023). Режим доступа: свободный.
3. Обзор драйвера с парой MOSFET на AOD4184 // RobotChip : сайт. URL : <https://robotchip.ru/obzor-drayvera-s-paroy-mosfet-na-aod4184/> (дата обращения: 03.03.2023). Режим доступа: свободный.
4. Подключение бесколлекторного электродвигателя постоянного тока (BLDC) к Arduino // Мир микроконтроллеров : сайт. URL : <https://microkontroller.ru/arduino-projects/podklyuchenie-elektrodvigatelya-blcd-k-arduino/> (дата обращения: 03.03.2023). Режим доступа: свободный.
5. Бесколлекторный двигатель – устройство, принцип работы и управление // СЗЭМО: сайт. URL: <https://www.szemo.ru/press-tsentr/article/beskollektornyy-dvigatel-ustroystvo-printsip-raboty-i-upravlenie/> (Дата обращения: 03.03.2023) Режим доступа: свободный

УДК 004.9

Федоров Алексей Алексеевич, студент, Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М.А.Бонч-Бруевича

Fedorov Aleksey Alekseevich, student, St. Petersburg State University of Telecommunications. prof. M.A. Bonch-Bruevich

Клабуков Сергей Александрович, студент, Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М.А.Бонч-Бруевича

Klabukov Sergey Alexandrovich, student, St. Petersburg State University of Telecommunications. prof. M.A. Bonch-Bruevich

Пачин Андрей Владимирович, кандидат технических наук, доцент, Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М.А.Бонч-Бруевича

Pachin Andrey Vladimirovich, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, St. Petersburg State University of Telecommunications. prof. M.A. Bonch-Bruevich

АНАЛИЗ МЕТОДОВ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ В ЦЕНТРАХ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ

ANALYSIS OF NON-DESTRUCTIVE TESTING METHODS IN DATA CENTERS

Аннотация. В данной статье приведен анализ методов неразрушающего контроля в центрах обработки данных. Приведены функции центров обработки данных. Рассмотрены визуально-оптический, тепловой, радиационный и виброакустический методы неразрушающего контроля. Заявлено о перспективности виброакустического метода при использовании его совместно с нейронной сетью.

Abstract. In this article, the analysis of non-destructive testing methods in data processing centers is correct. The functions of data processing centers are given. Visual-optical, thermal,

radiation and vibroacoustic methods of non-destructive testing are considered. The vibroacoustic method is declared promising when used in conjunction with a neural network.

Ключевые слова: Методы неразрушающего контроля, центры обработки данных.

Key words: Non-destructive testing methods, data processing centers.

Введение

Рассмотренная тема является актуальной потому как сейчас в мире появляются все более и более комплексные системы, в которых широко используются дорогостоящие материалы и технологически сложные изделия, возможность доступа к которым часто бывает ограничена из-за их подвижности во время работы или достаточно высокой плотности расположения устройств в системе, как например в случае с центрами обработки данных. Именно для таких случаев использование неразрушающего контроля и является самым оптимальным способом испытаний, потому как не разрушает саму систему, и позволяет производить ее диагностику даже во время эксплуатации системы. Целью данной работы являлся анализ методов неразрушающего контроля и поиск оптимального метода для обслуживания центров обработки данных во время их эксплуатации. Основной проблемой, поиском решения которой и является эта статья, была проблема высоких финансовых затрат при установке и эксплуатации большинства устройств, которые позволяют проводить неразрушающий контроль в центрах обработки данных во время их работы.

Основная часть

Центры обработки данных, или дата-центры, безусловно являются сложными инженерными системами и отвечают за бесперебойную работу всего установленного внутри оборудования соответствующей инфраструктуры. Центр обработки данных обязан обеспечивать выполнение таких функций, как:

- бесперебойное обеспечение всех установленных устройств электроэнергией;
- отвод излишнего тепла, которое негативно влияет на работоспособность установленных устройств;
- защита установленных устройств от негативного воздействия окружающей среды;
- предоставление доступа к установленным устройствам сотрудникам дата-центра и ограничение доступа к этим же устройствам посторонним;
- защита установленных устройств от инцидентов.

Зачастую некоторые из систем обеспечивающие вышеперечисленные функции выходят из строя или перестают корректно работать. На устранение неполадок и восстановление работы функций в этих системах требуется большое количество времени, что приводит к простоям всей системы. Для уменьшения времени простоя, путем своевременного обнаружения и устранения неполадок в системе можно использовать методы неразрушающего контроля, которые позволяют осуществлять контроль надежности и основных рабочих свойств и параметров объекта или отдельных его элементов, или узлов, не требуя выведения объекта из работы либо его демонтажа. Чаще всего используются такие методы, как:

1. Визуально-оптический метод неразрушающего контроля. Визуально-оптический метод основывается на получении информации об объекте при визуальном наблюдении или с помощью оптических приборов. Данный метод является достаточно простым и экономически выгодным в своей простейшей вариации, однако при попытке повышения качества контроля затраты на необходимое для этого оборудование сильно вырастают. Так же, как и в прошлом методе понадобится установить несколько камер в каждом шкафу центра обработки данных, а также установить освещение.

2. Тепловой метод неразрушающего контроля. Тепловой метод используется для отображения температуры поверхности на основе инфракрасного излучения, выделяемого объектом, пример работы можно увидеть далее в тексте работы (рисунок 1). При правильном использовании тепловое изображение может использоваться для обнаружения коррозионных повреждений, отложений, пустот, различных включений, а также многих других дефектов и отклонений. Данный метод является достаточно невыгодным с экономической точки зрения, потому что подразумевает под собой использование телевизионных устройств, для которых требуется наличие прямой видимости, а значит в каждый шкаф центра обработки данных придется установить несколько таких устройств.

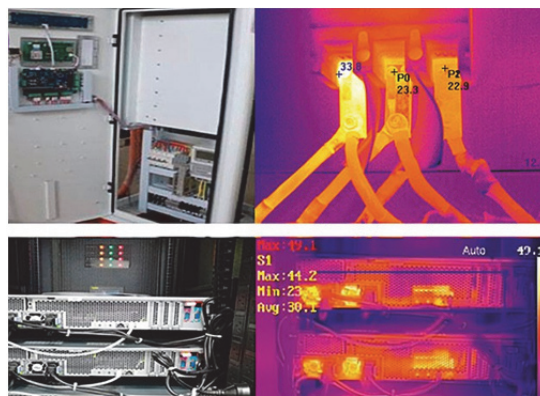


Рисунок 1 – Пример работы теплового метода неразрушающего контроля

3. Радиационные метод неразрушающего контроля. Радиографический метод включает использование либо рентгеновских лучей, либо гамма-лучей для просмотра внутренней структуры компонента. Он часто используется при проверке механизмов, для обнаружения дефектов, некоторые из которых представлены далее в тексте работы (рисунок 2). Также данный метод может использоваться на различных материалах и требует очень небольшой подготовки поверхности. Многие радиографические системы компактны и имеют автономное питание. Однако данный метод также является достаточно финансово затратным из-за дороговизны оборудования, которые он требует для своей реализации.

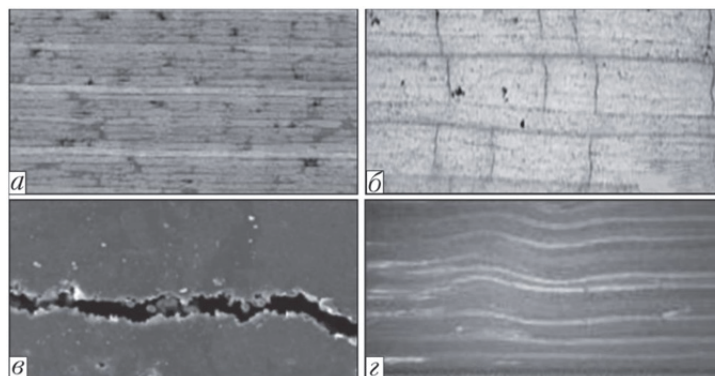


Рисунок 2 – Дефекты КМ: а – поры; б – трещины; в – расслоение; г – волнистость

4. Виброакустический метод неразрушающего контроля. Виброакустический метод машинного оборудования представляет собой техническую диагностику, основанную на оценке степени отклонения параметров технического состояния от нормы по косвенным признакам, а именно, по изменению свойств виброакустических процессов, зависящих от характера взаимодействия комплектующих узлов и деталей. Применение методов виброакустической диагностики, обеспечивает заблаговременное установление наличия дефектов, оценки степени их опасности и оптимального устранения без риска аварий, а также предоставляет прогноз остаточных ресурсов оборудования и скорости развития дефектов в ходе технологического процесса. Для использования данного метода требуется установить всего по 3 микрофона в каждый шкаф центра обработки данных, что является достаточно экономически выгодным из-за низкой стоимости микрофона.

Заключение

Таким образом, виброакустический метод неразрушающего контроля является перспективным методом для использования в центрах обработки данных, потому что данный метод имеет небольшую себестоимость и показывает хорошие результаты точности. Также можно автоматизировать и увеличить эффективность и точность данного метода при использовании его совместно с нейронной сетью, которая будет обрабатывать и анализировать данные, полученные с микрофонов. В дальнейшем мы планируем разработать вышеописанный аппаратно-программный комплекс.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Что такое центр обработки данных (ЦОД)? // Selectel : сайт. URL: <https://selectel.ru/blog/data-center/> (дата обращения: 09.04.2023). Режим доступа: свободный.
2. Современные методы неразрушающего контроля. // ЕЦНК : сайт. URL: <https://ecnk.ru/blog/3589/> (дата обращения: 09.04.2023). Режим доступа: свободный.
3. Тепловые камеры “куб” для дата-центров. // Склад&техника : сайт. URL: <https://sitmag.ru/article/25671>. (дата обращения: 09.04.2023). Режим доступа: свободный.
4. Вибродиагностический метод неразрушающего контроля. // TOFD&ФАЗИРОВАННЫЕ РЕШЕТКИ : сайт. URL: <http://tofd-pa.ru/obuchenie-specialistov/vibrodiagnosticheskij-metod-nerazrushayushhego-kon>. (дата обращения: 09.04.2023). Режим доступа: свободный.
5. Харитонов Д.В., Амосов А.И., Терехин А.В., Анашкина А.А., Маслова Е.В. Экономическая эффективность инновационных операций неразрушающего контроля // Компетентность. - 2022. - №9-10. - С. 38-53.

УДК 62-519

Шебалдин Степан Николаевич, студент, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Shebaldin Stepan Nikolaevich, student, Komsomolsk-na-Amure State University

Любушкина Надежда Николаевна, кандидат технических наук, заведующий кафедрой «Промышленная электроника», Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Liubushkina Nadezhda Nikolaevna, Candidate of Technical Sciences, Head of the Department of Industrial Electronics, Komsomolsk-na-Amure State University

СИСТЕМА УДАЛЕННОГО КОНТРОЛЯ 3D-ПЕЧАТИ

3D-PRINTING REMOTE CONTROL SYSTEM

Аннотация. В современном мире все большую популярность и практическое применение набирают 3D-принтеры. Для увеличения объема и ускорения технологического процесса появилась тенденция объединять несколько устройств в цельный массив, что привело к увеличению времени печати. В связи с этим было принято решение разработать систему, позволяющую удаленно контролировать процесс, а также в случае внештатной ситуации остановить процесс удаленно.

Abstract. 3D-printers are gaining more and more popularity and practical application in the modern world. To increase the volume and speed up the technological process there was a tendency to combine several devices into a single array, which led to an increase in printing time. Therefore, it was decided to develop a system that allows remote control of the process, as well as in case of an emergency to stop the process remotely.

Ключевые слова: 3D-печать, удаленный контроль, камера, Raspberry Pi 4, Octo Pi.

Key words: 3D-printing, remote control, camera Raspberry Pi 4, Octo Pi.

Введение

Сегодня очень быстро развивается рынок 3D-печати и купить 3D-принтер сегодня не роскошь, а вполне обычное приобретение, наравне с хорошим строительным инструментом. Приобретение рядовым энтузиастом нескольких 3D-принтеров уже не редкость. Таким людям не редко нужно определенное место для хранения и работы 3D-принтеров. Многие энтузиасты часто собирают специальный стеллаж – ферму для своих 3D-принтеров, и сталкиваются с такими проблемами, как:

- необходимость нахождения рядом, во избежание чрезвычайных ситуаций, связанных с выходом устройств из строя;

- нет возможности удаленного мониторинга работы каждого принтера.

Разрабатываемая система будет решать проблему отсутствия удаленного контроля.

Основная часть

Для максимального удобства система управления должна иметь возможность управления отдельным принтером фермы из любой точки мира, где есть доступ к интернету. Система управления должна иметь возможность мониторинга (просмотра) процесса 3D-печати через камеры, а также быть удобной для управления с любого устройства.

Система управления построена на базе Raspberry Pi 4 с установленной системой Octo Pi, которая позволит использовать мощности микрокомпьютера для управления 3D-принтером. Основные причины выбора устройств.

Преимущества микроконтроллера Raspberry Pi 4:

- **Хорошие технические характеристики.** Устройство обладает хорошими техническими характеристиками и достойно выглядит в сравнении с другими актуальными моделями одноплатных микрокомпьютеров современности.

- **Большое пользовательское сообщество.** Чем больше комьюнити – тем ниже порог входа и шире коллективная база знаний. С учетом технических характеристик Raspberry Pi 4 не нужно идти на компромисс между хорошими производительностью и технической поддержкой.

- **Умеренный нагрев.** Поколение Raspberry Pi греется сильнее предшественников – но личный опыт показывает, что пассивного охлаждения все еще хватает даже для работы при высоких нагрузках. А схожие по производительности модели на базе чипа RK3399 греются сильнее и нуждаются в более серьезном охлаждении.

Преимущества системы Octo Pi:

- **Открытый исходный код.** Выбранная система управления, она же, прошивка для микрокомпьютера, обладает неоспоримым преимуществом – открытым кодом. Это открывает доступ к безграничным количествам экспериментов и потенциальной возможности постоянно улучшать систему.

- **Простота и безотказность.** Интерфейс Octo Pi весьма интуитивен и прост в освоении, что играет лишь на руку для случайного пользователя.

- **Возможность работы с большинством прошивок принтеров.** Octo Pi способен работать с большинством принтеров, что значительно расширяет границы проекта. Помимо этого, база данных постоянно пополняется новыми моделями, что позволяет идти в ногу со временем и не переживать, что со временем система перестанет быть актуальной.

Изначально система Octo Pi планировала использование отдельного микрокомпьютера для отдельного 3D-принтера, в процессе разработки данной системы было принято решение использовать один микрокомпьютер с более высокой мощностью. Благодаря программным манипуляциям есть возможность создать два и более отдельных клиента Octo Pi, что позволит использовать во всей конструкции только один микрокомпьютер. К данному микрокомпьютеру подводятся провода от 3D-принтера, а также камеры, отражающие ситуацию в каждом отдельном блоке. Основное подключение строится по схеме, показанной на рисунке 1.

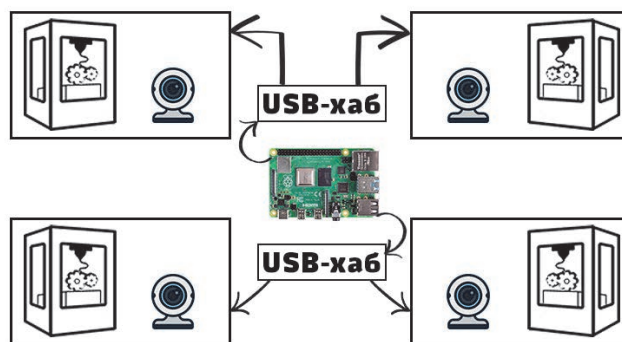


Рисунок 1 – Упрощенная схема подключения системы

Использование отдельных USB-хабов на каждые 2 бокса необходимо, из-за потребляемой камерами энергии. В используемых нами устройствах есть отдельная линия для подачи напряжения в пять вольт для питания устройств напрямую со стороннего источника питания, тем самым мы снижаем нагрузку на USB-контроллер микрокомпьютера.

Заключение

Таким образом, данный проект позволяет решить проблемы, обозначенные во введении. А именно пользователь имеет возможность бесстрашно отходить от рабочего места и быть уверен, что каждый из принтеров работает в нормальном режиме, а в случае чрезвычайной ситуации, имеет возможность поставить на паузу или вовсе прекратить работу всей фермы.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Конструирование цифровых устройств на базе микрокомпьютера Raspberry Pi : учебное пособие / М. И. Пушкарев, А. С. Фадеев, С. В. Ефимов, Е. В. Коновалов. – Томск : Томский политехнический университет, 2018. – 96 с. – ISBN 978-5-4387-0802-5. – Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. – URL: <https://www.iprbookshop.ru/98982.html> (дата обращения: 23.03.2023). – Режим доступа: для авторизир. пользователей

2. Халфакри, Г. Raspberry Pi : официальное руководство для начинающих / Г. Халфакри ; перевод С. В. Черников. – Москва : ДМК Пресс, 2021. – 262 с. – ISBN 978-5-97060-902-6. – Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. – URL: <https://www.iprbookshop.ru/125102.html> (дата обращения: 20.10.2022). – Режим доступа: для авторизир. Пользователей

3. Петин, В. А. Микрокомпьютеры Raspberry Pi : практическое руководство / В. А. Петин. - Санкт-Петербург : БХВ-Петербург, 2015. - 240 с. - (Электроника). - ISBN 978-5-9775-3519-9. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1860823> (дата обращения: 11.04.2023). – Режим доступа: по подписке.

4. Сантос, Р. 20 простых проектов на Raspberry Pi®. Игрушки, инструменты, гаджеты и многое другое : научно-популярное издание / Р. Сантос, С. Сантос ; пер. с англ. М. А. Федотенко. - Москва : Лаборатория знаний, 2020. - 323 с. - ISBN 978-5-00101-884-1. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1203930> (дата обращения: 11.04.2023). – Режим доступа: по подписке.

5. Ботуз, С. П. Интеллектуальные интерактивные системы и технологии управления удаленным доступом: методы и модели управления процессами защиты и сопровождения интеллектуальной собственности в сети Internet/Intranet : учебное пособие / С. П. Ботуз. - 3-е изд., доп. - Москва : СОЛОН-ПРЕСС, 2020. - 340 с. - ISBN 978-5-91359-132-6. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1858776> (дата обращения: 11.04.2023). – Режим доступа: по подписке.

УДК 621.3

Шевкунова Анастасия Владимировна, кандидат технических наук, доцент, Ростовский государственный университет путей сообщения

Shevkunova Anastasia Vladimirovna, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Rostov State Transport University

ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ ОДНОФАЗНОГО ИНВЕРТОРА НАПРЯЖЕНИЯ

INVESTIGATION OF THE OPERATION OF A SINGLE-PHASE VOLTAGE INVERTER

Аннотация. Представлены результаты имитационного моделирования однофазного инвертора напряжения в программе LTSpice, которая является разновидностью SPICE-симуляторов. Кратко описан алгоритм построения модели схемы АИН и ее составные элементы. Наиболее подробно рассмотрены SPICE-директивы, необходимые для получения соответствующих результатов. Результатом проведенного имитационного моделирования стала визуализация формы выходного напряжения, которую можно изменить за очень короткое время, изменив значения некоторых параметров схемы.

Abstract. The results of simulation modeling of a single-phase voltage inverter in the LTSpice program, which is a kind of SPICE simulators, are presented. The algorithm for constructing the AI scheme model and its constituent elements is briefly described. The SPICE directives necessary for obtaining the corresponding results are considered in the most detail. The result of the simulation was the visualization of the shape of the output voltage, which can be changed in a very short time by changing the values of some circuit parameters.

Ключевые слова: LTSpice, однофазный автономный инвертор напряжения, имитационное моделирование, ключ, транзистор, частота, выходное напряжение.

Key words: LTSpice, single-phase independent voltage inverter, simulation, key, transistor, frequency, output voltage.

Введение

Современное электрооборудование представляет собой сложную электромеханическую систему, взаимодействующую с различными преобразовательными установками. Полупроводниковые устройства предназначены для изменения параметров электрической энергии. Одним из характерных параметров переменного напряжения является частота. Для изменения значения частоты используются различные схемы инвертирования, являющиеся составной частью схемы полупроводникового преобразователя. Использование их возможно, как для промежуточного, так и для конечного преобразования частоты.

Автономные инверторы напряжения (АИН) [1, 2] имеют достаточно разнообразные области применения, именно поэтому он считается наилучшим средством преобразования электрической энергии. Провести исследование работы автономного инвертора напряжения возможно методами имитационного моделирования в программной среде LTSpice [3]. Преимущество которого заключается в возможности относительно быстрого исследования свойств объекта и его поведения в различных ситуациях.

LTSpice является SPICE-программой (Simulation Program with Integrated Circuit Emphasis – программа моделирования электронных схем общего назначения с открытым исходным кодом) с достаточно разнообразной библиотекой электронных компонентов и средствами построения и анализа работы электрических цепей [4, 5].

Целью данной работы является моделирование и анализ работы однофазного инвертора напряжения.

Основная часть

Для моделирования однофазного АИН необходимо собрать схему, изображенную на рисунке 1, состоящую из следующих элементов, обозначенных цифрами.

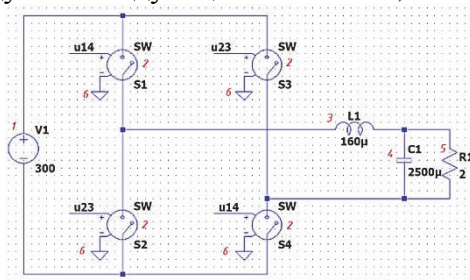


Рисунок 1 – Схема однофазного АИН в программе LTSpice


Номером 1 обозначен источник с величиной постоянного напряжения в 300 В (строка DC value (V)). Этот элемент создает постоянное напряжение между определенными узлами.

В АИН используются двухоперационные ключи. В преобразователях средней и большой мощности, как правило, используются полевые транзисторы с изолированным затвором (в англоязычной литературе – MOSFET).

Технически на схеме, построенной в LTSpice, был использован вместо транзистора такой элемент, как SW (*voltage controlled switch*). По своему логическому поведению он аналогичен двухоперационному ключу или IGBT-транзистору. Ключ имеет три режима управления напряжением, зависящих от значения и полярности напряжения гистерезиса V_h .

Под номером 3 находится L – индуктивность со значением 160 мкГн. Под номером 4 – конденсатор с емкостью в 2500 мкФ. Эти элементы играют роль сглаживающего фильтра.

Номером 5 обозначена нагрузка с сопротивлением в 2 Ом. Также для корректной работы программы все элементы напрямую или косвенно должны быть подключены к нулевому потенциалу 6.

Поскольку в программе LTSpice модель схемы вводится в графическом, а не текстовом виде, то директивы располагаются прямо на схеме в виде текстовых строк. Все директивы моделирования начинаются с точки. Для размещения соответствующей директивы моделирования в рабочем поле программы необходимо нажать кнопку  на панели инструментов.

Используемые директивы для данной схемы, приведены ниже:

1. MODEL – описание модели схемного элемента. Использована данная директива для элемента ключ SW.

2. PARAM – параметры, определяемые пользователем. Директива позволяет создавать переменные, определенные пользователем.

3. TRAN – выполнение анализа переходного процесса. Этот тип анализа обеспечивает наиболее полную симуляцию работы схемы и, по существу, моделирует поведение схемы после подачи питания.

Для управления работой ключей S1–S4 на схеме использованы специальные источники напряжения (*arbitrary behavioral voltage source*), т. е. источники напряжения произвольного поведения. Источники B1 и B2 генерируют напряжение в соответствии с параметрами, взятыми из других точек схемы, т. е. сравниваются напряжения на линиях control и modul.

Рассмотрим принцип работы схемы однофазного автономного инвертора напряжения. Целью данной схемы является получение из постоянного тока синусоидального переменного тока.

При подаче напряжения на ключ $S1$, например, 5 В, он замыкается. При прекращении подачи питания – ключ размыкается. Значения для сглаживающего фильтра подобраны таким образом, чтобы в результате получить синусоидальную форму напряжения и тока.

Работа данного АИН основана на принципе синусоидальной широтно-импульсной модуляции. Ключи, входящие в схему, работают по определенному алгоритму. Например, если открыть диагональ $S1-S4$, то протекание тока будет следующим (рисунок 2, а). Через определенное время закроются ключи $S1$ и $S4$, а откроются $S2$ и $S3$ (рисунок 2, б). Таким образом, попеременно включая рассмотренные диагонали, получаем протекание тока через нагрузку в различных направлениях.

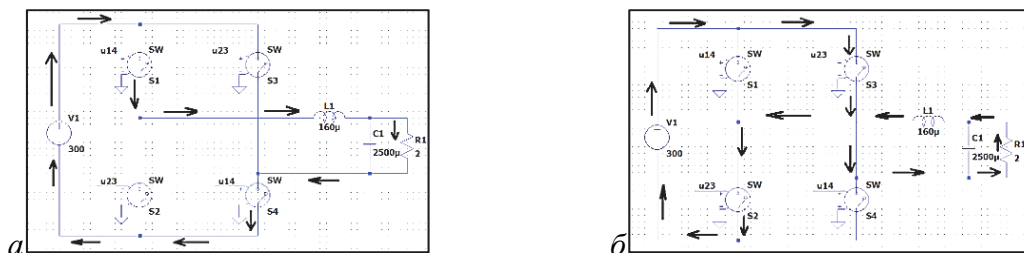


Рисунок 2 – Направление протекания тока через диагональ $S1-S4$ (а) и $S2-S3$ (б)

Исходя из того, что сопротивление нагрузки относительно мало, нет возможности длительной работы ключа, а также данное обстоятельство влияет на получение выходной синусоиды хорошего качества.

Анализ результатов.

Допустим есть некоторое управляющее напряжение, которое задает ту форму напряжения на нагрузке, которую требуется получить. Источник $V2$ (control) формирует синус с частотой 50 Гц с амплитудой в 5 В. Данная синусоида изображена на рисунке 3, ее период составляет 20 мс. Полученное напряжение задает форму выходного сигнала.

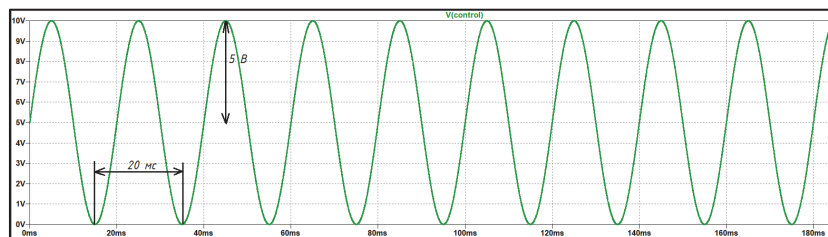


Рисунок 3 – Напряжение, генерируемое источником $V2$

Сверху накладывается несущее или модулирующее напряжение (modul), имеющее пилообразную форму. Напряжение, генерируемое источником $V3$, в пределах одного периода, представлено на рисунке 4.

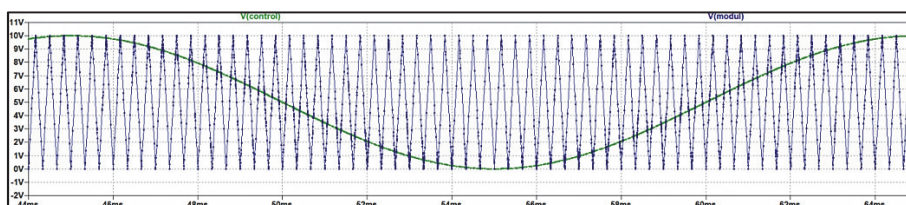


Рисунок 4 – Напряжение, генерируемое источником $V3$

Если синусоида, генерируемая источником $V2$, выше чем «пила», то в этом случае в работу вступает диагональ $S1-S4$.

В итоге получаем сформированные импульсы, у которых период следования одинаков, частота следования $f_s = 1$ кГц, а ширина варьируется в зависимости от соотношения сигналов, подаваемых источниками $V2$ и $V3$. Вследствие такой работы на нагрузку подается напряжение определенной формы (прямоугольной) (рисунок 5).

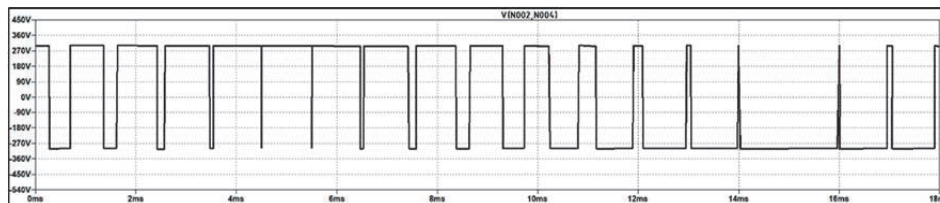


Рисунок 5 – Демонстрация напряжения, подаваемого на нагрузку

Благодаря наличию в цепи сглаживающего фильтра на нагрузке формируется форма напряжения, изображенная на рисунке 6, *а*, близкая к синусоидальной форме. Если же, например, увеличить частоту переключения ключей f_s до 3 кГц, то синусоида станет более плавной (рисунок 6, *б*).

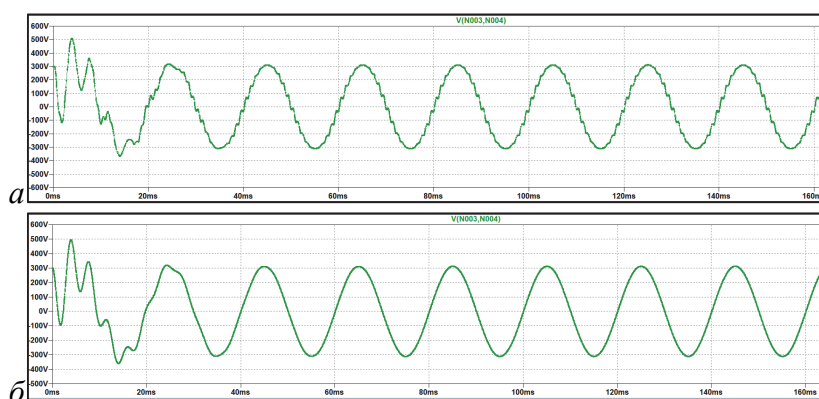


Рисунок 6 – Демонстрация напряжения на нагрузке при $f_s = 1000$ Гц (*а*) и $f_s = 3000$ Гц (*б*)

Заключение

В данной статье было произведено имитационное моделирование однофазного АИН и проведено исследование его работы с помощью программы LTSpice. Преимущество данного метода заключается в возможности получения необходимых свойств изучаемого объекта и его поведения в различных ситуациях за относительно небольшой промежуток времени. Имитационное моделирование представляет собой некий синтез теоретических и экспериментальных методов изучения объектов, что нам и показали полученные результаты. Из представленного материала можно сделать вывод, что частота переключения ключей оказывает значительное влияние на форму синусоиды выходного напряжения.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Автономные инверторы : учебное пособие / Д. Н. Томашевский. – Екатеринбург : Изд-во Урал. ун-та, 2019. – 120 с.
2. Шевкунова, А.В. Использование LTSpice для построения характеристик биполярного транзистора (BJT) / А.В. Шевкунова // Инновационные технологии: теория, инструменты, практика. – 2020. – Т. 1. – С. 161-167.
3. Володин, В.Я. LTSpice: компьютерное моделирование электронных схем / В.Я. Володин. – СПб. : БХВ-Петербург, 2010. – 400 с.
4. Кукушкин, Ф.А. Применение средств моделирования LTSpice IV при проектировании инверторных источников питания / Ф.А. Кукушкин, Л.С. Майорова, К.В.

Куликов // Состояние и перспективы развития электро- и теплотехнологии (XIX Бенардосовские чтения). Материалы Международной научно-технической конференции, посвященной 175-летию со дня рождения Н.Н. Бенардоса. – 2017. – С. 29-32.

5. Эншлоу, Р. Моделирование передачи питания с помощью симулятора LTSpice / Р. Эншлоу // Компоненты и технологии. – 2021. – № 7 (240). – С. 91-98.

УДК 615.837.3

Шibaева Диана Денисовна, студент, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Shibaeva Diana Denisovna, student, Komsomolsk-na-Amure State University

Шибeko Роман Владимирович, старший преподаватель кафедры «Промышленная электроника», Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Shibeko Roman Vladimirovich, Senior Lecturer, Department of Industrial Electronics, Komsomolsk-na-Amure State University

УЛЬТРАЗВУКОВОЕ ФИЗИОТЕРАПЕВТИЧЕСКОЕ УСТРОЙСТВО

ULTRASONIC PHYSIOTHERAPY DEVICE

Аннотация. В статье поясняются действия ультразвука на организм человека; описывается предложенное ультразвуковое физиотерапевтическое устройство: назначение, режимы работы, параметры режимов и способы их задания на органах управления, индикация на панели управления. Произведен синтез структурной схемы и поясняются блоки устройства. Представлена функциональная схема устройства. Сделаны выводы о сфере применения устройства.

Abstract. The article explains the effects of ultrasound on the human body; the proposed ultrasonic physiotherapy device is described: purpose, operating modes, mode parameters and methods for setting them on the controls, indication on the control panel. The block diagram was synthesized and the device blocks are explained. A functional diagram of the device is presented. Conclusions are drawn about the scope of the device.

Ключевые слова: физиотерапия, ультразвук, импульсы, микроконтроллер, датчики.

Key words: physiotherapy, ultrasound, impulses, microcontroller, sensors.

Введение

В лечении ультразвуком различают действие механического, теплового и физико-химического факторов, которые определяют первичные эффекты, возникающие в тканях. Ультразвуковую терапию можно применять в импульсном или непрерывном режиме. При импульсном режиме преобладает механическое действие ультразвука, поскольку теплообразование в тканях выражено слабо.

Практический опыт использования обоих режимов показал, что применение непрерывного режима позволяет получать лучшие результаты лечения по сравнению с импульсным. Однако совместное применение импульсного и непрерывного режимов уменьшают привыкание организма к процедурам и, соответственно, снижение лечебного эффекта. Широкое распространение получил метод ультразвукового фонофореза, позволяющий вводить лекарственные препаратов в ткани организма с помощью ультразвука.

Основная часть

Ниже представлено ультразвуковое физиотерапевтическое устройство. Для терапии применяют ультразвуковые колебания с разными частотами, в основном 0,88 и 2,63 МГц. В представленном приборе частота и уровень интенсивности колебаний ре-

гулируются ручками настройки на передней панели. Частота настраивается в диапазоне 0,5 – 3,0 МГц с шагом 0,01 МГц, а уровень интенсивности колебаний – в диапазоне от 0 до 2,5 Вт/см² с шагом 0,5 Вт/см². Выбранные настройки отображаются на индикаторах.

Режим работы может быть импульсным (сигнал подается пачками импульсов с длительностью импульсов 2, 4 и 10 мс) и непрерывным (сигнал подается на излучатель постоянно), и выбирается с помощью переключателя. Время сеанса до 90 минут с шагом 10 секунд выставляется с помощью ручки и отображается на индикаторе.

После выставления настроек по нажатию кнопки «Старт» начинается сеанс терапии. Он завершится отключением излучения самостоятельно по окончании времени, заданного таймером, или вручную, при нажатии кнопки «Стоп». По окончании сеанса прозвучит звуковой сигнал, а индикаторы времени замигают.

На рисунке 1 представлен внешний вид панели управления устройства.



Рисунок 1 – Внешний вид панели управления устройства

На рисунке 2 представлена структурная схема устройства.



Рисунок 2 – Структурная схема устройства

Основной частью устройства является микроконтроллер, реализующий функции управления, а также осуществляющий генерацию ультразвуковых колебаний с помощью внутреннего таймера/счетчика.

Выдаваемые портами МК ток и напряжение недостаточны для работы с пьезоизлучателем, поэтому сигнал подается на усилитель, преобразующий его из однополярного в двухполярный, увеличивающий амплитуду напряжения и обеспечивающий достаточную выходную мощность сигнала. Для регулирования мощности излучения, используется блок PGA (усилитель с программируемым коэффициентом усиления).

С помощью датчика тока и датчика напряжения выполняется контроль выходного ультразвукового сигнала и тем самым реализуется обратная связь по отдаваемой мощности на излучателе. Схема согласования используется для согласования выходного сопротивления усилителя с входным сопротивлением излучателя, а также для фильтрации выходного сигнала.

Часы реального времени необходимы для учета и формирования интервала времени процедур, а также для ведения протокола. Для воспроизведения звукового сигнала об окончании сеанса используется пьезодинамик.

Энергопитание устройства осуществляется сетевым блоком питания, работающим от 220 В.

Функциональная схема устройства представлена на рисунке 3.

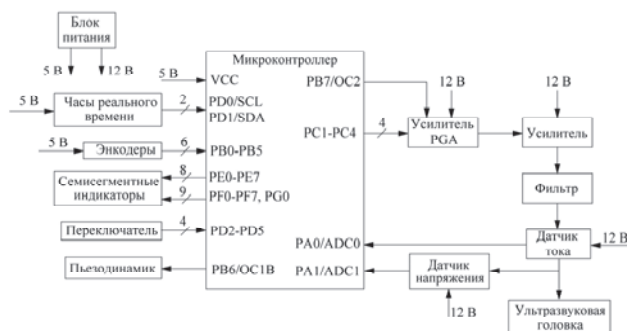


Рисунок 3 – Функциональная схема устройства

Заключение

В целом ультразвуковая терапия обладает болеутоляющим, противовоспалительным, рассасывающим, десенсибилизирующим, фибринолитическим, трофическим эффектами и может иметь широкие показания в ортопедии, неврологии, гинекологии, гастроэнтерологии, пульмонологии дыхания, дерматологии, офтальмологии. Исходя из этого актуальность устройства, несомненно, большая.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Венцак, Е. В. Физиотерапия и физиопрофилактика : учебное пособие / Е. В. Венцак ; ФГБОУ ВО ИГМУ Минздрава России, Кафедра факультетской терапии. - Иркутск : Иркут. гос. мед. ун-т, 2019. - 144 с.
2. Физиотерапия : национальное руководство / С.Г. Абрамович, В.В. Адилов, Г.Н. Пономаренко. – Москва : ГЭОТАР-Медиа, 2014. - 864 с.
3. Основы физиотерапии и курортологии: Учебное пособие / Г.А. Мороз, В.В. Ежов, Н.В. Матвеева [и др.]. - Симферополь: Издат. центр ФГЛОУ ВО «КФУ им. В.И. Вернадского». - 2015. - 244 с.
4. Мойсов, А.А. Ультразвуковая терапия // ORTOMED.INFO : сайт : <https://www.ortomed.info/articles/fizioterapiya/metody-fizioterapii/ultrazvukovaya-terapiya/> (дата обращения: 02.04.2023).
5. Резникова, В.С. Терапевтическое применение ультразвуковых волн : Благовещенск : Амур гос. мед. акад., 2007. 24 с. Электрон, версия печ. изд. URL: https://www.amursma.ru/upload/iblock/ce7/7a91c8824edabb9506e71d2fa_94196af.pdf (дата обращения: 03.04.2023). Доступна на сайте amursma.ru.

УДК 617-7

Штейнле Полина Михайловна, студент, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Steinle Polina Mikhailovna, student of Komsomolsk-na-Amure State University

Любушкина Надежда Николаевна, кандидат технических наук, доцент, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Liubushkina Nadezhda Nikolaevna, Candidate of Technical Sciences, Head of the Department of Industrial Electronics, Komsomolsk-na-Amure State University

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ ЗА УРОВНЕМ УГАРНОГО И УГЛЕКИСЛОГО ГАЗОВ

DEVELOPMENT OF A CONTROL SYSTEM FOR THE LEVEL OF CARBON MONOXIDE AND CARBON DIOXIDE

Аннотация. Воздух, или правильнее сказать – свежий воздух, является именно тем основным, жизненно важным компонентом, который должен обязательно учитываться в повседневной жизни человека. Загрязненный воздух опасен для здоровья. Качества воздуха имеет значение для здоровья человека. Непосредственную угрозу для жизни

представляет угарный газ. Чтоб избежать этой угрозы необходимо обеспечить чистоту воздуха в домах, квартирах, офисах и контроль над содержанием уровня газов в помещениях, ведь большую часть времени мы проводим именно внутри помещений: работаем, учимся, отдыхаем. Люди давно нашли решение этому вопросу и разработали специальные приборы, обеспечивающие качественный мониторинг окружающего воздуха. Abstract. Air, or more precisely, fresh air, is precisely the main, vital component that must be taken into account in a person's daily life. Polluted air is dangerous to health. Air quality is important for human health. Carbon monoxide poses an immediate threat to life. To avoid this threat, it is necessary to ensure the cleanliness of the air in houses, apartments, offices and control over the level of gases in the premises, because most of the time we spend inside the premises: work, study, rest. People have long found a solution to this issue and have developed special devices that provide high-quality monitoring of the surrounding air.

