

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Комсомольский-на-Амуре государственный университет»

Кафедра «Электропривод и автоматизация промышленных установок»

УТВЕРЖДАЮ

Первый проректор

И.В.Макурин

20 18 г.



## ПРОГРАММА ПРАКТИКИ

«Учебная практика (практика по получению первичных профессиональных  
умений и навыков)»

основной профессиональной образовательной программы  
подготовки магистров

по направлению (27.04.04) «Управление в технических системах»

Профиль – Управление и информатика в технических системах

Форма обучения очная

Технология обучения традиционная

Комсомольск-на-Амуре

Автор программы практики  
доцент ЭПАПУ,  
канд. техн. наук, доцент

  
« 25 » 10 \_\_\_\_\_ Черный С.П.  
2017 г.

СОГЛАСОВАНО

Директор библиотеки

  
« 25 » 10 \_\_\_\_\_ И.А. Романовская  
2017 г.

Заведующий кафедрой «ЭПАПУ»

  
« 25 » 10 \_\_\_\_\_ В.А. Соловьев  
2017 г.

Декан факультета «ЭТФ»

  
« 25 » 10 \_\_\_\_\_ А.С. Гудим  
2017 г.

Начальник УМУ

  
« 25 » 10 \_\_\_\_\_ Е.Е. Поздеева  
2017 г.

## Введение

Рабочая программа практики «Учебная практика» составлена в соответствии с требованиями федерального государственного образовательного стандарта, утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 30.10.2014 № 1414, и основной профессиональной образовательной программы подготовки магистров по направлению 27.04.04 «Управление в технических системах».

## 1 Аннотация практики

Вид практики	Учебная практика
Тип практики	практика по получению первичных профессиональных умений и навыков,
Цель практики	Формирование, закрепление, развитие первичных практических навыков и общепрофессиональных компетенций в ходе выполнения отдельных видов самостоятельных работ, составляющих основу будущей профессиональной деятельности и связанных с организацией процесса сбора и обработки технической информации в профессиональной информационной среде
Задачи практики	В процессе прохождения учебной практики студент должен решать следующие задачи : - организация работ по определению номенклатуры измеряемых параметров функционирования АСУП; - организация проведения работ по выбору необходимых средств их выполнения, осуществлению контроля соблюдения нормативных сроков внедрения АСУП.
Способ проведения практики	стационарная, выездная
Формы проведения практики	дискретно

## 2 Перечень планируемых результатов обучения при прохождении практики, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Практика «Учебная практика» нацелена на формирование знаний, умений и навыков, указанных в таблице 1.

Таблица 1 – Знания, умения, навыки

Наименование и шифр компетенции, в формировании которой принимает участие практика	Перечень формируемых знаний, умений, навыков, предусмотренных образовательной программой		
	Перечень знаний (с указанием шифра)	Перечень умений (с указанием шифра)	Перечень навыков (с указанием шифра)
ОПК-5 готовностью оформлять, представлять, докладывать и аргументированно защищать результаты выполненной работы		У1(ОПК-5-4) Систематизации и анализа отобранной документации	Н1(ОПК-5-4) Внедрения результатов исследований и разработок в соответствии с установленными пол-

			номочиями
		У2(ОПК-5-4) Описание устройства и принципов действия проектируемых изделий, объектов, а также обоснования принятых технических решений	Н2(ОПК-5-4) Проведения работ по формированию элементов технической документации на основе внедрения результатов научно-исследовательских работ АСУТП
ПК-1 способностью формулировать цели, задачи научных исследований в области автоматического управления, выбирать методы и средства решения задач		У1(ПК-1-2) Применять актуальную нормативную документацию в области эксплуатации АСУТП	Н1(ПК-1-2) Разработка планов мероприятий по повышению ответственности всех звеньев АСУТП за выпуск продукции, соответствующей установленным требованиям
		У2(ПК-1-2) Анализировать рабочие задания в соответствии с требованиями технологической документации	Н2(ПК-1-2) Анализ контролируемых характеристик АСУТП при внедрении и эксплуатации
ПК-2 способностью применять современные теоретические и экспериментальные методы разработки математических моделей исследуемых объектов и процессов, относящихся к профессиональной деятельности по направлению подготовки		У1(ПК-2-2) Планирования, организации, проведения и внедрения научных исследований и опытно-конструкторских разработок	Н1(ПК-2-2) Осуществление подготовки и представления руководству отчета о практической реализации результатов научных исследований и опытно-конструкторских работ
		У2(ПК-2-2) Разработка информационных, объектных, документных моделей производственных организаций	Н2(ПК-2-2) Анализ возможных областей применения результатов научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ
ПК-3 способностью применять современные методы разработки технического, информационного и алгоритмического обеспечения систем автоматизации и управления		У1(ПК-3-2) Сбор данных по показателям качества, характеризующих разрабатываемую и эксплуатируемую АСУТП	Н1(ПК-3-2) Разработка объектных моделей элементов АСУТП
		У2(ПК-3-2) Участия в подготовке технических заданий на создание средств автоматизации	Н2(ПК-3-2) Разработка структурных моделей элементов АСУТП
ПК-5 способностью анализировать результаты		У1(ПК-5-2) Составлять элементы пла-	Н1(ПК-5-2) Представление отчетов о вы-

теоретических и экспериментальных исследований, давать рекомендации по совершенствованию устройств и систем, готовить научные публикации и заявки на изобретения		на мероприятиях по проведению автоматизации производства	полненных работах и их результатах своему непосредственному руководителю
		У2(ПК-5-2) Вести рабочую документацию по АСУТП	Н2(ПК-5-2) Анализ статистических данных о деятельности организации в области автоматизированных систем управления производством

### 3 Место практики в структуре образовательной программы

Практика «Учебная практика» проводится на 1 курсе в 2 семестре.

Практика входит в состав блока 2 «Практики» и относится к вариативной части.

Для освоения практики необходимы знания, умения и навыки, сформированные при освоении компетенции ОПК-5, ПК-1, ПК-2, ПК-3, ПК-5, на следующих этапах:

Этап 1: ОПК-5-1 проведение научно-исследовательской работы

Этап 2,3: ОПК-5-2,3 проведение научно-технического семинара

Этап 1: ПК-1-1 изучение информационных технологий систем управления производством

Этап 1: ПК-2-1 изучение основных подходов к математическому моделированию объектов.

Этап 1: ПК-3-1 изучение сред и способов передачи данных в системах управления.

Этап 1: ПК-5-1 проведение научно-технического семинара

Знания, умения и опыт профессиональной деятельности, полученные в ходе практики, необходимы для успешного освоения следующих дисциплин: «Анализ и синтез сложных систем», «Искусственный интеллект в задачах управления», является основной для успешного выполнения выпускной квалификационной работы

### 4 Объем практики в зачетных единицах и ее продолжительность

Общая трудоемкость практики составляет 9 зачетных единиц.

Продолжительность практики 6 недель (324 академических часа) в соответствии с утвержденным календарным учебным графиком.

Практика «Учебная практика» проводится по окончании 2-го семестра на базе научно-образовательного центра «Промышленная робототехника и передовые промышленные технологии» университета, а также ведущих промышленных предприятий города и региона. Распределение объема практики по разделам (этапам) представлено в таблице 2.

Таблица 2 – Объем практики по разделам (этапам)

№	Разделы (этапы) практики	Продолжительность	
		очная форма обучения	
1	Подготовительный этап	0,1	2 ч.
2	Основной этап	5,6	306 ч.
3	Завершающий этап	0,3	16 ч.
Итого		6 недель	324 ч.