Ключевые слова: системы, уровень газов, угарный газ, углекислый газ.

Key words: systems, gas levels, carbon monoxide, carbon dioxide.

Введение

Разработка системы контроля над содержанием уровня газов в помещении особенно важна в нашей жизни. От качества воздуха зависит работоспособность и безопасность человека. Кроме того, загрязненный воздух представляет угрозу здоровью человека.

Угарный газ – это непосредственная угроза для жизни. Он невидим, не имеет ни запаха, ни цвета, и становится причиной недомогания и даже отравления. Люди не всегда понимают, что происходит отравление угарным газом, человек просто теряет ориентацию, его клонит в сон, дальше только смерть. Осуществлять контроль над состоянием воздуха необходимо в таких помещениях как: учебные заведения (особенно детские садики), медицинские учреждения, производственные помещения, дома, использующие печное отопление.

Углекислый газ (CO₂) участвует в метаболических процессах. Он регулирует работу дыхательного центра, возбудимость нервной системы, активность многих ферментов и гормонов, отвечает за электролитный состав крови, тонус центральной нервной системы, сосудов и бронхов, поддерживает обмен веществ. Следовательно, недостаток CO₂ напрямую влияет на все биохимические реакции организма человека. Углекислый газ образуется при работе двигателей внутреннего сгорания, горении топлива. Более актуальна эта проблема в холодное время года, когда не работают кондиционеры, окна закрыты.

Основная часть

Датчики CO₂ – приборы, обеспечивающие качественный мониторинг окружающего воздуха. Главное достоинство всех видов сигнализаторов угарного и углекислого газа – безопасность функционирования:

- несложное управление;
- моментальное срабатывание;
- низкое потребление энергии.

Недостаток у большинства моделей лишь один – существует вероятность ложного срабатывания.

На современном рынке присутствуют различные датчики угарного газа имеют большую номенклатуру и широкий функционал. Ниже представлены некоторые из них, взятые за аналоги.

FIBARO CO Sensor FGCD-001. Модель способна функционировать как отдельно, так и в системе умного дома. Достоинства этого датчика в повышенной чувствительности, быстром реагировании на повышение уровня в окружающей среде. Высокий уровень отображается с помощью звукового сигнала и светодиодом.

FireAngel CO-9D. Датчик угарного газа способен улавливать достаточно низкий уровень CO. В этом датчике так же имеется тетрамтр. В данной модели аварийный сигнал подается светом и звуком. Главное достоинство – вмонтированный аккумулятор работает без подзарядки, срок службы до 7 лет.

Анализатор углекислого газа AZ CO2_EU. Данное устройство может быть связано с системой вентиляции, а также задать значение, по которому будет происходить включение вентиляции или отключения системы.

Датчик 8802-EN-00. Датчик является вертикально стоящим и портативным. Габариты датчика малы, благодаря, этому его можно использовать как переносное устройство. На жидкокристаллическом экране фиксируются такие показания как: температура, концентрация газов в помещении, дата и время, давление.

На рисунке 1 представлена структурная схема разрабатываемой системы контроля за уровнем угарного и углекислого газов.

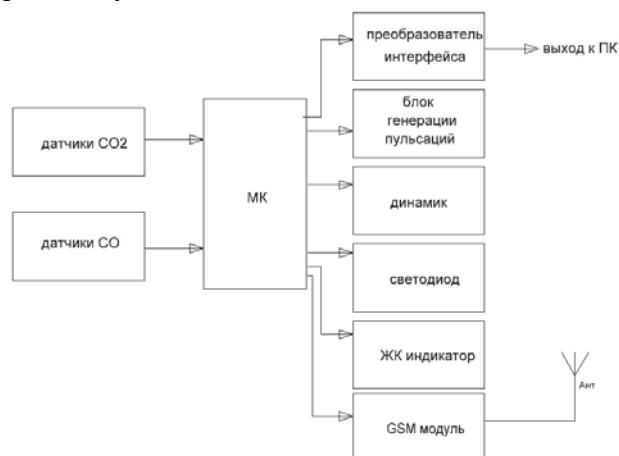


Рисунок 1 – Структурная схема системы контроля за уровнем угарного и углекислого газов

Необходимый результат достигается тем, то детектор угарного и углекислого газа включает микроконтроллер для считываний аналогового сигнала. С подклеенного полупроводникового датчика измерения концентрации газа. Жидкокристаллический индикатор подключен по цифровому интерфейсу. На нем отображаются данные о повышении концентрации газов. За отправку СМС на телефон пользователя отвечает GSM-модуль. К микроконтроллеру подключена дополнительная микросхема преобразователя интерфейсов, с помощью которой осуществляется сбор информации на компьютере. Яркие светодиоды и звуковой динамик, подключенные к микроконтроллеру, предупреждают о повышении концентрации уровня угарного и углекислого газа.

Заключение

Угарный газ является продуктом горения, который выходит из неверно настроенного камина, газовой плиты или котла. В отличие от бытового не обладает ярким запахом, что в сочетании с высокой токсичностью делает его смертельно опасным для человека. Концентрации всего лишь в 1% достаточно для летального исхода в течение трех минут вдыхания. Именно поэтому СО называют невидимым убийцей. Отслеживание концентрации углекислого газа также важно для здоровья человека Исходя из этого проектирование системы для контроля указанных газов актуально.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Кравченко, Е Датчик угарного газа для дома: подробно о приборах регистрации утечки // Совет инженера. Интернет-энциклопедия инженерно-технического обеспечения по обустройству сетей инженерно-технического обеспечения : сайт. URL:

<https://sovet-ingenera.com/gaz/safety/datchik-ugarnogo-gaza.html> (дата обращения 10.04.2023). Режим доступа: свободный

2. Admin. Принцип действия датчика углекислого газа, варианты дешевых комнатных газоанализаторов // ООО «Теру» : сайт. URL: https://uglekislygaz.ru/datchiki/gazoanalizatory/#_1 (дата обращения 30.03.2023). Режим доступа: свободный

3. Датчик угарного газа – как он работает и какой выбрать? // Современные и модные кухни : сайт. URL: <https://minikuhonka.ru/Датчик-угарного-газа-как-его-выбрать>. (дата обращения 31.03.2023) Режим доступа: свободный

4. Датчики угарного газа (СО) // Умный дом или дом по уму. Проектирование систем Умный Дом, электрики и слаботочных систем : сайт. <https://home-matic.ru/2020/06/datchiki-ugarnogo-gaza-co/> (дата обращения 11.04.2023). Режим доступа: свободный

5. Датчики угарного газа: характеристики, разновидности, выбор и установка // СТРОЙ ПОДСКАЗКА : сайт. URL: <https://stroy-podskazka.ru/elektrika-dlya-umnogo-doma/datchiki-ugarnogo-gaza/> (дата обращения 27.03.2023). Режим доступа: свободный

СЕКЦИЯ 7

**НАЗЕМНЫЙ ТРАНСПОРТ,
АВИАЦИОННАЯ И МОРСКАЯ ТЕХНИКА**

УДК 629.33

Беляев Юрий Владимирович, студент, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Belyaev Yuriy Vladimirovich, student, Komsomolsk-na-Amure State University

Смирнов Алексей Владимирович, кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой «Тепловые энергетические установки», Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Smirnov Aleksey Vladimirovich, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, Head of the Department "Heat power plants", Komsomolsk-na-Amure State University

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВОДОРОДА КАК ИСТОЧНИКА ЭНЕРГИИ НА АВТОМОБИЛЬНОМ ТРАНСПОРТЕ

THE USE OF HYDROGEN AS AN ENERGY SOURCE IN ROAD TRANSPORT

Аннотация. Применение в автомобильном транспорте углеводородного топлива приводит к существенному загрязнению окружающей среды, учитывая развитие транспортной отрасли. Решением, позволяющим значительно улучшить экологические показатели, а также повысить энергетическую эффективность силовой установки автомобиля, является применение водорода как источника энергии. При этом водород можно использовать как в составе топливных элементов, так и в качестве топлива для сжигания. Все это открывает большие перспективы в развитии транспортной отрасли страны.

Abstract. The use of hydrocarbon fuels in road transport leads to significant environmental pollution, taking into account the development of the transport industry. The solution that can significantly improve environmental performance, as well as increase the energy efficiency of the power plant of the car, is the use of hydrogen as an energy source. At the same time, hydrogen can be used both as a part of fuel cells and as a fuel for combustion. All this opens up great prospects in the development of the country's transport industry.

Ключевые слова: автомобиль, экологические показатели, водород, топливные элементы, топливная смесь.

Key words: car, environmental indicators, hydrogen, fuel cells, fuel mixture.

Введение

В настоящее время на транспорте, в том числе автомобильном, основным источником энергии является углеводородное топливо (жидкое и газообразное). Но применение указанных видов топлива приводит к появлению выбросов вредных веществ в окружающую среду. Данная проблема еще больше усугубляется с интенсивно возрастающим количеством единиц транспорта. Поэтому в последние годы все больший интерес вызывает применение альтернативных источников энергии для автомобильного транспорта – например, водородного топлива.

Основная часть

Водородная энергетика сформировалась в самостоятельное направление в середине 70-х годов XX века. По мере решения вопросов, связанных с получением, хранением, транспортировкой и использованием водорода, становились очевидными экологические преимущества водородных технологий [1]. При этом применение водорода возможно по различному назначению: в качестве сырья для топливных элементов, непосредственно как топливо на транспорте, в системах хранения и др. Установки и системы, использующие водород, приобретают качественно новые показатели в своей работе. Проведенные технико-экономические расчеты показали, что, несмотря на высокую стоимость водорода, применение его в ряде случаев является экономически целесообразным [1].

В качестве основных водородных технологий, получающих в настоящее время развитие, можно выделить следующие: технологии производства, транспортировки, хранения и использования жидкого, сжатого и связанного водорода, водородные автомобили, космические аппараты, суда и корабли с топливными элементами, водородные системы энергообеспечения на основе топливных элементов и мощные водородные энергоустановки, металлгидридные и нанотехнологии аккумулирования и очистки водорода, разработка и создание элементов водородной инфраструктуры [1].

Особенности водорода как горючего и энергоносителя, вызывающие к нему повышенный интерес, заключаются в следующем:

- возможность использования водорода в качестве топлива в тепловых установках с целью производства электроэнергии;
- возможность использования водорода в качестве энергоносителя для транспортировки в газообразном, жидком и связанном состояниях;
- возможность аккумулирования энергии при помощи водорода;
- наибольшая теплотворная способность по сравнению с прочими видами органического топлива;
- практически не ограниченные запасы;
- наименьшее отрицательное воздействие на окружающую среду.

Таким образом, развитие водородных технологий весьма перспективно.

В автомобильной промышленности данное направление в последние годы развивается наиболее активно, что связано с экологическими и топливными проблемами транспорта. Так по данным источника [1], автомобили представляют собой один из основных источников загрязнения окружающей среды. Доля выбросов от автомобилей составляет: CO_2 – 50%, CO – 70%, NO_x – 39%, C_nH_m – 30%, твердые частицы – 22%. Что касается объема потребляемых топливных ресурсов, то они составляют около одной трети.

В связи с указанными проблемами, во многих странах появились и развиваются программы по разработке экологически чистых автомобилей, работающих на водородном топливе. Основным направлением при этом является использование топливных элементов с твердополимерной мембраной (PEMFC) и электроприводом, и гибридных двигательных установок.

Пример гибридной установки показан на рисунке 1. В состав установки входят электрохимический генератор или двигатель внутреннего сгорания, аккумуляторная батарея либо мощный конденсатор. Роль последних заключается в накоплении энергии с последующим возвратом, когда это оказывается необходимым.

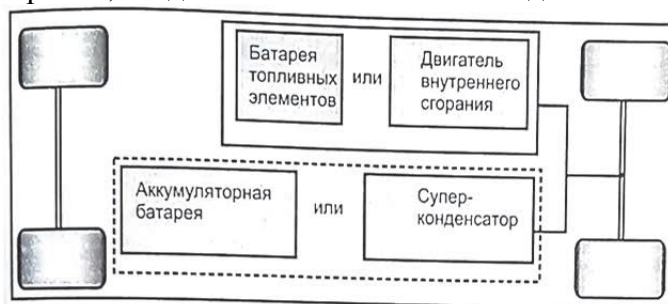


Рисунок 1 – Схема гибридной установки

Топливные элементы, используемые в гибридной установке в качестве источника энергии, позволяют непосредственно получать электрическую энергию из химической энергии топлива с окислителем с высокой энергетической и экологической эффективностью. Электрический к.п.д. установок с топливными элементами достигает 40-60%, а если использовать еще утилизацию теплоты, то 80-85%. Применение в энергетических установках топливных элементов делает их практически бесшумными, значительно снижает выбросы вредных веществ (по сравнению с тепловыми установками

на 2-3 порядка ниже). При этом к.п.д. установок практически не зависит от мощности или даже увеличивается с уменьшением мощности [1].

Вместе с тем, топливным элементам присущи и недостатки. В зависимости от вида топливного элемента возможны следующие отрицательные моменты: щелочные топливные элементы – это повышенная коррозия и высокая стоимость электродов, необходимость иметь пористую матрицу с одновременным исключением смешивания газов, чувствительность к чистоте компонентов; твёрдополимерные топливные элементы – высокая стоимость (за счёт дорогой мембраны), меньшая энергетическая эффективность по сравнению с щелочными элементами. Также необходимо иметь надёжную и безопасную систему для хранения и использования водорода, так как это взрывоопасный газ [2]. А в работе [3], например, говорится о том, что основным препятствием на пути широкомасштабного применения топливных элементов является их высокая стоимость по отношению к другим установкам, производящим электрическую энергию или приводящим в движение транспортные средства.

Интересным представляется использование водорода в качестве горючего в двигателях внутреннего сгорания. Газ можно сжигать как в чистом виде, так и использовать в качестве добавки к основному топливу. Существующий пример по сжиганию смеси бензина и водорода демонстрирует значительное повышение к.п.д. двигателя и улучшение экологических характеристик [4].

В работе [5] говорится о потенциальном использовании в качестве топлива хитана или гитана (от англ. *hythane*), который представляет собой газообразную смесь 10-30% водорода и 70-90% метана, производимую в настоящее время из нефти и природного газа. Добавление водорода к природному газу улучшает процесс сгорания в двигателе и снижает выбросы углекислого газа и окиси азота, поскольку водород является экологически чистым топливом.

Заключение

Приведенные выше сведения о существующих на сегодня водородных технологиях, примерах их использования в технике, позволяют сделать вывод о том, что данное направление является весьма перспективным как с точки зрения повышения технико-экономических показателей установок, так и с точки зрения улучшения экологических характеристик. А современное состояние отечественных научных и технологических разработок в области водородной энергетики обуславливает возможность уже сегодня приступить к практическому внедрению водородных технологий.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Шаманов, Н. П. Электрохимические транспортные установки с водородным топливом / Н. П. Шаманов, А. Н. Калмыков – СПб.: СПбГМТУ, 2006. – 306 с.
2. Топливные элементы для экологически чистого автомобильного транспорта / Ю. М. Аверина, Д. Ю. Графов, Н. А. Моисеева, Е. О. Рыбина // Успехи в химии и химической технологии. – 2018. – Т.32, № 14(210). – С. 9-12.
3. Беляев, С. В. Перспективы применения водородных топливных элементов на автомобилях/ С. В. Беляев // Труды лесоинженерного факультета ПетрГУ. – 2005. – № 5. – С. 6-9.
4. Применение водорода на городском автомобильном транспорте / А. Ю. Раменский, П. Б. Шелищ, С. И. Нефедкин, В. Ф. Машкин // Водородный всеобуч. – 2006. – №3. – С. 27.
5. Realizing higher value output from biomass conversion to biogas through the production of biohydrogen, biomethane, and biohythane / Shaliza Ibrahim, Azam Akhbari // Value-Chain of Biofuels, Fundamentals, Technology, and Standardization. – 2022. – Chapter 14. – P. 317-334.

ным 271 тыс. тонн (147 тыс. тонн горбуши) — освоение 84% По прибрежным квотам добыто около 26,43 тыс. тонн. Промысел базируется на таких рыбах, как минтай, сельдь, треска, навага, камбалы, песчанка, морские окуни, тихоокеанские лососи и др. Именно последняя группа (лососевые - кета, горбуша, нерка и др.) являются главным богатством Охотского моря. Лососи зимуют в водах Тихого океана, к юго-востоку от Курильских островов, затем идут на нерест в реки западной Камчатки, Сахалина и северного побережья Охотского моря [1].

Путина лососевых ограничена с середины июня по конец ноября в разных районах Сахалина, Курил и Камчатки [2]. Сельдевые породы появляются в уже начале мая и вылов происходит до середины июня [3]. Перед этим с января по апрель происходит добыча минтая [4].

Сейчас активно развивается научно-исследовательские программы по наблюдению и исследованию рыбного хозяйства, что ведет к своевременному ограничению или увеличению вылова. Это помогает сохранить и увеличить популяцию не только ценных пород рыбы, но и всего промысла в целом. На данный момент в Охотском море отмечен успешный нерест и прибавка за счет поколений 2021 г. и 2022 г., что ведет к увеличению рыбопромыслового флота и квот на добычу.

Характеристика шельфовой зоны побережья Охотского моря

Глубина Охотского моря минимальная 53 м, максимальная 3916 м и средняя-821 м. В рельефе дна представлены формы, характерные для переходной зоны: глубоководная котловина, по периметру окаймленная островными дугами и глубоководными желобами. Шельф узкий, прерывистый. Материковый склон преимущественно крутой и расчлененный. Обширная котловина моря по размерам и глубинам сопоставима с впадинами открытого океана. Дно котловины расчленено крупными поднятиями и глубокими депрессиями.

В Охотском море хорошо выражены различные виды периодических приливных течений: полусуточные, суточные и смешанные с преобладанием полусуточной или суточной составляющих. Скорости приливных течений от нескольких сантиметров до 4 м/с. Вдали от берегов скорости течений невелики - 5–10 см/с. В проливах, заливах и у берегов их скорости значительно возрастают. Осенью высота приливов может достигать 4–6 м. Лед на Охотском море образуется с ноября по апрель.

Ведущие рыбоперерабатывающие предприятия Охотского моря

Одними из ведущих предприятий по рыбопереработке в зоне Охотского моря являются:

– Озерновский РКЗ № 55. Данный завод профилируется и на работе с морским ставным неводом в прибрежной зоне. В сутки рыбоконсервный цех способен принимать до 500 тонн лосося [5].

– ООО ПКФ «Южно-Курильский рыбокомбинат». Является одним из крупнейших рыбодобывающих предприятий Сахалинской области. Объем вылова достигает 42 тысяч тонн в год [6].

– ЗАО Курильский рыбац. Основными видами деятельности предприятия являются рыбодобыча и рыбопереработка. Имеет собственный рыболовный и транспортный флот. Четыре собственных рыбоперерабатывающих завода, три находятся на острове Итуруп и один на острове Шикотан позволяют перерабатывать большую часть уловов [7].

– Рыболовецкий колхоз им. Кирова. На сегодняшний день колхоз – единственное на Сахалине предприятие круглогодичной переработки рыбы, выпускающее консервы.

Каждое из упомянутых предприятий занимается переработкой живой и свежей рыбы. Для доставки ее используется либо автомобильный, либо водный транспорт. Качество продукции зависит от средства передвижения, когда рыба грузится в автомобиле и

перемещается по дороге, она подвергается смятию и деформации, суда перевозят наиболее качественный товар. Поэтому все рассмотренные предприятия имеют либо свой флот, либо наемные суда, занимающиеся выловом и доставкой к месту переработки.

Технология промысла и транспортировки рыбы на переработку

Для проведения прибрежного рыбного промысла устанавливаются сети, составляющие ставной невод, на его монтаж может уйти от 2 до 3 недель, после закрепления ловушки рыба уже сама заходит в нее и сохраняется живой даже при сдаче на завод. Когда невод наполняется, его вручную перебирают, и рыбу с помощью насоса переливают в «прорезь» для транспортировки на переработку к судам, стоящим на рейде, или к заводу. После прибытия к месту назначения груз перемещают с помощью крана, который подцепляет заранее натянутые в трюмах сети. Таким образом, рыба получает минимальное количество механических повреждений.

Заключение

После проведенного анализа сделаны выводы, что Охотское море, благоприятный район для вылова рыбы, он богат различными биоресурсами и оснащен прибрежными предприятиями для их переработки. Также все места вылова, как правило, расположены не далеко от места разгрузки. Таким образом, Охотское море благоприятно для вылова и доставки свежей рыбы, что при отсутствии рефрижераторов делает доступным прибрежный лов, также этому способствуют рельеф дна и уровень воды.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Объединенная пресс-служба Рыболовства // Дальневосточный научно-промысловый совет оценил итоги лососевой путины – 2022. – URL: <https://fish.gov.ru/news/2022/11/18/dalnevostochnyj-nauchno-promyslovyj-sovet-oczenil-itogi-lososevoj-putiny-2022> (дата обращения: 13.04.2023).

2. Ломова, А. // Названы сроки лососевой путины на Сахалине и Курилах // Новости Сахалина. – 2022. – URL: <https://sakh.online/articles/3/2021-05-13/nazvany-sroki-lososevoy-putiny-na-sahaline-i-kurilah-161508> (дата обращения: 11.04.2023).

3. Пресс-служба Хабаровский край сегодня // Сельдевая путина в Охотском море идёт с отставанием // Наш край – 2022 г. – URL: <https://todaykhv.ru/news/in-areas-of-the-province/26868> (дата обращения: 11.04.2023).

4. Маренин, К. Минтаевая путина: от А до Б / К. Маренин // Рыболовство и рыбобоводство. – 2019. – № 6. – С. 9–12.

5. . Васильева С. // Озерновский РКЗ № 55: Девяностая путина. Крупным планом, // Fishnews – Новости рыболовства, 2018 г. – URL: <https://fishnews.ru/rubric/krupnyim-planom/11017> (дата обращения: 13.04.2023).

6. Официальный сайт Южно-Курильского рыбокомбината // О компании – 2023 г. – URL: <https://ykrk.ru/ru/company> (дата обращения 12.04.2023)

7. Пресс-служба АРСО // Об ассоциации // ЗАО "Курильский рыбак" – Ассоциация рыбопромышленных предприятий Сахалинской области – 2023. – URL: <https://fish-sakh.ru> (дата обращения 12.04.2023).

УДК 656.025.4:665.61

Боровая Маргарита Григорьевна, студент, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Borovaya Margarita Grigorievna, student, Komsomolsk-na-Amure State University

Красильникова Ольга Алексеевна, кандидат технических наук, декан факультета авиационной и морской техники, Комсомольский-на-Амуре государственный университет
Krasilnikova Olga Alekseevna, Candidate of Engineering Sciences, Dean of the Faculty of Aviation and Marine Engineering, Komsomolsk-na-Amure State University

ФОРМИРОВАНИЕ ТРАНСПОРТНЫХ ПОТОКОВ В АКВАТОРИИ СЕВЕРНОГО МОРСКОГО ПУТИ

FORMATION OF TRANSPORT FLOWS IN THE WATER AREA OF THE NORTHERN SEA ROUTE

Аннотация. В общей теории транспортных потоков отсутствуют прямые аналоги моделей и систем, учитывающие особенности транспортной сети в акватории Северного морского пути. Необходимость вывоза углеводородов из российской Арктики крупнотоннажными судами в стесненных условиях плавания обосновывает задачу развития интеллектуальных систем управления морскими грузоперевозками.

Abstract. In the general theory of transport flows, there are no direct analogues of models and systems that take into account the peculiarities of the transport network in the waters of the Northern Sea Route. The need to export hydrocarbons from the Russian Arctic by large-tonnage vessels in cramped navigation conditions justifies the task of developing intelligent control systems for maritime cargo transportation.

Ключевые слова: Северный морской путь, морские транспортные потоки, транспортный процесс, транспортная система, цифровые технологии, интеллектуальные системы.
Key words: Northern Sea Route, sea transport flows, transport process, transport system, digital technologies, intelligent systems.

Введение

Северный морской путь (СМП) для России является стратегическим объектом, так как имеет геополитическое транснациональное значение для морского судоходства в арктической зоне (рисунок 1). Акватория СМП характеризуется суровым климатом, наличие льда на всем пути следования. На большинстве участков ледовая обстановка крайне нестабильна. Навигация осуществляется беспрепятственно с июля по октябрь, в остальное время - только в сопровождении атомных ледоколов.



Рисунок 1 – Северный морской путь

Основная часть

СМП - одним из важнейших элементов транспортной системы России и является межконтинентальным транспортным узлом мирового значения.

Движущей силой развития СМП является транспортировка арктических ресурсов. Факторами, которые могут сделать цены на северные ресурсы конкурентоспособными, являются: скорость доставки, соблюдение графика поставок и безопасность.

Для решения этой задачи и достижения данных показателей строятся и вводятся в эксплуатацию новые типы судов (рисунки 2-3), совершенствуются методы управления работой морского флота, основанные на более совершенных математических моделях транспортных процессов, внедряются цифровые технологии и интеллектуальные системы наблюдения и управления транспортными потоками, происходит модернизация инфраструктуры всех портов [2].

Для СМП эта задача является актуальной, так как на основные показатели работы судов существенное влияние оказывают условия полярного судоходства [3, 4].



Рисунок 2 – Атомный ледокол ласса ЛК-60Я



Рисунок 3 – Танкер арктического ледового класса «Валентин Пикуль»

В настоящее время основной объем грузооборота морских транспортных перевозок по СМП связан с вывозом сжиженного природного газа (СПГ) (рисунок 4).

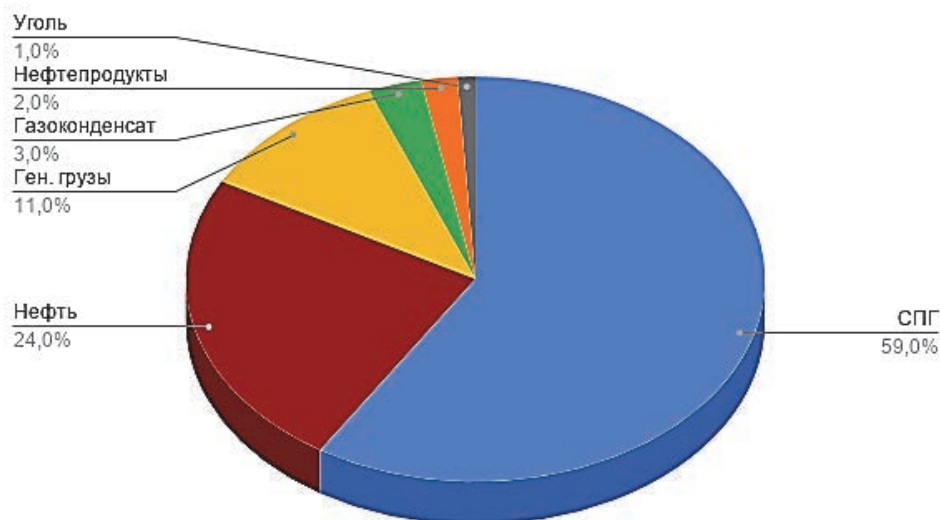


Рисунок 4 - Структура импортно-экспортных и каботажных перевозок

Необходимость вывоза углеводородов из российской Арктики крупнотоннажными судами в стесненных условиях плавания обосновывает задачу развития интеллектуальных систем управления морскими грузоперевозками. [5].

Стратегия научно-технологического развития Российской Федерации [6] в качестве приоритетных направлений рассматривает создание интеллектуальных транспорт-

ных систем для освоения и использования пространства Арктики. Интеллектуальная транспортная система СМП основана на данных объективного контроля изменения основных параметров транспортного потока в зависимости от района его формирования, навигационного периода и ледовых условий.

Такие системы позволяют использовать оперативные данные дистанционного зондирования Земли в виде коллекции космических снимков, данные о положении судов и параметрах их движения. Система позволяет идентифицировать каждое судно, а также по архивным данным получить полное представление о его пути за прошедший период. Данные о судах обобщаются определенным образом. По результатам обработки данных устанавливаются основные параметры морских транспортных потоков на СМП.

Заключение

Цифровые технологии и интеллектуальные системы управления транспортными потоками позволят в ближайшем будущем реализовать в акватории СМП средства активного управления морскими грузоперевозками. Такие системы позволят более полно использовать информацию о прогнозируемой ледовой обстановке и гидрометеорологических условиях. Системы позволят обеспечить заданную ритмичность морских грузоперевозок при сохранении высоких требований, предъявляемых к их безопасности, а также позволят СМП стать надежным оплотом независимо от геополитических коллизий.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Ng, Man Wo. Vessel Speed Optimisation in Container Shipping: A New Look // *Journal of the Operational Research Society*. – 2020. – March. – P1-7. doi: 10.1080/01605682.2018.1447253.

2. Taranukha, N. A. Problems and Perspectives of Modern Transportation through Northern Sea Rout of the Russian Federation / N. A. Taranukha // *Proceedings of the 23-th ISOPE Symposium, Anchorage, USA, 2013, – Vol 4, – P. 790-793.*

3. Миронов, Е. У. Модели и методы расчета и прогноза ледовых и океанографических условий в арктических морях / Е. У. Миронов, И. М. Ашик, В. И. Дымов, М. Ю. Кулаков, С. В. Клячкин // *Проблемы Арктики и Антарктики*. – 2010. – № 2 (85). – С. 16-28.

4. Тезиков, А. Л. Гидрографическая изученность акватории Северного морского пути / А. Л. Тезиков, А. Б. Афонин, Е. О. Ольховик // *Транспорт РФ*. – 2018. – № 2 (75). – С. 19-21.

5. «Росатом»: Объем перевезенных грузов по Северному морскому пути в 2022 году составил 34,034 млн. тонн / *Электронный ресурс* <http://www.rosatom.ru>, (дата обращения 20 марта 2023 г.)

6. О Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации. Указ Президента РФ от 01.12.2016 N 642 (ред. от 15.03.2021). Доступ из справочно-правовой системы «КонсультантПлюс». – Режим доступа: по подписке.

УДК 629.5.012

Волков Владислав Александрович, студент, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Volkov Vladislav Alexandrovich, student, Komsomolsk-na-Amure State University

Мерзликина Владислава Сергеевна, студент, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Merzlikina Vladislava Sergeevna, student, Komsomolsk-na-Amure State University

Бурменский Андрей Дмитриевич, кандидат технических наук, доцент кафедры «Кораблестроение и компьютерный инжиниринг», Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Burmensky Andrey Dmitrievich, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor of the Department "Shipbuilding and Computer Engineering", Komsomolsk-na-Amure State University

РАСЧЕТНЫЕ АЛГОРИТМЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ХАРАКТЕРИСТИК ВАТЕРЛИНИЙ ПРИ НАКРЕНЕНИИ СУДНА

CALCULATION ALGORITHMS FOR DETERMINING THE CHARACTERISTICS OF WATERLINES FOR A VESSEL WITH A HEELING

Аннотация. В процессе проверки параметров остойчивости судов необходимо рассчитывать характеристики наклонных ватерлиний, которые имеют не только сложную, но и несимметричную форму относительно своей нейтральной оси. В статье рассматриваются расчетные алгоритмы определения геометрических и инерционных характеристик данных ватерлиний, на основе применения интерполяционных полиномов.

Abstract. In the process of checking the stability parameters of ships, it is necessary to calculate the characteristics of inclined waterlines, which have not only a complex, but also an asymmetric shape with respect to their neutral axis. The article discusses computational algorithms for determining the geometric and inertial characteristics of these waterlines, based on the use of interpolation polynomials

Ключевые слова: остойчивость, наклонная ватерлиния, интерполяционный полином, теоретический чертеж, гидростатические характеристики.

Key words: stability, inclined waterline, interpolation polynomial, lines plan, hydrostatic characteristics.

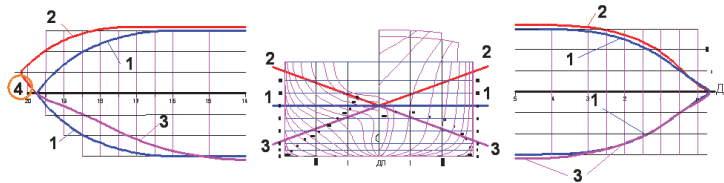
Введение

Одним из этапов разработки математических моделей проектирования судов различных типов является решение вопросов определения и проверки параметров их остойчивости. Особую сложность представляет численное моделирование проверки требований к параметрам диаграммы статической остойчивости, характеристики которой рассчитываются на основе геометрических и инерционных характеристик ряда равнообъемных ватерлиний, построенных с некоторым шагом угла крена: от 0 до 90 градусов. Существуют приближенные методы расчета данных характеристик, основанных на применении корпуса Чебышева. Использование приближенных методов было оправдано при «ручных» расчетах. Однако современный уровень развития техники позволяет использовать более точные методы расчета, например основанные на численном интегрировании интерполяционных полиномов, описывающих расчетные ватерлинии

Учет влияния формы ватерлинии

При расчете остойчивости на больших углах крена необходимо рассчитывать следующие параметры наклонных ватерлиний: S — площадь; y_f — ординату центра тяжести ватерлинии; I_{xf} , I_x — поперечные моменты инерции относительно продольной нейтральной оси, проходящей через центр тяжести ватерлинии и относительно оси сравнения соответственно.

В отличие от ватерлиний, параллельных основной плоскости, которые характеризуются симметричной формой, наклонные ватерлинии являются не только несимметричными, но также в оконечностях могут иметь внутренние завалы, что осложняет реализацию алгоритмов численного интегрирования (рисунок 1).



1 – горизонтальная ватерлиния; 2-3 – наклонные ватерлинии левого и правого борта соответственно; 4 – зона завала наклонной ватерлинии

Рисунок 1 – Расположение осей инструмента в пространстве

Указанные особенности формы наклонной ватерлинии приводит к необходимости проводить определение ее характеристик на основе характеристик ее отдельных частей, расположенных слева (1) и справа (2) от оси сравнения с учетом вычета (3), представляющую собой фигуру, образованную возможным загибом одного из участков ватерлиний (рисунок 2).

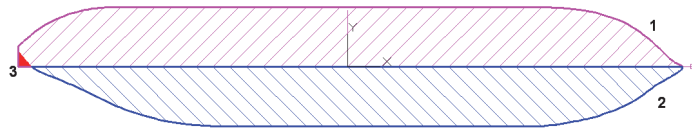


Рисунок 2 – Расчетные участки наклонной ватерлинии

Поперечный момент инерции наклонной ватерлинии относительно нейтральной оси вычисляется по формуле

$$I_{xf} = I_x - S \cdot y_f^2 \quad (1)$$

Составляющие формулы (1) определяются на основе характеристик фрагментов ватерлинии, при этом фрагмент ватерлинии с загибом рассматривается совместно с ним, что отражено в индексе (1+3) в формулах

$$I_x = I_{x(1+3)} + I_{x(2)} - I_{x(3)} ; S = S_{(1+3)} + S_{(2)} - S_{(3)} ;$$

$$y_f = \frac{S_{(1+3)} y_{f(1+3)} + S_{(2)} y_{f(2)} - S_{(3)} y_{f(3)}}{S} \quad (2)$$

Применение интерполяционных полиномов Лагранжа

Расчетные составляющие $I_{x(i)}$, $S_{(i)}$ и $y_{f(i)}$ определяются по формулам

$$I_{x(i)} = \frac{1}{3} \int_{xn(i)}^{xk(i)} y(x)_{(i)}^3 dx ; S_{(i)} = \int_{xn(i)}^{xk(i)} y(x)_{(i)} dx ; y_{f(i)} = \frac{1}{2S_{(i)}} \int_{xn(i)}^{xk(i)} y(x)_{(i)}^2 dx \quad (3)$$

где $y(x)_{(i)}$ – функционал, описывающий i -й фрагмент ватерлинии.

В качестве функционала $y(x)$ предлагается использовать полином в виде кубического многочлена:

$$y(x) = ax^3 + bx^2 + cx + d \quad (4)$$

где a , b , c , d – коэффициенты полинома Лагранжа 3-й степени, которые вычисляются для каждого k -го расчетного участка ватерлинии отдельно.

Подставляя функционал (4) в формулы (3) можно получить развернутые выражения, предназначенные для вычисления соответствующих величин в результате покуточного численного интегрирования.

Например, поперечный момент инерции ватерлинии I_x , состоящей из n фрагментов можно определить, как

$$I_{x(i)} = \frac{1}{3} \sum_{k=1}^n \int_{x_{n_k}}^{x_{k_k}} f_k(x) dx = \frac{1}{3} \sum_{k=1}^n \int_{x_{n_k}}^{x_{k_k}} (a_k \cdot x^3 + b_k \cdot x^k + c_k \cdot x + d)^3 dx =$$

$$= \frac{1}{3} \sum_{k=1}^n \int_{x_{n_k}}^{x_{k_k}} \sum_{j=0}^9 (t_{kj} \cdot x^j) dx = \frac{1}{3} \sum_{k=1}^n \left[\sum_{j=0}^9 \left(\frac{1}{j+1} t_{kj} \cdot x^{j+1} \right) \Big|_{x=x_{n_k}}^{x=x_{k_k}} \right]$$

Тестирование расчетного алгоритма

Данный алгоритм был реализован в математическом пакете MathCAD, в котором реализованы аналогичные функции численного интегрирования. Тестирование проводилось на условной ватерлинии имеющей намного больший завал, чем имеют реальные ватерлинии (рисунок 3).

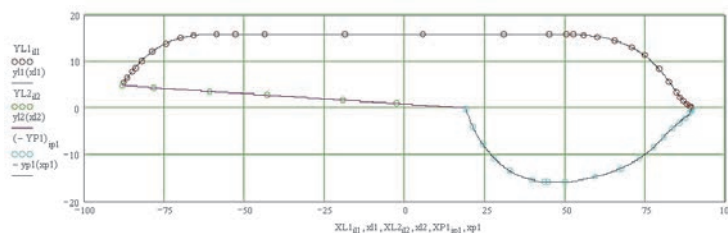


Рисунок 3 – График тестовой ватерлинии в системе MathCAD

Результаты расчетов сравнивались с инерционно-геометрическими характеристиками ватерлинии, полученными в CAD-системе AutoCAD. Результаты сравнительных расчетов приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты расчетов характеристик ватерлинии

Расчетная величина	MathCAD	AutoCAD	Погрешность,
Площадь S , м ²	3093,96	3093,99	$6,8 \cdot 10^{-4} \%$
Ордината центра тяжести y_f , м	4,386	4,3857	$9,7 \cdot 10^{-4} \%$
Поперечный момент инерции I_{xf} , м ⁴	185866	185934	$3,7 \cdot 10^{-2} \%$

Заключение

Разработанные алгоритмы и подходы численного интегрирования на основе описания ватерлиний полиномом Лагранжа показали высокую точность результатов в процессе вычисления характеристик наклонных ватерлиний и могут быть использованы при разработке программных модулей проверки остойчивости судов на больших углах крена.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Васильков, Ю. В. Компьютерные технологии вычислений в математическом моделировании: Учеб. пособие. / Ю. В. Васильков, Н. Н. Василькова – М.: Финансы и статистика, 2001. – 256 с.
2. Гайкович, А. И. Теория проектирования водоизмещающих кораблей и судов. В 2 т. Т. 2. Анализ и синтез системы «Корабль» / А. И. Гайкович. – Санкт-Петербург : Изд-во НИЦ МОРИНТЕХ, 2014. – 872 с.
3. Гончаров, А. С. Применение интерполяционных полиномов Лагранжа в кораблестроительных расчетах / А. С. Гончаров, С. В. Одинец, А. Д. Бурменский // Молодежь и наука: актуальные проблемы фундаментальных и прикладных исследований : Материалы V Всероссийской национальной научной конференции молодых учёных,

Комсомольск-на-Амуре, 11–15 апреля 2022 г. : в 4 частях. – Комсомольск-на-Амуре: ФГБОУ ВО «КнАГУ», 2022. – Ч. 2. – С. 193-195.

4. Пак, Т. И. Методология совместного использования пакетов AUTOCAD и Mathcad для расчетов гидростатических характеристик судна / Т. И. Пак, Д. Н. Александрова, А. Д. Бурменский // Молодежь и наука: актуальные проблемы фундаментальных и прикладных исследований : Материалы IV Всероссийской национальной научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. В 4-х частях, Комсомольск-на-Амуре, 12–16 апреля 2021 года. – Комсомольск-на-Амуре: Комсомольский-на-Амуре государственный университет, 2021. – Ч. 1. – С. 298-301.

5. Справочник по теории корабля. В 3 т. Т. 2. Статика судов. Качка судов / под ред. Я. И. Войткунского – Л.: Судостроение, 1985. – 440 с.