## 5 Содержание практики

Таблица 3 – Структура и содержание практики по разделам (этапам)

Наименование разделов	Содержание раздела (этапа) практики	Форма проведения или контроля	Трудоемкость (в часах)
<b>Раздел 1 Подготовительный этап</b>			
Вводный	Инструктаж по технике безопасности пожарной безопасности, охране труда, правилам внутреннего распорядка	Лекция	2
<b>Текущий контроль по разделу 1</b>		Запись в журнале инструктажа	
<b>Раздел 2 Основной этап</b>			
Структура и основные подходы к описанию сложных объектов управления технологическими процессами.	Изучить структуру, свойства и особенности функционирования объекта исследований как сложного технологического процесса.	Раздел отчета	10
Анализ технологий управления и современных программных средств, предназначенные для сложных технологических процессов	Изучить основные технологии и алгоритмы управления, а также современные программные средства, предназначенные для автоматизации сложных технологических процессов.	Раздел отчета	16
Основные направления развития стратегий управления для выбранного объекта исследования	Провести классификацию существующих технологий управления для выбранного объекта исследований, выделить основные критерии эффективности их применения	Раздел отчета	38
Анализ используемых технологий управления для выбранного объекта исследования	Аналитический обзор используемых технологий управления сложным технологическим объектом	Раздел отчета	54
Анализ сложных технологических процессов при реализации законов	Определение основных целей исследования в области управления технологическими процессами выбранного объекта исследования и прогнозиро-	Раздел отчета	54

Наименование разделов	Содержание раздела (этапа) практики	Форма проведения или контроля	Трудоемкость (в часах)
регулируемого с применением существующих современных средств управления	вание технологий и подходов по их реализации.		
	Провести анализ выбранного объекта и технологий реализации управления.	Раздел отчета	54
	Провести оценку принимаемых на объекте стратегий управления технологическими процессами.	Раздел отчета	54
<b>Текущий контроль по разделу 2</b>		Дневник практики	26
<b>Раздел 3 Завершающий этап</b>			
	Анализ собранных материалов, составление и оформление отчета по практике.	Отчет по практике	14
<b>Текущий контроль по разделу 3</b>	Защита отчета по практике.	Собеседование	2
<b>Промежуточная аттестация по практике</b>		Дифференцированный зачет	

## 6 Формы отчетности по практике

Формами отчетности по практике являются:

1. Дневник по практике, который содержит:

- ФИО студента, группа, факультет;
- номер и дата выхода приказа на практику;
- сроки прохождения практики;
- ФИО руководителей практики от университета и профильной организации, их должности;
- цель и задание на практику;
- рабочий график проведения практики;
- путёвка на практику;
- график прохождения практики;
- отзыв о работе студента.

2. Отчет обучающегося по практике.

В отчет по практике включаются:

- титульный лист;
- содержание;
- индивидуальное задание;
- введение;
- основная часть;
- заключение;
- список использованных источников;
- приложения (при необходимости).

## 7 Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации обучающихся по практике

Таблица 4 – Паспорт фонда оценочных средств

Код контролируемой компетенции (или ее части)	Контролируемое задание на практику	Наименование оценочного средства	Показатели оценки
ОПК-5 готовностью оформлять, представлять, докладывать и аргументированно защищать результаты выполненной работы	Введение к отчету. Провести анализ структуры, свойств и особенностей функционирования объекта исследований как сложного технологического процесса	Классификация существующих технологий управления для выбранного объекта исследований.	Владеть инструментальные средства разработки и оформления документов
ПК-1 способностью формулировать цели, задачи научных исследований в области автоматического управления, выбирать методы и средства решения задач	Первый раздел отчета. Выявить основные технологии и алгоритмы управления, а также современные программные средства, предназначенные для автоматизации сложных технологических процессов.	Аналитический обзор используемых на предприятиях современных технологий управления.	Уметь решать задачи аналитического характера, предполагающих выбор и многообразие актуальных способов решения задач
ПК-2 способностью применять современные теоретические и экспериментальные методы разработки математических моделей исследуемых объектов и процессов, относящихся к профессиональной деятельности по направлению подготовки	Второй раздел отчета. Провести классификацию существующих технологий управления для выбранного объекта исследований, выделить основные критерии эффективности их применения	Обзор целей исследования по управлению для выбранного объекта.	Владеть методиками анализа разработанных стандартов организации, в том числе по автоматизации этапов жизненного цикла продукции
ПК-3 способностью применять современные методы разработки технического, информационного и алгоритмического обеспечения систем автоматизации и управления	Третий раздел отчета. Провести аналитический обзор используемых технологий управления сложным технологическим объектом.	Обзор и анализ критериев регулирования определяющих научную новизну для объекта исследований по управлению	Уметь решать задачи аналитического характера, предполагающих выбор и многообразие актуальных способов решения задач
ПК-5 способностью анализировать результаты теоретических и экспериментальных исследований, давать рекомендации по совершенствованию устройств и систем, готовить научные публикации и заявки на изобретения	Заключение к отчету. Определить основные цели исследования в области управления технологическими процессами выбранного объекта; провести анализ этого объекта и технологий управления им, а также оценить эффективность принимаемых на объекте решений по управлению.	Анализ практической значимости принимаемых стратегий управления сложными технологическими процессами.	Уметь оформлять основные виды нормативных документов, комплектов документов АСУТП

Промежуточная аттестация проводится в форме дифференцированного зачета. Итоговая оценка определяется с учетом результатов текущего контроля.

**Методические материалы, определяющие процедуры оценивания умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций, представлены в виде технологической карты практики (таблица 5).**

Таблица 5 – Технологическая карта оценки результатов практики

	Наименование оценочного средства	Сроки выполнения	Шкала оценивания	Критерии оценивания
_2_ семестр <b>Промежуточная аттестация в форме дифференцированного зачета</b>				
<b>ЗАДАНИЯ ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ 1-5</b>				
1	Классификация существующих технологий управления для выбранного объекта исследований.	2-3 день практики	10	0 баллов – классификация не выполнена. 5 баллов – классификация выполнена с ошибками. 8 баллов – классификация выполнена с неточностями. 10 баллов – классификация выполнена составлена без ошибок
2	Аналитический обзор используемых на предприятиях современных технологий управления.	4-5 день практики	30	0 баллов – аналитический обзор не составлен. 5 баллов – аналитический обзор составлен с ошибками. 8 баллов – аналитический обзор составлен с неточностями. 10 баллов – аналитический обзор составлен без ошибок
3	Обзор целей исследования по управлению для выбранного объекта.	5-6 день практики	20	0 баллов – аналитический обзор не составлен. 5 баллов – аналитический обзор составлен с ошибками. 8 баллов – аналитический обзор составлен с неточностями. 10 баллов – аналитический обзор составлен без ошибок
4	Обзор и анализ критериев регулирования определяющих научную новизну для объекта исследований по управлению	6-7 день практики	20	0 баллов – анализ критериев регулирования не составлен. 10 баллов – анализ критериев регулирования составлен с ошибками. 15 баллов – анализ критериев регулирования составлен с неточностями. 20 баллов – анализ критериев регулирования составлен без ошибок.
5	Анализ практической значимости принимаемых стратегий управления сложными технологическими процессами.	7-8 день практики	20	0 баллов – анализ стратегий управления не составлен. 10 баллов – анализ стратегий управления составлен с ошибками. 15 баллов – анализ стратегий управления составлен с неточностями. 20 баллов – анализ стратегий управления составлен без ошибок.
Итого (максимально возможная сумма баллов)			100	
<b>Критерии оценки результатов текущего контроля:</b> 0 – 64 % от максимально возможной суммы баллов – «неудовлетворительно»; 65 – 74 % от максимально возможной суммы баллов – «удовлетворительно»; 75 – 84 % от максимально возможной суммы баллов – «хорошо»; 85 – 100 % от максимально возможной суммы баллов – «отлично».				

**ОТЗЫВ О РАБОТЕ СТУДЕНТА РУКОВОДИТЕЛЯ ОТ УНИВЕРСИТЕТА**  
 заполняется в дневнике практики по форме:  
**ОТЗЫВ О РАБОТЕ СТУДЕНТА**  
 руководителя практики от университета

Перечень компетенций, осваиваемых на практике				Оценка уровня сформированности компетенции			
				5	4	3	2
№	Кодовое обозначение компетенции	Название компетенции	Контрольные задания				
1	ОПК-5	готовностью оформлять, представлять, докладывать и аргументированно защищать результаты выполненной работы	Провести классификацию существующих технологий управления для выбранного объекта исследований, выделить основные критерии эффективности их применения				
	ПК-1	способностью формулировать цели, задачи научных исследований в области автоматического управления, выбирать методы и средства решения задач	Выполнить аналитический обзор используемых технологий управления сложным технологическим объектом				
	ПК-2	способностью применять современные теоретические и экспериментальные методы разработки математических моделей исследуемых объектов и процессов, относящихся к профессиональной деятельности по направлению подготовки	Определить основные цели исследования в области управления технологическими процессами выбранного объекта исследования и спрогнозировать технологии и подходы по их реализации.				
	ПК-3	способностью применять современные методы разработки технического, информационного и алгоритмического обеспечения систем автоматизации	Провести анализ научной новизны выбранного объекта и технологий реализации управления.				