УДК 004.92:629.5.02

Гончаров Александр Сергеевич, студент, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Goncharov Alexander Sergeevich, student, Komsomolsk-na-Amure State University

Бурменский Андрей Дмитриевич, кандидат технических наук, доцент кафедры «Кораблестроение и компьютерный инжиниринг», Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Burmensky Andrey Dmitrievich, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor of the Department “Shipbuilding and Computer Engineering”, Komsomolsk-na-Amure State University

АНАЛИЗ РАЗВИТИЯ САД-СИСТЕМЫ КОМПАС-3D В ОБЛАСТИ МОДЕЛИРОВАНИЯ КОРПУСНЫХ КОНСТРУКЦИЙ СУДОВ

ANALYSIS OF THE DEVELOPMENT OF THE CAD-SYSTEM KOMPAS-3D IN THE FIELD OF MODELING OF SHIPS' HULL STRUCTURES

Аннотация. Основой реализации PLM-технологий на судостроительных предприятиях является цифровой макет судна. Для разработки цифровой модели предварительно необходимо разработать 3D-модель корпуса судна, моделирование которых осуществляется с помощью САД-систем. В статье проводится анализ современных возможностей по моделированию судовых корпусных конструкций в отечественной САД-системе КОМПАС-3D.

Abstract. The basis for the implementation of PLM technologies at shipbuilding enterprises is the digital model of the vessel. To develop a digital model, it is first necessary to develop a 3D model of the ship's hull, the modeling of which is carried out using CAD systems. The article analyzes the modern possibilities for modeling ship hull structures in the domestic CAD-system KOMPAS-3D.

Ключевые слова: судостроение, САД-системы, судовые корпусные конструкции, 3D-модель.

Key words: shipbuilding, CAD systems, ship hull structures, 3D model.

Введение

Компания АСКОН является одним из лидеров отечественной IT-индустрии в области САД-систем и PLM-решений для различных отраслей промышленности. Наличие своего графического ядра, позволяет компании динамично развиваться и расширять нишу применения своих продуктов. В настоящее время компания АСКОН со своими партнерами консорциума «РазВИТие» активно развивают PLM-решения для судостроительной области, в том числе САД-система КОМПАС-3D получила мощное развитие в направлении разработки цифровых макетов судов.

Основная часть

Еще десятилетие назад САД-система КОМПАС-3D относилась к классу средних САПР и использовалась на предприятиях судостроения в основном для проектирования и разработки рабочей документации отдельных изделий судового машиностроения.

Принятие в 2015 г. Правительством Российской Федерации решения об импортозамещении в судостроительной отрасли, в том числе и программного обеспечения, позволило компании АСКОН начать разработку дорожной карты по созданию отечественной «тяжелой» судостроительной PLM-системы. Основой этой системы должен был остаться КОМПАС-3D, но с существенно расширенным функционалом по моделированию судовой поверхности, корпусных конструкций, различного судового оборудования, систем, и т.д.

На первом шаге был проведен анализ функционала САД-системы по моделированию судовых корпусных конструкций. Первоначально было решено попробовать провести реверс-инжиниринг 3D-модели корпуса судна-нефтесборщика (рисунок 1) средствами инструментов приложения Оборудование: металлоконструкции 17-й версии КОМПАС-3D.

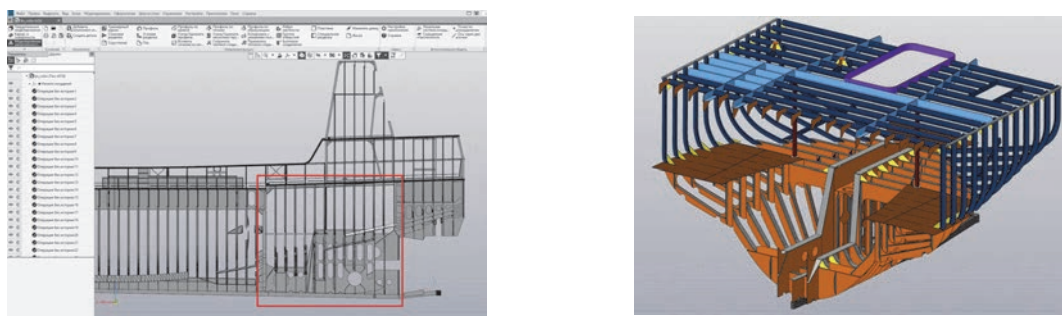


Рисунок 1 – Моделирование фрагмента корпуса нефтесборщика

Опыт реверс-инжиниринга объемной судовой секции показал, что инструментарий КОМПАСа позволяет выполнить 3D моделирование конструкций, однако большая трудоемкость разработки цифровой модели поставила перед разработчиками САД-системы задачу создания специализированного инструментария моделирования отдельных типов металлоконструкций, характерных для объектов водного транспорта. Это было связано с большими размерами объекта разработки, огромным количеством конструктивных элементов и особенностью расположения конструктивных элементов относительно друг с другом.

В результате изучения опыта работы по моделированию корпусных конструкций, а также предложений, поступивших с ведущих отечественных предприятий судостроительной отрасли, уже через год в 19-й версии КОМПАС-3D появился большой ряд обновлений повышающих эффективность разработки цифровой модели судна: от создания поверхности и корпусных конструкций до насыщения корпуса оборудованием и системами различного назначения.

Была увеличена эффективность работы системы со сложными сборками что, в сущности, и представляет собой цифровой макет судна. Это упростило организацию групповой работы конструкторов над проектом. Появилась возможность работать с именованными теоретическими плоскостями, что позволило начинать работу над 3D моделью судна с формирования «цифрового плаза» (рисунок 2).

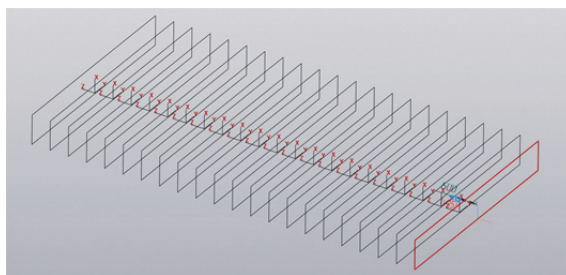


Рисунок 2 – «Цифровой плаз» – расстановка плоскостей шпангоутов

Были существенно расширены возможности работы с криволинейными плоскостями в плане их построения, контроля и сглаживания. Но главное, был доработан достаточно важный инструмент – разбиение поверхностей на отдельные криволинейные и плоские грани (рисунок 3). Совместно с новым функционалом команды «Пластина» (появилась возможность построения пластины на основе отдельных граней), существенно упростился процесс формирования бортовой обшивки, состоящей из листов разной толщины (рисунок 4)

Также упростился процесс формирования плоскостных элементов, таких как поперечные и продольные переборки, палубы и платформы, сплошные днищевые стрингера и флоты, диафрагмы и бракеты. Для построения данных элементов, а достаточно выбрать плоскость построения и указать границы контуров моделируемых конструкций.

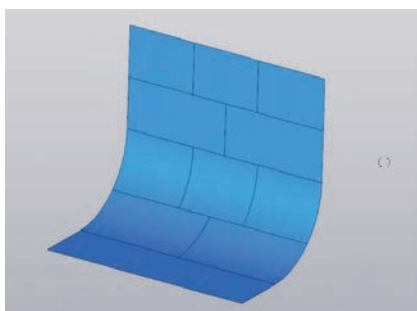


Рисунок 3 – Фрагмент судовой поверхности, разбитой на грани

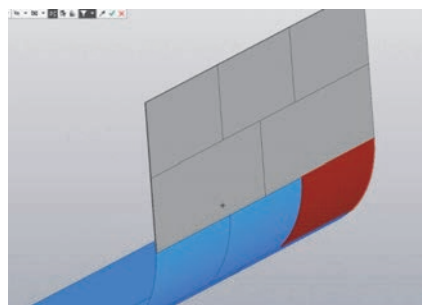


Рисунок 4 – Построение пластин обшивки на основе граней

Для моделирования рамных балок тавровой формы используется сочетание команд «Пластина» и «Поясок». Команда «Пластина» используется для построения стенок балок, а новая команда «Поясок» – для формирования произвольных поясков со смещением и отступами по концам.

С целью формирования вырезов для прохода регулярных ребер жесткости через плоскостные конструкции в систему были добавлены две команды: «Прокол» и «Заделка» (рисунки 5-6).

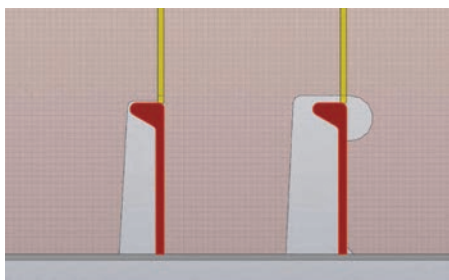


Рисунок 5 – «Проколы» для прохода ребра жесткости из полособульба

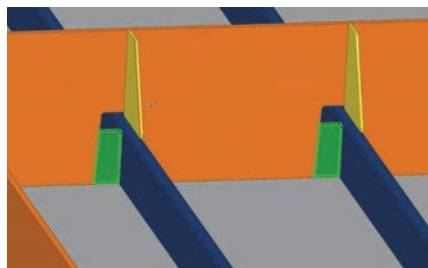


Рисунок 6 – Формирование заделки

Внесенных в КОМПАС-3D V19 новых инструментов было так много, что инструменты «Металлоконструкции» выделили в отдельное приложение. В 21-й версии системы из специализированных инструментов появилась команда «Кница».

Заключение

Ожидается, что в КОМПАС-3D V22 функционал для моделирования цифрового макета судна будет оформлено в виде отдельного приложения. Однако следует отметить, что данное приложение «Корпус» должно не только повысить эффективность 3D моделирования корпусных конструкций, но и выполнять роль экспертной системы по их проектированию в соответствии с требованиями Правил морского регистра судоходства.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Петров, А.С. Решения АСКОН и опыт внедрения на предприятиях судостроения // Рациональное управление предприятием. – 2009. – № 3. – С. 42-46.
2. Доля зарубежного программного обеспечения должна быть снижена // Судостроение. – 2019. – № 1(842). – С. 67.
3. Как мы проверили судостроительные способности КОМПАС-3D (26 июня 2018 г.) / АСКОН : сайт. – Санкт-Петербург, 1989-2023 – . – URL https://ascon.ru/news_and_events/news/2739/ (дата обращения: 02.04.2023)
4. Петров, А. С. Новые инструменты консорциума "РазВИТие" для задач судостроения / А. С. Петров // Судостроение. – 2020. – № 6(853). – С. 41-43.
5. Даманский, Д. В. Практический опыт использования новых инструментов моделирования судовых конструкций в КОМПАС-3D / Д. В. Даманский, А. Д. Бурменский // Молодежь и наука: актуальные проблемы фундаментальных и прикладных исследований : Материалы IV Всероссийской национальной научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. В 4-х частях. Комсомольск-на-Амуре, 12–16 апреля 2021 года. – Комсомольск-на-Амуре: Комсомольский-на-Амуре государственный университет, 2021. – Ч. 1. – С. 232-235. – DOI 10.17084/978-5-7765-1474-6-2021-232.

УДК 656.025.4

Грязнов Владимир Владимирович, студент, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Gryaznov Vladimir Vladimirovich, student, Komsomolsk-na-Amure State University

Гулькина Ольга Владимировна, старший преподаватель кафедры «Кораблестроение и компьютерный инжиниринг», Комсомольский-на-Амуре государственный университет
Gunkova Olga Vladimirovna, senior lecturer of the Department "Shipbuilding and Computer Engineering", Komsomolsk-na-Amure State University

ТРАНСПОРТНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ СЕВЕРНОГО ЗАВОЗА КАМЧАТСКОГО КРАЯ

TRANSPORT SUPPORT OF THE NORTHERN DELIVERY OF THE KAMCHATKA TERRITORY

Аннотация. В данной работе рассмотрены транспортные средства железнодорожного и морского транспорта, перегрузочное оборудование, маршруты доставки угля различными видами транспорта на полуостров Камчатка. Проведены расчеты продолжительности рейса на железнодорожном и морском транспорте и сквозная тарифная ставка транспортировки угля.

Abstract. In this paper, the vehicles of railway and sea transport, transshipment equipment, coal delivery routes by various modes of transport to the Kamchatka peninsula are considered. Calculations of the duration of the voyage on rail and sea transport and the through tariff rate of coal transportation were carried out.

Ключевые слова: северный завоз, уголь, транспортировка, морское судно, железнодорожный вагон.

Key words: northern delivery, coal, transportation, sea vessel, railway carriage.

Введение

Камчатский край является самым удаленным и труднодоступным районом России, он не имеет сухопутную связь с другими регионами. Полуостров Камчатка практически полностью находится в зависимости от внешних поставок продуктов питания, товаров первой необходимости и топлива. Доставка грузов осуществляется по программе «Северный завоз».

Каменный энергетический уголь является твердым топливом для теплоэнергетики и жилищно-коммунального хозяйства. На протяжении нескольких лет доставкой твердого топлива на данный полуостров занимается компания «Русский уголь». Компания находится в трех регионах Российской Федерации: Красноярском крае, Амурской области и Республике Хакасия. «Русский уголь» обладает шестью угледобывающими разрезами.

Поставки угля по программе «Северный завоз» происходят в короткий навигационный период, но, несмотря на непростые атмосферные условия отгрузки угля, производятся по установленному графику.

Основная часть

Поставки твердого топлива на камчатский полуостров производятся по мультимодальной схеме: с места добычи угля железнодорожным транспортом до мест перевалки на морской транспорт и далее автомобильным транспортом в отдаленные уголки полуострова.

По программе «Северный завоз» уголь в Петропавловск-Камчатский доставляется из Красноярского края разрез «Переясловский». Погрузка в железнодорожные вагоны осуществляется на собственной станции Угольная, которая примыкает к железнодорожной станции Кильчуг.

Перевозка угля осуществляется в 4-осном цельнометаллическом глухо-донном полувагоне с глухим кузовом модели 12-1505. Грузоподъемность вагона 69 тонн, объем 76 м³.

Уголь должен быть сортирован и поверхность насыпи угля в вагонах обработана специальными реагентами для предотвращения пылеобразования в пути.

Перевалка угля на морской транспорт производится в городе Находка Акционерным Обществом «Терминал Астафьева» Приморского края. АО «Терминал Астафьева» – современный морской мультимодальный терминал, на котором с 2018 года реализуется проект перехода закрытой перевалки угля.

Расстояние железнодорожного маршрута от станции Кильчуг (Красноярский край) до станции Мыс Астафьева (Находка) составляет 5194 км.

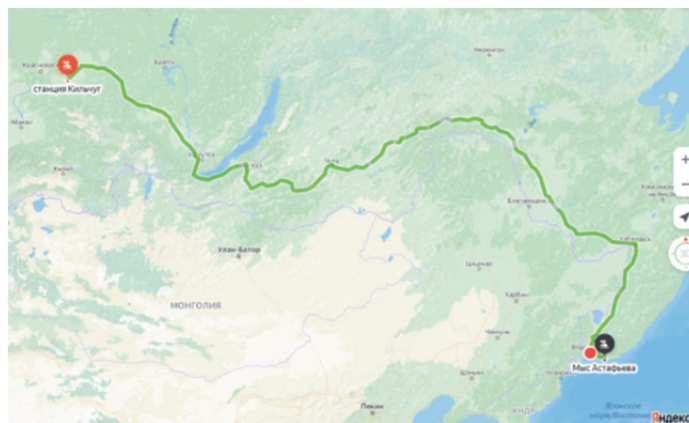


Рисунок 1 – Железнодорожный маршрут Кильчуг – Мыс Астафьева

Разгрузка полувагонов на «Терминале Астафьева» производится перегружателями Sinebogen 875. После выгрузки полувагонов производится сортировка угля установкой Premietrak R400 до фракции 0 – 50 мм с очисткой угля магнитным сепаратором. После сортировки уголь транспортируют на расходный склад фронтальным колесным погрузчиком САТ 938М. Далее с расходного склада уголь подается на конвейер экскаватором перегружателем LIEBHERR 40 Port Litronic. Последним этапом является подача угля по конвейеру на морское судно. На «Терминале Астафьева» установлен конвейер ленточный непрерывного действия, марки Telestack TS-542.

Доставку угля водным транспортом производит компания ООО «Камчатское морское пароходство». Компания владеет специализированным флотом с крановыми установками и перегрузочным оборудованием. Транспортировка осуществляется универсальным судном «Владимир Мясников». Судно 1991 года постройки, ходит под флагом России, дедвейтом 12932 т, водоизмещением 16728 т и скоростью 11 узлов.

Пунктом доставки груза является порт Петропавловск-Камчатский. Порт расположен на восточном побережье полуострова Камчатка в центральной части города Петропавловска-Камчатского. Порт открыт для захода судов круглый год и способен принимать суда длиной до 200 м, шириной до 25 м и с осадкой до 9 м.

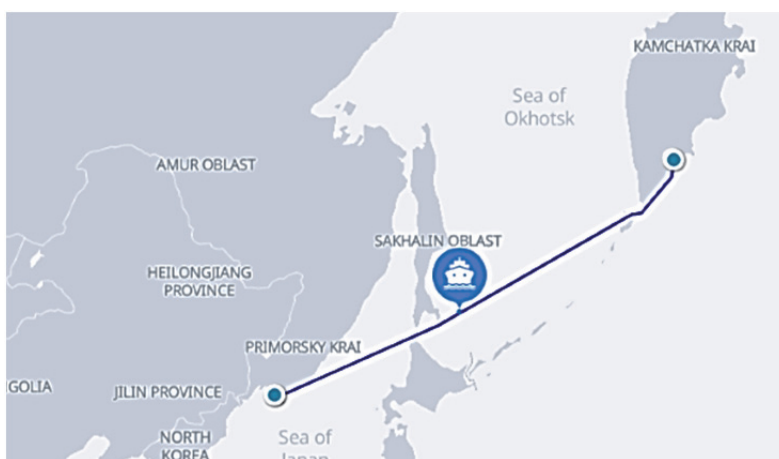


Рисунок 2 – Схема морского маршрута

Расстояние перевозки морским транспортом составляет 1254 мили. Развоз угля из порта осуществляется автомобильным транспортом.

Общее время доставки угля составляет 20 суток, из них 12 суток осуществляется перевозка железнодорожным транспортом и 8 суток морским транспортом.

Стоимость перевозки 1 т угля железнодорожным транспортом от станции Кильчуг до АО «Терминал Астафьева» составляет 2272 рубля. Стоимость перевозки 1 т угля морским транспортом от АО «Терминал Астафьева» до порта Петропавловск-Камчатский составляет 885 рублей.

Заключение

Стоимость перевозки одной тонны угля от станции Кильчуг до порта Петропавловск-Камчатский с перегрузкой в порту Находка составляет 3797 рублей (с учетом тарифа за производство погрузочно-разгрузочных работ в морском порту).

Северный завоз – это важное мероприятие для создания нормальных условий жизни людей, проживающих в отдаленных районах нашей страны.

Компании «Русский уголь» и «Камчатское морское пароходство» на протяжении нескольких лет занимаются поставками топлива на полуостров Камчатка. Несмотря на все сложности, такие как метеорологические условия, короткий период навигации, доставка угля производится вовремя.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Крылов, П. В. Транспортные характеристики угольного месторождения Эльгинское / П. В. Крылов, И. Н. Журбина // Молодежь и наука: актуальные проблемы фундаментальных и прикладных исследований : Материалы IV Всероссийской национальной научной конференции молодых учёных, Комсомольск-на-Амуре, 12–16 апреля 2021 года. Часть 1. – Комсомольск-на-Амуре: Комсомольский-на-Амуре государственный университет, 2021. С. 258-261.
2. Чекмарева, О. А. Современные технологии погрузки сыпучих грузов / О. А. Чекмарева, И. В. Каменских // Молодежь и наука: актуальные проблемы фундаментальных и прикладных исследований : Материалы V Всероссийской национальной научной конференции молодых учёных, Комсомольск-на-Амуре, 11–15 апреля 2022 года. Часть 2. – Комсомольск-на-Амуре: Комсомольский-на-Амуре государственный университет, 2022. – С. 270-273.
3. Волынец, Н. В. Программное обеспечение для формирования плана оптимальной загрузки контейнеров и транспортных средств / Н. В. Волынец, И. Н. Журбина // Молодежь и наука: актуальные проблемы фундаментальных и прикладных исследований : Материалы V Всероссийской национальной научной конференции молодых учёных, Комсомольск-на-Амуре, 11–15 апреля 2022 года. Часть 2. – Комсомольск-на-Амуре: Комсомольский-на-Амуре государственный университет, 2022. – С. 189-191.
4. Рябчинский, А. И. Организация перевозочных услуг и безопасность транспортного процесса : учебник для вузов / А. И. Рябчинский, В. А. Гудков, Е. А. Краченко. – Москва : Академия, 2013; 2011. – 255с.
5. Момот, З. А. Пути повышения транзитного потенциала России / З. А. Момот, О. А. Красильникова // Наука, инновации и технологии: от идей к внедрению : Материалы международной научно-практической конференции, Комсомольск-на-Амуре, 7 – 11 Февраля 2022. – Комсомольск-на-Амуре: Комсомольский-на-Амуре государственный университет, 2022. – С. 437-439.

УДК 656.02

Ерошкин Степан Андреевич, студент, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Eroshin Stepan Andreevich, student, Komsomolsk-na-Amure State University

Красильникова Ольга Алексеевна, кандидат технических наук, декан факультета авиационной и морской техники, Комсомольский-на-Амуре государственный университет
Krasilnikova Olga Alekseevna, Candidate of Engineering Sciences, Dean of the Faculty of Aviation and Marine Engineering, Komsomolsk-na-Amure State University

РАСЧЕТ ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ РАБОТЫ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ НА МАРШРУТЕ САНКТ-ПЕТЕРБУРГ – ОСАКА

CALCULATION OF TECHNICAL AND ECONOMIC INDICATORS OF OPERATION OF VEHICLES ON THE ROUTE ST. PETERSBURG - OSAKA

Аннотация. В работе был проведен анализ состояния перевозок и транспортных сетей на маршруте Санкт-Петербург – Москва – Владивосток – Осака; рассмотрены виды новейших технологий управления в транспортном комплексе; разобраны мероприятия по обеспечению безопасности перевозки, погрузки и выгрузки груза. Выполнены расчеты продолжительности маршрута и проведен анализ экономических показателей работы транспортных средств на данном маршруте.

Abstract. In the work, an analysis was made of the state of transportation and transport networks on the route St. Petersburg - Moscow - Vladivostok - Osaka; the types of the latest

management technologies in the transport complex are considered; analyzed measures to ensure the safety of transportation, loading and unloading of cargo. Calculations of the duration of the route were made and an analysis of the economic performance of vehicles on this route. Ключевые слова: листовая сталь, 20-футовые контейнеры, транспортировка, продолжительность маршрута, сквозная тарифная ставка.

Key words: sheet steel, TEU, transportation, route duration, through tariff rate.

Введение

Объем экспорта российского плоского проката из железа и нелегированной стали в 2022 году вырос в денежном выражении в два раза и составил \$7,358 млрд. В натуральном выражении экспорт проката вырос на 11,6%, до 8,5 млн тонн. На данный момент Россия стоит на 3 месте по экспорту листовой стали в мире.

АО «Завод «Красный Выборжец» - одно из ведущих в России предприятий по обработке цветных металлов. Предприятие выпускает широкий ассортимент изделий из меди и сплавов на ее основе в виде листов и лент. Технологический процесс на заводе обеспечивает максимально высокое качество продукции.

Основным потребителем российских горячекатаных листов является Япония.

Основная часть

На экспорт поставляются горячекатаные листы из стали по ГОСТ 19903-74 «Прокат листовой горячекатаный». Габаритные размеры листа: длина - 2500 мм, ширина - 1000 мм, толщина - 10 мм. Вес одного листа составляет 196,25 кг. Применяется в судостроении (корабли), энергетике, строительстве.

Для универсальности перевозки, из листовой стали формируют грузовые пакеты, которые размещают в 20-футовые контейнеры (TEU).

Транспортировка груза осуществляется по следующему маршруту: Санкт-Петербург-Москва-Владивосток – Осака.

Железнодорожный путь Санкт-Петербург-Москва-Владивосток составляет 9900 км, расстояние перевозки морским транспортом от порта Владивосток до порта Осака составляет 532,4 мили (986,4 км). Общее расстояние перевозки составит 10886,4 км.

В результате расчетов срок доставки железнодорожным транспортом по маршруту Санкт-Петербург-Москва-Владивосток будет составлять 26 суток, продолжительность рейса морским транспортом на маршруте Владивосток - Осака составляет 6,36 суток. Общее время доставки груза по маршруту Санкт-Петербург - Осака составляет 32,36 суток.

Так же в работе были проведены расчеты сквозной тарифной ставки перевозки одного контейнера по маршруту Санкт-Петербург - Осака. Сквозная тарифная ставка определяется путем суммирования стоимости доставки груза на различных видах транспорта и тарифа за производство погрузочно-разгрузочных работ в порту.

$$f_{см} = \sum f_{пер_i} + \sum f_{пп_j},$$

где $\sum f_{пер_i}$ – тариф на перевозку TEU на i-ом транспорте, руб./TEU;

$\sum f_{пп_j}$ – тариф на перегрузочные работы в порту, руб./TEU.

Расчет затрат на перевозку контейнера на железнодорожном транспорте производился с использованием автоматизированной централизованной системы «ЭТРАН». На платформу загружается два 20-ти футовых контейнера. Стоимость перевозки одного контейнера железнодорожным транспортом на маршруте Санкт-Петербург – Москва – Владивосток составит 425972 рубля.

Стоимость перевозки 1 контейнера морским транспортом на маршруте Владивосток – Осака составит 420909 рублей.

Тариф за производство погрузочно-разгрузочных работ в порту отправления составляет 5300 рублей за контейнер.

Таким образом, стоимость перевозки одного контейнера на маршруте Санкт-Петербург – Москва – Владивосток – Осака составила 852181 рубль.

Заключение

В работе был проведен анализ состояния перевозок и транспортных сетей на маршруте Санкт-Петербург – Москва – Владивосток – Осака; рассмотрены транспортные характеристики груза. Выполнены расчеты продолжительности маршрута и проведен анализ экономических показателей работы транспортных средств на маршруте Санкт-Петербург – Москва – Владивосток – Осака.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Морской каталог-справочник. – URL: <http://www.midships.ru> (дата обращения: 03.04.2023).
2. Перевозка экспортно-импортных грузов. Организация логистических систем / Под ред. А. В. Кириченко. - 2-е изд., испр. и доп. – Санкт-Петербург.: Питер, 2004. – 505 с.
3. Ветренко, Л. Д. Организация и технология перегрузочных процессов в морских портах / Л. Д. Ветренко, В. В. Ананькина, А. В. Степанец. – М. : Транспорт, 1989. – 270 с.
4. Плоткин, Б. К. Экономико-математические методы и модели в коммерческой деятельности и логистике / Б. К. Плоткин, Л. А. Делюкин. – Москва : ИЦ РИОР, НИЦ ИНФРА-М, 2016. – 346 с.
5. GKS.ru: Перевозки грузов в контейнерах и пакетами по отдельным видам грузов: сайт. – Москва, 2018 – URL : <http://www.gks.ru> (дата обращения: 03.04.2023).

УДК 629.735

Забелин Сергей Максимович, студент, Комсомольский-на-Амуре государственный университет.

Zabelin Sergey Maksimovich, student, Komsomolsk-na-Amure State University

Третьяков Валерий Артемович, студент, Комсомольский-на-Амуре государственный университет.

Tretyakov Valery Artemovich, student, Komsomolsk-na-Amure State University

Куриный Владислав Викторович, кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой «Кораблестроения и компьютерного моделирования», Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Kuriny Vladislav Viktorovich, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Shipbuilding and Computer Modeling, Komsomolsk-na-Amure State University

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ЗАЩИТЫ ТРУБОПРОВОДОВ В НИШЕ ПОШ ПАССАЖИРСКОГО САМОЛЕТА

DEVELOPMENT OF A TECHNOLOGY FOR MANUFACTURING TECHNOLOGICAL PROTECTION OF PIPELINES IN A NICKE T OF THE POSH OF A PASSENGER AIRCRAFT

Аннотация. С целью защиты смонтированных в нише ПОШ трубопроводов в процессе монтажа стойки шасси разработана технология изготовления и монтажа пластикой защиты с применением аддитивных технологий. Технология заключается в 3D моделировании защиты и последующего изготовления методом FDM печати на 3D принтере. Используемые при изготовлении защиты пластик полилактид PLA. Проведен анализ факторов, влияющих на точность и качество изготовления элементов трубопроводов.

Abstract. In order to protect the pipelines mounted in the niche of the POSH during the installation of the landing gear, a technology has been developed for the manufacture and installation of plastic protection using additive technologies. The technology consists in 3D modeling

of protection and subsequent manufacturing by FDM printing on a 3D printer. Used in the manufacture of protection plastic polylactide PLA. The analysis of factors influencing the accuracy and quality of manufacturing of pipeline elements was carried out.

Ключевые слова: ниша ПОШ, защита трубопроводов, аддитивные технологии, filament, 3D печать. FDM.

Key words: POSH niche, pipeline protection, additive technologies, filament, 3D printing. FDM

Введение

Как известно в авиации распространён принцип частичной взаимозаменяемости. То есть детали одного наименования, назначения на разных машинах могут отличаться длиной, массой, углами изгибов и точками крепления. В полной мере этот принцип относится и к трубопроводам, монтируемым на пассажирских самолетах Sukhoi. Кроме того, значительная часть трубопроводов монтируется с применением неразъёмных технологий. Поэтому случайное повреждение трубопроводов в процессе монтажа различного оборудования в том числе, имеющего значительный вес может привести к значительному удлинению времени процесса сборки. В качестве таких повреждений могут быть повреждения краски на поверхности трубопроводов, смятие или другие механические повреждения.

Основная часть

После изучения технологии монтажа гидросистем, была разработана технология монтажа гидросистем с использованием аддитивных технологий. Аддитивные технологии все чаще используются в авиа и кораблестроении [1-4]. Аддитивные технологии помогают путем изготовления пластиковой, технологической защиты предотвратить повреждение поверхностей трубопроводов.

На рисунке 1 представлена разработанная технологическая схема изготовления технологической защиты трубопроводов.

На первом этапе выполнения поставленных задач проводится постановка задачи. В данном случае задачей является защита участка трубопровода, которому при дальнейшем монтаже агрегатов самолета может быть нанесено повреждение.

На втором этапе производится определение технических параметров как трубопровода, так и разрабатываемой защиты, а именно длина трубопровода и защиты, диаметр трубопровода и защиты, толщина стенки защиты. Все информация поступает с баз данных (TeamCenter).

На третьем этапе по полученным параметрам в CAD программе T-Flex разрабатывается защиты параметрическая 3D модель технологической защиты. При помощи специальных программ 3D модель анализируется на наличие ошибок при построении, которые в дальнейшем повлияют на 3D -печать.

На четвертом этапе выбирается способ печати, модель 3D принтера. Определяется оптимальный для данных условий тип пластика. В слайсере CURA 5.1 разрабатывается G-Code и обрабатываются параметры 3D печати. Проводятся пробные печати.

На пятом этапе проводится печать технологической защиты.

На шестом этапе проводится проверка на соответствие напечатанной защиты с геометрией трубы. В случае установления несоответствия геометрических параметров проводится корректировка 3D модели, полученной на третьем этапе. В случае соответствия защита устанавливается на самолет.

Размеры и диаметр трубопровода, для которого будет изготавливаться технологическая защита, получаем с баз данных (TeamCenter) для этого нужно загрузить трубопровод в любой из систем (NX или Catia). Так диаметр трубопровода равен 10 мм, длина 250 мм.

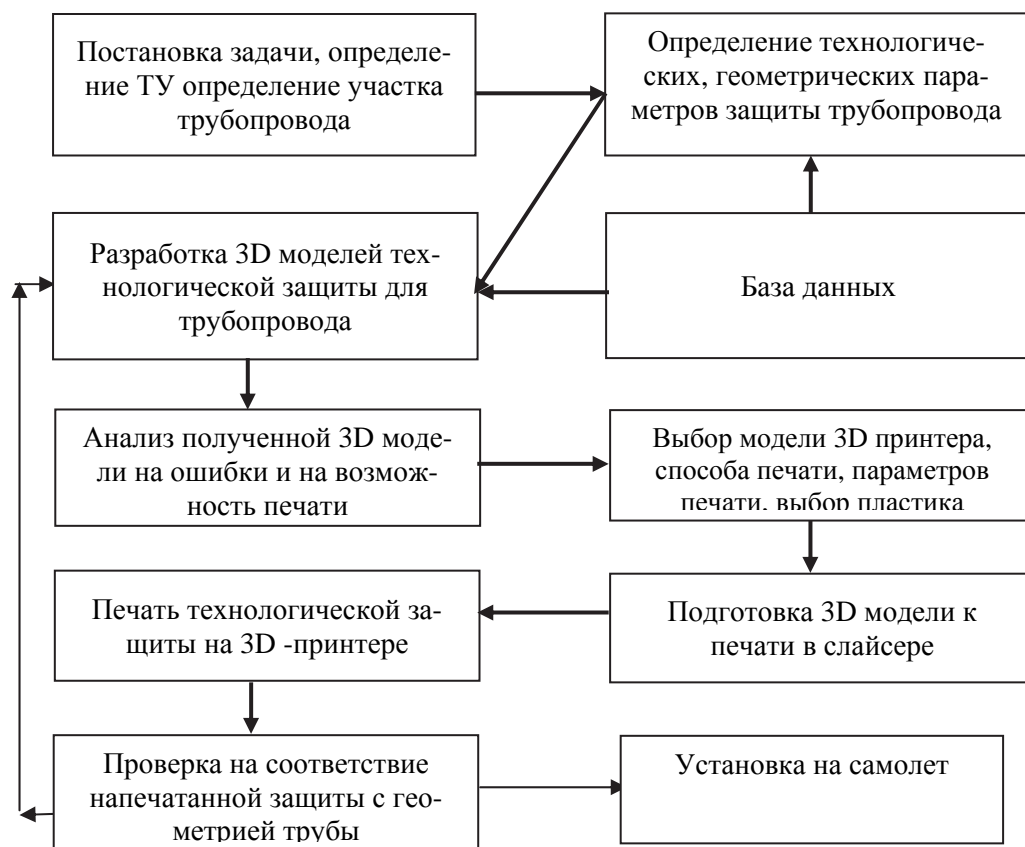


Рисунок 1 – Технологическая схема разработки изготовления технологической защиты на трубопровод

Для изготовления технологической защиты необходимо создать 3D модель изготавливаемого изделия. Для удобства печати необходимо разработать две полутрубы: - левую и правую. Для этого в программе T-Flex CAD 17 нужно создать два профиля по размерам трубы. Профиля создаем, используя параметрическое черчение. Параметрическое черчение позволит минимизировать временные затраты при разработке защит с другими геометрическими параметрами.

После построения для получения объемной модели вытягиванием необходимо построить траекторию, по которой будем вытягивать модели.

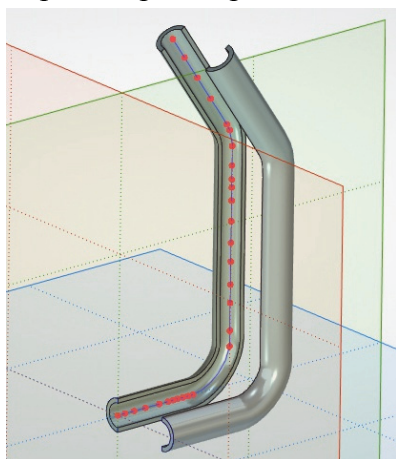


Рисунок 2 – 3D-модель технологической защиты (диаметр трубопровода 10 мм, длина 250 мм)

Следующим шагом производим построение объемного тела методом выталкивания профиля по траектории (рисунок 2).

После изготовления технологической защиты приступаем к монтажу гидросистем в нише шасси, сначала проводятся подготовительные операции по подготовке рабочего места, распаковка комплектующих, сравнение с комплектующей ведомостью и проверки наличия необходимого инструмента для выполнения монтажа (ключи, обжимки, налобные фонари и т.д.). Затем происходит предварительный монтаж трубопровода, проходных фитингов, колодок и хомутов, выстав-

ляются и контролируются необходимые зазоры.

После контрольных операций производится окончательный монтаж ГС, то есть обжимка, контровка и нанесение контрольных рисок. После выполнения окончательного монтажа происходит

контроль монтажа и приёмка выполненных работ работникам из бюро технического контроля (БТК) и мастеру. После предъявления выполненного монтажа идёт установка технологической защиты которая защитит трубопровод от нежелательных дефектов (сколы, вмятины и нарушение ЛКП). Далее после выполнения других монтажных работ в зоне нише ПОШ, идёт демонтаж технологической защиты и визуальный осмотр трубопровода.

Заключение

Таким образом, в процессе достижения цели были выполнены следующие задачи.

1. Выбран способ защиты трубопроводов.
2. Разработана методика моделирования конструкции защитного приспособления.
3. Подобран пластик для 3D печати.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Солецкий, В. В. Двухсредный беспилотный летательный аппарат / Солецкий В. В., Нюняйкина М. С., Перевалов А. А., Куриный В. В. // Ученые записки Комсомольского-на-Амуре государственного технического университета. – 2019. – Т. 1. – № 2(38). – С. 4-15.
2. Куриный, В.В. Особенности технологии изготовления корпусов двухсредных беспилотных аппаратов методом послойного наплавления FDM / Куриный В.В., Солецкий В.В., Лю Бинь // Морские интеллектуальные технологии. – 2021. – № 2-2(52). – С. 34-41.
3. Jones, R. RepRap – the replicating rapid prototype/R. Jones, P. Haufe, E. Sells, P. Iravani, V. Olliver, C. Palmer, A. Bowyer // Robotica. – 2011. – Vol (29). – P. 177-191.
4. Sells, E.RepRap: The replicating rapid prototyper: Maximizing customizability by breeding the means of production / E. Sells, S. Bailard, Z. Smith, A. Bowyer, V. Olliver // Handbook of Research in Mass Customization and Personalization, 2010. – Pp. 568-580.

УДК 621

Ильин Евгений Алексеевич, студент, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Piyn Evgeny Alekseevich, student, Komsomolsk-na-Amure State University

Марьин Сергей Борисович, доктор технических наук, доцент, заведующий кафедрой «Авиастроение», Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Maryin Sergey Borisovich, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Aircraft Engineering, Komsomolsk-na-Amure State University

УНИВЕРСАЛЬНЫЙ ИНСТРУМЕНТ ДЛЯ ДОРНОВАНИЯ ВНУТРЕННИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ МЕТАЛЛОФТОРОПЛАСТОВЫХ ВТУЛОК В УЗЛАХ МЕХАНИЗАЦИИ ДВЕРЕЙ САМОЛЕТА

A UNIVERSAL TOOL FOR DORNING THE INTERNAL SURFACES OF METALFLUOROPLASTIC BUSHINGS IN THE NODES OF THE MECHANIZATION OF AIRCRAFT DOORS

Аннотация. В данной работе представлен универсальный инструмент для дорнования (дорнирования) отверстий в металлофторопластовых втулках в узлах механизации дверей самолета. Применение данного составного инструмента позволит снизить затраты при замене его части из-за адгезионного схватывания в зоне контакта дорнирующего элемента с обрабатываемым материалом.

Abstract. This paper presents a universal tool for dorning (dorning) holes in metalfluoroplast bushings in the nodes of the mechanization of aircraft doors. The use of this composite tool

will reduce costs when replacing its part due to adhesive setting in the contact area of the dornning element with the material being processed.

Ключевые слова: дорнирование, комбинированный инструмент, обработка, отверстие.

Key words: horning, combined tool, machining, hole.

Введение

Основной причиной выхода из строя деталей, составляющих узлы механизации самолета, является их износ. При этом, около 75% случаев выхода из строя узлов трения, обусловлено именно износом трибопар. А если учесть, что эффективность многих систем самолета, таких как шасси и система управления самолетом напрямую зависит от качества перемещения их элементов, то становится понятным важность обеспечения высокой износостойкости этих элементов.

Основная часть

Одним из эффективных способов защиты узлов механизации авиационной техники от износа и коррозии является применение металлофторопластовых втулок (рисунок 1).

Количество таких втулок в конструкции некоторых самолетов достигает сотен, а иногда и тысяч штук. Втулки из металлофторопластика, без смазки, при малых скоростях способны выдержать высокие нагрузки (до 350 МПа), также они сохраняют работоспособность в интервале температур от -200 до +280 °С. Коэффициент трения металлофторопластовых втулок при нормальных условиях работы без смазки находится в пределах от 0,04 до 0,23, а масса на порядок меньше по сравнению с традиционными подшипниками качения, при этом исключается использование дорогих легированных сталей.