		и управления					
	ПК-5	способностью анализировать результаты теоретических и экспериментальных исследований, давать рекомендации по совершенствованию устройств и систем, готовить научные публикации и заявки на изобретения	Провести оценку практической значимости принимаемых стратегий управления сложными технологическими процессами.				
<b>Итоговая оценка руководителя практики от университета</b>							
	<b>Наименование оценочного средства</b>	<b>Сроки выполнения</b>	<b>Шкала оценивания</b>	<b>Критерии оценивания</b>			
1	Уровень сформированности компетенций	Предпоследний день практики (9 день)	5 баллов	См. Критерии оценки заданий текущего контроля			

**ОЦЕНКА**  
уровня сформированности компетенций  
заполняется в дневнике практики по форме:

Контролируемая компетенция	Задание на практику	Оценка руководителя от профильной организации	Оценка руководителя от университета	Средняя оценка	Вывод об уровне сформированности компетенции на данном этапе*
ОПК-5	1				
ПК-1	2				
ПК-2	3				
ПК-3	4				
ПК-5	5				
Итоговая оценка					

- \* 5 – умения и навыки сформированы в полном объеме  
 4 – умения и навыки сформированы в достаточном объеме  
 3 – умения и навыки сформированы частично  
 2 – умения и навыки не сформированы

	Наименование оценочного средства	Сроки выполнения	Шкала оценивания	Критерии оценивания
<b>ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ</b>				
Отчет по практике				

	Наименование оценочного средства	Сроки выполнения	Шкала оценивания	Критерии оценивания
1	Качество подготовки отчёта по практике	Предпоследний день практики	5 баллов	2 балла – отчёт по практике логически не структурирован, выводы и результаты исследования не обоснованы. 3 балла – отчёт по практике логически структурирован, имеет целевую направленность, выводы и результаты исследования обоснованы, но допущены ошибки в их формулировке и оформлении, 4 балла – отчёт по практике логически структурирован, имеет целевую направленность, выводы и результаты исследования обоснованы, но допущены неточности в их формулировке. 5 баллов – отчёт по практике логически структурирован, имеет целевую направленность, выводы и результаты исследования обоснованы и грамотно оформлены, являются практически значимыми.
<b>Собеседование (опрос)</b>				
2	Вопросы к собеседованию	Последний день практики	5 баллов	0 баллов – ответ на вопрос не представлен. 2 балла – представлен поверхностный ответ на вопрос, допущены ошибки в ответе. 3 балла – представлен неполный ответ на вопрос, допущена ошибка в ответе. 4 балла – представлен полный ответ на вопрос на базе основной литературы, но допущены неточности в ответе. 5 баллов – представлен исчерпывающий ответ на вопрос с использованием дополнительной литературы.
Итого (максимально возможная сумма баллов)			5 баллов	-

**Итоговая оценка по практике определяется как сумма средневзвешенных оценок по всем оценочным средствам и отзывам о работе студента по формуле:  $0,7 \cdot \text{общая оценка уровня сформированности компетенций} + 0,1 \cdot \text{оценка за качество подготовки отчёта по практике} + 0,2 \cdot \text{оценка за результаты промежуточного контроля}$**

Общая оценка уровня сформированности компетенций		Из таблицы Общая оценка Дневника практики
Оценочные средства для промежуточной аттестации	Отчет по практике	
	Собеседование (опрос)	
Итоговая оценка		

## **Типовые задания для текущего контроля**

### **Индивидуальные задания**

1. Моделирование и исследование сложных объектов управления.
2. Исследование многосвязных систем.
3. Разработка и исследование энергоэффективных объектов и систем.
4. Разработка интеллектуальной системы энергоменеджмента.
5. Разработка интеллектуальной системы управления комплексом взаимосвязанных локально управляемых модулей освещения
6. Исследование многосвязных систем управления сложными технологическими процессами.
7. Разработка и исследование нечетких систем управления электроприводами.
8. Синтез и исследование функционирования модальных регуляторов в системе управления мехатронного модуля.
9. Синтез и исследование сложных законов регулирования робототехническими системам.
10. Исследование систем управления судовыми электроприводами.

### **Вопросы к собеседованию**

1. Привести существующие технологии управления и кратко представить их достоинства и недостатки.
2. Представить возможные стратегии управления
3. Определить критерии регулирования объектом исследования
4. Оценка практической значимости при принятии соответствующих решений по управлению.
5. Основные свойства сложных технологических объектов.
6. Требования к технологическим процессам автоматизированного производства
7. Методы и средства автоматизации для различных типов производств
8. Качественные и количественные показатели техпроцессов
9. Направления автоматизации для выбранного технологического процесса производства
10. Системный анализ при реализации современных принципов управления
11. Уровни развития сложных технологических объектов.

## **8 Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для проведения практики**

### **8.1 Основная литература**

1. Иванов, А.А., Автоматизация технологических процессов и производств: Учебное пособие / А.А. Иванов; Форум, 2012. - 223 с.
2. Автоматизация технологических и производственных процессов в машиностроении : учебник для вузов / Ю. З. Житников, Б. Ю. Житников, А. Г. Схиртладзе и др.; под общ. ред. Ю. З. Житникова. – Старый Оскол : Изд-во ТНТ, 2014. – 655 с.
3. Шишов О. В. Технические средства автоматизации и управления : учеб. пособие / О.В. Шишов. — М. : ИНФРА-М, 2017. — 396 с. + Доп. материалы // ZNANIUM.COM : электронно-библиотечная система. - Режим доступа: <http://www.znanium.com/catalog.php>., ограниченный. - загл. с экрана

### **8.2 Дополнительная литература**

1. Антамошин А.Н., Интеллектуальные системы управления организационно-техническими системами: учебное пособие / А.Н. Антамошин, О.В. Близнава, А.В. Бобов, А.А. Большаков, В.В. Лобанов, И.Н. Кузнецова, – М.: Горячая линия - Телеком, 2008. –160 с.
2. Моделирование систем : учеб. пособие для вузов / И. А. Елизаров, Ю. Ф. Мартемьянов, А. Г. Схиртладзе, А. А. Третьяков. – Старый Оскол : Изд-во ТНТ, 2014. – 135 с.

## **9 Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» (далее – сеть «Интернет»), необходимых для проведения практики**

1. Электронно-библиотечная система ZNANIUM.COM – <http://www.znanium.com/>.
2. Электронно-библиотечная система IPRbooks <http://www.iprbookshop.ru/>.
3. Научная электронная библиотека Elibrary <http://elibrary.ru/>.

При осуществлении образовательного процесса рекомендуется использование информационно-справочной системы онлайн доступа к полному собранию технических нормативно-правовых актов РФ, аутентичному официальной базе <http://gostrf.com>. Все электронные копии представленных в ней документов могут распространяться без каких-либо ограничений.

## **10 Методические указания для обучающихся**

### **10.1 Методические указания обучающимся по прохождению практики**

#### **Права и обязанности студентов**

Во время прохождения практики студенты имеют право:

- получать информацию, не раскрывающую коммерческой тайны организации для выполнения программы и индивидуального задания практики;
- с разрешения руководителя организации и руководителей ее структурных подразделений пользоваться информационными ресурсами организации;
- получать компетентную консультацию специалистов организации по вопросам, предусмотренным заданием практики;
- принимать непосредственное участие в профессиональной деятельности организации - базы практики.

#### **Перед прохождением практики студенты обязаны:**

- ознакомиться с программой прохождения практики по направлению подготовки 27.04.04 «Управление в технических системах» и внимательно изучить ее;
- выбрать место прохождения практики и написать заявление;
- оформить дневник практики;
- разработать календарный план прохождения этапов практики.