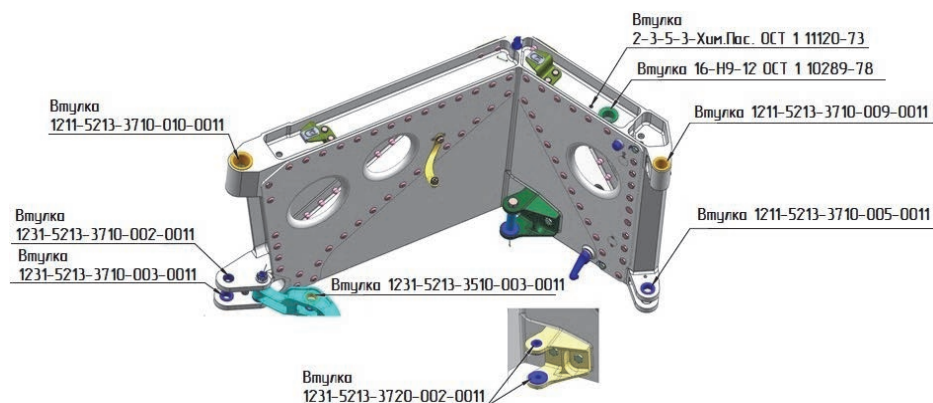


Рисунок 1 – Втулки в конструкции рычага навески двери

Для повышения твердости материала на внутренних поверхностях втулок используется такой способ обработки, как дорнование. С помощью данной операции также уменьшается шероховатость отверстий и повышается класс точности.

Дорнование (дорнирование) – это прогрессивный бесстружечный точный метод обработки деталей, при котором инструмент в виде жесткого тела вращения проталкивается или протягивается через обрабатываемое отверстие, имеющее несколько меньший диаметр, чем дорнирующая часть инструмента, тем самым создавая пластическое деформирование поверхности и калибрование размера отверстия.

Конструктивно, классический инструмент для обработки отверстий методом дорнования (дорн) выполнен цельнометаллическим и состоит из нескольких частей [1]:

- хвостовика, который необходим для установки дорна в захват механизированного инструмента;
- направляющей части для центрирования дорна в отверстии;
- дорнирующей части.

Однако, если использовать такой инструмент, то при изнашивании дорнирующей части необходима замена всего дорна.

При использовании составного инструмента [2,3] (рисунок 2) появится возможность замены, изношенной дорнирующей части, в таком случае не придётся приобретать новый инструмент. Также такая конструкция дорна позволит использовать насадные дорнирующие элементы различного диаметра для обработки соответствующих диаметров отверстий и производить дорнование в местах конструкции с ограниченными подходами в зону обработки.

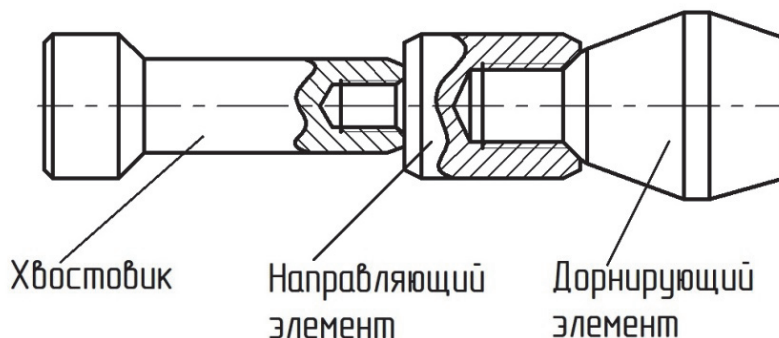


Рисунок 2 - Конструкция составного дорна

Заключение

Разработанная конструкция составного инструмента расширяет технологические возможности для обработки отверстий во втулках разного диаметра и повышает ресурс работы всего дорна.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Пекарш, А.И. Современные технологии агрегатно-сборочного производства самолетов / А.И. Пекарш, Ю. М. Тарасов, Г. А. Кривов [и др.] // Упрочнение отверстий методом дорнирования – М.: Аграф-пресс, 2006. – С. 232-233.
2. Патент на полезную модель. № 128138 U1 Российская Федерация, МПК В23В 35/00 В23В 51/00. Инструмент для обработки отверстий : № 2014123070/02 / заявл. 11.10.2012; опубл. 20.05.2013. Бюл. № 14. / В.Н. Быченко, Б. Н. Марьин, Е.Б. Щелкунов, М. Е. Щелкунова, С. В. Виноградов, А. М. Шпилев, С. Б. Марьин ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Комсомольский-на-Амуре государственный технический университет" (ФГБОУ ВПО "КнАГТУ").
3. Патент на полезную модель. № 134469 U1 Российская Федерация, МПК В23D 43/00. Протяжка-дорн : № 20113127982/02 / заявл. 18.06.2013; опубл. 20.11.2013. Бюл. № 32. / С. Б.Марьин, Е.Б. Щелкунов, Б. Н. Марьин, М. Е. Щелкунова, С. В. Виноградов, О. Е. Сысоев ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Комсомольский-на-Амуре государственный технический университет" (ФГБОУ ВПО "КнАГТУ").

УДК 621.18

Карпов Игорь Александрович, оператор научной роты, ВИ (ВМП) ВУНЦ ВМФ «Военно-морская академия им. Н.Г. Кузнецова», Пушкин.

Karpov Igor Alexandrovich, cadet, Military Training and Research Center of the Navy of N.G. Kuznetsov Naval Academy, Pushkin.

Панкратов Александр Владимирович, кандидат технических наук, заместитель начальника кафедры газовых турбинных установок, ВИ (ВМП) ВУНЦ ВМФ «Военно-морская академия им. Н.Г. Кузнецова», Пушкин.

Pankratov Alexander Vladimirovich, Candidate of Engineering Sciences, Deputy Head of the Department "Gas Turbines", Military Training and Research Center of the Navy of N.G. Kuznetsov Naval Academy, Pushkin.

Резникова Римма Константиновна, кандидат педагогических наук, старший преподаватель, Военный учебно-научный центр Военно-Морского Флота «Военно-морская академия им. Адмирала Флота Советского Союза Н.Г. Кузнецова», Санкт-Петербург

Reznikova Rimma Konstantinovna, Candidate of Pedagogical Sciences, Senior Lecturer, Military Educational and Scientific Center of the Navy of N.G. Kuznetsov Naval Academy, St Petersburg.

Котов Валентин Сергеевич, кандидат технических наук, ВИ (ВМП) ВУНЦ ВМФ «Военно-морская академия им. Н.Г. Кузнецова», Пушкин.

Kotov Valentin Sergeevich, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, Military Training and Research Center of the Navy of N.G. Kuznetsov Naval Academy, Pushkin.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДИКИ ТЕПЛОВЫХ РАСЧЕТОВ СУДОВЫХ ПАРОВЫХ КОТЛОВ

DEVELOPMENT OF AN ALGORITHM FOR CALCULATING SHIPBOARD STEAM BOILERS

Аннотация. Судовая энергетическая установка - ключевой компонент в обеспечении скорости, дальности плавания и маневренности корабля, а также в обеспечении всеми видами энергии других технических средств. Ужесточение таких требований к установке, как экономичность, маневренность и надежность, а также необходимость сокращения массогабаритных характеристик, создают большие трудности в проектировании и изготовлении элементов паровых котлов. В статье рассмотрены программы конструктивного и поверочного расчетов судовых паровых котлов.

Abstract. The ship's power plant is a key component in ensuring the speed, range, and maneuverability of the vessel, as well as providing all types of energy to other technical means. The tightening of such requirements for the installation, such as efficiency, maneuverability, and reliability, as well as the need to reduce mass-dimension characteristics, creates great difficulties in designing and manufacturing elements of marine steam boilers. The article discusses programs for constructive and verification calculations of ship steam boilers.

Ключевые слова: паровой котел, программа, судовое машиностроение, расчёт, пароперегреватель.

Key words: steam boiler, program, ship engineering, calculation, superheater.

Введение

Обслуживание судовых энергетических установок (СЭУ) требует обширной системы знаний и навыков от обслуживающего персонала. В данной статье приведено описание программ расчета котельных агрегатов и высокофорсированных топков, которые предназначены для использования в процессе обучения инженер-механиков, с целью овладения ими основами управления процессами, обеспечивающими безаварийную и экономичную

работу котельных установок, парогенераторов, а также приобретения практических навыков в проведении тепло-гидравлических и прочностных расчетов.

Основная часть

В основу программ положен нормативный метод теплового расчета котельных агрегатов, методика расчета высокофорсированных топков. При составлении программ широко использовались аппроксимирующие полиномы, описывающие термодинамические свойства воды, пара и продуктов горения флотского мазута.

Программный комплекс включает в себя программу предварительных расчетов, которая позволяет определить основные параметры пароводяного и воздушно-газового котла, расход топлива, а также программы конструктивных и поверочных расчетов элементов котла. Все программы составлены в программном обеспечении Excel.

Программа позволяет выполнять предварительные расчеты как котлов с вентиляторным дутьем, так и высоконапорных. При этом котлы должны иметь традиционную компоновочную схему (последовательность расположения элементов котла по газовому тракту: парообразующая часть, пароперегреватель, экономайзер). Каждый элемент котла должен состоять из одного или нескольких пучков труб (пакетов), но в последнем случае они должны располагаться последовательно.

В основу конструктивных и поверочных расчетов всех конвективных поверхностей нагрева положено совместное решение двух уравнений:

- уже известного уравнения теплового баланса по воздушно-газовой стороне:

$$Q = k * \varphi * (I' - I'') \quad (1)$$

- уравнение теплообмена

$$Q = k * F * \Delta t \quad (2)$$

где k – коэффициент теплопередачи; F – площадь поверхности нагрева; Δt – средний температурный напор.

Оба уравнения содержат три неизвестных величины, характеризующие данный элемент и зависящие от температуры продуктов горения v'' и температуры рабочей среды на выходе:

$$I'' = f(v''); \Delta t = f(t_{\text{ВЫЛ}}, v''); k = f(t_{\text{ВЫЛ}}, v''). \quad (3)$$

В свою очередь:

$$t_{\text{ВЫЛ}} = f(Q) \quad (4)$$

При выполнении конструктивных расчетов состав исходных данных позволяет однозначно решить эту систему.

Решение системы при выполнении поверочных расчетов возможно только итерационными методами, предварительно задаваясь значением температуры продуктов горения за элементом. Практика показывает, что прямые итерации, как правило, не сходятся, поэтому в настоящих программах используется итерационный метод с линейной интерполяцией, рекомендуемый нормативным методом теплового расчета котельных агрегатов.

Первый прогноз температуры продуктов горения за рассчитываемой поверхностью нагрева производится в самой программе на основе обработки групповых свойств главных и вспомогательных котлов по тепловосприятиям характерных поверхностей нагрева в зависимости от первоначально принятого числа рядов. На последующих итерациях температура продуктов горения уточняется.

В программах предусмотрена алгоритмическая защита от нефизических результатов в промежуточных инерциях, например, для случая, когда температура нагреваемой среды превышает температуру греющей среды.

Критерием окончания расчета является совпадение количества тепла, отданного газами, с количеством тепла, воспринятыми поверхностью нагрева, с заданной степенью точности.

В качестве исходной информации для расчетов приняты: расход топлива; геометрические характеристики элементов; режимные параметры: теплофизические характеристики продуктов горения, воды, пароводяной смеси и пара. Результаты расчетов содержат либо окончательную информацию о геометрических характеристиках элементов (для конструктивных расчетов), либо параметры продуктов горения, воды и пара за элементом, тепловосприятие элемента (для проверочных расчетов).

В исходных данных программ конструктивных тепловых расчетов значения расходов топлива, тепловосприятие элементов, параметров продуктов горения принимаются для режима полной нагрузки котла. Геометрические характеристики снимаются с теоретического чертежа котла. Оценка первоначально принятого числа рядов производится по данным котла-прототипа. Массовая скорость пара в пароперегревателе определяется по уравнению сплошности. Площадь сечения для прохода пара оценивается по числу труб в ряду у змеевикового или числу труб в одном ходе у двухколлекторного пароперегревателя. Число ходов пара задается по данным котла-прототипа.

Программа поверочных тепловых расчетов может быть использована в расчетах для любых нагрузок котла по топливу, за исключением очень малых (менее 20% по топливу) для вспомогательных котлов.

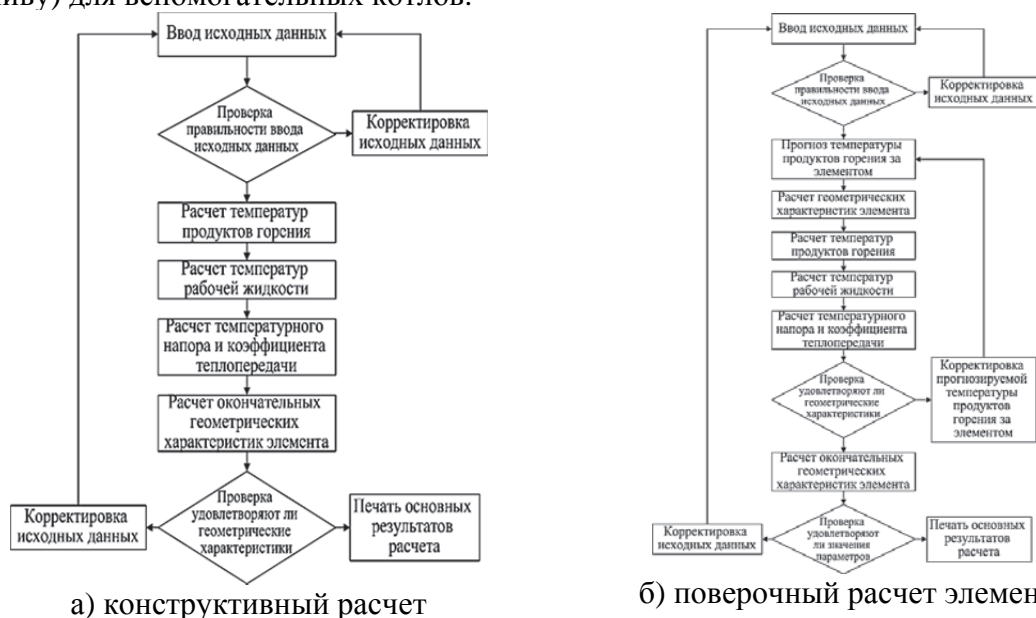


Рисунок 1. Принципиальные схемы алгоритмов программ

Программы конструктивного (см. рисунок 1а) и поверочного (см. рисунок 1б) расчета пароперегревателя составлены для однородных пучков, т.е. либо коридорного, либо шахматного строения. При компоновке пароперегревателя из разнородных пучков в исходные данные следует вводить осредненные геометрические характеристики.

Заключение

Рассмотренные программы позволяют рассчитывать основные параметры пароводяного, воздушно-газового трактов котла и расхода топлива на различных нагрузках. Программы поверочных расчетов элементов котла позволяют производить расчеты также на различных нагрузках, с внесением соответствующих данных в таблицы расчета.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Тепловой расчет котельных агрегатов (нормативный метод), 3-е изд. перераб. и доп. СПб.: НПО ЦКТИ, 1998. – 257 с.
2. Антоновский, В. И. Теплообмен в топках паровых котлов. Ретроспективный взгляд на разработку нормативного метода расчета / В. И. Антоновский // Теплоэнергетика. – 2004. – № 9. – С. 53-62.

3. Закутин, П. Н. Компоновка и основные расчеты паровых котлов. / П. Н. Закутин, О. В. Арва, Л. Г. Нестеров. – Пушкин.: Изд-во ЛВВМИУ, 1980. – 247 с.

5. Методы расчета теплообмена в топках и пути совершенствования паровых котлов / К. Т. Баубеков, Р. А. Адильбеков, О. М. Талипов, А. Н. Бергузинов // Наука и техника Казахстана. – 2008. – № 3. – С. 10-15.

6. Новый подход к оценке устойчивости динамических систем на этапе их проектирования / Б. Г. Иванов, А. А. Тельнов, Е. М. Шилов [и др.] // Техническая эксплуатация водного транспорта: проблемы и пути развития : Материалы Пятой международной научно-технической конференции, Петропавловск-Камчатский, 18–21 октября 2022 года. – Петропавловск-Камчатский: Камчатский государственный технический университет, 2022. – С. 13-17.

УДК 656.02

Князева Наталья Евгеньевна, студент, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Knyazeva Natalia Evgenievna, student, Komsomolsk-na-Amure State University

Красильникова Ольга Алексеевна, кандидат технических наук, декан факультета авиационной и морской техники, Комсомольский-на-Амуре государственный университет
Krasilnikova Olga Alekseevna, Candidate of Engineering Sciences, Dean of the Faculty of Aviation and Marine Engineering, Komsomolsk-na-Amure State University

ПОСТАВКА КАЛИЙНЫЙ УДОБРЕНИЙ ИЗ РОССИИ НА ЭКСПОРТ

SUPPLY OF POTASH FERTILIZERS FROM RUSSIA FOR EXPORT

Аннотация. В работе рассматривается экспортная поставка калийный удобрений из России (ОАО «Уралкалий») в Индию (порт Ченнай), с перевалкой в порту Восточный, дано обоснование выбора данного маршрута и пункта перевалки, дана характеристика транспортным путям, разобраны мероприятия по обеспечению безопасности перевозки, погрузки и выгрузки груза. Выполнены расчеты продолжительности маршрута и проведен анализ экономических показателей работы транспортных средств на данном маршруте.

Abstract. The paper considers the export supply of potash fertilizers from Russia (OJSC Uralkali) to India (Chennai port), with transshipment at the Vostochny port, the rationale for choosing this route and transshipment point is given, the characteristics of transport routes are given, measures to ensure the safety of transportation, loading and unloading of cargo are analyzed. Calculations of the duration of the route were performed and an analysis of the economic performance of vehicles on this route was carried out.

Ключевые слова: калийные удобрения, навалом, биг-бэг, транспортировка, перевалка, продолжительность маршрута, сквозная тарифная ставка.

Key words potash fertilizers, bulk, big bag, transportation, transshipment, route duration, through tariff rate.

Введение

Россия является одним из главных лидеров по поставке калийных удобрений на мировом рынке, уступая только Канаде.

ПАО «Уралкалий» - крупнейший в России производитель калийных удобрений. Производственные мощности Компании (пять рудников, шесть калийных фабрик и одна карналлитовая фабрика) расположены в городах Березники и Соликамск (Пермский край). Верхнекамское месторождение является одним из крупнейших в мире по добыче калийно-магниевых солей, при текущих уровнях добычи может обеспечить компанию сырьем на 200 лет.

Главными покупателями выступают страны Южной и Восточной Азии, они испытывают глобальную потребность в минеральных удобрениях, и по прогнозам специалистов, спрос будет продолжать расти.

Транспортировка калийных удобрений

В работе рассматривается экспортная поставка калийных удобрений из России (ОАО «Уралкалий») в Индию (порт Ченнай), с перевалкой в порту Восточный.

Для перевалки груза, порт Восточный был выбран не случайно. Большое значение для экспортоориентированного предприятия имеет выбор порта перевалки. С введением в порту Восточный новейшего высокомеханизированного комплекса по перевалке удобрений с использованием конвейерного транспортного оборудования стало возможным осуществлять экспорт через данный порт.

Перевозка калийных удобрений осуществляется навалом от станции Березники Свердловской железной дороги до припортовой станции Находка-Восточная Дальневосточной железной дороги. Для перевозки груза на маршруте Березники - Восточный используется вагон-хоппер модели 19-923-02. Вагон выполнен с внутренним антикоррозионным покрытием кузова. Конструкция вагона позволяет производить загрузочные работы механизированным способом через четыре расположенные по оси крыши щелевые загрузочных люка, обеспечивающих равномерную загрузку кузова с одной установки.

Данный маршрут считается отправительским, т.к. формируется в районе массовой погрузки грузов в адрес района массовой выгрузки. Состав поезда формируется в соответствии с действующими правилами технической эксплуатации и планом формирования поездов, имеет установленный вес и длину. Маршрут следования состава – прямой, т.к. перевозка осуществляется до одной станции перевалки. Протяженность пути до ст. Находка-Восточная составляет 8199 км.

В порту Восточный удобрения загружаются в полиэтиленовые контейнеры. Линия для фасовки минеральных удобрений в мягкие контейнеры представлена на рисунке 1.

Линия состоит из: загрузочного бункера-накопителя с автоматической заслонкой и вибрлотком (1); транспортера ковшевого (2); весового приемного бункера (3); загрузочного патрубка с устройством надува вкладыша биг-бэга (4); отводящей тележки (5); блока управления (6).

Далее мягкие контейнеры загружаются на морской транспорт и доставляются в порт назначения.

Протяженность морского транспортного пути составляет 4570 миль.



Рисунок 1 – Линия для фасовки сыпучих грузов

В результате расчетов, срок доставки калийных удобрений от пункта отправления до пункта назначения составил 44,43 суток, стоимость перевозки одной тонны груза составила 6496,24 руб.

Заключение

Основным условием достижения максимальной прибыли является максимальное снижение издержек при транспортировке грузов. Если к грузу, подлежащему транспор-

тировке, не предъявляется особых требований (срочность, лимит времени на стивидорные операции и т.д.), то принимая решение о выборе транспортного маршрута и транспортных средств, для транспортировки груза, необходимо исходить из максимального финансового результата.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Морской каталог-справочник. – URL: <http://www.midships.ru> (дата обращения: 03.04.2023).
2. Перевозка экспортно-импортных грузов. Организация логистических систем / Под ред. А. В. Кириченко. - 2-е изд., испр. и доп. – Санкт-Петербург.: Питер, 2004. – 505 с.
3. Ветренко, Л. Д. Организация и технология перегрузочных процессов в морских портах / Л. Д. Ветренко, В. В. Ананькина, А. В. Степанец. – Москва : Транспорт, 1989. – 270 с.
4. Плоткин, Б. К. Экономико-математические методы и модели в коммерческой деятельности и логистике / Б. К. Плоткин, Л. А. Делюкин. – Москва : ИЦ РИОР, НИЦ ИНФРА-М, 2016. – 346 с.
5. AD*STAR®: Современная, технологичная упаковка. Правила эксплуатации мягких специализированных контейнеров. – URL: <http://pilen.ru/userFiles/file/prav.php> (дата обращения: 09.04.2023).

УДК 656.254

Коновалова Яна Сергеевна, студент, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Konovaloova Yana Sergeevna, student, Komsomolsk-na-Amure State University

Гуменюк Надежда Сергеевна, старший преподаватель кафедры «Кораблестроение и компьютерный инжиниринг», Комсомольский-на-Амуре государственный университет
Gumenyuk Nadezhda Sergeevna, Senior Lecturer of the “Department Shipbuilding and Computer Engineering”, Komsomolsk-na-Amure State University

ОБЗОР СОВРЕМЕННЫХ СРЕДСТВ СВЯЗИ НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ

REVIEW OF MODERN COMMUNICATIONS IN RAILWAY TRANSPORT

Аннотация. В данной работе выполнен обзор современных средств связи, используемых на железнодорожном транспорте, приведена их классификация по разным признакам. Рассмотрены вопросы и проблемы создания и внедрения на железнодорожном транспорте перспективных средств связи нового поколения.

Abstract. In this paper, an overview of modern means of communication used in railway transport is made, their classification according to various criteria is given. Questions and problems of creation and implementation of promising new generation means of communication in railway transport are considered.

Ключевые слова: железнодорожный транспорт, связь, средства связи, проводная связь, беспроводная связь.

Key words: railway transport, communication, means of communication, wire communication, wireless communication.

Введение

Современные логистические процессы просто не мыслимы без обеспечения связи, которая является неотъемлемой частью технологических процессов на всех уровнях работы транспортной системы. Системы и устройства связи имеют важное значение,

при организации перевозочного процесса, обеспечением его безопасности, а также управления работой транспорта в целом.

Основная часть

На железнодорожном транспорте для обеспечения информационного процесса и руководства работой подразделений на сегодняшний день используют различные виды связи (рисунок 1) и их можно классифицировать по трем основным признакам. Это назначение, форма передаваемого сообщения и район действия.

Всю информацию можно разделить на две группы: предназначенная для передачи служебных сообщений работниками железнодорожного транспорта (передается связью общего пользования) и предназначенная для управления технологическим процессом на станциях, участках и всей сети железных дорог (передается с помощью технологической связи).

В зависимости от способа передачи информации применяют проводную (телефон, телеграф, волоконно-оптическая связь) и беспроводную (радиосвязь, радиорелейную, спутниковую) связь.

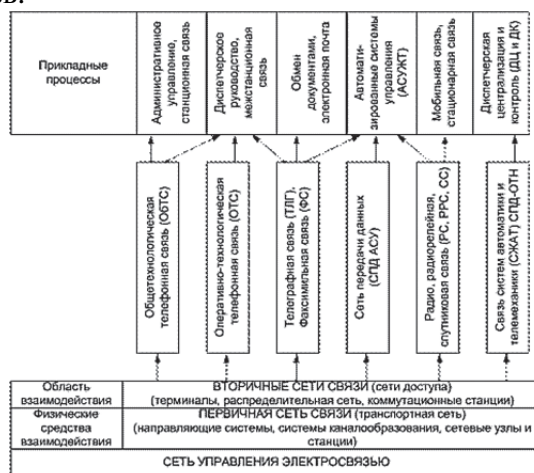


Рисунок 1 – Структура сети связи на железнодорожном транспорте

Основным видом связи по сей день остается проводная связь на кабельных и воздушных линиях. Быстродействие, многоканальность, помехоустойчивость, надежность, возможность двухсторонней связи – это главные преимущества проводного канала по сравнению с другими известными каналами связи. Проводная связь подразделяется в зависимости от района действия на магистральную, дорожную, местную и станционную, а в зависимости от выполняемых задач на общетехнологическую, обеспечивающую функционирование железнодорожного транспорта в целом, и оперативно-технологическую (ОТС), обеспечивающую организацию и безопасность перевозочного процесса. Система ОТС – это ведомственная сеть; она независима от других видов связи и не имеет выхода в сеть общего пользования.

Радиосвязь подразделяется на поездную, позволяющую вести переговоры с работниками, находящимися в движении; станционную, позволяющую вести переговоры при производстве маневров и управлении сортировочным процессом; и ремонтно-оперативную, обеспечивающую связь между ремонтными подразделениями и машинистами локомотивов. Следует отметить, поездная связь организуется как с помощью проводной, так и радиосвязи.

Системы связи постоянно модернизируются. На сегодняшний день отмечается повсеместный переход от аналоговой связи на цифровые системы. Самым перспективным в области цифровизации связи считается применение высокоскоростных волоконно-оптических линий.

Все существующие виды связи позволяют организовывать четкую и бесперебойную работу железнодорожного транспорта, однако развитие инфраструктуры и транспортных технологий не стоит на месте, поэтому требуется создание и внедрение новых систем связи. В современном мире перспективными считаются беспилотные

технологии и железнодорожный транспорт не исключение. Успешная реализация проекта беспилотного вождения на Московском центральном кольце может существенно изменить представления о дальнейшем развитии технологий железнодорожного транспорта. Работа над данным проектом подтолкнула специалистов к освоению технологической радиосвязи нового поколения, базирующейся на технологиях LTE (Long-Term Evolution – долговременное развитие) и 5G. Испытания, проведенные еще в 2017 году, показали значительные преимущества технологии сетей 5G; передача данных от локомотива и обратно ускорилась более чем в два раза.

Заключение

Связь нового поколения позволит реализовать, по крайней мере, две тенденции развития железнодорожного транспорта: изменить технологии управления движением, а также увеличить пропускную способность железных дорог за счет сокращения интервалов движения между попутными поездами. В России имеется ряд проблем, таких как отсутствие свободного частотного ресурса, сложность и, следовательно, дороговизна оборудования сетей нового поколения, что существенно замедляет процесс повсеместного внедрения инновационной мобильной связи

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Связь на жд транспорте кратко // Образовательный портал. – URL : <https://obrazovanie-gid.ru/pereskazy1/svyaz-na-zhd-transporte-kratko.html> (Дата обращения 15.03.2023).
2. Проводная связь // Электровозы ВЛ. – URL : <https://poezdvl.com/> (Дата обращения 15.03.2023).
3. Связь на железнодорожном транспорте. – URL : https://studme.org/404104/tehnika/svyaz_zheleznodorozhnom_transporte (Дата обращения 15.03.2023).
4. Связь нового поколения открывает дороге будущее // Gudok.ru: транспортный портал. – URL : <https://gudok.ru/content/infrastructure/1490758/> (Дата обращения 15.03.2023).
5. Озеров, А.В. Железнодорожная радиосвязь нового поколения / А.В. Озеров, А.П. Куроптева // Наука и технологии железных дорог. – 2023. – Т.7, № 1(25). – С. 17 – 24.

УДК 656.02

Кузнецов Денис Анатольевич, студент, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Kuznetsov Denis Anatolyevich, student, Komsomolsk-na-Amure State University

Гуныкова Ольга Владимировна, старший преподаватель кафедры «Кораблестроение и компьютерный инжиниринг», Комсомольский-на-Амуре государственный университет
Gunkova Olga Vladimirovna, senior lecturer of the Department «Shipbuilding and Computer Engineering», Komsomolsk-na-Amure State University

АНАЛИЗ МАРШРУТОВ ДОСТАВКИ КАУЧУКА ИЗ ТАИЛАНДА В РОССИЮ

ANALYSIS OF RUBBER DELIVERY ROUTES FROM THAILAND TO RUSSIA

Аннотация. Целью данной работы является рассмотрение и анализ разных маршрутов доставки натурального каучука из Таиланда в Россию. Дано описание двух маршрутов: Бангкок – Новороссийск – Ярославль и Бангкок – Владивосток – Ярославль. Произведены расчеты продолжительности рейса на обоих маршрутах. Выполнен анализ двух маршрутов доставки груза и выбран наиболее оптимальный вариант.

Abstract. The purpose of this work is to consider and analyze different routes for the delivery of natural rubber from Thailand to Russia. Two routes are described: Bangkok – Novorossiysk – Yaroslavl and Bangkok – Vladivostok – Yaroslavl. Calculations of the duration of the flight on both routes and end-to-end tariff rates were made. Two cargo delivery routes were analyzed and the most optimal option was selected.

Ключевые слова: транспортировка, каучук, продолжительность рейса, стоимость, контейнер, маршрут.

Key words: transportation, rubber, duration of the flight, cost, container, route.

Введение

Каучук – это материал для изготовления резины и резинотехнических изделий, таких как покрышки для транспорта, гидроизоляция, уплотнители, обувь. Каучук бывает натуральный и искусственный. Натуральный каучук добывается из каучуконосных растений – сока дерева гевеи. Натуральный каучук обладает более высокой прочностью на растяжение, гашения вибрации и сопротивления разрыву. Данные свойства делают его более выгодным, чем искусственный каучук.

Страны-производители натурального каучука: Таиланд, Вьетнам, Китай, Индонезия, Малайзия, Бразилия. Таиланд является ведущим производителем в мире, он производит натуральный каучук больше, чем в других странах. Производство натурального каучука в мире, согласно прогнозам, будет расти примерно на 5 % в год.

Россия является одной из стран-импортеров натурального каучука. В данной работе будет рассмотрена доставка натурального каучука из Таиланда в город Ярославль двумя маршрутами: через порт Новороссийск и порт Владивосток и произведен анализ вариантов доставки.

Основная часть

Перевозимый каучук предназначен заводу по производству шин ОАО «Ярославский шинный завод», входящий в состав холдинга ОАО «Кордиант». Данное предприятие производит шины на основе натурального и синтетического каучука для грузовых и легковых автомобилей.

Транспортировка каучука производится в двадцатифутовом контейнере. Для расчетов на морском транспорте принято судно «FESCO Askold», вместимостью 1105 двадцатифутовых контейнеров. При перевозке груза железнодорожным транспортом используется железнодорожная платформа.

В данной работе производится сравнение двух маршрутов доставки каучука из Таиланда в Россию.

Первый маршрут доставки: из порта Бангкок в порт Новороссийск морским транспортом, далее до города Ярославль железной дорогой (рисунок 1).

Второй маршрут доставки: из порта Бангкок в порт Владивосток морским транспортом, далее до города Ярославль железной дорогой (рисунок 2).

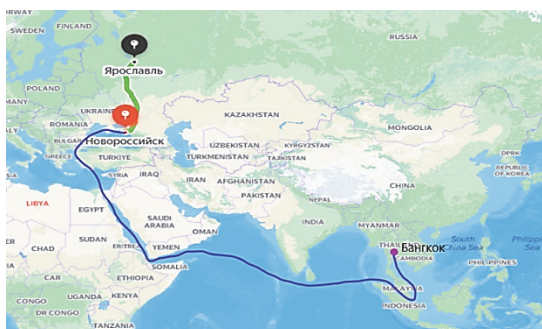


Рисунок 1 – Схема маршрута Бангкок – Новороссийск – Ярославль

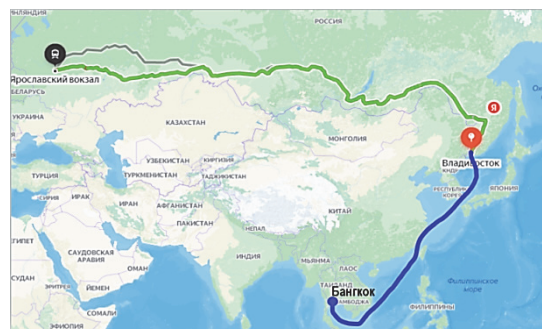


Рисунок 2 – Схема маршрута Бангкок – Владивосток – Ярославль

Расстояние перевозки морским транспортом от порта Бангкок до порта Новороссийск составляет 7000 миль (11265 км), расстояние железнодорожным транспортом от порта Новороссийск до станции Ярославль 1870 км. Общее расстояние перевозки по первому маршруту составит 13135 км.

От порта Бангкок до порта Владивосток расстояние морским транспортом составит 2993 мили (4816 км). До железнодорожной станции Ярославль расстояние – 9000 км. Общее расстояние перевозки по второму маршруту составит 13816 км.

В результате расчетов на маршруте Бангкок – Новороссийск продолжительность рейса морским транспортом составляет 26 суток, железнодорожным транспортом от порта Новороссийск до станции Ярославль – 10 суток (из них: основной маршрут на 1833 км при суточном пробеге 550 км – четверо суток; операции, связанные с отправлением и оправкой – двое суток; расстояние перевозки свыше 1000 км, для накопления и сортировки – трое суток). Общее время доставки груза по первому маршруту Бангкок – Новороссийск – Ярославль составляет 36 суток.

Продолжительность рейса морским транспортом на маршруте Бангкок – Владивосток составляет 14 суток, от порта Владивосток до станции Ярославль железнодорожным транспортом – 37 суток (Из них: при суточном пробеге 300 км на расстояние 9008 км уйдет 31 сутки, на операции, связанные с отправлением и прибытием двое суток; расстояние перевозки свыше 1000 км, для накопления и сортировки – трое суток). Общее время доставки груза по второму маршруту Бангкок – Владивосток – Ярославль составит 51 суток.

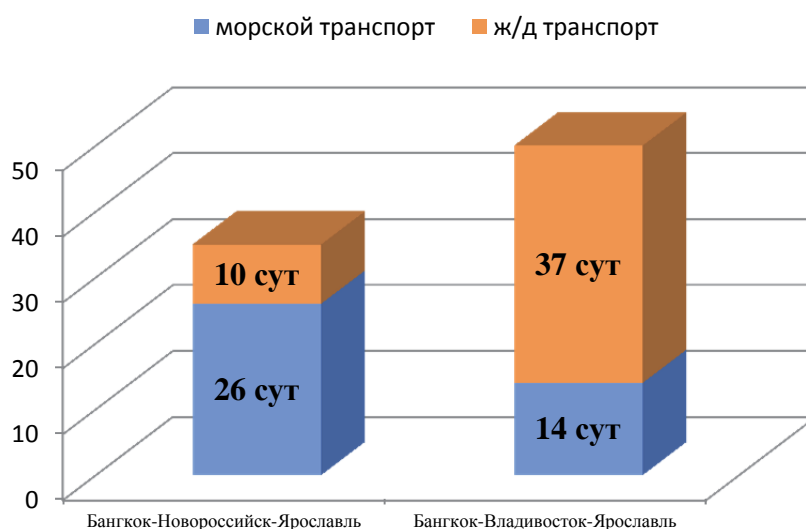


Рисунок 3 – Продолжительность рейсов на маршрутах

Заключение

В данной работе были рассмотрены маршруты доставки натурального каучука из Таиланда в Россию двумя маршрутами. Время доставки по маршруту Бангкок – Новороссийск – Ярославль меньше на 15 суток, чем по маршруту Бангкок – Владивосток – Ярославль за счет большого расстояния по железной дороге от Владивостока до Ярославля.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Деружинский, В.Е. Технология перевозки и перегрузки каучука / В.Е. Деружинский, Э.К. Аблязов, Н.Е. Мальцева // Вестник государственного морского университета имени адмирала Ф.Ф. Ушакова, Новороссийск: Государственный морской университет им. адм. Ф.Ф. Ушакова, 2021. – С. 28-33.

2. Рябчинский, А.И. Организация перевозочных услуг и безопасность транспортно-логистического процесса : учебник для вузов / А. И. Рябчинский, В. А. Гудков, Е. А. Краченко. – М. : Академия, 2013. – 255с.

3. Волынец, Н.В. Программное обеспечение для формирования плана оптимальной загрузки контейнеров и транспортных средств / Н.В. Волынец, И.Н. Журбина // Молодежь и наука: актуальные проблемы фундаментальных и прикладных исследований : Материалы V Всероссийской национальной научной конференции молодых учёных, Комсомольск-на-Амуре, 11–15 апреля 2022 года. Часть 2. – Комсомольск-на-Амуре: Комсомольский-на-Амуре государственный университет, 2022. – С. 189-191.

4. Погребенко, Р. Е. Особенности контейнерных перевозок в современных условиях / Р. Е. Погребенко, И. В. Каменских // Молодежь и наука: актуальные проблемы фундаментальных и прикладных исследований : Материалы V Всероссийской национальной научной конференции молодых учёных, Комсомольск-на-Амуре, 11–15 апреля 2022 года. Часть 2. – Комсомольск-на-Амуре: Комсомольский-на-Амуре государственный университет, 2022. – С. 246-248.

5. Момот, З.А. Пути повышения транзитного потенциала России / З.А. Момот, О.А. Красильникова // Наука, инновации и технологии: от идей к внедрению : Материалы международной научно-практической конференции, Комсомольск-на-Амуре, 7 – 11 Февраля 2022. – Комсомольск-на-Амуре: Комсомольский-на-Амуре государственный университет, 2022. – С. 437-439.

УДК 656.052.8

Момот Захар Александрович, студент, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Momot Zahar Alexandrovich, student, Komsomolsk-na-Amure State University

Гуменюк Надежда Сергеевна, старший преподаватель кафедры «Кораблестроение и компьютерный инжиниринг», Комсомольский-на-Амуре государственный университет
Gumenyuk Nadezhda Sergeevna, Senior Lecturer of the Department “ Shipbuilding and Computer Engineering”, Komsomolsk-na-Amure State University

МОРСКАЯ НАВИГАЦИЯ: ЧЕЛОВЕК ИЛИ КОМПЬЮТЕР?

MARINE NAVIGATION: HUMAN OR COMPUTER?

Аннотация. В данной работе рассмотрены плюсы и минусы астронавигации и внедрения ИТ-технологий в транспортной отрасли, в частности в сфере морской навигации. Авторы полагают, что данная информация может быть полезна при решении вопросов о внедрении новых ИТ-технологий и в других сферах деятельности.

Abstract. In this paper, the pros and cons of astronavigation and the introduction of IT technologies in the transport industry, in particular in the field of maritime navigation, are considered. The authors believe that this information may be useful in addressing issues of the introduction of new IT technologies in other areas of activity.

Ключевые слова: астронавигация, спутниковая навигация, хакерская атака.

Key words: astronavigation, satellite navigation, hacker attack.

Введение

На сегодняшний день жизнь человека сложно представить без компьютеризации и цифровизации, которая затронула практически все сферы деятельности современного общества. В данной работе попытаемся проанализировать, насколько эффективно справляются ИТ-технологии с решением довольно непростой задачи – определением местоположения в открытом море. Сразу следует отметить, что тысячелетний опыт мореплавания показал невозможность решения этой задачи без необходимых знаний и инструментов.

Основной раздел

Термин «навигация» пришел из латинского языка и был синонимом «судоходство» или «мореплавание». В современном мире под навигацией понимают управление движением транспортного средства и определение его местоположение по координатам. В принципе в самом методе ничего нового нет. Еще древние мореплаватели умели определять местоположение по звездам, а с развитием астрономии и картографии инструментарий все более совершенствовался. В навигационных школах и мореходных училищах преподавался курс «Практической мореходной астрономии» и астрономическая навигация была единственной до недавних пор.

Основными приборами в астрономической (небесной) навигации являются секстант, с помощью которого измеряется высоты светила, и хронометр, показывающий время по Гринвичу (рисунок 1).

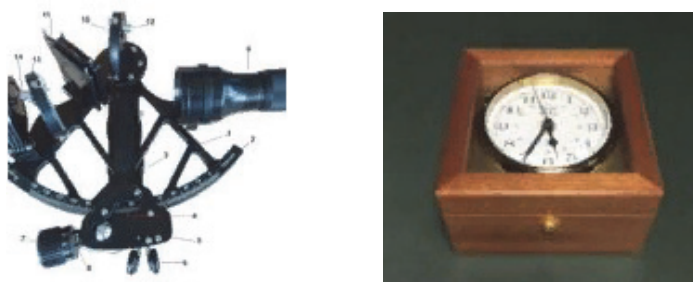


Рисунок 1 – Секстант и хронометр

Определение местоположения судна данным способом трудозатратно, требует проработки практических навыков (рисунок 2) после изучения курса астронавигации, который считается одним из самых сложных неинженерных дисциплин. Также на борту судна должна присутствовать необходимая бумажная документация, в частности карты.



Рисунок 2 – Морские офицеры с помощью секстанта «снимают» высоту Солнца (1963)

Развитие космической и компьютерной техники позволило человечеству перейти с астрономической на спутниковую навигацию. Современные мореплаватели все больше полагаются исключительно на электронную картографическую навигационную систему (ECDIS) и систему глобального позиционирования (GPS, ГЛОНАСС) (рисунок 3).

Судоводители массово переходят на электронные карты. С помощью электронной картографии операции по прокладке и корректировке курса выполняются за минуты, а раньше требовали нескольких часов. В ECDIS для внесения поправок курса нужно лишь загрузить с носителя нужный раздел, ввести необходимые поправки и проложить курс.

Спутниковые навигационные системы представлены совокупностью высокоточного оборудования, часть которого расположена на Земле, другая – вращается на орбите. Они способны вычислять не только географические координаты, но и скорость объекта, а также направление его движения. Спутниковая навигационная система функционирует без участия человека по уже заложенному алгоритму измерения расстояния от объекта до спутников. Наземное устройство (навигатор) с уже заложенной в

него соответствующей информацией, находит спутники и, подключаясь к ним, определяет свое географическое положение. Основной метод здесь – вычисление расстояния до спутников на основе скорости радиоволн.



Рисунок 3 – Электронно-картографическая навигационно-информационная система – ЭКНИС и приемник спутниковой навигации (GPS)

Современные ИТ-технологии позволяют особенно ленивым мореходам определять свое местоположение, не выходя из собственной каюты, используя смартфон с соответствующим программным обеспечением. Таким образом, с появлением недорогих и высокоточных приемников спутниковой навигации навигация по небесам стала избыточной.

Основную цель внедрения информационных технологий и компьютерной техники простыми словами можно сформулировать следующим образом: оперативность решения задач и сведение к минимуму участие человека в каких-либо процессах, в том числе и в принятии решений, а, следовательно, снижение влияния человеческого фактора. Следовательно, современному специалисту уже не потребуется ряд знаний и навыков, тем самым можно снизить затраты на обучение. Именно так и поступила Военно-морская академия США в 1998 году, когда объявила о прекращении курса по астрономической навигации.

Сегодня наиболее совершенными навигационными системами считаются спутниковые. Если рассматривать их с точки зрения метода определения географических координат, то это соответствует истине. Но практика использования показала также и ряд сложностей данной технологии.

На точность работы спутниковых навигационных систем оказывают влияние такие факторы, как неоднородность атмосферы нашей планеты, облака и другие атмосферные явления, водяные пары, присутствующие в атмосфере. Проблема конечно в какой-то мере решаемая, в алгоритмы работы оборудования заложены корректирующие поправки для расчетов скоростей радиоволн. Электромагнитное излучение, вызванное вспышками на Солнце, также негативно отражается на работе спутников.

Сбои в навигационных системах могут также возникнуть из-за программных ошибок и направленных хакерских атак. При этом все приборы показывают верный курс, однако он не соответствует реальному. Такая ситуация может привести к задержкам по времени, что плохо отражается на логистике и экономической эффективности доставки грузов, а также к столкновениям или посадке на мель судов. В морской практике двух последних десятилетий были случаи вынужденного дрейфования судов неделями по причине выхода из строя корабельных компьютерных систем из-за вирусов и отсутствия на борту ИТ-специалистов, которые могли бы справиться с проблемой. Проблема, которую легко можно было бы решить, будь на этих судах специалисты по астронавигации и соответствующее оборудование. Все выше перечисленные примеры указывают на несовершенство спутниковых навигационных систем.

Получив негативный опыт мореплавания, сославшись на опасения по поводу надежности систем GPS перед лицом потенциального враждебного взлома, Военно-морская академия США восстановила преподавание астронавигации в 2015 – 2016 учебном году. Отметим, что Российские мореходные школы не прекращали обучения по данному курсу.

Итак, приведем основные доводы в пользу астронавигации. Навигация по небесам имеет глобальный охват, не может быть заблокирована (хотя она может быть скрыта облаками), не подает никаких сигналов, которые могли бы быть обнаружены противником.

Современные штурманы обычно используют астронавигацию в сочетании со спутниковой навигацией для исправления пути точного исчисления, то есть курса, рассчитываемого исходя из положения судна, его курса и скорости. Использование нескольких методов помогает сегодняшнему судоводителю обнаруживать ошибки и упрощает процедуры.

Заключение

Таким образом, можно уверенно сказать, что внедрение компьютерной техники и ИТ-технологий не панацея и не повод отказаться полностью от «ручных» технологий. И, конечно же, современных специалистов нужно обучать не только новейшим технологиям, но и тем, которые в какой-то момент могут показаться изжившими себя.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Навигационные приборы и инструменты // Балтийский Ллойд. – URL : <https://balt-lloyd.ru/morskaja-praktika/navigacija/navigacionnyye-pribory-i-instrumenty/2> (Дата обращения 01.04.2023).
2. Навигация по небесам // Википедия. – URL : https://en.wikipedia.org/wiki/Celestial_navigation (Дата обращения 20.03.2023).
3. Кочеткова, К. Морская навигация: как мы находили путь раньше и как мы делаем это сейчас. – URL : <https://www.kaspersky.ru/blog/navigation-at-sea/12097/> (Дата обращения 20.03.2023).
4. Случаи кибератак в морской отрасли // seabook. – URL : https://seabook.info/news/news_post/sluchai-kiberatak-v-morskoj-otrasli (Дата обращения 20.03.2023).
5. Морская отрасль уязвима для атак хакеров // Investfuture.ru. – URL : <https://investfuture.ru/news/id/40757> (Дата обращения 20.03.2023).

УДК 656

Нуйкин Дмитрий Александрович, студент, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Nuikin Dmitry Alexandrovich, student, Komsomolsk-na-Amure State University

Журбина Ирина Николаевна, кандидат физико-математических наук, доцент кафедры «Кораблестроение и компьютерный инжиниринг», Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Zhurbina Irina Nikolaevna, Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor of the Department “Shipbuilding and Computer Engineering”, Komsomolsk-na-Amure State University

ИННОВАЦИОННЫЕ РЕШЕНИЯ ДЛЯ ПЕРЕВОЗКИ ЗЕРНОВЫХ ГРУЗОВ РАЗЛИЧНЫМИ ВИДАМИ ТРАНСПОРТА

INNOVATIVE SOLUTIONS FOR GRAIN CARGO TRANSPORTATION BY VARIOUS MODES OF TRANSPORT

Аннотация. В статье рассматривается перевозка зерновых грузов с использованием железнодорожного, автомобильного и водного транспорта. Исследуются инновационные подходы, применяемые в транспортировке сыпучих грузов, в частности, зерновых.

Описывается инновационный метод отправки зерна на экспорт в контейнерах с использованием специальной технологии.

Abstract. The article deals with the transportation of grain cargo using rail, road and water transport. The innovative approaches used in the transportation of bulk cargo, in particular grain, are investigated. An innovative method of sending grain for export in containers using a special technology is described.

Ключевые слова: транспорт, грузоперевозки, инновационные решения, экспорт зерновых.

Key words: transportation, cargo transportation, innovative solutions, grain exports.

Введение

В настоящее время в связи с ростом российского экспорта зерновых грузов актуальной становится задача о применении инновационных технологических решений с целью эффективности транспортных процессов. Под инновационными технологическими решениями понимается совокупность применения сверттехнологичных транспортных средств [1], инновационной техники для погрузочно-разгрузочных работ [2], современных компьютерных и информационных технологий.

Зерновые грузы экспортируются через морские порты, куда груз доставляется железнодорожным или автомобильным транспортом, а иногда и речным. Серьезной проблемой на протяжении всего процесса доставки является ухудшение качества зернового груза. Он часто подвергается воздействию внешней среды, в результате чего происходит поражение насекомыми, вредителями, зерно теряет цвет, приобретает специфический запах. В связи с этим, целью данной статьи является изучение технологичных транспортных ресурсов, позволяющих сократить время доставки и сохранить товарный и пищевой вид зернового груза.

Инновационные решения в перевозках зерновых

На сегодняшний день наряду с традиционными способами транспортировки зернового груза автомобильным и железнодорожным транспортом в порт существуют альтернативные перевозки с применением инновационных технологических решений. Перевозки осуществляются:

- инновационными автопоездами-зерновозами;
- полувагонами с вкладышами;
- крытыми вагонами с пленкой;
- мягкими контейнерами (биг-бэгами);
- контейнерами с вкладышами (лайнер-бэгами);
- вагонами с конструктивными особенностями [3].

Инновационным решением у автопоезда-зерновоза является то, что это транспортное средство оснащено специальными механизмами и оборудованием, позволяющими сохранять качество груза, защитить от непредвиденного опустошения во время транспортировки. Погрузо-разгрузочные работы осуществляются с помощью гидравлической системы, выполняющей функцию подъема и опускания кузова, и приводятся в действие дистанционно.

Перевозка зернового груза железнодорожным транспортом в основном производится вагонами-хопперами-зерновозами и переоборудованными крытыми вагонами с оборудованными полимерными вкладышами [4]. При необходимости быстрой доставки сыпучего груза с недавнего времени стали активно применяться мягкие контейнеры, позволяющие производить быструю перевалку при мультимодальной перевозке [5].

Для транспортировки зерновых грузов морем предназначены балкеры-зерновозы. Они транспортируют сыпучий груз навалом в трюмах. Уже сегодня разработана уникальная новая концепция гибридного балкера InfinityMAX (рисунок 1), [6]. Благодаря модульным отсекам, судно сможет транспортировать разные виды груза – балкерные и жидкие.

Данный концептуальный проект позволяет усовершенствовать грузовые операции в порту за счет применения модульных блоков, которые можно выгружать на акватории. При этом сократится время захода в порт. Также в этом проекте применяются новейшие технологии по использованию водорода в качестве морского топлива.

Наиболее перспективным направлением развития считается перевозка зернового груза в контейнерах со специальными вкладышами – лайнер-бэгами, изготовленными из ламинированного или неламинированного полипропилена и служащих для защиты сыпучего груза от неблагоприятных факторов внешней среды (рисунок 2).



Рисунок 1 – Проект гибридного балкера InfinityMAX

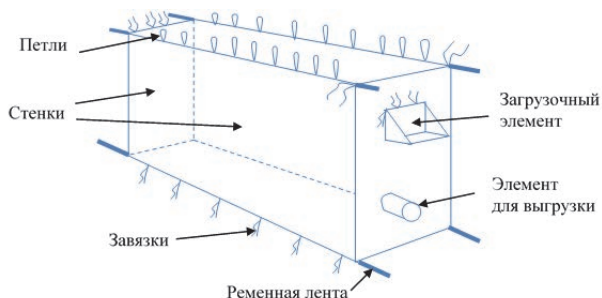


Рисунок 2 – Вкладыш в контейнер лайнер-бэг

Автотранспорт с контейнером, оборудованным вкладышем, подается под загрузку на элеваторы. Далее грузенный контейнер транспортируется на железнодорожную станцию, где после формирования состава отправляется в порт для дальнейшей погрузки на судно. Наибольший эффект от данного технологического решения достигается за счет возможности возврата контейнера с грузом. Вкладыш из контейнера вынимается и, следовательно, контейнер можно снова загружать.

Заключение

Необходимость совершенствования подвижного состава становится приоритетным направлением в мультимодальных перевозках зерновых грузов. Так как основными проблемами является сезонный дефицит специализированного подвижного состава вагонов-зерновозов, то использование контейнеров имеет хорошие перспективы, особенно при организации экспортных поставок. Использование контейнеров позволяет избежать длительной и трудоёмкой перевалки груза в морских портах, что приводит к сохранности товарного вида зернового груза.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Глазов, И. А. Инновационные технологии при перевозках зерновых грузов / И. А. Глазов, Е. И. Павлова // Логистические системы в глобальной экономике. – 2021. – № 11. – С. 105-108. – EDN QQMQK.

2. Инновационная техника для погрузочно-разгрузочных и транспортно-складских работ / Н. В. Бышов, С. Н. Борычев, Н. Г. Кожевникова [и др.] // Картофельводство : Материалы научно-практической конференции, Москва, 01–03 августа 2017 года / Под редакцией С.В. Жеворы. – Москва: Федеральное государственное бюджетное научное учреждение "Всероссийский научно-исследовательский институт картофельного хозяйства имени А.Г. Лорха", 2017. – С. 279-286. – EDN ZENTRN.

3. Патент на полезную модель № 98179 U1 Российская Федерация, МПК В65D 90/00. Устройство для перевозки зерновых грузов в контейнере : № 2010121610/15 : заявл. 28.05.2010 : опубл. 10.10.2010 / С. Е. Ададуров, Е. Н. Розенберг, А. Б. Галушкин [и др.] ; заявитель Открытое акционерное общество "Научно-исследовательский и проектно-конструкторский институт информатизации, автоматизации и связи на железнодорожном транспорте" (ОАО "НИИАС"). – EDN GBURAW.

4. Табаков, Е. В. Организация и техническое обеспечение перевозки зерна из России на экспорт / Е. В. Табаков, О. В. Гунькова // Наука, инновации и технологии: от идей к внедрению : Материалы II Международной научно-практической конференции молодых ученых, Комсомольск-на-Амуре, 14–18 ноября 2022 года / Редколлегия: А.В. Космынин (отв. ред.) [и др.]. Том Часть 2. – Комсомольск-на-Амуре: Комсомольский-на-Амуре государственный университет, 2022. – С. 247-250. – EDN JLQOKV.

5. Современные транспортно-логистические технологии доставки грузов / В. Е. Нутович, Н. Н. Пашков, О. Н. Ларин [и др.]. – Москва : Общество с ограниченной ответственностью "Русайнс", 2021. – 108 с. – ISBN 978-5-4365-8716-5. – EDN NQLXQC.

6. Корабел.ру : информационный портал : сайт. – Санкт-Петербург, 2002 – . – Обновляется в течение суток. – URL: https://www.korabel.ru/news/comments/stena_bulk_predstavila_koncept_novogo_gibridnogo_balkera_infinitymax.html (дата обращения: 14.04.2023).

УДК 629.542.2

Пак Таисия Игоревна, студент, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Pak Taisiya Igorevna, student, Komsomolsk-na-Amure State University

Бурменский Андрей Дмитриевич, кандидат технических наук, доцент кафедры «Кораблестроение и компьютерный инжиниринг», Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Burmensky Andrey Dmitrievich, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor of the Department "Shipbuilding and Computer Engineering", Komsomolsk-na-Amure State University

АНАЛИЗ ПРОЕКТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК МНОГОЦЕЛЕВОГО СУХОГРУЗНОГО СУДНА «SABAHAT SONAY»

ANALYSIS OF THE DESIGN CHARACTERISTICS OF THE MULTI-PURPOSE DRY CARGO VESSEL "SABAHAT SONAY"

Аннотация. В данной статье приведены описание архитектурно-конструктивного типа и результаты проектного анализа характеристик многоцелевого сухогрузного судна «Sabahat Sonay». Анализ проектных характеристик основывался на реконструкции теоретического чертежа судна, разработки на его основе 3D-модели корпуса и проведения основных проектных расчетов, в том числе весовой нагрузки, остойчивости, ходкости и минимальной высоты надводного борта.

Abstract. This article provides a description of the architectural and structural type and the results of a design analysis of the characteristics of the multipurpose vessel "Sabahat Sonay". The analysis of the design characteristics was based on the reconstruction of the lines plan of the vessel, the development of a 3D hull model on its basis and the implementation of basic design calculations, including weight load, stability, propulsion and minimum freeboard.

Ключевые слова: многоцелевое сухогрузное судно, проектные характеристики, теоретический чертеж, 3D-модель корпуса, весовая нагрузка.

Key words: multipurpose dry cargo vessel, design characteristics, lines plan, 3D hull model, weight load.

Введение

Для строительства транспортных судов современных проектов, необходима разработка адекватных методик их проектных. Основой для разработки математических моделей проектирования является проведение системного анализа разрабатываемой

технической системы. Это ставит задачу перед проектантом постоянно накапливать и обрабатывать информационные материалы по проектируемым типам судов. Кроме сбора информации должна решаться и проблема ее верификации, прежде чем ее использовать в математических моделях проектирования.

В данной работе решается задача проведения реверс-инжиниринга и верификации проектной информации на основе собранных в сети интернет данных по современному типу многоцелевого судна «Sabahat Sonay».

Анализ архитектурно-конструктивного типа

Транспортное судно «Sabahat Sonay» (рисунок 1) относится к классу многоцелевых сухогрузных судов, которые являются одним из самых многочисленных типов судов в составе мирового флота. Оно предназначено для перевозки огромной номенклатуры генеральных и массовых грузов. Кроме того, судно приспособлено для перевозки контейнеров (на крышках люковых закрытий) и крупногабаритных и тяжеловесных грузов.

Проект судна разработан в проектном бюро “Kuzey Naval Architecture & Marine Engineering” (Турция). По данному проекту в период 2004-2007 годы на турецкой верфи в г. Тузла “Celik Tekne Sanayii ve Ticaret AS” было построено три сухогруза [1].



Рисунок 1 – Многоцелевое сухогрузное судно «Sabahat Sonay»

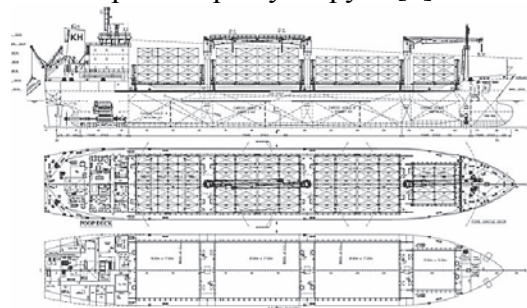


Рисунок 2 – Общее расположение судна «Sabahat Sonay»

Архитектурный тип судна: стальное, однопалубное, 4 трюма, одновинтовое, с баком и ютом, кормовым расположением жилой рубки, рулевой рубки и машинного отделения. Судно с двойным дном и двойными бортами в районе грузовых трюмов, бульбовой носовой и транцевой кормовой оконечностей (рисунок 2).

Грузовые люки имеют водонепроницаемые гидравлические закрытия складывающегося типа. Между люками установлены судовые полноповоротные краны грузоподъемностью 30 т. и вылетом стрелы 22 м. Основные проектные характеристики приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Основные проектные характеристики [2]

Характеристика	Значение
Длина между перпендикулярами, м	134,00
Ширина, м	21,70
Высота борта, м	11,10
Осадка летняя, м	9,00
Контейнеровместимость, TEU	304
Дедвейт, т	14888,83
Мощность ГЭУ, кВт	4440
Скорость эксплуатационная, уз	14,5

Реверс-инжиниринг формы судовой поверхности

Найденная техническая информация по судну, носит в основном эксплуатационные характеристики. Для оценки соответствия размерений проекта заявленным мореходным качествам, а также требованиям Российского регистра судоходства к остойчивости и величине запаса плавучести необходимо было провести реверс-

инжиниринг теоретического чертежа (ТЧ) судна и выполнить проектные расчеты на его основе.

Основой для разработки теоретического чертежа являлся чертеж общего расположения с планами палуб и миделевым сечением. Реконструкция теоретического чертежа проводилась в соответствии с методикой [3].

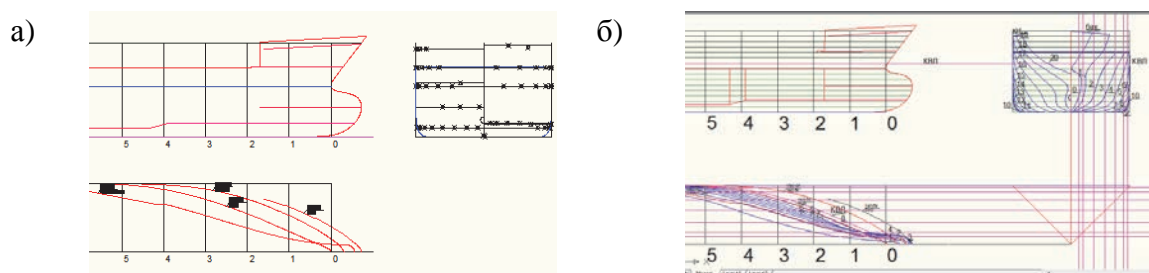


Рисунок 3 – Реверс инжиниринг ТЧ судна «Sabahat Sonay»:

а – реальные проекции сечений корпуса; б – процесс восстановления ТЧ

На основе восстановленного теоретического чертежа были рассчитаны его гидростатические характеристики по методике [4]. Результаты расчетов показали хорошую точность реконструкции теоретического чертежа. Так погрешность расчетного значения водоизмещения судна по летнюю грузовую ватерлинию ($D_{sum} = 19557,85$ т, без учета обшивки корпуса) от заявленного в собранной технической документации ($D_{sum} = 19676,93$ т) составило всего 0,6%.

Проверочные проектные расчеты

Для выполнения проверочных расчетов остойчивости, предварительно были рассчитаны весовые составляющие водоизмещения порожнем (таблица 2) и их центры тяжести по методике [5]. Результаты расчетов подтвердили адекватность расчетной методики, так как расчетная погрешность с учетом запаса водоизмещения составила 0,5%, что составляет величину запаса водоизмещения.

Таблица 2 – Весовые составляющие водоизмещения прожнем

Весовая составляющая	Значение, т
Масса конструкционных и защитных материалов	3317,67
Масса оборудования корпуса	1164,63
Масса энерго-пропульсивной установки	244,77
Масса запчастей, инструмента и приспособлений	43,44
Масса постоянных жидких грузов	6,65
Масса воздуха в корпусе	11,81
Запас водоизмещения	98,38
Водоизмещение порожнем расчетное	4887,35

Расчеты остойчивости на больших углах крена проводились способом Крылова-Дарньи на основе корпуса Чебышева. Результаты расчетов показали полное выполнение требований к параметрам остойчивости. Также были проверены ходкость судна на основе расчетов сопротивления методом Холтропа и соответствие значения высоты надводного борта требованиям Правил о грузовой марке.

Заключение

Проведенная верификация собранных проектных характеристик многоцелевого судна «Sabahat Sonay» показала их адекватность, и они вместе с полученными расчетными данными могут быть использованы при разработке математических моделей проектирования судов данного типа. Разработанная в CAD-системе FreeSHIP 3D модель корпуса на основе восстановленного теоретического чертежа используется в учебном процессе.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Fleetphoto.ru : Водный транспорт: справочно-информационный портал. – Раздел сайта «Типы и проекты», подраздел «Тип Nuri Sonay, проект (Турция) ». – URL: <https://fleetphoto.ru/projects/7387/> (дата обращения: 05.04.2023)
2. Sonayshipping.com : Sonay Shipping: официальный сайт судоходной компании. – Раздел сайта «Ship», подраздел «M/V SABAHAT SONAY». – URL: <https://www.sonayshipping.com/m-v-sabahat-sonay/> (дата обращения: 05.04.2023)
3. Пак, Т. И. Методология реконструкции теоретических чертежей транспортных судов / Т. И. Пак, Д. Н. Александрова, А. Д. Бурменский // Молодежь и наука: актуальные проблемы фундаментальных и прикладных исследований : Материалы III Всероссийской национальной научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, в 3 ч., Комсомольск-на-Амуре, 06–10 апреля 2020 года. – Комсомольск-на-Амуре: Комсомольский-на-Амуре государственный университет, 2020. – Ч.1. – С. 429-431.
4. Пак, Т. И. Методология совместного использования пакетов AUTOCAD и Mathcad для расчетов гидростатических характеристик судна / Т. И. Пак, Д. Н. Александрова, А. Д. Бурменский // Молодежь и наука: актуальные проблемы фундаментальных и прикладных исследований : Материалы IV Всероссийской национальной научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. В 4-х частях, Комсомольск-на-Амуре, 12–16 апреля 2021 года. – Комсомольск-на-Амуре: Комсомольский-на-Амуре государственный университет, 2021. – Ч. 1. – С. 298-301.
5. Мытник, Н. А. Расчет нагрузки в математических моделях проектирования универсальных сухогрузных судов и контейнеровозов / Н. А. Мытник, А. Д. Бурменский // Материалы Всероссийской научно-практической конференции «Новые технологии и материалы. Инновации и инвестиции в промышленности Дальнего Востока»: в 3 ч. Ч. 2 :– Комсомольск-на-Амуре: ГОУВПО «КнАГТУ», 2007. – С. 106-113.

УДК 629.7.063.6

Пидорич Данил Константинович, студент, студент, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Pidorich Danil Konstantinovich, student, Komsomolsk-na-Amure State University

Аникин Кирилл Сергеевич, студент, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Anikin Kirill Sergeevich student, Komsomolsk-na-Amure State University

Бобков Александр Викторович, доктор технических наук, доцент, профессор кафедры «Авиастроение», Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Bobkov Alexander Viktorovich associate professor, professor of the Department of Aircraft Engineering, Komsomolsk-na-Amure State University

МОНТАЖ ТРУБОПРОВОДНОЙ СЕТИ САМОЛЁТА С ПРИМЕНЕНИЕМ МАКЕТА ЭЛЕМЕНТА РАЗВЕТВЛЕНИЯ

INSTALLATION OF THE AEROPLANE PIPING NETWORK USING A MODEL OF THE BRANCHING ELEMENT

Аннотация. В статье рассмотрено приложение аддитивной технологии для проведения монтажно-сборочных работ, заключающегося в создании приспособления со сколь угодно сложной пространственной формой путём моделирования объекта в САД программе с последующей печатью на 3D принтере. В частности, описан монтаж трубопроводной сети самолёта с применением макета элемента разветвления, изготовленного из пластика.

Abstract. The article considers the application of additive technology during assembly and assembly work, which consists in creating a device with an arbitrarily complex spatial shape by modeling an object in a CAD program followed by printing on a 3D printer. In particular, the installation of the pipeline network of the aircraft with the use of a layout of a branching element made of plastic is described.

Ключевые слова: разветвление трубопровода, макет, аддитивные технологии.

Key words: pipeline branching, layout, additive technology.

Введение

Современный самолёт содержит большое количество трубопроводных коммуникаций, входящих в топливную, гидравлическую, масляную систему, а также в газовую и пневматическую системы [1, 2].

Ограничения по весу - габаритным характеристикам вынуждают проектировать трубопроводные системы самолёта таким образом, чтобы совокупность деталей, узлов и агрегатов системы занимала минимальное внутреннее пространство планера самолёта. Реализация такого подхода сопровождается появлением следующих факторов [3]:

- введением строгих ограничений на последовательность монтажа различных элементов трубопроводных систем,

- увеличением риска повреждения элементов в процессе их монтажа-демонтажа.

Например, в среднемагистральном самолёте монтаж нескольких трубопроводов разных диаметров, подводимых с нескольких сторон к элементу разветвления коммуникаций топливной системы, производится между лонжероном и стенкой центроплана в ограниченном пространстве. Как следствие, выполнение монтажа в стеснённых условиях приводит к нанесению механических повреждений: царапин, потёртостей, вмятин на элементе разветвления, а также к засорению трубопроводов топливной системы. Кроме того, при частом демонтаже – монтаже повреждаются элементы крепежа в виде износа шлиц, закусывания резьбы винтов и т.д. Это повышает трудоёмкость, длительность и стоимость проведения монтажных работ, возникает необходимость разборки системы и её повторной сборки.

Пример использования монтажно-габаритного макета

Решить указанную проблему на этапе предварительной сборки трубопроводной сети можно с помощью использования технологических монтажно-габаритных макетов [4].

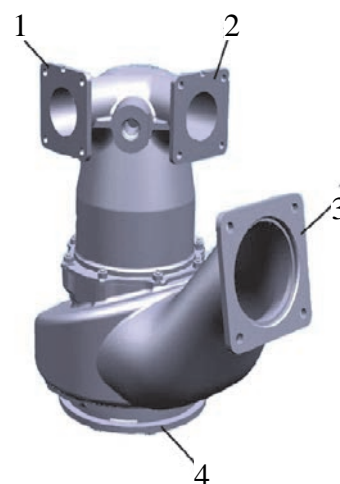
В задачи технологических монтажно-габаритных макетов входит фиксация пространственного расположения основных и вспомогательных поверхностей, например, элементов разветвления трубопроводной сети, которые сопрягаются с трубопроводами и другими агрегатами с заданной точностью. Пример такого элемента разветвления представлен на рисунке 1.

1, 2 – ответвление малого диаметра;

3 – ответвление среднего диаметра

4 – ответвление большого диаметра

Рисунок 1 – Элемент разветвления трубопроводной сети



В качестве технологического монтажно-габаритного макета элемента разветвления целесообразно применить его упрощённую модель с точным пространственным позиционированием сопрягаемых и направляющих поверхностей, и, соответственно, отверстий для разъёмного соединения элемента разветвления с трубопроводами.

Перспективным вариантом изготовления упрощённой модели макета является применение аддитивной технологии, заключающейся в создании любого объекта, со сколь угодно сложной пространственной формой путём послойного добавления материала на основе моделирования объекта в САД программе с последующей печатью на 3D принтере [5].

По сравнению с традиционными технологиями аддитивный тип технологического процесса имеет следующие преимущества:

- снижение длительности изготовления изделия, т.к. используется один 3D принтер, а не несколько специализированных станков;
- печать макетов с упрощёнными конструктивными формами;
 - относительная дешевизна расходного материала;
 - возможность отработки изменения конструкции на самолёте без применения дорогостоящей оснастки;
 - предотвращение механических повреждений поверхностей монтируемых узлов и агрегатов;
 - обеспечение требуемых допусков и посадок.

В качестве примера на рисунке 2 изображена модель технологического монтажно-габаритного макета элемента разветвления трубопроводной сети.

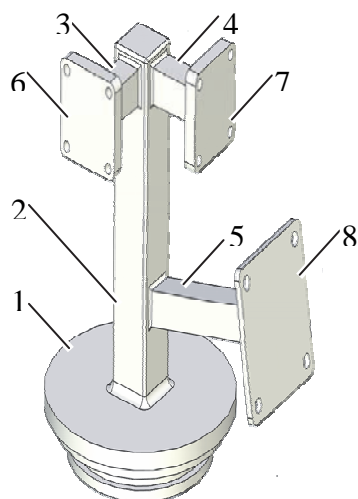


Рисунок 2 - Технологический монтажно - габаритный макет

Макет состоит из основания 1, вертикального ствола 2 и боковых ответвлений 3, 4, 5, заканчивающихся монтажными пластинами 6, 7, 8, обеспечивающими точное пространственное расположение сопрягаемых поверхностей элемента разветвления, содержащих отверстия для разъёмных соединений.

Заключение

Благодаря простоте конструкции макета по сравнению с натурным элементом и применению 3D принтера снижается материалоемкость производства и стоимость расходного материала, а также уменьшается трудоёмкость и длительность изготовления макета.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Лещинер, Л.Б. Проектирование топливных систем самолётов / Л.Б. Лещинер, И.Е. Ульянов, В.А. Тверецкий - М.: Машиностроение, 1991. - 320 с.
2. Жуков, К.А. Топливные и масляные системы летательных аппаратов: учеб. пособие / К.А. Жуков, Б.Д. Углов. - Куйбышев, Авиац. ин-т, 1990. - 101 с.

3. Чепурных, И. В. Системы бортового оборудования самолетов и вертолетов. Топливная система и cabinное оборудование : учеб. пособие / И. В. Чепурных, С. А. Чепурных. – Комсомольск-на-Амуре : ФГБОУ ВПО «КнАГУ», 2015. – 169 с.

4. Пидорич, Д.К. Технологический подход к оперативной замене комплектующих в топливной системе самолета SSJ-100/ Д.К. Пидорич, А.В. Бобков // Материалы V Всероссийской национальной научной конференции молодых учёных, – Комсомольск-на-Амуре: ФГБОУ ВО «КнАГУ», 2022. – Ч. 2. С. 245 - 246.

5. Аддитивные технологии в действии : сайт. - URL: <https://rostec.ru/news/additivnyye-tekhnologii-v-deystvii/>. – Дата публикации: 17.04.2019. – Текст электронный.

УДК 621.884.2

Полынский Роман Денисович, студент, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Polynsky Roman Denisovich, student, Komsomolsk-na-Amure State University

Марьин Сергей Борисович, доктор технических наук, доцент, заведующий кафедрой «Авиастроение», Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Maryin Sergey Borisovich, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Aircraft Engineering, Komsomolsk-na-Amure State University

ОБЕСПЕЧЕНИЕ КАЧЕСТВА АЭРОДИНАМИЧЕСКИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ В ПРОИЗВОДСТВЕ САМОЛЕТОВ

ENSURING THE QUALITY OF AERODYNAMIC SURFACES IN THE PRODUCTION OF AIRCRAFT

Аннотация. В данной работе представлено сравнение качества ударной клёпки соединений при сборке передней пассажирской двери самолета Sukhoi Superjet 100 выполненной в Южной Корее компанией “Kangnam Corporation” с качеством ударной клёпки реализуемой при сборке авиационных конструкций (отсек фюзеляжа) реализуемой на предприятии ПАО “Иркут” самолета Sukhoi Superjet 100.

Abstract. This paper presents a comparison of the quality of impact riveting of joints during the assembly of the front passenger door of the Sukhoi Superjet 100 aircraft made in South Korea by company “Kangnam Corporation” with the quality of impact riveting implemented in the assembly of aircraft structures (fuselage compartment) implemented at PJSC “Irkut” aircraft Sukhoi Superjet 100.

Ключевые слова: ударная клёпка, качество, сборка, самолет.

Key words: impact riveting, quality, assembly, airplane.

Введение

На сегодняшний день в авиастроении при сборке авиационных конструкций используется клёпка. Данный тип соединения является самым распространенным по сравнению с такими способами соединения как болтовые соединения или сварочные соединения [1-5].

Самолет в воздухе испытывает огромное число механических нагрузок на внешние поверхности, а также внутренние нагрузки, зависящие от внутреннего давления на высоте.

Сварочное соединение, является неприемлемым для внешнего контура самолета, так как оно вызывает “усталость” материалов, которое приводит к разрушению конструкции.

Недостатком болтовых соединений увеличение массы и влияние вибраций, которые испытывает воздушное судно в полете, что приводит к снижению надежности болтовых соединений.

Основная часть

При сборке элементов конструкции воздушного судна (в данной работе рассмотрена пассажирская дверь), используется такой метод образования клепаных соединений, как ударная обратная клепка.

В процессе образования клепаных соединений, на внешнем контуре возникают утяжки, а замыкающие головки заклепок деформируются неравномерно. Совокупность этих факторов приводит к неравномерности напряжений, что впоследствии, может привести к разрушению заклепочного соединения.

Вследствие этого, контроль качества выполнения соединений является актуальной задачей.

Было проведено сравнение ударной клепки, используемой при сборке пассажирских дверей, произведенных в Южной Корее на предприятии “Kangnam Corporation” и ударной клепкой, произведенной в России на ПАО “Иркут” при сборке двери багажного отсека.

При сборке конструкции в России использовались заклепки 4-Ан.Окс-ОСТ 1 34087-80 из материала В65, ударная клепка производилась с помощью пневмомолотка КНП-24 или Atlas Copco PRH-08P и поддержки. На Южнокорейском предприятии ударная клепка выполнялась пневмомолотком Atlas Copco PRH-08P и поддержкой. Использовались заклепки южнокорейского производства.

Для измерения были использованы девять образцов заклепок, линейка металлическая 150 см, набор щупов.

Зоны снятия контролируемых параметров показаны на рисунке 1, а результаты замеров представлены в таблице 1.

Согласно техническим требованиям предприятия ПАО “Иркут”, допускается утяжка обшивки по многорядным заклепочным швам, не более 0,5 мм.

Сравнение результатов измерений контролируемых параметров показало, что выполнение клепальных работ удовлетворяют техническим требованиям. На элементе конструкции, собранном в Южной Корее, отсутствуют утяжки.

В Южной Корее предположительно используются заклёпки, в состав которых добавляют больший процент мягкого компонента, по типу меди и магния, а также при выполнении отверстий используются механизированное средство выполнения отверстия Робот Кука, что позволяет выполнять отверстия большей точности.

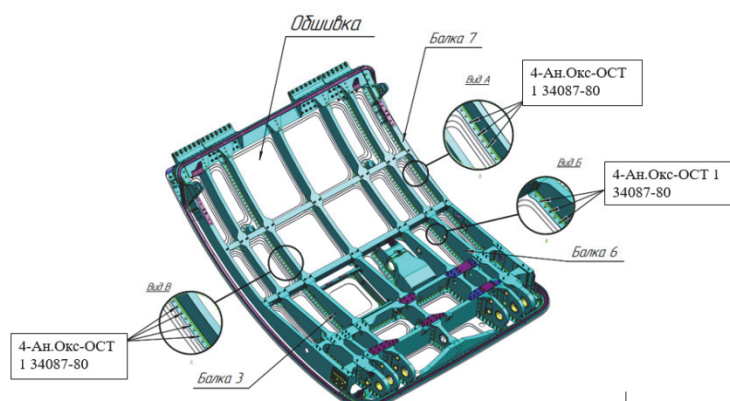


Рисунок 1 – Зоны снятия контролируемых параметров

Таблица 1 – Результаты замеров и контролируемые параметры клепки

Страна	Диаметр, мм	Высота, мм	Утяжки обшивки, мм
Россия	6,7	1,7	0,03
	6,8	1,7	0,06
	6,2	1,9	0,04
	6,5	2,2	0,06
	6,1	1,8	0,05
	6,4	1,8	0,06
	5,9	1,9	0,02
	6,0	1,9	0,07
	6,5	2,0	0,04
Южная Корея	6,0	1,5	0
	5,9	1,5	0
	6,0	1,5	0
	5,9	1,7	0
	5,9	1,5	0
	6,0	1,7	0
	5,8	1,8	0
	6,1	1,7	0
	6,0	1,6	0

Заключение

Проведенный анализ результатов сравнения качества выполнения заклепочных соединений элементов конструкций, собранных на предприятиях России и Южной Кореи, показывает, что заклепки, используемые в Южной Корее, выполнены из материалов, имеющих лучшие характеристики по технологичности. Это позволяет выполнять образование заклепочных соединений быстрее и качественнее.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Майнсков, В.Н. Проектирование соединений элементов авиационных конструкций [Электронный ресурс]: [Учебное пособие]/ В.Н. Майнсков; Федеральное агентство по образованию, Самар. гос. аэрокосм. ун-т им. С. П. Королева. – Самара, 2006. – 73с.
2. Кузьмин, И.В. Обеспечение требований к аэродинамическим обводам самолета в авиационном производстве / В.Ф. Кузьмин.- Москва : Машиностроение, 2002. - 271с.
3. Буланов, И.М. Технология ракетных и аэрокосмических конструкций из композиционных материалов: Учеб. для вузов / И.М. Буланов, В.В. Воробей. - М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 1998. - 516 с.
4. Братухин, А. Г. Современные технологии авиастроения / Коллектив авторов; под ред. А. Г. Братухина, Ю. Л. Иванова. - М.: Машиностроение, 1999. - 832 с.
5. Приоритеты авиационных технологий: В 2-х кн. / Науч. ред. А. Г. Братухин. - М.: Изд-во МАИ, 2004. Кн. 1: Гл. 1-12. - 696 с

УДК 656

Сидоренко Максим Сергеевич, студент, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Sidorenko Maxim Sergeevich, student, Komsomolsk-na-Amure State University

Журбина Ирина Николаевна, кандидат физико-математических наук, доцент кафедры «Кораблестроение и компьютерный инжиниринг», Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Zhurbina Irina Nikolaevna, Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor of the Department "Shipbuilding and Computer Engineering", Komsomolsk-na-Amure State University

АНАЛИЗ СПОСОБОВ ТРАНСПОРТИРОВКИ НЕФТИ И НЕФТЕПРОДУКТОВ РАЗЛИЧНЫМИ ВИДАМИ ТРАНСПОРТА

ANALYSIS OF METHODS OF TRANSPORTATION OF OIL AND PETROLEUM PRODUCTS BY VARIOUS MODES OF TRANSPORT

Аннотация. В рамках данной статьи рассмотрены способы транспортировки нефти и нефтепродуктов, представлены их особенности. Нефтепродукты перемещаются авто, железнодорожным, морским и трубопроводным транспортом. Рассмотрены факторы, влияющие на выбор транспортного средства. На основе проделанного анализа выявлен наиболее подходящий способ транспортировки больших объемов нефти и нефтепродуктов.