#### **Во время прохождения практики студенты обязаны:**

- выполнить программу практики;
- вести дневник практики о характере выполненной работы и достигнутых результатах;
- подчиняться действующим в организации правилам внутреннего распорядка дня;
- соблюдать требования трудовой дисциплины;
- изучить и строго соблюдать правила эксплуатации оборудования, техники безопасности, охраны труда и другие условия работы в организации.

#### **По окончании практики студенты обязаны:**

- оформить все отчетные документы.

#### **Порядок ведения дневника**

В соответствии с РИ 7.5-2 «Организация и проведение практик обучающихся» все студенты в обязательном порядке ведут дневники по практике. В дневнике отмечаются: сроки, отдел, участок работы, виды выполненных работ, фиксируется участие студента в различных мероприятиях.

Дневник прохождения производственной практики должен содержать:

- ежедневные записи о выполняемых действиях с указанием даты, фактического содержания и объема действия, названия места выполнения действия, количества дней или часов, использованных на выполнение действия, возможные замечания

- предложения студента-практиканта. После каждого рабочего дня надлежащим образом оформленный дневник представляется студентом-практикантом на подпись непосредственного руководителя практики по месту прохождения практики, который заверяет соответствующие записи своей подписью;

- по итогам практики в конце дневника ставится подпись непосредственного руководителя производственной практики, которая, как правило, заверяется печатью.

### **Составление отчета по практике**

Отчет об учебной практике выполняется в печатном варианте в соответствии с требованиями РД 013-2016 «Текстовые студенческие работы. Правила оформления» и подшивается в папку (типа «скоросшиватель»). Отчет состоит из: введения, основной части, заключения, списка литературы и приложений.

Введение должно отражать актуальность учебной практики, ее цель и задачи (какие виды практической деятельности и какие умения, навыки планирует приобрести студент) (1,5 - 2 страницы).

Основная часть включает в себя характеристику объекта исследования, сбор и обработку соответствующей статистической, технической, нормативно-правовой и (или) иной информации по предмету исследования, в т.ч. с использованием профессионального программного обеспечения и информационных технологий. По возможности, включаются в отчет и элементы научных исследований. Содержание основной части минимум 11 страниц.

В заключении приводятся общие выводы и предложения, а также краткое описание проделанной работы и даются практические рекомендации.(1,5 - 2 страницы).

Список литературы состоит из нормативно-правовых актов, учебников и учебных пособий, научных статей, использованных в ходе выполнения индивидуального задания.

Приложения помещают после списка литературы в порядке их отсылки или обращения к ним в тексте. В качестве приложений рекомендуется предоставлять копии документов, бланков договоров, организационно-распорядительных документов, аналитических таблиц, иных документов, иллюстрирующих содержание основной части.

По окончании практики в последний рабочий день студенты оформляют и представляют отчет по практике и все необходимые сопроводительные документы.

Отчет и характеристика рассматриваются руководителем учебной практики от кафедры. Отчет предварительно оценивается и допускается к защите после проверки его соответствия требованиям, предъявляемым данными методическими указаниями. Защита отчетов организуется в форме собеседования. По результатам защиты руководитель выставляет общую оценку, в которой отражается качество представленного отчета и уровень подго-

товки студента к практической деятельности; результаты оцениваются по пятибалльной системе. При неудовлетворительной оценке студент должен повторно пройти практику.

Сданный на кафедру отчет и результат защиты, зафиксированный в ведомости и зачетной книжке студента, служат свидетельством успешного окончания учебной практики.

## **10.2 Методические указания обучающимся по выполнению практических заданий**

### **Интеллектуальная система управления транспортным газопроводом**

#### **1. Структура и основные подходы к описанию сложных объектов управления технологическими процессами**

В настоящее время топливно-энергетический комплекс является одной из основ экономики России. Между добычей и переработкой газа находится важное связующее звено - магистральные газопроводы. Для обеспечения хорошей производительности газотранспортной системы в газопроводе необходимо поддерживать высокое давление (до 55 кг/см<sup>2</sup>).

При движении газа происходит значительное снижение давления по длине газопровода вследствие преодоления гидравлического сопротивления. Поскольку газ является сжимаемой средой, плотность газа по длине газопровода уменьшается. В связи с этим по трассе магистрального газопровода с интервалом 80...120 км (и более) сооружаются компрессорные станции, предназначенные для повышения давления до величин, определяемых прочностью металла труб. При этом пропускная способность газопровода значительно возрастает.

Кроме того существует проблема неравномерного потребления газа. Как правило, потребители газа используют его неравномерно. Потребление газа изменяется по месяцам, дням недели или календарным дням, по часам суток. Различают сезонную неравномерность, суточную неравномерность, часовую неравномерность. Режим расхода газа городом зависит от режима отдельных групп потребителей и их долевого участия в общем городском потреблении. Неравномерность расходования газа обусловлена многими факторами: климатическими условиями, режимом работы предприятий и их газооборудования, укладом жизни населения и газооборудованием квартир.

Неравномерность потребления существенно сказывается на экономических показателях систем газоснабжения. Несоответствие подачи газа спросу делает систему ненадежной. При наличии пиков потребления газа требуется увеличение мощности оборудования и диаметров труб систем газоснабжения. Выравнивание графиков потребления обуславливает строительство подземных хранилищ газа и создание потребителей-регуляторов, оборудуемых вторыми топливными хозяйствами. Наилучшее решение проблемы дает метод экономической оптимизации.

## **2. Анализ технологий управления и современных программных средств, предназначенные для сложных технологических процессов**

Анализ принципов построения систем управления магистральным газопроводом на базе нечеткой логики с исследованием ее характеристик.

Достижение указанных целей обеспечивается постановкой и решением следующих основных задач:

- создание математического описания объекта «электропривод – компрессор – трубопровод»;
- изучение принципов управления технологическим процессом объекта и разработка новых способов управления объектом «электропривод – компрессор – трубопровод»;
- изучение принципов нечеткого управления;
- синтез нечетких систем управления участком магистрального газопровода.

Решение поставленных задач и достижение цели диссертационного исследования позволяет перейти к исследованию поведения объекта «электропривод – компрессор – трубопровод» и совершенствованию нечеткой системы управления.

### **Основные направления развития стратегий управления для выбранного объекта исследования**

В основе нечеткой логики лежит теория нечетких множеств, которая позволяет описывать неточные, качественные понятия и, в некотором смысле, повторяет способ мышления человека. Нечеткая логика, которая служит основой для реализации методов нечеткого управления, более естественно описывает характер человеческого мышления и ход его рассуждений, чем традиционные формально-логические системы.

Теория нечетких множеств является расширением классической теории множеств. Однако, если в классической теории множеств каждый элемент однозначно принадлежит либо не принадлежит какому-либо множеству, то в теории нечетких множеств любой элемент может не принадлежать некоторому нечеткому множеству или принадлежать ему полностью или принадлежать ему только в некоторой определенной степени. Поэтому вводится очень важное в теории нечетких множеств понятие – степень принадлежности.

Нечеткое управление оказывается особенно полезным, когда технологические процессы являются слишком сложными для анализа с помощью общепринятых количественных методов или когда доступные источники информации интерпретируются качественно, неточно или неопределенно. Нечеткая логика, на которой основано нечеткое управление, ближе по духу к человеческому мышлению и естественным языкам, чем традиционные логические системы. Нечеткая логика обеспечивает эффективные средства отображения неопределенностей и неточностей реального мира. Наличие математических средств отражения нечеткости исходной информации позволяет построить модель, адекватную реальности.

## Анализ используемых технологий управления для выбранного объекта исследования

Математическая модель объекта регулирования «электропривод – компрессор – трубопровод» представлена в виде структурной схемы (рисунок 1).