Abstract. Within the scope of this article the methods of oil and petroleum products transportation are considered, their features are presented. Petroleum products are transported by road, rail, sea and pipeline transport. The factors influencing the choice of transport means are considered. Based on the analysis carried out, the most suitable method of transporting large volumes of oil and petroleum products has been identified.

Ключевые слова: нефть, нефтепродукты, нефтепровод, танкер, автоцистерна, вагонцистерна.

Key words: oil, petroleum products, oil pipeline, tanker, tanker truck, tank car.

Введение

Доставка нефти является сложным процессом, требующим различные технологии транспортировки и хранения. В настоящее время транспортировка нефти и ее продуктов переработки осуществляется несколькими способами, каждый из которых имеет свои плюсы и минусы. Способ транспортировки выбирается в зависимости от многих факторов: инфраструктуры, географии, воздействия на окружающую среду, рисков, минимизации затрат, максимальной прибыли.

Основная часть

Транспортировка нефти может осуществляться трубопроводами, танкерами, автомобильным и железнодорожным транспортом [1, 2].

Трубопроводы, используемые для транспортировки нефти, называются нефтепроводами. По виду они делятся на внутренние, местные и магистральные. Магистральные нефтепроводы предназначены для доставки нефти из районов добычи к нефтебазам, далее к потребителям на морские нефтетерминалы, на пункт налива в железнодорожные цистерны и на промышленные нефтеперерабатывающие предприятия (рисунок 1). Нефтепроводы по типу прокладки делятся на подземные и наземные. У каждого есть свои преимущества и недостатки. Преимуществом подземных является устойчивость к погодным условиям и поверхностным повреждениям. Наземные нефтепроводы проще в строительстве, эксплуатации и обслуживании, что является несомненным преимуществом при возникновении аварийных ситуаций.

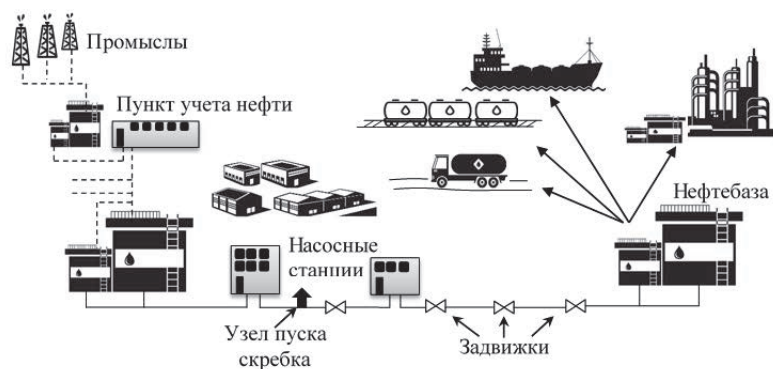


Рисунок 1 – Схема магистрального нефтепровода

Транспортировка по воде производится среднетоннажными и крупнотоннажными нефтеналивными танкерами и танкерами для перевозки нефтепродуктов (рисунок 2). Нефть и ее продукты переработки загружаются в специальные секции судна – танки. Погрузка танкера является самой ответственной операцией рейса и происходит в соответствии с карго-планом. Крупные танкеры перевозят нефть с места добычи на нефтеперерабатывающие заводы. Средние танкеры транспортируют нефтепродукты по внутренним водным путям.



Рисунок 2 – Нефтеналивной танкер «Владимир Мономах», построенный на судостроительном комплексе «Звезда» [3]

Достоинством водного транспорта является недорогой способ транспортировки больших объемов нефти по всему миру, несмотря на длительный транзит [4]. Но из-за своих размеров и грузоподъемности не все причальные и береговые нефтебазы могут обслуживать их.

Транспортировка по железной дороге нефти в сыром виде на нефтеперерабатывающие заводы может осуществляться в вагонах-цистернах. В связи с продолжающимся развитием сети нефтепроводов, проводятся мероприятия по сохранению объемов транспортировки нефти железнодорожным транспортом. Одним из направлений повышения эффективности доставки нефти является разработка современного подвижного состава, позволяющий обеспечить высокое качество перевозимого груза. Например, в вагоне-цистерне для перевозки нефти модели 15-9993 внедрено новое сливное устройство с тремя степенями защиты, обеспечивающее герметичность (рисунок 3).



Рисунок 3 – Вагон-цистерна для перевозки нефти, модель 15-9993 [5]

Преимуществом железнодорожным перевозок нефти является универсальность, возможность доставки в большинство пунктов назначения, равномерность поставок в течении года в независимости от погодных условий. Недостатки: вагоны-цистерны в обратном направлении идут пустыми, что снижает эффективность подвижного состава; необходимость в сливно-наливных пунктах и пунктах зачистки цистерн; потери нефти и нефтепродуктов при сливных операциях.

Специализированные автоцистерны и автоприцепы используются в основном для транспортировки нефтепродуктов с нефтебаз и наливных пунктов к местам их потребления (рисунок 4) [6]. Для перевозки сырой нефти автомобильный транспорт используется только в случае, когда нет другого способа, например, с удаленных участков без инфраструктуры.



Рисунок 4 – Автоцистерна

На больших расстояниях автотранспорт неэффективен – стоимость транспортировки высока из-за малой вместимости цистерн.

Заключение

При анализе способов транспортировки нефти и нефтепродуктов в зависимости от расстояния, которое необходимо преодолеть, географических пунктов назначения, величины партийности груза, наиболее эффективным считается нефтепровод. По суше большая часть осуществляется железнодорожным и трубопроводным транспортом. Исходя из потребностей, выделенных преимуществ и недостатках, можно выбрать любой из рассмотренных способов транспортировки нефти и ее продуктов переработки.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Семкина, М. А. Способы транспортировки нефти. Выбор наиболее подходящего для России / М. А. Семкина // Перспективы развития фундаментальных наук : Сборник научных трудов XIII Международной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых: в 7 томах, Томск, 26–29 апреля 2016 года / Национальный исследовательский Томский политехнический университет; под ред. И. А. Курзиной, Г. А. Вороновой. Том 5. – Томск: Национальный исследовательский Томский политехнический университет, 2016. – С. 138-140. – EDN WMHQRF.
2. Артемов, А. Ю. Способы перевозки нефтепродуктов / А. Ю. Артемов, Д. С. Калимуллина // Нефтегазовый терминал : Сборник научных трудов международной научно-технической конференции магистрантов им. профессора Н.А. Малюшина, Тюмень, 10 марта 2018 года / Под общей редакцией М.А. Александрова. Том Выпуск 14. – Тюмень: Тюменский индустриальный университет, 2018. – С. 36-41. – EDN YPKWDB.
3. ССК «Звезда» передал заказчику первый танкер класса Афрамакс «Владимир Мономах» // rosneft.ru. – Раздел сайта «Роснефть» сегодня». – URL: <https://www.rosneft.ru/press/today/item/204341/> (дата обращения: 14.04.2023).
4. Филимонцев, В. А. Анализ перевозок нефти морским транспортом / В. А. Филимонцев, В. А. Староверова // Молодежь и научно-технический прогресс : материалы региональной научно-практической конференции, Владивосток, 01 мая – 30 2021 года. – Владивосток: Дальневосточный федеральный университет, 2021. – С. 524-529. – EDN SCPHUA.

5. Грузовые вагоны // Вагон.by. – Раздел сайта «Сайт о вагонном парке и вагонном хозяйстве». – URL: <https://wagon.by/model/15-9993> (дата обращения: 14.04.2023).

6. Слащинин, Н. А. Особенности организации перевозки нефти / Н. А. Слащинин // Современные вопросы экономики и управления : Сборник научных трудов I Международной научно-практической конференции, Кинель, 01 января – 31 2018 года. – Кинель: Самарская государственная сельскохозяйственная академия, 2018. – С. 230-232. – EDN YOFGIP.

УДК

Седунов Ярослав Алексеевич, студент, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Sedunov Yaroslav Alekseevich, student, Komsomolsk-na-Amure State University

Федоров Виталий Евгеньевич, студент, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Fedorov Vitaly Evgenievich, student, Komsomolsk-na-Amure State University

Бобков Александр Викторович, доктор технических наук, доцент, профессор кафедры «Авиастроение», Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Bobkov Alexander Viktorovich associate professor, professor of the Department of Aircraft Engineering, Komsomolsk-na-Amure State University

ПОВЫШЕНИЕ НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ КВАДРОКОПТЕРА ЗА СЧЁТ АЭРОСТАТИЧЕСКОГО ПРИНЦИПА ПОЛЁТА

INCREASE IN THE LIFT OF A HELICOPTER-TYPE UAV DUE TO THE AEROSTATIC FLIGHT PRINCIPLE

Аннотация. В статье рассмотрен гибрид квадрокоптера и аэростата. Сформулированы достоинства применения гибрида в условиях барражирующего полёта. В зависимости от объёма аэростата произведена оценка несущей способности и эффективной площади рассеяния поверхности конструкции. Описан вариант аэростата, оболочка которого имеет пространственную форму в виде конуса, рабочим телом является лёгкий газ.

Abstract. The design of a quadcopter equipped with a shell in the form of a double cone of a fixed volume, which is filled with helium during flight from a spherical balloon with excessive pressure, is proposed. The implementation of the proposal will increase the duration of the flight and the carrying capacity of the quadcopter.

Ключевые слова: аэростат, гибрид, квадрокоптер.

Key words: aerostat, hybrid, quadcopter.

Введение

В беспилотных летательных аппаратах (БЛА) вертолётного типа, называемых квадрокоптерами, используется аэродинамический принцип создания подъёмной силы с помощью несущих винтов, вращающихся в горизонтальной плоскости. БЛА такого типа по энергетической эффективности создания подъёмной силы, в частности, по удельному расходу энергии, существенно уступают БЛА самолётного типа. Как следствие, при одинаковой взлётной массе и скорости полёта, длительность полёта БЛА вертолётного типа существенно меньше [1].

Одним из резервов повышения энергетической эффективности БЛА вертолётного типа является приращение подъёмной силы за счёт аэростатического принципа полёта, т.е. создание гибрида БЛА и аэростата [2]. Актуальной такая конструкция может быть для БЛА, совершающего длительный барражирующий полёт в режиме зависания,

при котором осуществляется визуальный мониторинг местности или происходит ретрансляция сигналов. Например, барражирующие полёты характерны для БЛА при охране лесов от пожаров, сканировании очагов возгораний по сигналам пожарно-наблюдательных вышек, картографировании территорий дачных и иных участков, обеспечении картографическими материалами процесса изыскания трасс лесозаготовительных дорог к арендуемым участкам леса на основе обработки аэрофотоснимков и т.д. [3-4]. От дирижабля такой летательный аппарат будет отличаться 2-мя основными признаками:

- заполнение оболочки аэростата рабочим телом может происходить не на Земле, а в воздухе, после достижения аппаратом заданной высоты;
- квадрокоптер может отделиться от аэростата, после чего аппараты способны продолжить независимый друг от друга полёт.

Преимуществом гибридной конструкции летательного аппарата является сочетание функций БЛА, обеспечивающего высокоскоростной набор высоты и полёт в заданную точку пространства, а также свойство аэростата парить в воздухе без затрат энергии.

Подъёмная сила аэростата зависит от 3-х основных факторов:

- плотности ρ рабочего тела - газа, более лёгкого, чем воздух;
- объёма V аэростата, заполненного газом;
- высоты полёта.

В таблице 1 представлена оценка уровня дополнительной подъёмной силы, создаваемой аэростатом для БЛА вертолётного типа класса мини (взлётный вес до 5...15 кг [5]). В качестве рабочего тела аэростата рассмотрен гелий.

Расчёты показывают, что увеличение высоты полёта сопровождается снижением подъёмной силы, примерно 9% на каждые 1000 м. Применение аэростата при таких условиях целесообразно на низких и средних высотах полёта.

Таблица 1 – Расчёт подъёмной силы аэростата

Высота, м	$\rho_{\text{возд}}$, кг/м ³	$\rho_{\text{гелия}}$, кг/м ³	Объём аэростата V , м ³					
			5	6	7	8	9	10
			Подъёмная сила, кг					
0	1,188	0,178	5,05	6,06	7,07	8,08	9,09	10,1
1000	1,078	0,161	4,58	5,49	6,41	7,33	8,24	9,16
2000	0,976	0,146	4,14	4,97	5,80	6,6	7,46	8,29
3000	0,881	0,132	3,74	4,49	5,24	5,99	6,74	7,49
4000	0,794	0,119	3,37	4,05	4,72	5,40	6,07	6,75
5000	0,713	0,106	3,03	3,64	4,24	4,8	5,46	6,06

Повышение подъёмной силы, при увеличении объёма аэростата, одновременно сопровождается ростом эффективной площади рассеяния поверхности конструкции, что, при определённом целевом назначении аппарата, рассматривается как недостаток. Поэтому важное значение приобретает пространственная форма аппарата. В данной работе рассмотрен вариант аэростата в виде двух конусов, сопряжённых в плоскости своих оснований. Угол при вершине конусов был принят равным $\alpha=90$ град, радиус основания $r=2,25$ м. Такая форма, благодаря наклонной образующей поверхности конуса, снижает диаграмму обратного рассеяния.

В таблице 2 представлена оценка эффективной площади рассеяния σ в зависимости от размеров аэростата. Использована формула из источника [6]:

$$\sigma = \pi \cdot r^2 \cdot \operatorname{tg}^2 \frac{\alpha}{2} \quad (1)$$

Таблица 2 - Расчёт эффективной площади рассеяния в зависимости от объёма оболочки

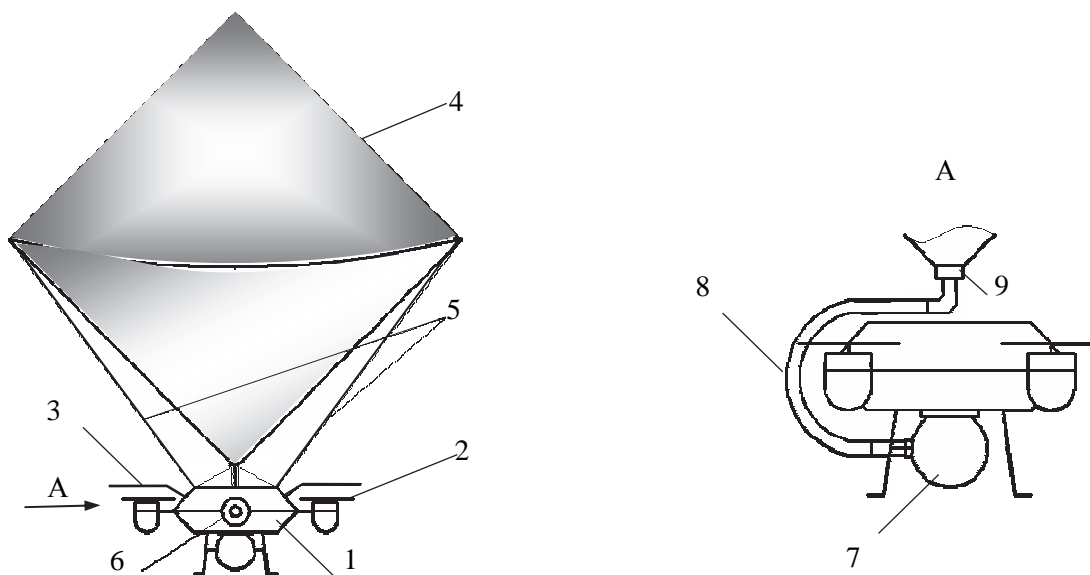
V, м ³	5	6	7	8	9	10
σ, м ²	9,08	10,2	11,3	12,6	13,2	14,5

С увеличением объёма в 2 раза, с 5 до 10 м³, эффективная площадь рассеяния поверхности аэростата σ увеличивается на 60%.

На рис. 1 представлен эскиз аппарата. Он состоит из корпуса квадрокоптера 1, снабжённого несущими винтами 2, защищёнными протекторами 3, и аэростата 4, прикреплённого к корпусу 1 стропами 5, снабжёнными механизмом срезания (на рисунке не показан). Оболочка аэростата выполнена в виде двух конусов, сопряжённых в плоскости оснований. В стартовом положении оболочка аэростата сложена и размещена в контейнере, закреплённом на БЛА сверху (на рисунке не показан). В корпусе 1 размещены аккумуляторы и блок бортовой микропроцессорной системы управления полётом. С внешней стороны на подвесе закреплена целевая аппаратура 6. Снизу, под БЛА, на электромагнитном держателе размещён шар - баллон 7, содержащий рабочее тело аэростата под давлением. От него через впускной клапан к аэростату протянут шланг 8 с обратным клапаном 9. После заполнения аэростата шар-баллон сбрасывается на землю.

Преимуществом рассмотренной конструкции БЛА является возможность увеличения длительности полета аппарата за счёт использования аэростатического принципа создания подъёмной силы в режиме бреющего полёта. Функции квадрокоптера будут заключаться в скоростной транспортировке аэростата на заданную высоту полёта и перемещении аппарата в горизонтальной плоскости в точку с заданными координатами. Благодаря тому, что в течении основной части полёта подъёмная сила будет обеспечиваться за счёт не аэродинамического, а аэростатического принципа, расход энергии, затрачиваемой на вращение несущих винтов, будет существенно снижен.

Недостатками рассмотренной конструкции летательного аппарата является повышенное влияние ветровой нагрузки на траекторию полёта БЛА и визуальная замет-



1 - корпус; 2 - несущие винты; 3- протектор; 4- аэростат; 5- стропа;
6 - целевая аппаратура; 7 - шар-баллон с рабочим телом аэростата;
8 – шланг; 9 – обратный клапан

Рисунок 1 – Общий вид летательного аппарата

ность аппарата, решать которую, в частности, необходимо подбором специального материала, из которого будет изготавливаться оболочка азростата.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Егер, С.М. Основы авиационной техники / С.М. Егер, А.М. Матвеевко, И.А. Шаталов. – М.: Машиностроение, 2003. – 720 с.
2. Патент 2019103834 Российская Федерация, МПК В 64 С 27/08, В 64 В 1/34. Гибридный квадрокоптер / Губанов А. В. (РФ) ; заявитель и патентообладатель Губанов А. В. – № RU2546027С2 ; заявл. 12.02.2019 ; опубл. 08.10.2019 Бюл. № 28 – 12 с.
3. Присяжнюк, С. П. Беспилотные летательные аппараты в лесопромышленном комплексе: возможности новых технологий / С. П. Присяжнюк// Геоинформатика.- 2012. - Специальный выпуск № 1. - С. 6-10.
4. Рэндал, У. Биард. Малые беспилотные летательные аппараты: теория и практика / У. Биард Рэндал, У. МакЛэйн Тимоти. - М.: Техносфера, 2015. –312 с.
5. Фетисов, В.С. Беспилотная авиация: терминология, классификация, современное состояние / В.С. Фетисов, Л.М. Неугодникова, В.В. Адамовский, Р.А. Красноперов. Под ред. В.С. Фетисова. – Уфа: ФОТОН, 2014. – 217 с.

УДК 621.735

Синельщиков Александр Андреевич, аспирант, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Sineshchikov Alexander Andreevich, postgraduate student, Komsomolsk-na-Amure State University

Потянихин Дмитрий Андреевич, кандидат физико-математических наук, доцент кафедры «Авиастроение» Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Potianikhin Dmitrii Andreevich, candidate of Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor, Department of Aircraft Engineering, Komsomolsk-na-Amure State University

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНОЙ ГЕОМЕТРИЧЕСКОЙ ФОРМЫ ЖЕСТКОЙ МАТРИЦЫ ПРИ РАЗДАЧЕ СРЕДНЕЙ ЧАСТИ ТРУБЧАТОЙ ЗАГОТОВКИ ВНУТРЕННИМ ДАВЛЕНИЕМ С УЧЕТОМ ПРУЖИНЕНИЯ МАТЕРИАЛА

DETERMINATION OF THE OPTIMAL GEOMETRIC SHAPE OF A RIGID DIE WHEN DISTRIBUTING THE MIDDLE PART OF A TUBULAR BLANK BY INTERNAL PRESSURE TAKING INTO ACCOUNT THE SPRING OF THE MATERIAL

Аннотация. Настоящая работа посвящена вычислению оптимальной формы жесткой матрицы в системе инженерного анализа ANSYS для получения сферической детали из алюминиевого сплава заданного радиуса после пружинения материала с плавным выходом на основной радиус трубчатой детали. Задача решается в осесимметричной постановке, раздача осуществляется под воздействием внутреннего гидростатического давления на заготовку.

Abstract. This work is devoted to calculating the optimal shape of a rigid matrix in the ANSYS engineering analysis system to obtain a spherical aluminum alloy part of a given radius after springing the material with a smooth exit to the base metal. The problem is solved in an ax-isymmetric formulation, distribution is carried out under the influence of internal hydrostatic pressure on the workpiece.

Ключевые слова: формообразование, листовая штамповка, компьютерное моделирование, метод конечных элементов.

Key words: shaping, sheet stamping, computer modeling, finite element method.

Введение

Существенный объем конструкции систем самолёта занимают трубопроводные коммуникации. Гибкие и жесткие элементы трубопроводов подвержены работам в различных температурных условиях, подвергаются вибрационным и пульсирующим нагрузкам, в отдельных случаях, должны выдерживать высокое статическое давление рабочего тела. От качества выполненных коммуникаций напрямую зависит работоспособность воздушного судна, поэтому на производстве предъявляются строгие требования к размерно-геометрической точности деталей трубопроводов. Не допускаются явления, вызванные разрушением целостности металла заготовки, потерей устойчивости, чрезмерным утонением заготовки.

Значительное количество деталей пневмогидравлических систем изготавливаются операциями листовой штамповки. Среди таких операций для трубчатых деталей распространены способы раздачи средней части трубчатой заготовки [1-5]. В настоящей работе рассматривается раздача средней части трубы посредством гидростатического давления.

Целью настоящей работы является определение оптимальной формы жесткой матрицы, в которой осуществляется раздача, которая обеспечивает наибольшую точность готовой детали после снятия нагрузки.

Основная часть

Расчетная геометрия представляет четверть осевого сечения матрицы и заготовки для осесимметричной постановки задачи с дополнительной симметрией по плоскости, обозначенной на рисунке 1.

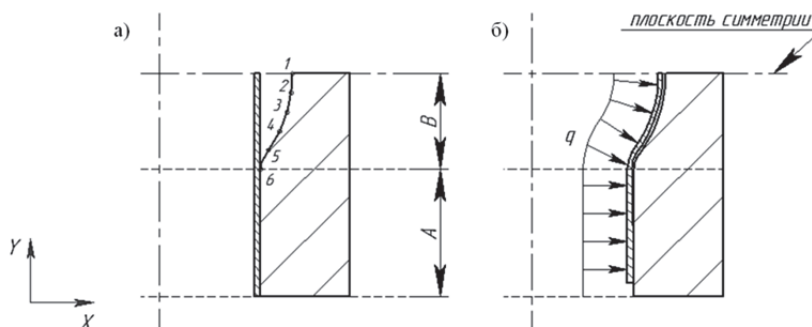


Рисунок 1 – Расчетная схема процесса деформирования заготовки:
а) половина осевого сечения до нагружения; б) схема приложения нагрузки

Характеристики материала матрицы соответствуют конструкционной стали Ст3, характеристики заготовки соответствуют алюминиевому сплаву Д16. Внутренняя поверхность матрицы состоит из прямолинейного участка А и криволинейного участка В. Рассматриваются 2 способа построения криволинейного участка:

- сплайн, построенным по 6 точкам (рисунок 1, а) с условиями перпендикулярности к плоскости симметрии в точке 1 и сопряжения по касательной с прямолинейным участком в точке 6.

- 2 окружности: окружность большого радиуса с центром, расположенным на пересечении центральной оси и плоскости симметрии, и окружность малого радиуса, сопрягающая криволинейный и прямолинейный участки по касательной.

Переменными при оптимизации сплайна являются координаты X точек 1-5, расположенных на фиксированных на высотах 35, 32, 29, 26 и 23 мм соответственно, а также координата Y точки 6 – точки сопряжения участков А и В. Переменными при оптимизации окружностей являются их радиусы. Радиус основной окружности изменяется в диапазоне от 21 до 21,4 мм.

При расчете внешний диаметр матрицы зафиксирован жесткой заделкой, контакт между матрицей и заготовкой без трения. На первом этапе расчета внутренний диаметр заготовки подвергается равномерно возрастающему гидростатическому давлению q интенсивностью от 0 до 100 МПа. На втором этапе образец полностью разгружается и определяются остаточные деформации в нем. Оптимизация производится в модуле Direct Optimization.

Поиск решения осуществляется по координатам точек заготовки, выбранных на сферической части готового изделия. Координаты точки, лежащей на плоскости симметрии, и трех точек на внешней поверхности заготовки, отстающих от плоскости симметрии на 3,5, 6,5 и 10 мм соответственно, должны удовлетворять уравнению окружности радиусом 21 мм с центром, расположенным на отметке 35 мм по оси Y. В системе инженерного анализа ANSYS уравнение выглядит следующим образом:

$$(LOC_DEFX2 + (35 - LOC_DEFY)^2)^{0,5} = 21. \quad (1)$$

Заключение

Предложенный способ определения оптимальной формы жесткой матрицы, реализованный в пакете инженерного анализа ANSYS, позволяет, помимо непосредственной оптимизации геометрии инструмента, рассчитывать требуемое давление и напряженно-деформированное состояние в заготовке во время технологического процесса.

Благодарности.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект № 21-11-00165).

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Марьин, С. Б. Исследование процесса раздачи средней части трубной заготовки с подпором / С. Б. Марьин, Г. А. Щербатюк, В. Д. Кириллин, М. И. Пак // Ученые записки Комсомольского-на-Амуре государственного технического университета. – 2021. – № 7(55). – С. 73-78. – DOI 10.17084/20764359-2021-55-73.
2. Марьин, С. Б. Сравнительный анализ технологических методов раздачи трубчатой заготовки / С. Б. Марьин, Д. А. Потянихин, В. А. Пхьо, К. Х. Мин // Инженерный журнал: наука и инновации. – 2020. – № 10(106). – С. 4. – DOI 10.18698/2308-6033-2020-10-2027.
3. Логинов, В. Н. Расчет напряженно-деформированного состояния листовой заготовки при штамповке эластичной средой / В. Н. Логинов, З. В. Широкова // Кузнечно-штамповочное производство. Обработка материалов давлением. – 2021. – № 4. – С. 12-17.
4. Феоктистов, С. И. Определение предельного коэффициента раздачи по FLD-диаграммам / С. И. Феоктистов, З. С. Чжо // Кузнечно-штамповочное производство. Обработка материалов давлением. – 2019. – № 9. – С. 3-7.
5. Метод решения обратной задачи раздачи средней части трубы для расчёта формы штампа / К. С. Бормотин, Д. А. Потянихин, А. А. Синельщиков [и др.] // Ученые записки Комсомольского-на-Амуре государственного технического университета. – 2022. – № 5(61). – С. 40-45. – DOI 10.17084/20764359-2022-61-40.

УДК 629.5.018

Стадник Андрей Сергеевич, студент, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Stadnik Andrey Sergeevich, student, Komsomolsk-na-Amure State University

Журбина Ирина Николаевна, кандидат физико-математических наук, доцент кафедры «Кораблестроение и компьютерный инжиниринг», Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Zhurbina Irina Nikolaevna, , Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor of the Department "Shipbuilding and Computer Engineering", Komsomolsk-na-Amure State University

МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ГИДРОДИНАМИЧЕСКИХ МОДЕЛЬНЫХ ИСПЫТАНИЙ СУДОВ

METHODOLOGY OF HYDRODYNAMIC MODEL TESTS OF VESSELS

Аннотация. В статье анализируются методики проведения гидродинамических модельных испытаний судов в опытовых бассейнах, включающие несамоходные и самоходные испытания. Представлены достоинства и недостатки континентального и британского методов проведения самоходных испытаний. Рассмотрена методика определения характеристик судового гребного винта путем проведения модельных испытаний.

Abstract. The article analyzes the methods of hydrodynamic model tests of vessels in test tank, including non-self-propelled and self-propelled tests. The advantages and disadvantages of the continental and British methods of conducting self-propelled tests are presented. The method of determining the characteristics of a ship's propeller by conducting model tests is considered.

Ключевые слова: опытовый бассейн, модель, буксировочные испытания, самоходные испытания.

Key words: test tank, model, towing tests, self-propelled tests.

Введение

В настоящей работе рассматриваются методики проведения буксировочных (несамоходных) и самоходных модельных испытаний в опытовом бассейне. Бассейны разделяются на: большие (длина бассейна $L > 250$ м, длина модели $L_m = 5-7$ м, скорость модели $V_m = 5-7$ м/с); средние (L от 100-200 м, L_m до 5-7 м, V_m до 5-7 м/с); малые ($L < 90$ м, $L_m = 3-5$ м, $V_m = 4-5$ м/с). Разновидностью бассейнов являются скоростные (до 30-70 м/с) и мелководные [1,2].

Буксировочные испытания в опытовом бассейне

Все современные бассейны имеют буксировочную тележку. Дополнительно, малые опытовые бассейны могут быть оборудованы гравитационной буксировочной системой (рисунок 1). Бассейны обычно дополняются устройствами для мореходных испытаний в виде волнопродуктора в торцевой части [3-5]. Он бывает пластинчатого, плунжерного и пневматического типа. Если пластинчатый волнопродуктор состоит из нескольких отдельных пластин или в бассейне установлено несколько независимых волнопродукторов, то в бассейне возможно создание нерегулярного волнения. При достаточной ширине бассейна, включение волнопродуктора ближе к борту позволяет создавать косое волнение. При наличии волнопродуктора, опытовый бассейн обязательно оснащается волногасителями для минимизации влияния отражающих волн на основание волнения. Так же жесткие требования предъявляются к рельсовому пути буксировочной тележки для исключения колебаний буксировочной тележки.

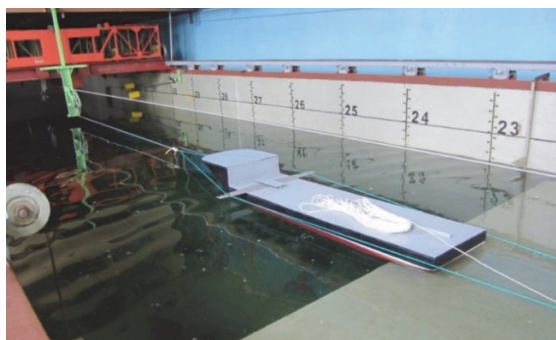


Рисунок 1 – Буксировка модели гравитационной буксировочной системой в опытном бассейне КНАГУ [4]

Цель проведения испытаний – определение сопротивления R корпуса судна при заданной скорости V . В процессе модельных испытаний необходимо выполнять подобию: геометрическое и кинематическое. Вязкостная составляющая не моделируется, поэтому используют только часть полученного результата эксперимента. Впервые эту часть выделил Фруд, он ее назвал остаточным сопротивлением. Для того чтобы немоделируемая часть не влияла на сопротивление, необходимы специальные меры, т.е. нужно сделать так, чтобы она не зависела от числа Рейнольдса Re . Характер зависимости дает эту возможность. Длина модели должна быть не меньше 2,5 м. Увеличение длины модели ведет к увеличению длины бассейна.

Оставшуюся погрешность в настоящее время учитывают, включая ее в корреляционную надбавку на шероховатость. Для минимизации вызванных течений в опытном бассейне прогоны модели проводятся через 30 мин. Начинают испытания с большей V в порядке убывания. Для быстроходных судов и их моделей необходимо исключить воздушное сопротивление. Для них перед моделью ставится козырек, точку подвеса модели смещать из-за дифферента. Так как режим движения при буксировке модели является неравномерным, из-за присутствия разгонного и тормозного участков, то измерения R и V производится только на участке с установившейся скоростью.

Самоходные испытания моделей

Самоходные испытания моделей проводятся с целью экспериментальных исследований взаимодействия винта с корпусом судна. При этом определяются коэффициенты засасывания t , попутного потока ψ и скольжения i .

В практике бассейнов применяется несколько схем. В зарубежной практике проведения экспериментов выделяют два метода: континентальный и британский. В первом модель испытывается при числах Фруда Fr , охватывающих весь интересующий диапазон. Винт играет роль создателя дополнительной тяги, компенсирующей разницу сопротивления трения между моделью и натурой, поэтому этот метод называется *самоходом с подталкиванием*. Это позволяет без определения коэффициентов взаимодействия рассчитать требуемую мощность двигателя судна. Отечественный метод испытаний (называется *свободный самоход*) можно рассматривать как континентальный. Британский метод отличается тем, что серия испытаний проводится при постоянной V модели (это является недостатком данного метода), а обороты винта варьируются. Всё это приводит к тому, что коэффициенты взаимодействия определяются в некотором диапазоне при нагрузке винта.

Все схемы имеют свои достоинства и недостатки. Отечественный анализ показывает, что наиболее рационально проводить испытания по методу жесткой запряжки при постоянном числе оборотов. Варьируя скорость, также изменяется поступь винта. Если еще при этом варьируется число оборотов винта, то количество информации увеличивается.

Сравнительный анализ всех схем показывает, что волнообразование, зависящее от числа Fr , в значительной мере сказывается на t , т.е. для крупнотоннажных судов этим можно пренебречь, а для средних и быстроходных судов это необходимо учитывать.

Определение характеристик винта путем модельных испытаний

Наряду с проектированием винта по вихревым теориям результаты модельных испытаний винтов в инженерной практике широко применяются в виде диаграмм [6].

Кроме геометрического и кинематического подобия, сводящегося к равенству ступей винта, необходимо выполнять три условия динамического подобия: равенство Фруда Fr , Рейнольдса Re и Струхаля Sh . Равенство Fr необходимо выполнять, если ось погружения меньше диаметра винта, т.е. свободная поверхность влияет на его характеристики. Для погруженных винтов вторым критерием остается Re . Моделирование вязкостных сил практически невозможно, так как винт становится кавитирующим. В этом случае переходят к испытаниям в аэродинамической трубе, путем замены среды испытаний.

Обычно проводят серийные испытания винтов. Более известна серия Трооста и модифицированная голландская серия (у нее широкая вариация и она аппроксимирована полиномами). В настоящее время «троостовские» винты устарели. Применяются современные серии винтов, спроектированные на основании вихревой теории.

При обработке результатов, так как число Re модели во много раз меньше числа Re натурального судна, возникает масштабный эффект. Существуют приближенные способы, которые учитывают масштабный эффект для идеальных винтов и учитывают то, что реальный винт шероховатый.

Заключение

Проведение испытаний моделей судов в опытовых бассейнах требует выполнения специальных методик. Разработанные и применяемые в настоящее время методики позволяют соотнести полученные данные тестируемой модели с натурным судном. Опытные бассейны должны быть оборудованы специальными приспособлениями, датчиками, различными системами, позволяющими проводить модельные испытания.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Приголовкин, А. О. Опытные бассейны / А. О. Приголовкин // Поколение будущего: Взгляд молодых ученых – 2017 : Сборник научных статей 6-й Международной молодежной научной конференции. В 4-х томах, Курск, 09–10 ноября 2017 года / Ответственный редактор А.А. Горохов. Том 4. – Курск: Закрытое акционерное общество "Университетская книга", 2017. – С. 127-128. – EDN YBIAWH.

2. Гофман, А. Д. О возможностях проведения модельных испытаний в опытовых бассейнах ограниченных размеров / А. Д. Гофман // Вестник государственного университета морского и речного флота им. адмирала С.О. Макарова. – 2014. – № 1(23). – С. 54-59. – EDN SFKGQJ.

3. Методика обработки результатов буксировочных испытаний моделей судов в опытовом бассейне / Н. А. Тарануха, С. В. Кошкин, Е. И. Селиванов, М. П. Шадрин // Ученые записки Комсомольского-на-Амуре государственного технического университета. – 2011. – Т. 1, № 6. – С. 86-94. – EDN OCRZBF.

4. Шталь, Я. А. Особенности проведения буксировочных испытаний в малых опытовых бассейнах / Я. А. Шталь, А. А. Козлов // Научно-техническое творчество аспирантов и студентов : материалы 46-й научно-технической конференции студентов и аспирантов, Комсомольск-на-Амуре, 01–15 апреля 2016 года / Комсомольский-на-Амуре государственный технический университет; Э.А. Дмитриев (отв. ред.). – Комсомольск-на-Амуре: Комсомольский-на-Амуре государственный технический университет, 2016. – С. 676-678. – EDN WECCZJ.

5. The features of towing tests of ship models and processing results in a small testing tank / N. A. Taranukha, S. V. Koshkin, E. I. Selivanov [et al.] // Proceedings of the 10th (2012) ISOPE Pacific/Asia Offshore Mechanics Symposium, PACOMS 2012, Vladivostok, 03–05 октября 2012 года. – Vladivostok, 2012. – P. 165-168. – EDN RGBFSH.

6. Справочник по теории корабля. В 3 т. Т. 1. Гидромеханика. Соппротивление движению судов. Судовые движители / под ред. Я. И. Войткунского. – Л. : Судостроение, 1989. – 328 с.

УДК 621.74

Третьяков Валерий Артемович, студент, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Tretyakov Valery Artemovich, student of Komsomolsk-na-Amure State University

Свиридов Андрей Владимирович, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры «Кораблестроение и компьютерный инжиниринг», Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Sviridov Andrey Vladimirovich, candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, department "Shipbuilding and computer engineering", Komsomolsk-na-Amure State University

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ОТЛИВОК АВИАЦИОННОГО НАЗНАЧЕНИЯ В СИСТЕМЕ МОДЕЛИРОВАНИЯ ЛИТЕЙНЫХ ПРОЦЕССОВ «ПОЛИГОН»

MODELING OF THE TECHNOLOGY OF MANUFACTURING CASTINGS FOR AVIATION PURPOSES IN THE SYSTEM OF MODELING FOUNDRY PROCESSES "POLYGON"

Аннотация. В статье описано содержание автоматизированного моделирования литейных процессов в программе «Полигон», в частности, изделия «опора», что повышает эффективность производства и качество литья. Проведён анализ отливки «опора» на предмет формирования усадочных раковин при кристаллизации металла в песчано-глинистой форме. Рассмотрены разные варианты создания прибылей с целью минимизации затрат при корректировке технологического процесса.

Abstract. The article describes the process of automated modeling of foundry processes in the Polygon program, in particular, the "support" product, which increases production efficiency and casting quality. The analysis of the casting "support" was carried out for the formation of shrinkage cavities during the crystallization of metal in a sandy-clay mold. Various options for creating profits are considered in order to minimize costs when adjusting the technological process.

Ключевые слова: точное литье отливок, моделирование литейных технологий, трехмерное моделирование.

Key words: precision casting castings, modeling of foundry technologies, three-dimensional modeling.

Введение

Качество литых изделий во многом зависит от используемой технологии их изготовления. Успешное применение отливок в тех или иных механизмах предполагает использование в производственном процессе современных систем автоматизированного проектирования работ (САПР). Составной частью САПР является система автоматизированного моделирования литейных процессов (САМ ЛП) «Полигон», которая предназначена для решения задач литейного производства.

Основная часть

САМ ЛП «Полигон» позволяет провести отработку некоторых наиболее важных технологических параметров не на реальной отливке, а на ее компьютерной модели, что снижает затраты на проектирование и доводку литейной технологии. Система позволяет моделировать следующие процессы: тепловые процессы при затвердевании, образование усадочных раковин и макропористости, образование микропористости, гидродинамические процессы при заливке, деформационные процессы для прогноза кристаллизационных трещин. Моделирование ведется на базе метода конечных элементов, который позволяет использовать наиболее адекватные физические и геометрические модели [1-3].

В работе проводили моделирование процесса кристаллизации отливки «опора» (рисунок 1) на предмет формирования усадочных раковин и пористости при кристаллизации сплава 35Л в песчано-глинистой форме. При этом рассматривали разные варианты создания прибылей, с целью минимизации затрат при корректировке технологии.

Для первоначального выявления наиболее опасных участков в плане усадочных процессов расчету была подвергнута отливка без прибылей (рисунок 1).

На рисунке 1 приведены наиболее характерные сечения отливки. Разными цветами показаны зоны формирования дефектов в процентном выражении. Как видно, участки с ярко выраженной пористостью расположены главным образом в верхней части отливки и с разной степенью интенсивности по сечению отливки.