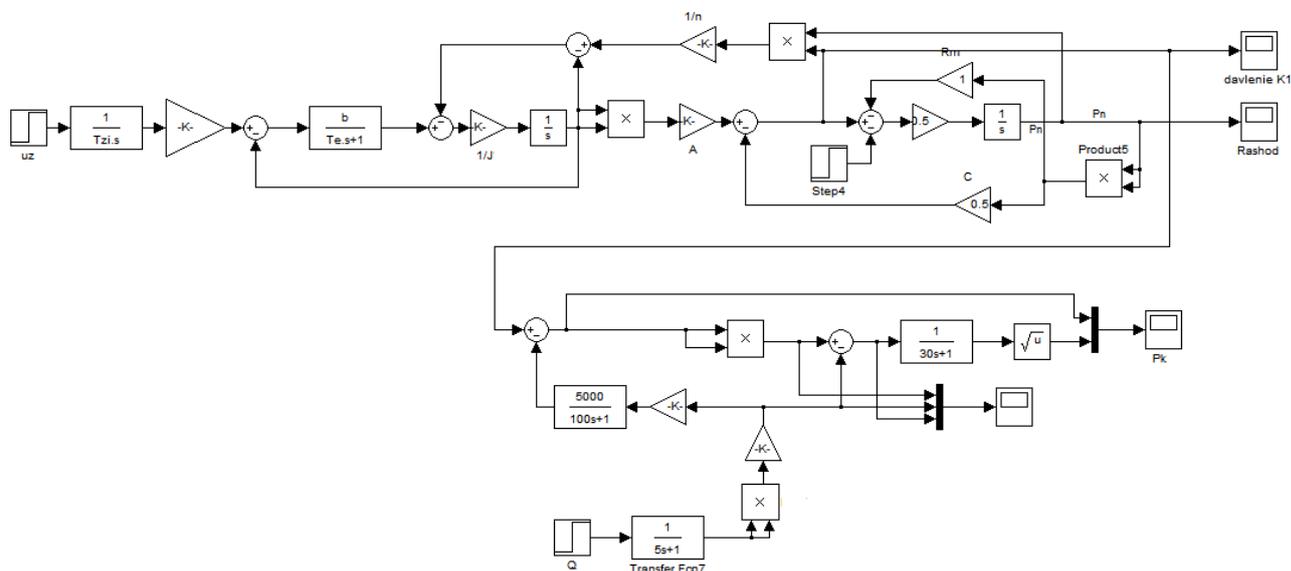


Рисунок 1 – Модель системы «электропривод – компрессор – трубопровод»

Произведен синтез однокаскадного нечеткого регулятора (рисунок 2). Нечеткий регулятор имеет 3 входных сигнала:

- сигнал величины давления в начале трубопровода  $P_n$ ;
- сигнал величины давления в конце трубопровода  $P_k$ ;
- производная от сигнала давления в конце трубопровода  $dir$ .

И один выход – сигнал управления  $U_z$ , который поступает на вход датчика интенсивности двигателя.

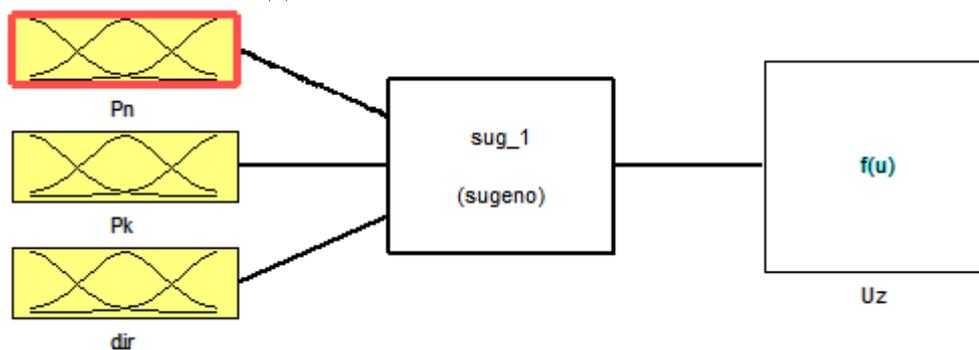


Рисунок 2 – Структура нечеткого регулятора

Многокаскадный регулятор (рисунок 4) будет состоять из двух каскадов. В первом каскаде поставим регулятор Мамдани. Он будет выполнять согласующие функции, т.е. направлять сигнал управления на один из регуляторов Сугено (или на оба регулятора одновременно), стоящих во втором каскаде. Во втором каскаде поставим два регулятора Сугено, которые будут работать параллельно. Согласующий регулятор имеет также масштабирующие



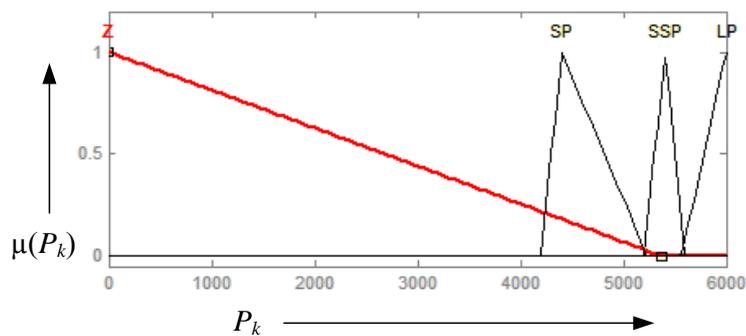


Рисунок 5 – Распределение термов переменной  $P_k$

Графические результаты позволяют говорить о том, что данная многокаскадная система работает адекватно. Сравнивая полученные данные без регулирования и с нечетким регулированием, убеждаемся в том, что многокаскадная система обрабатывает возмущающие воздействия (рисунок 6).

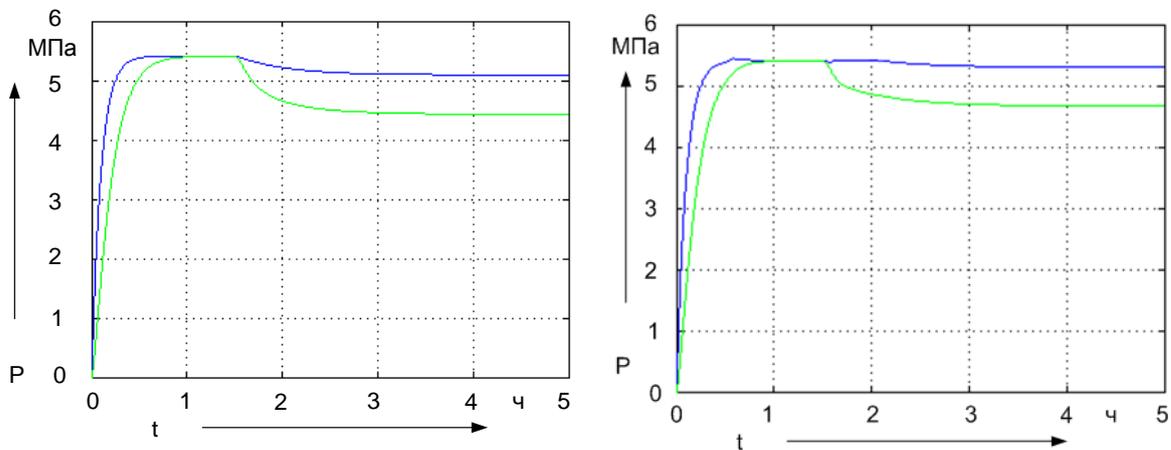


Рисунок 6 – Сравнение работы исходной системы (а) и системы с многокаскадным нечетким регулятором (б)

В качестве эксперимента была смоделирована ситуация неравномерного потребления газа (рисунок 7). Вначале расход достаточно велик, но через некоторое время он сокращается, но не до нуля.

### **11 Перечень информационных технологий, используемых при проведении практики, включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)**

В процессе организации производственной практики (НИР) могут применяться следующие информационные технологии:

- проведение ознакомительных лекций с использованием мультимедийных технологий;
- использование дистанционной технологии при обсуждении материалов практики с руководителем;
- использование мультимедийных технологий при защите практики;

использование компьютерных технологий и программных продуктов (MS Word, MS Excel, PSM32 AutoCAD (договор № 110001107345) и др.), необходимых для систематизации, обработки данных; проведения требуемых программой практики расчетов; оформления отчетности и т.д.