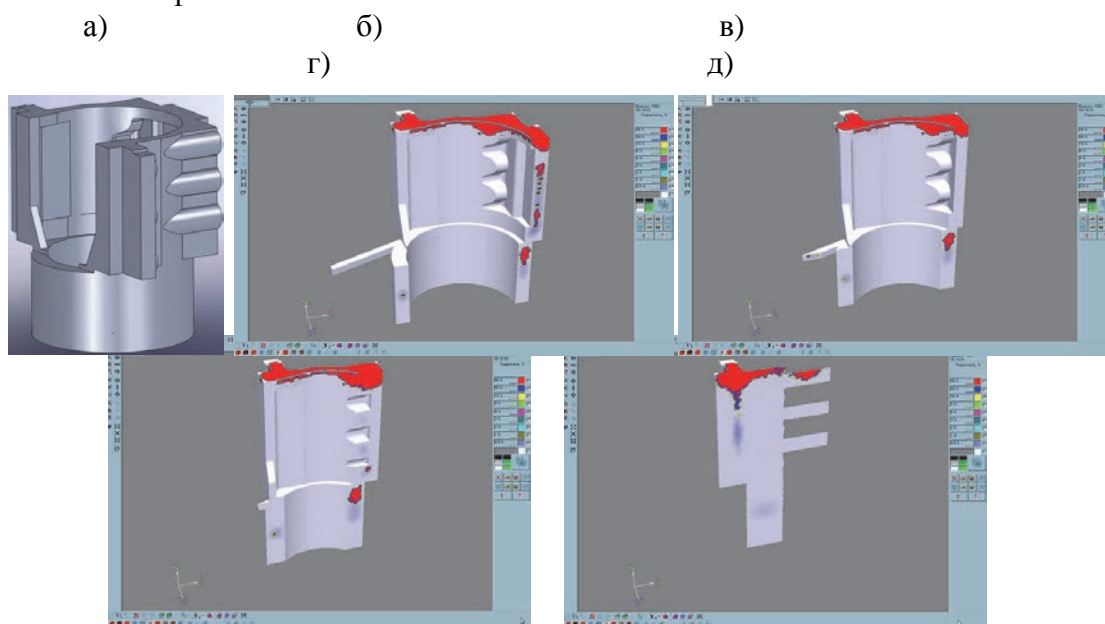


Рисунок 1 – Внешний вид отливки без прибылей и анализ процесса кристаллизации с указанием формирования пористости:
а – внешний вид отливки; б – сечение 1; в – сечение 2;
г – сечение 3; д – сечение 4

Расчет проходил с момента заполнения формы металлом, до полной кристаллизации отливки. Также, задавали начальные условия: материал формы – песчано-глинистая смесь; температура формы – 20 °С; температура металла 1550 °С (получена из технологических расчетов); гидродинамические и деформационные процессы формы не изучали. Это справедливо для всех рассмотренных вариантов.

Проанализировав полученные данные, было предложено два варианта построения прибылей: верхние и боковые (рисунки 3,4).

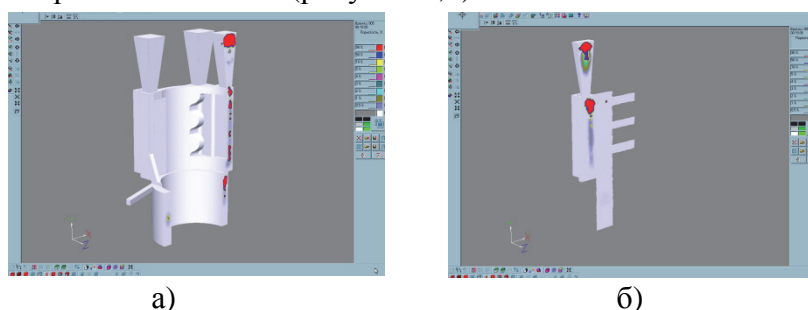


Рисунок 2 – Анализ отливки с верхними прибылями:
а – сечение 1; б – сечение 4

Из проведенного анализа стало понятно, что вариант построения верхних прибылей, хотя и устраняет дефекты в верхней части отливки (см. рис.2), в целом не при-

водит к заметному улучшению ее качества из-за сохранения большого количества пористости по сечению изделия.

Значительно большего эффекта удалось добиться, построив боковые прибыли (рисунок 3). Данная конструкция прибылей позволила устранить большую часть дефектов в отливке. В сечении наблюдаются зоны газовой пористости не более 4-5 %. Эти зоны также можно исключить из отливки или снизить концентрацию газов и рекомендовать установку холодильников в данных местах [4,5].

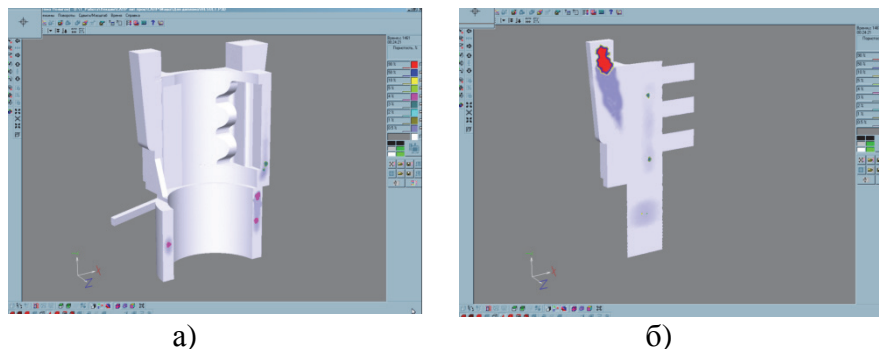


Рисунок 3 – Анализ отливки с боковыми прибылями:
а – сечение 1; б – сечение 4

Заключение

Проведенный расчет и анализ изделия «опора» в САМ ЛП «Полигон», позволил определить необходимую конструкцию и размер прибылей, при заданных прочих условиях, что повышает эффективность производства и качество литья.

Также, проведенная работа наглядно продемонстрировала возможности современных САПР и их эффективность при разработке литейных технологий.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Изготовление отливок авиационного назначения с использованием аддитивных технологий / А.В. Свиридов, А.В. Скалёва // Наука, инновации и технологии: от идей к внедрению. Материалы II Международной научно-практической конференции молодых ученых. Том Часть 2. Комсомольск-на-Амуре, 2022 - EDN: PSQWEU

2. Influence of external heat exposure on the stress state of shell forms by smelting models / Evstigneev A.I., Odinoikov V.I., Dmitriev E.A., Sviridov A.V., Ivankova E.P. // Mathematical models and computer simulations / Учредители: Pleiades Publishing, Ltd. (Плеядес Паблишинг, Лтд) ISSN: 2070-0482eISSN: 2070-0490 - DOI: 10.1134/S2070048221050112. - EDN: NLWJDB

3. Морфологическое строение оболочковой формы по выплавляемым моделям / В. И. Одинокоев, А. И. Евстигнеев, Э. А. Дмитриев [и др.] // Известия высших учебных заведений. Черная металлургия. – 2022. – Т. 65. – № 10. – С. 740-747. – DOI: 10.17073/0368-0797-2022-10-740-747. – EDN SUGKZE.

4. Влияние температуры нагрева опорного наполнителя на напряженное состояние оболочковых форм при заливке стали / Евстигнеев А.И., Одинокоев В.И., Дмитриев Э.А., Свиридов А.В., Иванкова Е.П. // Литейное производство. - 2021 - №3 – С. 20 – 24 - EDN: VWHHGR

5. Прогнозирование трещиностойкости многослойных оболочковых форм при заливке их сталью / Евстигнеев А.И., Одинокоев В.И., Дмитриев Э.А., Свиридов А.В., Иванкова Е.П. // Литейное производство. - 2020 - №7 – С. 20 – 26 - EDN: TSAUZV

УДК 533.6.04

Черняков Антон Сергеевич, студент, Воронежский государственный технический университет

Chernyakov Anton Sergeyevich, student, Voronezh State Technical University

Кириакиди Сергей Константинович, кандидат технических наук, доцент, Воронежский государственный технический университет

Kiriakidi Sergey Konstantinovich, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, Voronezh State Technical University

ВЛИЯНИЕ ПОЛОЖЕНИЯ НОСОВОГО ЩИТКА ПЕРЕДНЕЙ ЧАСТИ ОСНОВНОГО ЗВЕНА ЗАКРЫЛКА НА КОЭФФИЦИЕНТ ПОДЪЕМНОЙ СИЛЫ КРЫЛА САМОЛЕТА КОРОТКОГО ВЗЛЕТА И ПОСАДКИ

THE INFLUENCE OF THE POSITION OF THE NOSE FLAP OF THE FRONT PART OF THE MAIN FLAP LINK ON THE LIFT COEFFICIENT OF THE AIRCRAFT WING FOR SHORT TAKEOFF AND LANDING

Аннотация. Представлена зависимость коэффициента подъемной силы крыла самолета короткого взлета и посадки от величины поворота носового щитка передней части основного звена закрылка при различных положениях носового щитка задней части основного звена закрылка при определенных положениях закрылка, сдвижной панели, а также его разворота хвостовой части панели.

Abstract. The dependence of the lift coefficient of the aircraft wing of a short takeoff and landing on the magnitude of the rotation of the nose flap of the front part of the main flap link at different positions of the nose flap of the rear part of the main flap link at certain positions of the flap, the sliding panel, as well as its turn of the tail part of the panel is presented.

Ключевые слова: крыло самолета короткого взлета и посадки, трехщелевой закрылок, носовой щиток передней части основного звена закрылка, носовой щиток задней части, сдвижная панель закрылка, коэффициент подъемной силы крыла.

Key words: the wing of the aircraft of short take-off and landing, three-slit flap, nose flap of the front part of the main flap link, nose flap of the rear part, sliding flap panel, wing lift coefficient.

Введение

Важной задачей совершенствования летательного аппарата (ЛА) является улучшение его взлетно-посадочных характеристик, существенно влияющих на длину разбега при взлете и длину пробега при посадке [1-4].

Уменьшение посадочной скорости и скорости отрыва при взлете, приводящих к улучшению взлетно-посадочных характеристик, возможно при увеличении подъемной силы ЛА на данных режимах может быть обеспечено либо за счет увеличения площади крыла, либо за счет повышения эффективности механизации крыла [5].

Наиболее рациональным является вариант повышения эффективности механизации крыла.

Целью работы является оценка коэффициента подъемной силы крыла с трехщелевым закрылком, имеющим ряд особенностей на режиме «взлет». Оценка проведена численным методом с использованием расчетного пакета ANSYS.

Эффективная механизация способствует максимальному увеличению коэффициента подъемной силы крыла на режимах взлета и посадки.

Основная часть

Рассмотрен трехщелевой закрылок с рядом особенностей, он содержит жестко соединенные между собой основное звено и дефлектор. Причем основное звено состо-

ит из двух частей – передней и задней, разделенных аэродинамическим каналом. По верхней поверхности основного звена подвижно, по направляющим, установлена сдвижная панель, имеющая основную и хвостовую части, соединенные между собой. При выходе в поток хвостовая часть может быть развернута на некоторый угол относительно нейтрального положения. Выход сдвижной панели в поток с разворотом ее хвостовой части увеличивает площадь и кривизну крыла.

Передняя и задняя части основного звена закрылка оборудованы носовым щитком с углами отклонения $\delta_{щ1}$ и $\delta_{щ2}$ соответственно, которые в рабочем положении взлетно-посадочных режимов формируют параметры входной части второго и третьего аэродинамических каналов.

Исходные данные:

- скорость потока
- угол атаки крыла $\alpha = 7^\circ$;
- угол отклонения поворотной хвостовой части сдвижной панели
- углы отклонения носового щитка передней части основного звена за-

крылка:

$$\delta_{щ1} = 30^\circ, 34^\circ, 38^\circ;$$

углы отклонения носового щитка задней части основного звена закрылка:

$$\delta_{щ2} = 35^\circ, 40^\circ, 43^\circ.$$

С целью определения наиболее эффективных параметров трехщелевого закрылка, выполнена электронная модель отсека крыла с механизацией и проведены расчеты коэффициента подъемной силы крыла СКВП взлетной конфигурации.

Расчет проведен с использованием блока расчетов CFX программы ANSYS. Для электронной модели отсека крыла была построена конечно-элементная тетраэдрическая сетка, задан ламинарный слой, определены граничные условия. В результате проведенных расчетов были получены величины сил, действующих на отсек крыла на заданных углах атаки.

На рисунке 1 представлены графические зависимости коэффициента подъемной силы крыла СКВП от углов отклонения носового щитка передней части основного звена закрылка $\delta_{щ1}$ (щиток 1) при различных углах отклонения носового щитка задней части основного звена $\delta_{щ2}$ (щиток 2).

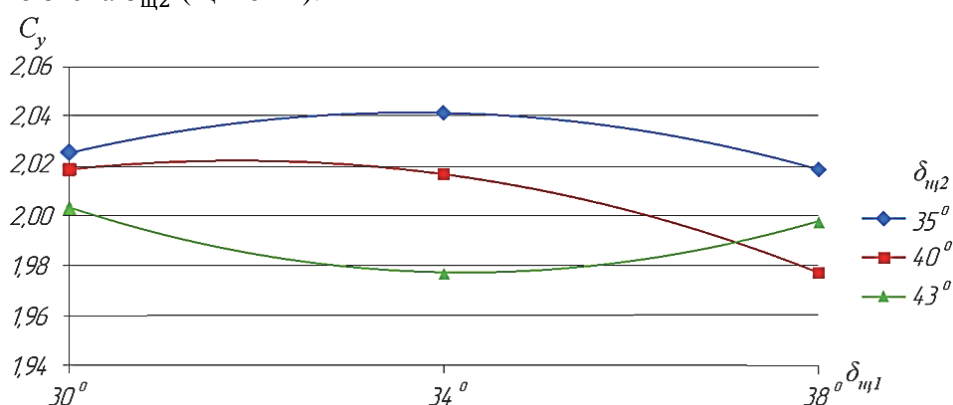


Рисунок 1 – Зависимость коэффициента подъемной силы крыла от углов отклонения щитка 1 закрылка при различных углах отклонения щитка 2

На рисунке 2 – распределение давлений вокруг профиля крыла с механизацией для $\delta_{щ1} = 34^\circ, \delta_{щ2} = 35^\circ$.

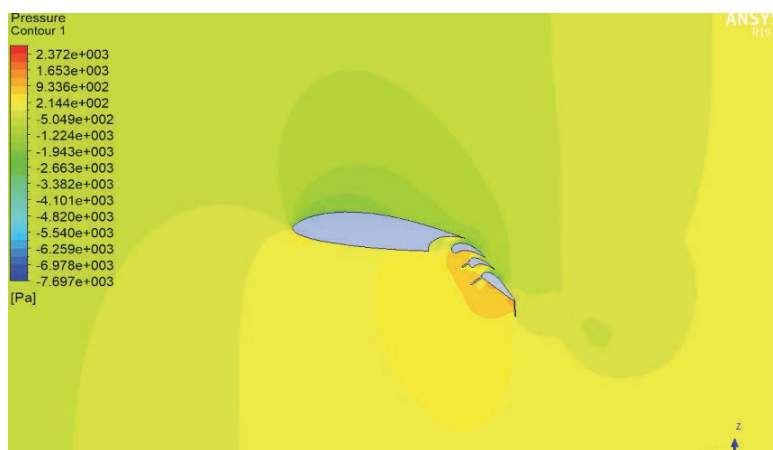


Рисунок 2 – Распределение давлений вокруг профиля крыла при углах отклонения щитков $\delta_{щ1} = 34^\circ$, $\delta_{щ2} = 35^\circ$

Закключение

Расчеты показывают, что при сформулированных исходных данных в положении щитка 1 $\delta_{щ1} = 30^\circ$ и изменении углов установки щитка 2 от $\delta_{щ2} = 43^\circ$ до $\delta_{щ2} = 35^\circ$ коэффициент подъемной силы увеличивается от $C_y = 2,00$ до $C_y = 2,03$.

В положении $\delta_{щ1} = 34^\circ$ и тех же изменениях углов установки щитка 2, коэффициент подъемной силы увеличивается от $C_y = 1,97$ до $C_y = 2,04$.

В положении $\delta_{щ1} = 38^\circ$ и тех же изменениях углов установки щитка 2, коэффициент подъемной силы увеличивается от $C_y = 2,00$ до $C_y = 2,02$.

Максимальное значение коэффициента подъемной силы крыла с рассматриваемым закрылком взлетной конфигурации получено при $\delta_{щ1} = 34^\circ$, $\delta_{щ2} = 35^\circ$.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Егер, С.М. Проектирование самолетов: учебник для вузов / С.М. Егер, В.Ф. Мишин, Н.К. Лисейцев и др. - М.: Логос, 2005. - 648 с.
2. Житомирский, Г.И. Конструкция самолетов: учебник для студентов вузов / Г.И. Житомирский - 4-е изд., перераб. и доп. — М.: Инновационное машиностроение, 2018. - 416 с.
3. Дубинский, В.И. Планер и взлетно-посадочные устройства самолета-истребителя: учеб. пособие / В.И. Дубинский, В.В. Истомина, Д.М. Кунбутаев и др. - М.: МАИ, 1995. - 88 с.
4. Чунарева, Н.Н. Крыло и средства улучшения взлетно-посадочных характеристик самолета: учеб. пособие / Н.Н. Чунарева, М.Г. Ефимова, В.П. Солонин - М.: МГТУГА, 2000. - 47 с.
5. Мхитарян А.М. Аэродинамика: учебник/А.М. Мхитарян - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Машиностроение, 1976. - 448 с.

УДК 656.025.4

Шаравьева Наталья Геннадьевна, студент, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Sharavyeva Natalia Gennadievna, student, Komsomolsk-na-Amure State University

Гунькова Ольга Владимировна, старший преподаватель кафедры «Кораблестроение и компьютерный инжиниринг», Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Gunkova Olga Vladimirovna, senior lecturer of the Department «Shipbuilding and Computer Engineering», Komsomolsk-na-Amure State University

ТЕХНОЛОГИЯ ПЕРЕГРУЗКИ УДОБРЕНИЙ В ПОРТУ УСТЬ-ЛУГА

TECHNOLOGY OF FERTILIZER TRANSSHIPMENT IN THE PORT OF UST-LUGA

Аннотация. В данной работе рассматривается уникальная мобильная портовая технология Containerized Bulk Handling перегрузки навалочных грузов с железнодорожного транспорта на водный транспорт с помощью контейнеров. Данная технология применяется в морском порту Усть-Луга при перевалке удобрений. В работе описаны преимущества данной технологии перегрузки.

Abstract. In this paper, the unique mobile port technology Containerized Bulk Handling of transshipment of bulk cargo from rail transport to water transport using containers is considered. This technology is used in the seaport of Ust-Luga for transshipment of fertilizers. The paper describes the advantages of this overload technology.

Ключевые слова: перегрузка, удобрения, контейнер, порт, морское судно, вагон-хopper.

Key words: transshipment, fertilizers, container, port, sea vessel, hopper car.

Введение

Усть-Луга – это морской торговый порт, расположившийся в Финском заливе Балтийского моря. Это один из крупных универсальных портов на Балтике, входящий в пятерку крупных портов Европы и являющийся вторым в России после Новороссийска. В порту перерабатывают более двадцати видов грузов.

В порту Усть-Луга на протяжении нескольких лет работает Смарт-Балк-Терминал, который производит перегрузку навалочных грузов (удобрений) по уникальной технологии Containerized Bulk Handling с помощью контейнеров. Данная технология перевалки используется в странах Африки, Латинской Америки и в Австралии, которые экспортируют зерно, уголь, руду.

В данной работе рассматривается технология Containerized Bulk Handling перевалки удобрений с железнодорожного транспорта с помощью контейнеров.

Технология перевалки удобрений в порту Усть-Луга

В порт Усть-Луга удобрения поступают в железнодорожных вагонах бункерного типа – хoppers-минераловозах (модель 11-739-01). Далее на станции выгрузки вагонов осуществляется разгрузка через нижние люки в приемочный бункер. Затем происходит загрузка контейнеров через верхние люки. Для данной технологии перегрузки удобрений используются специально разработанные для данной схемы 20-футовые контейнеры.



Рисунок 1 – Специальный контейнер для насыпных грузов

Данный контейнер имеет усиленную конструкцию, которая должна выдерживать тяжелые грузы. Производителем этих контейнеров является китайская корпорация China International Marine Containers – CIMC.

Загрузка специализированных контейнеров осуществляется закрытым способом с помощью устройства ModulFlex – это загрузочное устройство, разработанное для безпыльной загрузки сухих сыпучих материалов.

Контейнеры с грузом применяются для загрузки судов и используются как мобильный склад для накопления судовых партий различных видов и разного количества удобрений. Хранение грузов в контейнерах обеспечивает их высокую сохранность.

Процесс загрузки морского судна удобрениями происходит в результате выгрузки груза из контейнера в трюм судна. Для этого применяется специальный спредер, снабженный механизмом наклона и «рукой» для открытия контейнера.



Рисунок 2 – Загрузка морского судна удобрениями

Заключение

В порту Усть-Луга применяется уникальная мобильная технология переработки навалочных грузов при помощи специализированных двадцатифутовых контейнеров.

Преимущества данной технологии:

- контейнеры используются как средства хранения грузов и как средства погрузки на суда,
- возможность накопления судовой партии груза,
- данная схема может применяться на любом терминале,
- отсутствие необходимости строить специализированный терминал для навалочных грузов, возможность использовать уже существующую инфраструктуру,
- высокая экологичность.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Вольнец, Н. В. Программное обеспечение для формирования плана оптимальной загрузки контейнеров и транспортных средств / Н. В. Вольнец, И. Н. Журбина // Молодежь и наука: актуальные проблемы фундаментальных и прикладных исследований : Материалы V Всероссийской национальной научной конференции молодых учёных, Комсомольск-на-Амуре, 11–15 апреля 2022 года. Часть 2. – Комсомольск-на-Амуре: Комсомольский-на-Амуре государственный университет, 2022. – С. 189-191.
2. Рябчинский, А. И. Организация перевозочных услуг и безопасность транспортного процесса : учебник для вузов / А. И. Рябчинский, В. А. Гудков, Е. А. Краченко. – Москва : Академия, 2013; 2011. – 255с.
3. Момот, З. А. Пути повышения транзитного потенциала России / З. А. Момот, О. А. Красильникова // Наука, инновации и технологии: от идей к внедрению : Материалы международной научно-практической конференции, Комсомольск-на-Амуре, 7 – 11 Февраля 2022. – Комсомольск-на-Амуре: Комсомольский-на-Амуре государственный университет, 2022. – С. 437-439.
4. Куликов, А.В. Исследование эффективных транспортно-логистических связей в организации международных мультимодальных перевозок минеральных удобрений / А.В. Куликов, Е.А. Близнякова // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика, Воронежский государственный лесотехнический университет им. Г.Ф. Морозова, 2021. – С. 117-130.
5. Прохоров, В.А. Значение комплекса грузовых терминалов в порту Усть-Луга для экономики России / В.А. Прохоров, Н.В. Адуконис // Логистика, 2018. – С. 32-36.

УДК 621.7.073

Щербина Юрий Вячеславович, студент, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Shcherbina Yuri Vyacheslavovich, student, Komsomolsk-na-Amure State University

Лозовский Иван Владимирович, старший преподаватель, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Lozovsky Ivan Vladimirovich, senior lecturer, Komsomolsk-na-Amure State University

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ОСНАСТКИ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ЛОПАСТИ МАЛОРАЗМЕРНОГО ВОЗДУШНОГО ВИНТА

DESIGN OF TOOLING FOR THE MANUFACTURE OF A SMALL-SIZED PROPELLER BLADE

Аннотация. В авиационной промышленности необходимо применять технологические оснастки, в частности оснастку для формования полимерных композиционных материалов (ПКМ) и формообразующую оснастку для холодной штамповки. В данной статье рассмотрен метод изготовления формообразующей оснастки при помощи САПР, которая необходима для изготовления лопасти малоразмерного воздушного винта.

Abstract. In the aviation industry, it is necessary to use technological equipment, in particular equipment for molding polymer composite materials (PCM) and forming equipment for cold stamping. This article discusses the method of manufacturing shaping equipment using CAD, which is necessary for the manufacture of a small-sized propeller blade.

Ключевые слова: технологическая оснастка, проектирование, САПР, 3D-модель.

Key words: technological equipment, design, CAD, 3D model.

Введение

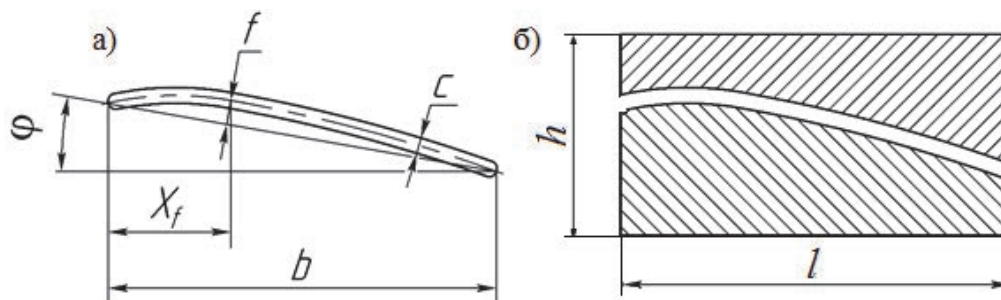
В настоящее время одним из важных факторов, влияющих на стоимость детали в её производстве, является применение новых способов проектирования и изготовления оснастки. Несомненно, изготовление элементов оснастки подразумевает возможность оперативного внесения изменений при их проектировании. Для этого одним из лучших способов создания модели являются системы автоматизированного проектирования (САПР), например, Pro/Engineer, NX, T-FLEX, CATIA и другие [1,2,3]. В данной статье описано проектирование формообразующей оснастки для изготовления лопасти малоразмерного воздушного винта.

Проектирование

Аэродинамическим профилем лопасти малоразмерного воздушного винта чаще всего является изогнутая пластинка с постоянной толщиной, которую можно описать параметрами, указанными на рисунке 1а. Параметры выше есть исходные данные для проектирования формообразующей оснастки для лопасти воздушного винта [4].

По параметрам в САД-системе чертится десять сечений технологической оснастки. На рис. 1б изображено одно из сечений формообразующей оснастки.

Используя набор сечений, строится тело оснастки с учётом технологических припусков. Тело является пресс-формой, состоящей из двух полуматриц. Каждая полуматрица имеет плоскую и рабочую поверхности. Рабочая поверхность повторяет геометрическое строение лопасти масловоздушного винта. С помощью операции «Выталкивание» на обеих полуматрицах строится по два тела с отверстиями под направляющие колонны.



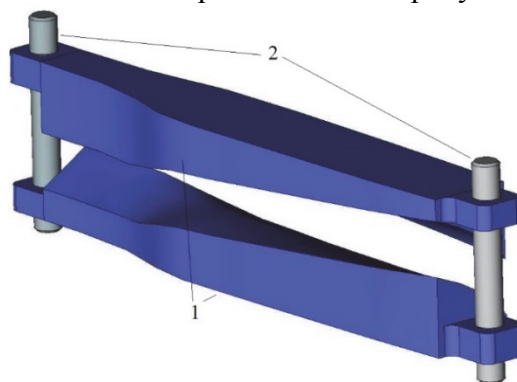
b – хорда, c – толщина, f – кривизна, h – высота, l – ширина
 X_f – положение кривизны, φ – угол установки

Рисунок 1 – Сечение технологической оснастки:

а – геометрические параметры сечения лопасти;

б – сечение формообразующей оснастки

Далее операцией «Булева» эти тела объединяются с полуматрицами оснастки. Готовая формообразующая оснастка представлена на рисунке 2.



1 – верхняя и нижняя полуматрицы; 2 – направляющие колонны

Рисунок 2 – Общий вид оснастки

Заключение

Была спроектирована формообразующая оснастка для изготовления лопасти малоразмерного воздушного винта. Проектирование проводилось в САД-системе T-FLEX. Данная оснастка была изготовлена методом трёхмерной печати. Были выделены основные преимущества использования САПР при проектировании: точность оснастки равна 0,05 мм; высота «гребешка» рабочей поверхности равна 0,05 мм; существенное сокращение сроков технологической подготовки производства; возможность оперативного внесения изменений при проектировании оснастки. [5]

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Штампы листовой штамповки. Технология изготовления штамповой оснастки: текст лекций. В 2 ч. Ч. 1 / В. М. Никитенко, Ю. А. Курганова. – Ульяновск : УЛГТУ, 2010. – 68 с.
2. Лопатин, А. Н. Изготовление формообразующей оснастки аддитивными методами для композитных деталей / А. Н. Лопатин, И. Д. Зверков // Авиационные материалы и технологии. – 2019. – № 2(55). – 53-59 с.
3. Дремухин, М. А. Применение аддитивных технологий в машиностроении для изготовления формообразующей оснастки / М. А. Дремухин, В. Н. Наговицин // Космические аппараты и технологии. – 2022. – Т. 6. – № 1(39). – 21-28 с.
4. Вялов, А. В. Основы технологии производства самолётов: учеб. пособие / А. В. Вялов. – 2-е изд., доп. – Комсомольск-на-Амуре : ФГБОУ ВПО «КнАГТУ», 2013. – 145 с.
5. Щербина, Ю. В. Применение аддитивных технологий для изготовления формообразующей оснастки / Ю. В. Щербина // Аэрокосмическая декада 2022: Сборник трудов XV Всероссийской студенческой научной школы, Москва, 03–08 октября 2022 года. – Москва : Издательство "Перо", 2022. – 258-261 с.

СОДЕРЖАНИЕ

СЕКЦИЯ 1. МАШИНОСТРОЕНИЕ И МЕТАЛЛУРГИЯ.....	3
Андрианов И. К., Гринкруг М. С., Кара Б. М., Чепурнова Е. К. РАСЧЕТ ДАВЛЕНИЯ ВНУТРИ ОБОЛОЧЕК СИСТЕМЫ ОБНАРУЖЕНИЯ ПОВРЕЖДЕНИЙ ЛОПАТОК ТУРБИН В УСЛОВИЯХ НЕСТАЦИОНАРНОСТИ.....	4
Арчаков Б. М.-Б., Бахматов П. В. ВЛИЯНИЕ УГЛА ЗАТОЧКИ ВОЛЬФРАМОВОГО ЭЛЕКТРОДА НА ШИРИНУ ШВА.....	6
Ашурализода А. Н., Кравченко Е. Г. ПОРЯДОК ПРОВЕДЕНИЯ ОЦЕНКИ ПОДГОТОВКИ ИНЖЕНЕРНЫХ КАДРОВ К ИННОВАЦИОННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ.....	9
Бондаревский Д. М., Бахматов П. В. МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕПЛООВОГО ПРОЦЕССА РОТАЦИОННОЙ СВАРКИ ТРЕНИЕМ КОНСТРУКЦИОННОЙ СТАЛИ И ТВЕРДОГО СПЛАВА.....	12
Ванаг Е. Д., Серeda Н. А. МИНИМАЛЬНЫЙ УГОЛ ПЕРЕДАЧИ КОРОМЫСЛОВЫХ МЕХАНИЗМОВ СЕМЕЙСТВА КKM-30°: ОЦЕНКА ТОЧНОСТИ.....	15
Гарбар В. К., Кравченко Е. Г. РАЗРАБОТКА СХЕМЫ ПОВЕРОЧНОЙ УСТАНОВКИ ДЛЯ КОНТРОЛЯ РАСХОДА ВОДЫ МЕТОДОМ ИЗМЕРЕНИЯ ОБЪЕМА.....	17
Гарбар Д. О., Кравченко Е. Г. РАЗРАБОТКА СХЕМЫ ПОВЕРОЧНОЙ УСТАНОВКИ ДЛЯ КОНТРОЛЯ РАСХОДА ВОДЫ МАССОВЫМ МЕТОДОМ.....	20
Голубева Е. Б. АНАЛИЗ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ТРАВМАТИЗМА В РАБОТЕ ФРЕЗЕРОВЩИКА МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ.....	23
Даманский Р. В., Кем А. А., Михальцов Е. М., Шмидт А. Н. ТЕОРИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА РАБОТЫ ОДНОБАРАБАННОЙ ЖАТКИ ОЧЁСЫВАЮЩЕГО ТИПА.....	26
Зинченко Д. Д., Лиманкин В. В. ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РЕМОНТА НЕФТЕГАЗОВОГО ОБОРУДОВАНИЯ, ПУТЕМ ВНЕДРЕНИЯ В ПРОИЗВОДСТВО ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ.....	30
Капралова О. Д., Васильков Д. В. ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РОБОТИЗИРОВАННОГО УЧАСТКА МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ КОРПУСНЫХ ДЕТАЛЕЙ.....	33
Карпенко В. А., Щелкунов Е. Б. ИСПЫТАНИЕ УПРАВЛЯЕМОСТИ НЕПРЕРЫВНОГО РОБОТА С ТРОСОВЫМ ПРИВОДОМ.....	36
Карпов Р. С., Щелкунов Е. Б. АНАЛИЗ СТРАТЕГИЙ ОБРАБОТКИ РЕЗЬБОВОГО ОТВЕРСТИЯ В ЛИТОЙ КОРПУСНОЙ АЛЮМИНИЕВОЙ ДЕТАЛИ С ПОМОЩЬЮ САД/САМ СИСТЕМ.....	39
Комарова К. К., Кравченко А. С., Бахматов П. В. РОБОТИЗИРОВАННАЯ СВАРКА ПОВОРОТНЫХ СТЫКОВ КРИВОЛИНЕЙНЫХ ТРУБ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ.....	42
Косачев К. Д., Кулик А. А. СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СПОСОБОВ УТИЛИЗАЦИИ ОТРАБОТАННОЙ ЩЕЛОЧИ НА УСТАНОВКАХ НЕФТЕПЕРЕРАБАТЫВАЮЩЕГО ЗАВОДА.....	46

Космынин А. А., Младов А. С. НОВЫЕ РЕШЕНИЯ В ТЕХНОЛОГИИ ФОРМИРОВАНИЯ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ЗАГОТОВОК С КРИСТАЛЛИЗАЦИЕЙ ПОД ГАЗОВЫМ ДАВЛЕНИЕМ.....	49
Кравченко А. К., Шишкин Б. В. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТЕПЛООБМЕННОГО АППАРАТА В ПРОГРАММЕ ПАССАТ.....	52
Кравцов А. И., Отряскина Т. А. АЛЬТЕРНАТИВНЫЙ МЕТОД РЕМОНТА КОЖУХОТРУБНОГО ТЕПЛООБМЕННИКА.....	55
Куклина А. М., Кравченко Е. Г. ПОРЯДОК СОСТАВЛЕНИЯ ГРАФИКОВ ПОВЕРКИ СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ.....	57
Курильченко М. С., Отряскина Т. А. ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ УСТАНОВКИ ГИДРООЧИСТКИ ЗА СЧЁТ СНИЖЕНИЯ КОНЦЕНТРАЦИИ ВОДОРОДА В ТОПЛИВНОМ ГАЗЕ.....	60
Лаврик В. А., Пронин А. И. АНАЛИЗ СТРАТЕГИЙ ОБРАБОТКИ ПРЯМОУГОЛЬНЫХ КАРМАНОВ.....	63
Лин Т., Андрианов И. К. ПОГРЕШНОСТЬ ПРИ АНАЛИТИЧЕСКОМ РАСЧЕТЕ УПРУГО- ПЛАСТИЧЕСКИХ ЗАДАЧ ДЛЯ ТОЛСТОСТЕННЫХ ОБОЛОЧЕК БЕЗ УЧЕТА СЖИМАЕМОСТИ МАТЕРИАЛА.....	66
Максимова О. Е., Кравченко Е. Г. РАЗРАБОТКА МЕРОПРИЯТИЙ ПО АВТОМАТИЗАЦИИ ПОВЕРКИ И КАЛИБРОВКИ КООРДИНАТНЫХ СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ.....	69
Марков А. Е., Щелкунов Е. Б. ПРИМЕНЕНИЕ ФИЛОСОФИИ КАЙДЗЕН В РОССИЙСКИХ РЕАЛИЯХ.....	72
Мельник Д. К., Щетинин В. С. ПРИМЕНЕНИЕ ИНГИБИТОРОВ НА УСТАНОВКАХ ЗАМЕДЛЕННОГО КОКСОВАНИЯ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ.....	75
Морквин Н. А., Отряскина Т. А. ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СПИРАЛЬНЫХ ПЕРЕГОРОДОК НА ПРОЦЕСС ТЕПЛООБМЕНА.....	77
Намоконов А. Н., Чернышова Д. В., Иванкова Е. П. ОСОБЕННОСТИ ТРЕЩИНОСТОЙКОСТИ КЕРАМИЧЕСКИХ ОБОЛОЧКОВЫХ ФОРМ ПРИ ЗАТВЕРДЕВАНИИ В НИХ ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ И ШАРООБРАЗНОЙ СТАЛЬНЫХ ОТЛИВОК.....	80
Орлов А. А., Махкамов Р. С., Щелкунов Е. Б. АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ РЕЖИМА РЕЗАНИЯ НА СОСТОЯНИЕ ЗАГОТОВКИ В ПРОЦЕССЕ ОБРАБОТКИ.....	83
Орлов А. А., Махкамов Р. С., Щелкунов Е. Б. АНАЛИЗ ЖЕСТКОСТИ СТАНОЧНОГО ПРИСПОСОБЛЕНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ САД/САЕ СИСТЕМ.....	86
Палков К. А., Андрианов И. К. КОНТРОЛЬ ТРЕЩИНООБРАЗОВАНИЯ В ЛОПАТКАХ ГАЗОТУРБИННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ.....	89
Полейчук П. А., Плетнев Н. О. ДЕФОРМАЦИЯ ТОНКОСТЕННЫХ ДЕТАЛЕЙ ПРИ ИМПУЛЬСНОЙ ЛАЗЕРНОЙ СВАРКЕ.....	92
Понимасов Д. П., Щетинин В. С. МОДЕРНИЗАЦИЯ КОНСТРУКЦИИ КОЖУХОТРУБНОГО ТЕПЛООБМЕННИКА.....	95

Пронина А. В., Кравченко Е. Г. ФОРМИРОВАНИЕ ДОСТОВЕРНОГО МАТЕРИАЛЬНОГО БАЛАНСА ПУТЕМ ОСНАЩЕНИЯ РЕЗЕРВУАРОВ ОТСТОЯ СТОКОВ НЕФТЕПРОДУКТОВ УРОВНЕМЕРАМИ.....	98
Рыжков В. С., Соколов Б. М., Старцев Е. А. ПРЕДОТВРАЩЕНИЕ ПРОБЛЕМ СВЯЗАННЫХ С НАПРЯЖЕННО- ДЕФОРМИРОВАННЫМ СОСТОЯНИЕМ ПРИ ИЗГОТОВЛЕНИИ И РЕМОНТЕ РВС ПУТЕМ РУЧНОЙ ДУГОВОЙ СВАРКИ.....	101
Сафроненко О. В., Кравченко Е. Г. РАЗРАБОТКА МЕРОПРИЯТИЙ ПО УТВЕРЖДЕНИЮ ТИПА СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЯ.....	104
Стробыкин Н. А., Бахматов П. В. СВАРКА ТИТАНОВЫХ СПЛАВОВ ИМПУЛЬСНО-ДУГОВЫМ МЕТОДОМ (ОБЗОР).....	107
Сунь С., Серебренникова А. Г., Устинов В. А. ИССЛЕДОВАНИЕ ПРИЧИН ВЫХОДА ИЗ СТРОЯ ЦЕНТРОБЕЖНЫХ НАСОСОВ НЕФТЕПЕРЕРАБАТЫВАЮЩИХ ЗАВОДОВ И ПУТИ ИХ РЕШЕНИЯ.....	110
Хрипкина В. А., Серебренникова А. Г. ИССЛЕДОВАНИЕ СИЛОВЫХ НАГРУЗОК ДЕТАЛИ «КАРЕТКА», ВХОДЯЩЕЙ В СОСТАВ ЗАКРЫЛКА КРЫЛА ГРАЖДАНСКОГО САМОЛЕТА....	113
Шиляев А. В., Бахматов П. В. РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ТАКТИЧЕСКИХ ПРИЕМОМ АРГОНОДУГОВОЙ СВАРКИ.....	116
СЕКЦИЯ 2. МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ И ХИМИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ.....	119
Бабак Я. И., Щетинин В. С. СОКРАЩЕНИЕ ПРЯМЫХ ВЫБРОСОВ ПАРНИКОВЫХ ГАЗОВ ОТ НЕФТЕДОБЫЧИ.....	120
Будникова Я. Н., Проценко А. Е. ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАМЕТРА РАСТВОРИМОСТИ МАТРИЦЫ ЭПОКСИВИНИЛЭФИРНОГО СТЕКЛОПЛАСТИКА.....	123
Бузунова А. Е., Проценко А. Н. ОПТИМИЗАЦИЯ БЛОКА ПРЕДВАРИТЕЛЬНОГО ФРАКЦИОНИРОВАНИЯ ПРЯМОГОННОГО БЕНЗИНА И БЛОКА ИЗОМЕРИЗАЦИИ ПУТЁМ БАЙПАСИРОВАНИЯ КОЛОННЫ К-2.....	126
Духовников К. П., Проценко А. Е. ТЕРМОАНАЛИЗ ПРОДУКТОВ ПИРОЛИЗА ЭПОКСИДНОГО ПОЛИМЕРА.....	129
Караченков Д. Л., Башков О. В. ВИДЫ И ПРИНЦИПЫ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ВОЛОКОННО- ОПТИЧЕСКИХ ДАТЧИКОВ.....	131
Ковалев М. И., Проценко А. Е. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ РАСТВОРИМОСТИ ЭПОКСИДНОГО ПОЛИМЕРА.....	134
Косович А. А., Богданова Т. А., Партыко Е. Г., Степаненко Н. А. ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ LA-СОДЕРЖАЩИХ МАТЕРИАЛОВ В AL-СПЛАВАХ ДЛЯ АВТОМОБИЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ.....	137
Кривоногов А. А., Чжо Зин Оо, Башков О. В., Казанцева Н. В. ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ ИЗЛОМОВ И ХАРАКТЕРА РАЗВИТИЯ УСТАЛОСТНЫХ ТРЕЩИН АУСТЕНИТНЫХ СТАЛЕЙ, ПОЛУЧЕННЫХ ИЗ ПОРОШКА МЕТОДОМ 3D – ПЕЧАТИ.....	140