## **12 Описание материально-технической базы, необходимой для проведения практики**

Для реализации программы практики «Учебная практика» на базе ФГБОУ ВО «КнАГТУ» на кафедре «Электропривод и автоматизация промышленных установок» используется материально-техническое обеспечение, перечисленное в таблице 9.

Таблица 9 – Материально-техническое обеспечение практики

Аудитория	Наименование аудитории (лаборатории)	Используемое оборудование	Назначение оборудования
101/3	Лаборатория мехатроники и робототехники	АСУТП и робототехнические комплексы	анализ сложных законов и объектов управления, стратегий управления с применением современных средств автоматизации

## **Функции и состав АСУ ТП**

### **2.1 Функции АСУ ТП**

Перечень функций АСУ ТП весьма обширен и зависит от конкретного объекта автоматизации [2,3]. Однако все эти функции принято делить на три категории:

- **информационные функции АСУ ТП;**
- **управляющие функции АСУ ТП;**
- **вспомогательные функции АСУ ТП.**

К **информационным** относят функции, главным содержанием которых является сбор, предварительная обработка, хранение, передача и представление информации пользователям в удобном для них виде. Пользователями могут быть люди, а также различные функциональные задачи. В состав **типовых информационных функций** входят:

- сбор информации о технологических параметрах и состоянии оборудования;
- фильтрация входных сигналов от высокочастотных помех измерения;
- пересчет сигналов в физические величины;
- контроль технологических параметров на физическую достоверность, на соответствие технологическому регламенту, на достижение аварийных границ;
- косвенные измерения параметров (получение оценки технологического параметра, который непосредственно не измеряются, в результате математической обработки измеряемых сигналов, функционально связанных с этим параметром). Примером косвенных измерений является оценка концентрации серной кислоты по результатам измерения её плотности и температуры;
- оценка состояния технологического оборудования;
- ручной ввод информации в систему с использованием пульта оператора или клавиатуры;
- обмен информацией между вычислительными средствами АСУ ТП (контроллеры, станции распределенной периферии, рабочие и инженерные станции, серверы);
- формирование и выдача сигналов световой и звуковой сигнализаций;
- визуализация информации в удобном для оперативного персонала виде;
- архивирование информации о ходе технологического процесса, о нарушениях технологического регламента, о возникновении аварийных ситуаций;
- ведение базы данных реального времени;
- подсчет технико-экономических показателей производства;

- прогнозирование аварийных ситуаций (например, формируется сообщение: «Температура подшипника растет, через 15 минут будет достигнут максимально допустимый уровень»);

- обмен данными со смежными и вышестоящими системами управления;

- формирование сменных и суточных отчетов.

К **управляющим** функциям АСУ ТП относятся функции, результатами которых является выработка и реализация управляющих воздействий на объект управления. **Типовыми управляющими функциями АСУ ТП** являются:

- определение и реализация оптимального режима функционирования каждого из технологических агрегатов;

- стабилизация технологических параметров (давлений, температур, уровней);

- программное управление изменением технологических параметров (реализация заданного графика изменения температуры в печи);

- поддержание определенного соотношения между параметрами (например, соотношение газ/воздух на горелке, соотношение руда/вода в мельнице мокрого самоизмельчения);

- логическое управление технологическим оборудованием (например, при достижении заданного уровня воды в емкости № 1, выключить насос № 1, включить нагреватель емкости № 1, проверить уровень в емкости № 2, если он ниже нормы, включить насос № 2);

- пуск и останов отдельных агрегатов и технологической линии в целом;

- аварийное отключение (например, отсечка подачи газа на горелку при снижении давления в газовой магистрали, продувка камеры сгорания воздухом);

- выдача оператору рекомендаций по управлению процессом (например, «Рекомендуется снизить подачу руды в мельницу на 25 т/час из-за угрозы завала»).

**Вспомогательные** функции АСУ ТП состоят в контроле функционирования технических и программных средств самой системы автоматизации. Контроллеры, станции распределенной периферии, панели оператора, инженерные станции, SCADA системы имеют в своем составе развитые средства диагностики.

## **2.2 Состав АСУ ТП**

Знакомство с каталогами, сайтами, рекламными материалами ведущих мировых производителей систем автоматизации [5,6], а также фирм - системных интеграторов в области АСУ ТП, могут создать впечатление, что АСУ ТП – это просто совокупность технических средств (**hard**) и программного обеспечения (**soft**). Безусловно, технические средства и программное обеспечение - очень важные элементы системы автоматизации, во многом определяющие уровень и потенциальные возможности АСУ ТП. Однако, только глубокая проработка всех составных частей системы, вопросов их взаимодействия и совместимости, обеспечивают успешное функционирование автоматизированного объекта.

В состав АСУ ТП входят следующие компоненты:

- информационное обеспечение;
- техническое обеспечение;
- математическое обеспечение;
- программное обеспечение;
- организационное обеспечение;
- метрологическое обеспечение;
- эргономическое обеспечение;
- оперативный персонал.

### **2.2.1 Информационное обеспечение АСУ ТП включает:**

- исходные данные, используемые в процессе разработки или эксплуатации системы;
- промежуточные данные, хранящиеся в базах данных реального времени, используемые для дальнейшей обработки;
- выходные данные, передаваемые для реализации на исполнительные устройства, отображаемые визуально на панелях операторов, табло и мониторах рабочих станций, передаваемых пользователям в электронном или бумажном виде;
- принятые формы входных и выходных документов (электронных или бумажных);
- принятая система кодирования информации;
- электронные архивы данных.

В состав информационного обеспечения входят **внемашинные (на бумажных носителях) и внутримашинные (на электронных носителях)** компоненты. Так, например, к немашинным компонентам можно отнести технологический регламент, определяющий допустимые пределы изменения технологических параметров, условия аварийных отключений, порядок пуска и останова оборудования и т.п. К внутримашинному информационному обеспечению относятся входные сигналы, поступающие от датчиков, а также выходные сигналы на исполнительные устройства, архивы нарушений технологического регламента, графики изменений контролируемых параметров, сформированные на экране монитора и т.п.

### **2.2.2 Техническое (аппаратное) обеспечение – это комплекс технических средств, обеспечивающих выполнение всех функций АСУ ТП, а также обеспечивающих взаимодействие персонала с техническими средствами системы и с технологическим процессом. В состав технического обеспечения входят:**

- средства сбора информации (измерительные преобразователи, счетчики, сигнализаторы, устройства ручного ввода);
- исполнительные устройства;

- программируемые логические контроллеры;
- устройства распределенного ввода/вывода;
- операторские станции;
- инженерные станции;
- серверы;
- панели оператора;
- программаторы;
- сетевые адаптеры;
- преобразователи частоты;
- пускатели;
- концевые выключатели;
- кабели связи;
- табло;
- устройства световой и звуковой сигнализации.

**2.2.3 Математическое обеспечение – это совокупность математических моделей, методов, алгоритмов решения различных задач, используемая на этапе проектирования и в процессе эксплуатации АСУ ТП. К этому виду обеспечения относятся:**

- методы фильтрации сигналов;
- методы идентификации математических моделей;
- математические модели объектов управления;
- методы анализа, синтеза и настройки контуров регулирования;
- алгоритмы управления и регулирования;
- методы анализа устойчивости и точности систем;
- методы и алгоритмы оптимизации (поиска экстремума);
- методы принятия решений;
- алгоритмы адаптации параметров системы управления;
- алгоритмы косвенных измерений;

- методы прогнозирования случайных последовательностей;
- методы наблюдения состояния динамической системы;
- интеллектуальные алгоритмы управления.

**2.2.4 Программное обеспечение** – совокупность программ, обеспечивающих функционирование всех цифровых вычислительных средств АСУ ТП (контроллеры, серверы, рабочие и инженерные станции, программаторы, панели оператора), а также решающих все функциональные задачи на этапах разработки, наладки, тестирования и эксплуатации системы. Программное обеспечение принято делить на две категории:

- общее программное обеспечение, включающее операционные системы, SCADA-системы, пакеты программ для программирования контроллеров, компиляторы, редакторы и т.п. Общее программное обеспечение не привязано к конкретному объекту автоматизации, закупается и поставляется так же, как и технические средства.

- специальное программное обеспечение – это программы, разработанные для конкретной АСУ ТП. К этой категории относятся программы для контроллеров, реализующие определенные функциональные задачи обработки информации и управления; программы, сгенерированные в среде SCADA-системы для визуализации, архивирования данных конкретного технологического процесса.

**2.2.5 Организационное обеспечение** – совокупность документов, устанавливающих порядок и правила функционирования оперативного персонала АСУ ТП, а также организационные мероприятия, направленные на успешное внедрение системы и на безопасное ведение технологического процесса. В частности, к организационному обеспечению относятся:

- технологический регламент производства в условиях функционирования АСУ ТП;
- описание функциональной, организационной и технической структур автоматизированного технологического комплекса;
- штатное расписание, должностные инструкции технологического и оперативного персонала в условиях функционирования АСУ ТП;
- инструкция по пуску и останову технологических агрегатов в условиях АСУ ТП;
- обучение персонала работе с АСУ ТП;
- правила техники безопасности в условиях АСУ ТП.

**2.2.6 Метрологическое обеспечение** - установление и применение научных и организационных основ, технических средств, правил и норм, необходимых для достижения единства и требуемой точности измерения.

Возможность применения результатов измерений для правильного и эффективного решения любой задачи определяется следующими тремя условиями:

- результаты измерений выражаются в узаконенных (установленных законодательством России) единицах;
- значения показателей точности результатов измерений известны с необходимой заданной достоверностью;

- значения показателей точности обеспечивают оптимальное в соответствии с выбранными критериями решение задачи, для которой эти результаты предназначены (результаты измерений получены с требуемой точностью).

Если результаты измерений удовлетворяют первым двум условиям, то о них известно всё, что необходимо знать для принятия обоснованного решения о возможности их использования. Такие результаты можно сопоставлять, они могут использоваться в различных сочетаниях, различными людьми, организациями. В этом случае говорят, что обеспечено **единство измерений** – состояние измерений, при котором их результаты выражены в узаконенных единицах и погрешности результатов не выходят за установленные границы с заданной вероятностью. Правила и нормы по обеспечению единства измерений установлены в Законе РФ «Об обеспечении единства измерений» и в нормативных актах Государственной системы обеспечения единства измерений (ГСИ).

Третье из перечисленных выше условий определяет требования к точности применяемых методов и средств измерений. Недостаточная точность измерений приводит к увеличению ошибок и, как следствие, к экономическим потерям. Завышенные требования к точности измерений требуют дополнительных затрат на приобретение более дорогих средств измерений. Поэтому это требование влияет не только на метрологические, но и на экономические показатели системы.

Если при измерениях соблюдаются все три условия (обеспечивается и единство, и требуемая точность измерений), то говорят о **метрологическом обеспечении**.

Необходимо отметить, что в АСУ ТП данные, полученные от измерительных преобразователей, проходят целый ряд этапов обработки и преобразования:

- аналоговая фильтрация от высокочастотных помех;
- дискретизация сигнала во времени;
- аналого-цифровое преобразование с определенной разрядностью;
- цифровая фильтрация.

Такая обработка, в общем случае, изменяет метрологические характеристики результирующих данных в сравнении с исходными данными от датчика, вносит временную задержку. Поэтому для корректного использования данных АСУ ТП (например, данных коммерческого учета тепловой и электрической энергии) необходимо выполнить оценку метрологических характеристик этих данных с учетом всех этапов обработки.

**2.2.7 Эргономическое обеспечение** – это нормы эргономики и инженерной психологии, положенные в основу проектирования АСУ ТП. Прежде всего, это касается организации пультов оператора, мнемосхем, табло, устройств световой и звуковой сигнализации и других элементов так называемого человеко-машинного интерфейса системы. Эргономика и инженерная психология помогает выбрать рациональное расположение автоматизированных рабочих мест (АРМ) персонала, формы отображения информации на мониторах и табло, вид технологической клавиатуры и т.п.

Разработка АСУ ТП без учета рекомендаций эргономики повышает вероятность ошибок оперативного персонала, увеличивает время реакции на событие, вызывает дополнительные психологические нагрузки. Типовые аппаратно-программные решения ведущих производителей систем автоматизации выполнены в соответствии с современными требованиями эргономики, инженерной психологии и технической эстетики.

**2.2.8 Оперативный персонал** – состоит из технологов-операторов диспетчеров), аппаратчиков, машинистов, осуществляющих контроль и управление технологическим объектом и эксплуатационного персонала служб КИПиА, обеспечивающих правильное функционирование всех технических и программных средств АСУ ТП. Следует заметить, что, несмотря на повышение уровня автоматизации технологических процессов, роль оперативного персонала в АСУ ТП остается чрезвычайно высокой. Состав оперативного персонала конкретной АСУ ТП и установленные взаимоотношения между его работниками определяют организационную структуру системы.

Еще раз отметим, что эффективное функционирование АСУ ТП может быть достигнуто лишь в случае правильного выбора и постоянного взаимодействия всех видов обеспечения АСУ ТП. Так, например, высокие технические характеристики аппаратных средств и современное общее программное обеспечение окажутся невостребованными, если в математическом и специальном программном обеспечении не будет необходимых математических моделей, методов, алгоритмов и программ, если квалификация оперативного персонала не позволит в полной мере использовать возможности АСУ ТП.

### **3. Структура распределенной АСУ ТП**

#### **3.1 Иерархическая трехуровневая структура АСУ ТП**

Чаще всего распределенные АСУ ТП имеют трехуровневую структуру. Пример структурной схемы комплекса технических средств такой системы приведен на рисунке 5.

**На верхнем уровне** с участием оперативного персонала решаются задачи диспетчеризации процесса, оптимизации режимов, подсчета технико-экономических показателей производства, визуализации и архивирования процесса, диагностики и коррекции программного обеспечения системы. Верхний уровень АСУ ТП реализуется **на базе серверов, операторских (рабочих) и инженерных станций.**

**На среднем уровне** – задачи автоматического управления и регулирования, пуска и останова оборудования, логико-командного управления, аварийных отключений и защит. Средний уровень реализуется на основе **ПЛК.**

**Нижний (полевой) уровень** АСУ ТП обеспечивает сбор данных о параметрах технологического процесса и состояния оборудования, реализует управляющие воздействия. Основными техническими средствами нижнего уровня являются **датчики и исполнительные устройства, станции распределенного ввода/вывода, пускатели, концевые выключатели, преобразователи частоты.**

Рис. 5 Пример структурной схемы распределенной АСУ ТП

### 3.2 Уровень ввода/вывода (полевой уровень)

Входные сигналы от датчиков и управляющие воздействия на исполнительные механизмы могут подаваться **непосредственно на ПЛК** (поступать от ПЛК). Однако если ТОО имеет значительную территориальную протяженность, это потребует длинных кабельных линий от каждого устройства к ПЛК. Такое техническое решение может оказаться не рациональным по двум причинам:

- высокая стоимость кабельной продукции;
- возрастание уровня электромагнитных помех с ростом длины линий.

Более рациональным в такой ситуации является использование **станций распределенной периферии**, располагающихся в непосредственной близости к датчикам и исполнительным механизмам. Такие станции содержат необходимые модули ввода и вывода, а также интерфейсные модули для подключения к ПЛК через цифровую полевую шину (например, с использованием протокола Profibus DP, или Modbus RTU). Цифровая передача всех сигналов осуществляется по одному кабелю с высоким уровнем помехозащищенности. К полевой шине могут непосредственно подключаться также так называемые интеллектуальные датчики и исполнительные устройства (имеющие в своем составе контроллеры и другие блоки, обеспечивающие преобразование сигнала в цифровую форму и реализующие обмен данными через полевую шину).

Упрощенная схема ввода/вывода с использованием станции распределенной периферии приведена на рисунке 6. Полевая шина Profibus DP (Process field bus Distributed Periphery) позволяет соединить до 125 устройств, до 32 на сегмент (ПЛК, станций распределенной периферии, интеллектуальных датчиков и исполнительных устройств).