Крупина К. А., Отряскина Т. А. МОДЕРНИЗАЦИЯ УСТАНОВКИ КАТАЛИТИЧЕСКОГО РИФОРМИНГА ПУТЁМ ЗАМЕНЫ ПЕЧИ П-4 НА ПАРОВОЙ РЕБОЙЛЕР.....	145
Люхо И. А., Проценко А. Е. УСТАНОВЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНОЙ КОНЦЕНТРАЦИИ НАОН ПРИ ПРОВЕДЕНИИ АЛКОГОЛИЗА МАТРИЦ РАЗНОЙ ПРИРОДЫ.....	148
Маркевич Н. В., Проценко А. Е. ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАМЕТРА РАСТВОРИМОСТИ ФЕНОПЛАСТА.....	151
Матрохина А. Н., Трифонова И. П., Бурмистров В. А. ИССЛЕДОВАНИЕ ХИРАЛЬНЫХ СВОЙСТВ ТЕТРАФЕНИЛПОРФИНА МЕТОДОМ КРУГОВОГО ДИХРОИЗМА.....	154
Михайленко Д. А., Проценко А. Е. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ РАСТВОРИМОСТИ МАРОК ПОЛИАМИДА.....	156
Морозова Т. Д., Шакирова О. Г. СИНТЕЗ И СПЕКТРОСКОПИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ КОМПЛЕКСА МЕДИ(II) С БИС(3-ТРИФТОРМЕТИЛПИРАЗОЛ-5-ИЛ)КЕТАЗИНОМ.....	158
Павловская Д. А., Отряскина Т. А. ЗАЩИТА КОТЕЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ ПРИ СЖИГАНИИ СЕРОСОДЕРЖАЩИХ ГАЗОВ.....	161
Полковникова М. К., Отряскина Т. А. СОКРАЩЕНИЕ ПОТЕРЬ НЕФТЕПРОДУКТОВ В РЕЗЕРВУАРАХ ПУТЁМ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЭЖЕКЦИОННОЙ СИСТЕМЫ УЛАВЛИВАНИЯ ЛЁГКИХ ФРАКЦИЙ.....	163
Степаненко Н. А., Косович А. А., Партыко Е. Г., Юрьев П. О. МОДИФИЦИРОВАНИЕ ЗАЭВТЕКТИЧЕСКИХ СИЛУМИНОВ ФОСФОРСОДЕРЖАЩИМИ МАТЕРИАЛАМИ.....	166
Струк В. Л., Отряскина Т. А. СПОСОБЫ ОЧИСТКИ ТОПЛИВНОГО ГАЗА НАГРЕВАТЕЛЬНЫХ ПЕЧЕЙ ОТ СЕРОВОДОРОДА НА УСТАНОВКАХ НЕФТЕПЕРЕРАБАТЫВАЮЩЕГО ЗАВОДА.....	168
Таирова А. А., Белова И. В. МЕТАЛЛОГРАФИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПОКОВКИ ИЗ СТАЛИ 20Х13...	171
Таирова А. А., Белова И. В. МЕТАЛЛОГРАФИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ОТЛИВОК ИЗ СТАЛИ 110Г13Л.....	174
Таирова А. А., Белова И. В. МИКРОСТРУКТУРНЫЙ АНАЛИЗ ИМПРЕГРИРОВАННОЙ КОРОНКИ.....	176
Трапезников В. И., Проценко А. Е. УВЕЛИЧЕНИЕ ЗНАЧИМОСТИ ПРОЦЕССА ЗАМЕДЛЕННОГО КОКСОВАНИЯ В НЕФТЕПЕРЕРАБОТКЕ.....	179
Тырышкин С. И., Шакирова О. Г. ХИМИЧЕСКИЕ И ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ОЧИСТКИ НЕФТЕСОДЕРЖАЩИХ СТОЧНЫХ ВОД.....	182
Удальцов М. А., Старостин А. В. ДИМЕТИЛОВЫЙ ЭФИР ДЛЯ РАСТВОРЕНИЯ УГЛЕВОДОРОДОВ.....	184
Удальцов М. А., Старостин А. В. УДАЛЕНИЕ ВОДЫ ИЗ НЕФТЕСОДЕРЖАЩЕГО ШЛАМА.....	187

Эйснер У. Г., Щетинин В. С. ИЗНОС ДЕТАЛЕЙ И УЗЛОВ ОБОРУДОВАНИЯ ПЕРЕКАЧИВАЮЩЕЙ СТАНЦИИ. МЕТОДЫ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ И УЗЛОВ ОБОРУДОВАНИЯ.....	190
Янченко К. Р., Проценко А. Н. ПОВЫШЕНИЕ ВЫХОДА ВОДОРОДА В РЕАКТОРНОМ БЛОКЕ УСТАНОВКИ КАТАЛИТИЧЕСКОГО РИФОРМИНГА ЗА СЧЕТ УВЕЛИЧЕНИЯ ДАВЛЕНИЯ.....	193
Янченко М. И., Проценко А. Н. ЗАМЕНА ХОЛОДИЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ НА АТМОСФЕРНОМ БЛОКЕ ЭЛЕКТРООБЕССОЛИВАНИЯ С АТМОСФЕРНО-ВАКУУМНОЙ ТРУБЧАТКОЙ С ЦЕЛЬЮ ОПТИМИЗАЦИИ ОТБОРА ЦЕЛЕВОГО ПРОДУКТА.....	195
СЕКЦИЯ 3. АВТОМАТИКА, ЭЛЕКТРОПРИВОД И РОБОТОТЕХНИКА.....	199
Авакумов Д. Д., Егоров В. А. ОРГАНИЗАЦИЯ ОДНОУРОВНЕВОГО МЕНЮ ДЛЯ ВВОДА СПИСКА ПАРАМЕТРОВ В МИКРОКОНТРОЛЛЕРНУЮ СИСТЕМУ.....	200
Баранов Ю. Е., Егоров В. А. ПРИМЕНЕНИЕ АЛФАВИТНО-ЦИФРОВОГО ИНДИКАТОРА ДЛЯ ОТОБРАЖЕНИЯ ИНФОРМАЦИИ В МИКРОКОНТРОЛЛЕРНОЙ СИСТЕМЕ.....	203
Биримкулов К. К., Егоров В. А. РЕАЛИЗАЦИЯ РЕЛЕЙНОГО РЕГУЛЯТОРА ТЕМПЕРАТУРЫ НА ПРОМЫШЛЕННОМ КОНТРОЛЛЕРЕ ПЛК160.....	206
Булов С. А., Смирнов А. С. КОЛЛИНЕАРНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ФОРМАМИ КОЛЕБАНИЙ ТРЕХЗВЕННОГО МАНИПУЛЯТОРА С ПЛАВНО ИЗМЕНЯЮЩИМСЯ КОЭФФИЦИЕНТОМ УСИЛЕНИЯ.....	208
Григорец Р. Д., Носаченко Р. А., Сухоруков С. И. АЛГОРИТМ ОБРАБОТКИ СИГНАЛОВ ДАТЧИКОВ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА ПАРАМЕТРОВ ПЕРЕМЕЩЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННОГО РОБОТА.....	211
Демидов И. А., Лямин М. А., Сухоруков С. И. АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ КАМЕРЫ, УСТАНОВЛЕННОЙ НА ЗАХВАТЕ ПРОМЫШЛЕННОГО РОБОТА.....	215
Дербенёв А. А., Горькавый А. И. ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ МЕТОДОВ НАСТРОЙКИ РЕГУЛЯТОРОВ МЕХАТРОННЫХ МОДУЛЕЙ В СОСТАВЕ МНОГОКАНАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ.....	217
Духнов Н. Н., Черный С. П. АНАЛИЗ МНОГОКАСКАДНЫХ НЕЧЕТКИХ РЕГУЛЯТОРОВ В СИСТЕМАХ УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОПРИВОДОМ ПОСТОЯННОГО ТОКА В ШИРОКОМ ДИАПАЗОНЕ РЕГУЛИРОВАНИЯ.....	220
Едич М. А., Егоров В. А. РЕАЛИЗАЦИЯ ЧАСОВ РЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ НА ОСНОВЕ МИКРОСХЕМЫ КАЛЕНДАРЯ DS1307.....	223
Емельянов К. А., Черный С. П. РАЗВИТЫЕ НЕЧЕТКИЕ СИСТЕМЫ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ОБЪЕКТАМИ С РАСПРЕДЕЛЕННОЙ СТРУКТУРОЙ.....	226

Клопов А. Н., Савельев Д. О., Гудим А. С. КОМПЕНСАЦИЯ НЕЛИНЕЙНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ СКОРОСТИ ДВИГАТЕЛЯ МЕХАНИЗМА ПОДАЧИ.....	229
Копысов А. В., Стельмашук С. В. ДВУХДВИГАТЕЛЬНЫЙ ЭЛЕКТРОПРИВОД С ЖЁСТКОЙ МЕХАНИЧЕСКОЙ ЧАСТЬЮ В РЕЖИМЕ «ВЕДУЩИЙ-ВЕДОМЫЙ».....	233
Лямин М. А., Черный С. П. РОБОТОТЕХНИЧЕСКИЙ ТРАНСПОРТНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ МАГИСТРАЛЬНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ.....	235
Муравьев Е. М., Лапина Л. В., Савельев Д. О. ПРИМЕНЕНИЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО ПОДХОДА К АВТОМАТИЗАЦИИ ТРАФИКА В ГОРОДЕ.....	238
Никоноров И. В., Егоров В. А. СЛЕДЯЩАЯ СИСТЕМА С ВОССТАНОВЛЕНИЕМ УПРАВЛЯЕМОЙ КООРДИНАТЫ.....	241
Носаченко Р. А., Григорец Р. Д., Сухоруков С. И. ПОДХОД К ОРГАНИЗАЦИИ ПЕРЕДАЧИ УПРАВЛЯЮЩИХ КОМАНД ОТ ВНЕШНЕГО КОНТРОЛЛЕРА К КОЛЛАБОРАТИВНОМУ РОБОТУ.....	245
Поздняков В. С., Горькавый А. И. СИНТЕЗ БЕСПОИСКОВОЙ САМОНАСТРАИВАЮЩЕЙСЯ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ МЕХАТРОННЫМ ОБЪЕКТОМ.....	248
Рожкова Е. А., Кустов А. В. ОПАСНОСТЬ РАЗВИТИЯ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В СОВРЕМЕННОМ МИРЕ.....	251
Самар Д. Е., Егоров В. А. МОДАЛЬНЫЙ РЕГУЛЯТОР СКОРОСТИ ДЛЯ АСИНХРОННОГО ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ.....	255
Сбитнев Н. Р., Савельев Д. О. МОДЕЛИРОВАНИЕ МЕХАТРОННЫХ СИСТЕМ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПАКЕТА SIMSCAPE СРЕДЫ SIMULINK.....	258
Сотников И. А., Черный С. П. ВЛИЯНИЕ КОЛИЧЕСТВА НЕЧЕТКИХ РЕГУЛЯТОРОВ ВО ВНУТРЕННЕМ КАСКАДЕ НА ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ....	261
Томских А. А., Шушарин Н. С., Савельев Д. О. ПОВЫШЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПОДВОДНЫМ РОБОТОМ ПРИ ПОМОЩИ LQR-РЕГУЛЯТОРА.....	264
Ходжер Ю. А., Егоров В. А. МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ДВУХФАЗНОЙ СИНХРОННОЙ МАШИНЫ....	267
Шушарин Н. С., Григорец Р. Д., Савельев Д. О. МОДЕЛИРОВАНИЕ ДВИЖЕНИЯ ПОДВОДНОГО РОБОТА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ AEROSPACE TOOLBOX В МАТЛАВ.....	270
СЕКЦИЯ 4. ЭНЕРГЕТИКА, ЭЛЕКТРОТЕХНИКА И ЭЛЕКТРОМЕХАНИКА.....	274
Агарков О. В., Хвостиков А. С. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВЫСОКОАБРАЗИВНЫХ УГЛЕЙ НА ТЕПЛОВЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЯХ.....	275

Акимов А. В., Сочелев А. Ф. ДВУХКАНАЛЬНЫЙ ВОЛЬТОДОБАВОЧНЫЙ РЕГУЛЯТОР ПЕРЕМЕННОГО НАПРЯЖЕНИЯ ДЛЯ УДАЛЕННЫХ ОБЪЕКТОВ С ЭЛЕКТРОСЕТЬЮ ОГРАНИЧЕННОЙ МОЩНОСТИ.....	277
Артюхов А. С., Шаломов В. И. СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ К СОЗДАНИЮ ПЕРСПЕКТИВНОГО ЭНЕРГОБЛОКА ПОВЫШЕННОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ НА БАЗЕ ТУРБОУСТАНОВКИ СЕМЕЙСТВА Т-180.....	281
Бережной Я. А. ИССЛЕДОВАНИЕ ГАРМОНИЧЕСКИХ ИСКАЖЕНИЙ В СИСТЕМЕ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ЖИЛОГО КОМПЛЕКСА.....	284
Бобков С. В., Кузьмин Р. В. РАЗРАБОТКА КОМБИНИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ НА ОСНОВЕ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ.....	287
Богатырёв А. В., Леонтьев В. И. ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПЕРЕВОДА ПАРОВОГО КОТЛА БКЗ 210-140Ф НА СЖИГАНИЕ УГЛЯ ХАКАССКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ.....	289
Бурматова Е. К. МЕТОДЫ СНИЖЕНИЯ МЕХАНИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ДИНАМИЧЕСКОГО МОМЕНТА АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ НА ОБОРУДОВАНИЕ.....	292
Буткин П. Ю., Шаломов В. И. ТЕПЛОГЕНЕРИРУЮЩИЕ ВОЗМОЖНОСТИ КОМСОМОЛЬСКОЙ ТЭЦ-2 ДЛЯ ПОКРЫТИЯ ТЕМПЕРАТУРНЫХ ГРАФИКОВ ГОРОДСКОЙ ТЕПЛОВОЙ СЕТИ.....	295
Бутко В. П., Кузьмин Р. В. РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ БЕСПЛОТИННОЙ МИКРОГЭС ДЛЯ РАВНИННЫХ РЕК НА БАЗЕ ДУГОСТАТОРНОГО ИНДУКТОРНОГО ГЕНЕРАТОРА.....	297
Бутко В. П., Кузьмин Р. В. КОНСТРУКЦИЯ И ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ БЕСПЛОТИННОЙ МИКРОГЭС НА БАЗЕ ДУГОСТАТОРНОГО ИНДУКТОРНОГО ГЕНЕРАТОРА.....	300
Василенко Д. А., Скорик В. Г. СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ РЕКОНСТРУКЦИИ ЭЛЕКТРОФИЛЬТРОВ ТЭЦ.....	303
Васильев А. В. ПРИМЕНЕНИЕ ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ГЕНЕРАТОРОВ.....	306
Васильев А. В., Челухин В. А. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭФФЕКТА ПОВЫШЕНИЯ НАПРЯЖЕНИЯ КОНДЕНСАТОРА ПРИ УМЕНЬШЕНИИ ЕГО ЕМКОСТИ.....	309
Герасимович А. Л., Шаломов В. И. АЛЬТЕРНАТИВНЫЕ МЕТОДЫ ОБЕССОЛИВАНИЯ ВОДЫ НА ТЕПЛОВЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СТАНЦИЯХ.....	312
Голоколос Д. А., Ким К. К., Иванов С. Н. МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ СИСТЕМОЙ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ ВЕКТОРОВ.....	315
Демьянович А. А., Скорик В. Г. ПРОБЛЕМА ПРИМЕНЕНИЯ ШУНТИРУЮЩИХ РЕАКТОРОВ В СЕТЯХ СВЕРХВЫСОКОГО НАПРЯЖЕНИЯ И ПУТИ ЕЕ РЕШЕНИЯ.....	318

Демин С. Д., Попов А. Ю. ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ ЦЕНТРОБЕЖНОГО КОНСОЛЬНОГО НАСОСА.....	321
Елхов М. А., Хвостиков А. С. ОБЗОР МЕТОДОВ УТИЛИЗАЦИИ НИЗКОПОТЕНЦИАЛЬНЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	323
Иванов В. В., Сериков А. В. МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕПЛООБМЕНА НАГРЕВАТЕЛЬНОГО БЛОКА В СПЕЦИАЛЬНОМ ТРАНСФОРМАТОРЕ.....	326
Иванов Д. В., Сырбу И. В., Иванов С. Н. ВЛИЯНИЕ ЧИСЛА ЭЛЕКТРОПРИЕМНИКОВ НА ПОКАЗАТЕЛИ НАДЕЖНОСТИ ПРОМЫШЛЕННОГО ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ.....	329
Калинин Е. А., Янченко А. В. ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПРИВОДА ПОВОРОТНОЙ ПЛАТФОРМЫ ДЛЯ СОЛНЕЧНОЙ ПАНЕЛИ.....	332
Кобозев Д. А., Соловьев В. А. ЧАСТОТНОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ СКОРОСТИ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ ПИТАТЕЛЬНОГО НАСОСА.....	334
Кошкарев К. Ю., Попов А. Ю. СТАТИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ УТИЛИЗАЦИОННОГО КОТЛА КУП-1100 ГАЗОТУРБИНОЙ УСТАНОВКИ АЛ-31СТЭ.....	336
Кузин Г. В., Баранов Е. В. ИССЛЕДОВАНИЕ ПУТЕЙ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ХАБАРОВСКОЙ ТЭЦ-3 ПРИ СЖИГАНИИ НЕПРОЕКТНОГО УГЛЯ.....	339
Куликова А. Н., Попов А. Ю. ОЧИСТКА ДЫМОВЫХ ГАЗОВ ТЕПЛОВЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СТАНЦИЙ...	343
Макаров В. В., Шаломов В. И. РАСЧЁТНАЯ ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПАРОТУРБИНОЙ УСТАНОВКИ В УСЛОВИЯХ ПОВЫШЕНИЯ НАЧАЛЬНОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ ПАРА НА ПРИМЕРЕ ЭНЕРГОБЛОКА ТЭС НА СВЕРХКРИТИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ МОЩНОСТЬЮ 300 МВт.....	346
Масленикова Д. С., Малышева О. А. К ВОПРОСУ МОДЕРНИЗАЦИИ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ СЕТЕЙ СРЕДНЕГО НАПРЯЖЕНИЯ.....	349
Мещеряков А. В., Третьяков Е. А. МОДЕЛИРОВАНИЕ УСТРОЙСТВА ДЛЯ СНИЖЕНИЯ КОЛЕБАНИЙ НАПРЯЖЕНИЯ В СИСТЕМАХ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ С РЕЗЕРВНЫМ ПИТАНИЕМ ОТ ДИЗЕЛЬ-ГЕНЕРАТОРНЫХ УСТАНОВОК.....	352
Мирошниченко Е. Е. АЛГОРИТМ РАСЧЕТА ХАРАКТЕРИСТИК ТЯГОВОГО ВЕНТИЛЬНО-ИНДУКТОРНОГО ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ ПРИ ЕГО ПОСТАНОВКЕ НА ПРОИЗВОДСТВО.....	355
Нецветаев Д. В., Смирнов А. В. ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ КОНТАКТНЫХ ГАЗОПАРОВЫХ УСТАНОВОК В СТАЦИОНАРНОЙ ЭНЕРГЕТИКЕ.....	358
Никонов С. А., Кузьмин Р. В. РЕАЛИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ РЕЗЕРВНОГО ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ.....	361
Ремденко В. Е., Хвостиков А. С. ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ КОТЛА БКЗ-210-140Ф КОМСОМОЛЬСКОЙ ТЭЦ-2.....	363

Сандалов И. В., Шаломов В. И. ТЕХНИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА КОТЕЛЬНЫХ ДЛЯ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ ПОСЕЛЕНИЙ КОМСОМОЛЬСКОГО РАЙОНА ХАБАРОВСКОГО КРАЯ.....	365
Синица У. В., Челухин В. А., Абрамсон Е. В., Пьей З. А. РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ ЭНЕРГИИ НА ОСНОВЕ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ СИСТЕМАМИ ПЕРЕПАДА ТЕМПЕРАТУР.....	369
Сорока Н. А., Хвостиков А. С. ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ТЕПЛООБМЕНА В ТЕПЛООБМЕННЫХ АППАРАТАХ...	371
Степаненко А. А., Сериков А. В. МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ СИЛОВОГО ТРАНСФОРМАТОРА СПЕЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ.....	374
Стефу Я. И., Третьяков Е. А. К ВОПРОСУ О ВЫЯВЛЕНИИ ПОТЕРЬ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ СЕТЯХ ПУТЕМ АНАЛИЗА ДАННЫХ, ПОЛУЧЕННЫХ С ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ.....	377
Сунь Ю., Гасанова Р. А., Малышева О. А. ТЕХНИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ 3D ГАРАЖА.....	380
Хакимова А. И., Горшенин А. С., Рахимова Ю. И. СОВРЕМЕННЫЕ И ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ИЗОЛЯЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ СИСТЕМ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ.....	384
Хакимова А. И., Горшенин А. С., Рахимова Ю. И. ЭФФЕКТИВНЫЕ РЕШЕНИЯ ПО ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЮ В МНОГОКВАРТИРНЫХ ДОМАХ.....	386
Цыкунова А. А., Сериков А. В. ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СИСТЕМ УТИЛИЗАЦИИ ТЕПЛА В СИЛОВЫХ МАСЛЯНЫХ ТРАНСФОРМАТОРАХ.....	389
Чураков А. Е., Янченко А. В. ОЦЕНКА НАГРЕВА РОЛИКОВ КАТЯЩЕГОСЯ ТОКОСЪЕМА УНИПОЛЯРНОГО ГЕНЕРАТОРА.....	392
СЕКЦИЯ 5. ПРОМЫШЛЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ИННОВАЦИИ.....	395
Васильев Г. В. МЕТОДИКА РАЗРАБОТКИ ОТКАЗОУСТОЙЧИВОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ ОБРАБОТКИ БОЛЬШИХ ДАННЫХ О ПОГОДЕ С ПОМОЩЬЮ АРАСНЕ NIPI.....	396
Ворощенко В. Д., Горькавый А. И., Горькавый М. А. АЛГОРИТМ ПОИСКА ТРАЕКТОРИИ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ УХОДА ОТ КОЛЛИЗИЙ КОЛЛАБОРАТИВНОГО РОБОТА-МАНИПУЛЯТОРА.....	399
Воскобойникова А. А., Зайченко И. В. АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ПРОГРАММЫ «ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫЙ ГЕКТАР» В ЦЕЛЯХ СТИМУЛИРОВАНИЯ ЭКО-ФЕРМЕРСКОГО ДВИЖЕНИЯ НА ТЕРРИТОРИИ ХАБАРОВСКОГО КРАЯ...	402
Грабарь Д. М., Иванов Ю. С. ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ КАЛИБРОВКИ КАМЕР ПРОМЫШЛЕННОГО РОБОТИЗИРОВАННОГО КОМПЛЕКСА.....	405
Кучеров В. А., Куделько А. Р., Пугачева А. И. АНАЛИЗ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ И ПУТЕЙ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ИННОВАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ПРЕДПРИЯТИЯ.....	408

Маркова В. Е., Куделько А. Р. ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ТЕРРИТОРИИ ОПЕРЕЖАЮЩЕГО РАЗВИТИЯ "СВОБОДНЫЙ".....	412
Маслов В. И., Куделько А. Р. РАЗРАБОТКА И ОСВОЕНИЕ ПРОИЗВОДСТВА ИННОВАЦИОННОГО ПРОДУКТА ДЛЯ УЧЁТА И ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ О ПОТРЕБЛЁННЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСАХ.....	415
Мельниченко М. А., Горькавый М. А. РАЗРАБОТКА GUI ДЛЯ ОБРАБОТКИ РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗМЕРЕНИЙ ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННОГО РОБОТИЗИРОВАННОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА.....	418
Минько Д. А., Пугачева А. И. МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ОТДЕЛЬНЫХ КОМПОНЕНТОВ ИННОВАЦИОННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЯ.....	420
Муленко И. Г., Пучка О. В. СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО МЕТОДА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ФАКТИЧЕСКОЙ ЕМКОСТИ РЕЗЕРВУАРОВ ДЛЯ НЕФТЕПРОДУКТОВ.....	423
Мурзин Н. А., Болдырев В. В. SAAS СЕРВИС ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОЦЕССА ВЫПОЛНЕНИЯ РЕМОНТНЫХ РАБОТ В КВАРТИРЕ С ПОМОЩЬЮ СИСТЕМЫ МАШИННОГО ЗРЕНИЯ И АЛГОРИТМОВ МАРШРУТИЗАЦИИ.....	426
Мурзин Н. А., Егорова В. П., Грабарь Д. М. КОНЦЕПТУАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ ПРОЦЕССА ФОРМИРОВАНИЯ ОПТИМАЛЬНЫХ ТРАЕКТОРИЙ ПЕРЕМЕЩЕНИЙ РОБОТИЗИРОВАННОГО КОЛЛАБОРАТИВНОГО КОМПЛЕКСА.....	429
Прохоров К. К., Зайченко И. В. РАЗРАБОТКА ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО МОДУЛЯ МОТИВИРОВАНИЯ ПЕРСОНАЛА ПРЕДПРИЯТИЯ, НА ОСНОВЕ ОЦЕНКИ ПСИХОЛОГИЧЕСКОГО ПРОФИЛЯ СОТРУДНИКА.....	431
Рудов А. В., Болдырев В. В. АЛГОРИТМ МАШИННОГО ЗРЕНИЯ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТИПА ПОЛОМКИ И АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОЦЕССА РЕМОНТА В КВАРТИРЕ.....	434
Рудов А. В., Егорова В. П., Грабарь Д. М. СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ АЛГОРИТМОВ РАСПОЗНАНИЯ КЛЮЧЕВЫХ ТОЧЕК ДЛЯ ИДЕНТИФИКАЦИИ ЖЕСТОВ РУК.....	437
Самар К. А., Болдырев В. В. МОДЕЛЬ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ ЭКСПЕРТНОЙ ОЦЕНКИ СТОИМОСТИ АЛМАЗОВ МЕТОДОМ ТАБЛИЦЫ РАПАПОРТА ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ АК «АЛРОСА».....	440
Соколова В. С., Зайченко И. В. ИССЛЕДОВАНИЕ ВОПРОСА УЧЕТА ВЛАЖНОСТИ ВОЗДУХА ПРИ МАТЕМАТИЧЕСКОМ МОДЕЛИРОВАНИИ ПРОЦЕССОВ ФОРМИРОВАНИЯ МИКРОКЛИМАТА В ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПОМЕЩЕНИЯХ.....	442
Щербаков А. М., Горькавый А. И., Горькавый М. А. МОДЕЛИРОВАНИЕ ИНТЕРФЕЙСОВ УПРАВЛЕНИЯ В КОЛЛАБОРАТИВНОМ РОБОТИЗИРОВАННОМ ПРОЦЕССЕ.....	446

СЕКЦИЯ 6. ЭЛЕКТРОННЫЕ УСТРОЙСТВА И СИСТЕМЫ.....	450
Абдуллоев М. А., Киба Д.А.	
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВЕТРО-СОЛНЕЧНОЙ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ В ГОРНОЙ МЕСТНОСТИ.....	451
Барадулько А. А., Копытов С. М.	
РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ШАГАЮЩЕЙ ПЛАТФОРМОЙ.....	453
Бобылев М. А., Фролов А. В.	
РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ ТЕХНОЛОГИИ СВАРКИ.....	456
Валитов Р. Р., Киселев С. К.	
МЕТОДИКА РЕГУЛИРОВКИ МОДУЛЯ СВЕРХВЫСОКИХ ЧАСТОТ ИЗ СОСТАВА ДОПЛЕРОВСКОГО ИЗМЕРИТЕЛЯ СОСТАВЛЯЮЩИХ СКОРОСТИ.....	458
Васильев В. В., Шибeko Р. В.	
СИСТЕМА ОСВЕЩЕНИЯ ВЗЛЕТНО-ПОСАДОЧНОЙ ПОЛОСЫ.....	461
Васильев В. В., Шибeko Р. В.	
РАДИОЛОКАЦИОННАЯ СТАНЦИЯ ОБЗОРА ЛЕТНОГО ПОЛЯ.....	464
Гришин Г. К., Андреев Д. В.	
РАЗРАБОТКА БЛОКА ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ШУМОВЫХ ПАРАМЕТРОВ ОПЕРАЦИОННОГО УСИЛИТЕЛЯ.....	467
Диц А. С., Копытов С. М.	
РАЗРАБОТКА УСТРОЙСТВА ДИММИРОВАНИЯ ДЛЯ КИНОЗАЛА.....	470
Журбин В. С., Копытов С. М.	
РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ТЕПЛОВОГО КОНТРОЛЯ ЭЛЕКТРОННЫХ ПЕЧАТНЫХ УЗЛОВ.....	472
Ильченко Е. С., Шибeko Р. В.	
ДИСКРЕТНО-ФАЗОВЫЙ МЕТОД КОНТРОЛЯ РАБОЧЕГО СОСТОЯНИЯ ЛОПАТОК ТУРБИНЫ РЕАКТИВНОГО ДВИГАТЕЛЯ.....	475
Кутеминская М. Н., Копытов С. М.	
РАЗРАБОТКА ЗАМКА С ДОСТУПОМ ПО ОТПЕЧАТКУ ПАЛЬЦА.....	478
Миняйло А. А., Копытов С. М.	
РАЗРАБОТКА ЛАБОРАТОРНОГО СТЕНДА ДЛЯ ФОТОСПЕКТРОСКОПИИ СВЕТОВЫХ ПОТОКОВ.....	481
Сизоненко К. И., Марушенко С. Г.	
РАЗРАБОТКА ЭЛЕКТРОННОГО УСТРОЙСТВА ДЛЯ ЦВЕТОВОЙ СТИМУЛЯЦИИ ЗРЕНИЯ.....	484
Сизоненко К. И., Шибeko Р. В.	
СУХОЖАРОВОЙ ШКАФ.....	486
Солецкий В. В., Чипизубов А. М., Киба Д. А.	
РАЗРАБОТКА СТЕНДА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ХАРАКТЕРИСТИК СИЛОВОЙ УСТАНОВКИ ДВУХСРЕДНОГО БЕСПИЛОТНОГО ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА В РАЗЛИЧНЫХ СРЕДАХ.....	489
Сочнева П. К., Марушенко С. Г.	
МОДЕРНИЗАЦИЯ ШАХТНОГО ТЕЛЕФОННОГО АППАРАТА ТАШ-1319К....	492
Тимохин П. А., Копытов С. М.	
КОНТРОЛЛЕР ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ КОЛЛЕКТОРНЫМ И БЕСКОЛЛЕКТОРНЫМ ДВИГАТЕЛЯМИ ПОСТОЯННОГО ТОКА.....	496
Федоров А. А., Клабуков С. А., Пачин А. В.	
АНАЛИЗ МЕТОДОВ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ В ЦЕНТРАХ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ.....	499
Шебалдин С. Н., Любушкина Н. Н.	
СИСТЕМА УДАЛЕННОГО КОНТРОЛЯ 3D-ПЕЧАТИ.....	502

Шевкунова А. В. ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ ОДНОФАЗНОГО ИНВЕРТОРА НАПРЯЖЕНИЯ....	505
Шибяева Д. Д., Шибяко Р. В. УЛЬТРАЗВУКОВОЕ ФИЗИОТЕРАПЕВТИЧЕСКОЕ УСТРОЙСТВО.....	509
Штейнле П. М., Любушкина Н. Н. РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ ЗА УРОВНЕМ УГАРНОГО И УГЛЕКИСЛОГО ГАЗОВ.....	511
СЕКЦИЯ 7. НАЗЕМНЫЙ ТРАНСПОРТ, АВИАЦИОННАЯ И МОРСКАЯ ТЕХНИКА.....	515
Беляев Ю. В., Смирнов А. В. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВОДОРОДА КАК ИСТОЧНИКА ЭНЕРГИИ НА АВТОМОБИЛЬНОМ ТРАНСПОРТЕ.....	516
Бессонова В. О., Воробьева А. А., Аносов А. П. АНАЛИЗ УСЛОВИЙ ДОБЫЧИ РЫБЫ В ПРИБРЕЖНЫХ РАЙОНАХ ОХОТСКОГО МОРЯ.....	519
Боровая М. Г., Красильникова О. А. ФОРМИРОВАНИЕ ТРАНСПОРТНЫХ ПОТОКОВ В АКВАТОРИИ СЕВЕРНОГО МОРСКОГО ПУТИ.....	522
Волков В. А., Мерзликина В. С., Бурменский А. Д. РАСЧЕТНЫЕ АЛГОРИТМЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ХАРАКТЕРИСТИК ВАТЕРЛИНИЙ ПРИ НАКРЕНЕНИИ СУДНА.....	525
Гончаров А. С., Бурменский А. Д. АНАЛИЗ РАЗВИТИЯ САД-СИСТЕМЫ КОМПАС-3D В ОБЛАСТИ МОДЕЛИРОВАНИЯ КОРПУСНЫХ КОНСТРУКЦИЙ СУДОВ.....	528
Грязнов В. В., Гунькова О. В. ТРАНСПОРТНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ СЕВЕРНОГО ЗАВОЗА КАМЧАТСКОГО КРАЯ.....	531
Ерошкин С. А., Красильникова О. А. РАСЧЕТ ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ РАБОТЫ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ НА МАРШРУТЕ САНКТ-ПЕТЕРБУРГ – ОСАКА... ЗАБЕЛИН С. М., ТРЕТЬЯКОВ В. А., КУРИНЫЙ В. В. РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ЗАЩИТЫ ТРУБОПРОВОДОВ В НИШЕ ПОШ ПАССАЖИРСКОГО САМОЛЕТА.....	534
Ильин Е. А., Марьин С. Б. УНИВЕРСАЛЬНЫЙ ИНСТРУМЕНТ ДЛЯ ДОРНОВАНИЯ ВНУТРЕННИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ МЕТАЛЛОФТОРОПЛАСТОВЫХ ВТУЛОК В УЗЛАХ МЕХАНИЗАЦИИ ДВЕРЕЙ САМОЛЕТА.....	539
Карпов И. А., Панкратов А. В., Резникова Р. К., Котов В. С. СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДИКИ ТЕПЛОВЫХ РАСЧЕТОВ СУДОВЫХ ПАРОВЫХ КОТЛОВ.....	542
Князева Н. Е., Красильникова О. А. ПОСТАВКА КАЛИЙНЫХ УДОБРЕНИЙ ИЗ РОССИИ НА ЭКСПОРТ.....	545
Коновалова Я. С., Гуменюк Н. С. ОБЗОР СОВРЕМЕННЫХ СРЕДСТВ СВЯЗИ НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ.....	547
Кузнецов Д. А., Гунькова О. В. АНАЛИЗ МАРШРУТОВ ДОСТАВКИ КАУЧУКА ИЗ ТАИЛАНДА В РОССИЮ... Момот З. А., Гуменюк Н. С. МОРСКАЯ НАВИГАЦИЯ: ЧЕЛОВЕК ИЛИ КОМПЬЮТЕР?.....	549
	552

Нуйкин Д. А., Журбина И. Н. ИННОВАЦИОННЫЕ РЕШЕНИЯ ДЛЯ ПЕРЕВОЗКИ ЗЕРНОВЫХ ГРУЗОВ РАЗЛИЧНЫМИ ВИДАМИ ТРАНСПОРТА.....	555
Пак Т. И., Бурменский А. Д. АНАЛИЗ ПРОЕКТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК МНОГОЦЕЛЕВОГО СУХОГРУЗНОГО СУДНА «САВАНАТ SONAY».....	558
Пидорич Д. К., Аникин К. С., Бобков А. В. МОНТАЖ ТРУБОПРОВОДНОЙ СЕТИ САМОЛЁТА С ПРИМЕНЕНИЕМ МАКЕТА ЭЛЕМЕНТА РАЗВЕТВЛЕНИЯ.....	561
Польнский Р. Д., Марьин С. Б. ОБЕСПЕЧЕНИЕ КАЧЕСТВА АЭРОДИНАМИЧЕСКИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ В ПРОИЗВОДСТВЕ САМОЛЕТОВ.....	564
Сидоренко М. С., Журбина И. Н. АНАЛИЗ СПОСОБОВ ТРАНСПОРТИРОВКИ НЕФТИ И НЕФТЕПРОДУКТОВ РАЗЛИЧНЫМИ ВИДАМИ ТРАНСПОРТА.....	567
Седунов Я. А., Федоров В. Е., Бобков А. В. ПОВЫШЕНИЕ НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ КВАДРОКОПТЕРА ЗА СЧЁТ АЭРОСТАТИЧЕСКОГО ПРИНЦИПА ПОЛЁТА.....	570
Синельщиков А. А., Потянихин Д. А. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНОЙ ГЕОМЕТРИЧЕСКОЙ ФОРМЫ ЖЕСТКОЙ МАТРИЦЫ ПРИ РАЗДАЧЕ СРЕДНЕЙ ЧАСТИ ТРУБЧАТОЙ ЗАГОТОВКИ ВНУТРЕННИМ ДАВЛЕНИЕМ С УЧЕТОМ ПРУЖИНЕНИЯ МАТЕРИАЛА.....	573
Стадник А. С., Журбина И. Н. МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ГИДРОДИНАМИЧЕСКИХ МОДЕЛЬНЫХ ИСПЫТАНИЙ СУДОВ.....	576
Третьяков В. А., Свиридов А. В. РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ОТЛИВОК АВИАЦИОННОГО НАЗНАЧЕНИЯ В СИСТЕМЕ МОДЕЛИРОВАНИЯ ЛИТЕЙНЫХ ПРОЦЕССОВ «ПОЛИГОН».....	579
Черняков А. С., Кириакиди С. К. ВЛИЯНИЕ ПОЛОЖЕНИЯ НОСОВОГО ЩИТКА ПЕРЕДНЕЙ ЧАСТИ ОСНОВНОГО ЗВЕНА ЗАКРЫЛКА НА КОЭФФИЦИЕНТ ПОДЪЕМНОЙ СИЛЫ КРЫЛА САМОЛЁТА КОРОТКОГО ВЗЛЕТА И ПОСАДКИ.....	582
Шаравьева Н. Г., Гунькова О. В. ТЕХНОЛОГИЯ ПЕРЕГРУЗКИ УДОБРЕНИЙ В ПОРТУ УСТЬ-ЛУГА.....	585
Щербина Ю. В., Лозовский И. В. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ОСНАСТКИ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ЛОПАСТИ МАЛОРАЗМЕРНОГО ВОЗДУШНОГО ВИНТА.....	587

Научное издание

**МОЛОДЕЖЬ И НАУКА:
АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ
И ПРИКЛАДНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ**

Часть 1

Материалы VI Всероссийской национальной научной конференции
молодых учёных
Комсомольск-на-Амуре, 10-14 апреля 2023 г.

Статьи публикуются в авторской редакции

Подписано в печать 28.06.20.23.

Формат 60×84 1/8. Бумага 65 г/м². Ризограф EZ 570E.

Усл. печ. л. 35,09. Уч.-изд. л. 34,00. Тираж 20 экз. Заказ 30910.

Редакционно-издательский отдел
Федерального государственного бюджетного
образовательного учреждения высшего образования
«Комсомольский-на-Амуре государственный университет»
681013, г. Комсомольск-на-Амуре, пр. Ленина, 27.