Станция распределенной периферии состоит из трех основных компонент:

- базовой панели (Baseplate), на которую в специальные слоты устанавливают модули ввода/вывода и интерфейсные модули, или специальной профильной рейки, на которую крепятся модули;

- модулей ввода/вывода (I/O Modules);

- интерфейсных модулей (Interface modules), обеспечивающих обмен данными с ПЛК через цифровую полевую шину.

***Рис. 6*** *Схема ввода/вывода с использованием станции распределенной периферии*

Количество слотов под установку модулей может быть различным (чаще всего от 2 до 16). Крайний левый слот обычно используется для установки интерфейсного модуля. Блок питания может быть установлен на базовой панели или может быть использован отдельный (внешний) блок. Внутри базовой панели проходят две шины: одна служит для подачи питания на установленные модули; другая - для информационного обмена между модулями.

На рисунке 7 приведено фото узла распределенного ввода/вывода модели 2500 фирмы Eurotherm. На базовой панели расположено 8 модулей ввода/вывода и интерфейсный модуль Profibus DP, блок питания – внешний.

На рисунке 8 приведено фото станции распределенной периферии фирмы Siemens ET 200M. На базовой панели 6 сигнальных модулей (модулей ввода/вывода) 1 интерфейсный модуль Profibus DP (крайний слева) и блок питания.

*Рис. 7 Узел распределенного ввода/вывода фирмы Eurotherm*

*Рис.8 Станция распределенной периферии ET200M фирмы Siemens*

### **3.2.1 Сигнальные модули (модули ввода/вывода)**

**Модули ввода/вывода бывают 4 типов:**

**1) Модули аналогового ввода** (AI, analogue input). Они принимают от датчиков, подключенных к его входам, электрические сигналы унифицированного диапазона, например:

- 0-20 или 4-20 мА (токовый сигнал);

- 0-10 V или 0-5 V (потенциальный сигнал);

- сигналы от термопар (TC) измеряются милливольтами;

- сигналы от термосопротивлений (RTD).

Допустим, у нас есть датчик давления с диапазоном измерений 0-6 бар и токовым выходом 4-20 mA. Датчик измеряет давление P, которое в данный момент равно 3 бар. Так как датчик линейно преобразует значение измеряемого давления в токовый сигнал, то на выходе датчика будет:

Вход модуля AI, настроенный на те же диапазоны (4-20 mA и 0-6 бар), принимает сигнал 12 mA и делает обратное преобразование:

Соответствие диапазона электрического сигнала между входом модуля и выходом подключенного к нему датчика обязательно для корректной работы системы.

2) **Модули дискретного ввода** (DI, discrete input). Принимают от датчиков дискретный электрический сигнал, который может иметь только два значения: или 0 или 24 V (в редких случаях 0 или 220 V). Вход модуля DI также может реагировать на замыкание/размыкание контакта в подключенной к нему цепи. К DI обычно подключают датчики контактного типа, кнопки ручного управления, статусные сигналы от систем сигнализации, приводов, позиционирующих устройств и т.д. Допустим, у нас есть насос. Когда он не работает, его статусный (выходной) контакт разомкнут. Соответствующий дискретный вход модуля DI находится в состоянии "0". Как только насос запустили, его статусный контакт замыкается, и напряжение 24 V идет на клеммы входа DI. Модуль, получив напряжение на дискретном входе, переводит его в состояние "1".

3) **Модули дискретного вывода** (DO, discrete output). В зависимости от внутреннего логического состояния выхода ("1" или "0") устанавливает на клеммах дискретного выхода напряжение 24 V или 0 V соответственно. Есть вариант, когда модуль в зависимости от логического состояния выхода просто замыкает или размыкает внутренний контакт (модуль релейного типа).

Модули DO могут управлять приводами, отсечными клапанами, зажигать светосигнальные лампочки, включать звуковую сигнализацию и т.д.

4) **Модули аналогового вывода** (AO, analogue output) используются для подачи токового управляющего сигнала на исполнительные механизмы с аналоговым управляющим сигналом.

Допустим, регулирующий клапан с управляющим входом 4-20 mA необходимо открыть на 50 %. В этом случае на соответствующий выход AO, к которому подключен вход клапана, подается ток I вых:

Под действием входного тока 12 mA клапан переходит на 50 % открытия. Соответствие диапазона электрического сигнала между выходом модуля и входом подключенного к нему исполнительного механизма обязательно.

Модуль ввода/вывода также характеризуются канальностью – числом входов/выходов, а, следовательно, и количеством сигнальных цепей, которые к нему можно подключить. Например, модуль AI4 – это четырехканальный модуль аналогового

ввода. К нему можно подключить 4 датчика. DI16 –модуль дискретного ввода, имеющий шестнадцать каналов. К нему можно подключить 16 статусных сигналов от технологических агрегатов.

В современных системах расположение модулей ввода/вывода на базовой плате строго не регламентировано, и их можно устанавливать в произвольном порядке. Однако один или несколько слотов, как правило, зарезервированы под установку **коммуникационного модуля**. Иногда возможна установка сразу двух коммуникационных модулей, работающих параллельно. Это делается для повышения отказоустойчивости системы ввода/вывода.

Одним их жестких требований, предъявляемых к современным подсистемам ввода/вывода, является возможность **“горячей” замены модулей без отключения питания** (функция hot swap).

Коммуникационные модули обеспечивают обмен данными между ПЛК, станциями распределенной периферии, интеллектуальными датчиками и исполнительными устройствами. Модули поддерживают один из коммуникационных протоколов:

- Profibus DP;
- Profibus PA;
- Modbus RTU;
- HART;
- CAN и др.

Обмен информацией, как правило, осуществляется с использованием механизма **ведущий-ведомый (master-slave)**. Только ведущее устройство на шине может инициировать обмен данными. Ведомые устройства пассивно прослушивают все данные, идущие по шине, и только в случае получения запроса от ведущего устройства отправляют обратно ответ. Каждое устройство на шине имеет свой уникальный сетевой адрес, необходимый для однозначной идентификации. Узлы ввода/вывода, как правило, являются ведомыми устройствами, в то время как контроллеры – ведущими.

На рисунке 9 показана цифровая полевая шина, объединяющая один контроллер (с монитором) и четыре узла ввода/вывода.

Каждое устройство, подключенное к шине, имеет свой уникальный адрес. Пусть, например, ПЛК с адресом 1 хочет считать показание датчика давления. Датчик подключен к станции распределенной периферии с сетевым адресом 5, к модулю AI, расположенному в слоте 6, входной канал 12. Тогда ПЛК формирует и отправляет по шине запрос следующего содержания:

**Рис. 9 Подключение ПЛК и станций распределенной периферии к полевой шине**

Каждый узел прослушивает все запросы на шине. Узел 5 узнает, что запрос адресован ему, считывает показание датчика и формирует ответ в виде следующего сообщения:

Контроллер, получив ответ от ведомого устройства, считывает поле данных с датчика и выполняет соответствующую обработку. Пусть, например, после обработки данных ПЛК вырабатывает управляющий сигнал на открытие клапана на 50 %. Управляющий вход клапана подключен к второму каналу модуля АО, расположенного в слоте 3 узла 7. ПЛК формирует команду следующего содержания:

Узел 7, прослушивая шину, встречает адресованную ему команду. Он записывает уставку 50 % в регистр, соответствующий слоту 3, каналу 2. При этом модуль АО формирует на выходе 2 необходимый электрический сигнал. После чего узел 7 высылает контроллеру подтверждение успешного выполнения команды

Контроллер получает ответ от узла 7 и считает, что команда выполнена. Это всего лишь упрощенная схема взаимодействия контроллера с узлами ввода/вывода. В реальных АСУ ТП, наряду с рассмотренными выше, используется множество диагностических, управляющих и сервисных сообщений. Хотя сам принцип "запрос-ответ" ("команда-подтверждение"), реализованный в большинстве полевых протоколов, остается неизменным.

Напомним еще раз, что наряду с рассмотренной выше схемой ввода/вывода в АСУ ТП могут применяться схемы ввода/вывода через сигнальные модули,

установленные непосредственно в слоты (или на профильную рейку) ПЛК (без использования станций распределенной периферии).

<https://refdb.ru/look/1712572-p2.html>