

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

УТВЕРЖДАЮ  
Декан факультета  
Факультет машиностроительных и химических технологий

\_\_\_\_\_ Саблин П.А.  
«\_\_» \_\_\_\_\_ 2024 г.

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Расчеты основных процессов и аппаратов нефтегазопереработки»

Направление подготовки	18.03.01 Химическая технология
Направленность (профиль) образовательной программы	Переработка полезных ископаемых
Квалификация выпускника	Бакалавр
Год начала подготовки (по учебному плану)	2024
Форма обучения	Очная форма
Технология обучения	Традиционная

Курс	Семестр	Трудоемкость, з.е.
4	7	4

Вид промежуточной аттестации	Обеспечивающее подразделение
Зачет с оценкой	Кафедра «Химия и химические технологии»

Разработчик рабочей программы:

Доцент, Доктор химических наук

 Шакирова О.Г

СОГЛАСОВАНО:

Заведующий кафедрой

Кафедра «Химия и химические технологии»

 Шакирова О.Г.

## 1 Введение

Рабочая программа и фонд оценочных средств дисциплины «Специальные главы химической технологии переработки нефти и газа» составлены в соответствии с требованиями федерального государственного образовательного стандарта, утвержденного приказом Минобрнауки Российской Федерации от 07.08.2020 № 922, и основной профессиональной образовательной программы подготовки «Переработка полезных ископаемых» по направлению подготовки «18.03.01 Химическая технология».

Практическая подготовка реализуется на основе:

Профессиональный стандарт 19.002 «СПЕЦИАЛИСТ ПО ХИМИЧЕСКОЙ ПЕРЕРАБОТКЕ НЕФТИ И ГАЗА».

Обобщенная трудовая функция: В Обеспечение и контроль работы технологических объектов и структурных подразделений нефтегазоперерабатывающей организации (производства).

НЗ-1 Технология производства товарной продукции, НЗ-3 Технические требования, предъявляемые к сырью, материалам, готовой товарной продукции, НУ-2 Проводить сверку сходимости баланса потребляемого сырья и выработки товарной продукции, НУ-3 Рассчитывать планируемую потребность присадок, реагентов, материалов для выполнения производственных заданий на планируемый период с указанием срока поставки.

Задачи дисциплины	Формирование совокупности знаний о методах расчета основных технологических процессов переработки нефти и газа
Основные разделы / темы дисциплины	1. Рассмотрение теоретических основ методов расчета технологических процессов переработки нефти и газа; 2. Приобретение навыков расчетной работы с использованием эмпирических методов расчета физико-химических свойств перерабатываемого нефтяного сырья и продуктов.

## 2 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с индикаторами достижения компетенций

Процесс изучения дисциплины «Расчеты основных процессов и аппаратов нефтегазопереработки» направлен на формирование следующих компетенций в соответствии с ФГОС ВО и основной образовательной программой (таблица 1):

Таблица 1 – Компетенции и индикаторы их достижения

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения	Планируемые результаты обучения по дисциплине
<b>Профессиональные</b>		
ОПК-4 Способен обеспечивать проведение технологического процесса, использовать технические средства для контроля параметров технологического процесса, свойств сырья и готовой продукции, осуществлять	ОПК-4.1 Знает типовые технологические процессы и возможности их оптимизации ОПК-4.2 Умеет использовать технические средства для контроля параметров технологического	Знает методы очистки дистиллятов и остатков переработки нефти; пути улучшения эксплуатационных характеристик нефтепродуктов; оборудование, необходимое для проведения химико-технологического процесса; проблемы экологии; организационные средства охраны окружающей среды. Умеет выбрать рациональную схему производ-

изменение параметров технологического процесса при изменении свойств сырья	процесса, свойств сырья и готовой продукции ОПК-4.3 Владеет навыками изменения параметров технологического процесса при изменении свойств сырья	ства заданного продукта, оценить технологическую эффективность производства; произвести выбор приборов для контроля и регулирования технологических процессов; выбрать наиболее экологически безопасные растворители; анализировать и выбирать наиболее эффективные технологические приемы для производства различных продуктов нефтехимического производства. Владеет навыками технологических расчетов отдельных узлов и аппаратов процессов очистки нефтепродуктов; навыками проектирования основных аппаратов получения товарных нефтепродуктов; навыками выбора рационального способа снижения воздействия на окружающую среду; навыками разработки современных процессов очистки и разделения нефтяного сырья.
--	--	---

### 3 Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Дисциплина «Расчеты основных процессов и аппаратов нефтегазопереработки» изучается на 4 курсе, 7 семестре.

Дисциплина входит в состав блока 1 «Дисциплины (модули)» и относится к вариативной части.

Для освоения дисциплины необходимы знания, умения, навыки и / или опыт практической деятельности, сформированные в процессе изучения дисциплин / практик: «Оборудование нефтегазоперерабатывающих заводов», «Технология первичной переработки нефти и газа», «Производственная практика (технологическая (проектно-технологическая) практика), 6 семестр».

Знания, умения и навыки, сформированные при изучении дисциплины «Расчеты основных процессов и аппаратов нефтегазопереработки», будут востребованы при изучении последующих дисциплин: «Производственная практика (преддипломная практика)», «Производственная практика (технологическая (проектно-технологическая) практика), 8 семестр».

Дисциплина «Расчеты основных процессов и аппаратов нефтегазопереработки» частично реализуется в форме практической подготовки.

Дисциплина «Расчеты основных процессов и аппаратов нефтегазопереработки» в рамках воспитательной работы направлена на формирование у обучающихся активной гражданской позиции, уважения к правам и свободам человека, знания правовых основ и законов, воспитание чувства ответственности или умения аргументировать, самостоятельно мыслить, развивает творчество, профессиональные умения или творчески развитой личности, системы осознанных знаний, ответственности за выполнение учебно-производственных заданий и т.д.

### 4 Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся

Общая трудоемкость (объем) дисциплины составляет 4 з.е., 144 акад. час.

Распределение объема дисциплины (модуля) по видам учебных занятий представлено в таблице 2.

Таблица 2 – Объем дисциплины (модуля) по видам учебных занятий

Объем дисциплины	Всего академи-
------------------	----------------

	ческих часов
Общая трудоемкость дисциплины	144
<b>Контактная аудиторная работа обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий), всего</b>	64
<b>В том числе:</b>	
<b>занятия лекционного типа</b> (лекции и иные учебные занятия, предусматривающие преимущественную передачу учебной информации педагогическими работниками), в том числе в форме практической подготовки:	32
<b>занятия семинарского типа</b> (семинары, практические занятия, практикумы, лабораторные работы, коллоквиумы и иные аналогичные занятия), в том числе в форме практической подготовки:	32
<b>Самостоятельная работа обучающихся и контактная работа</b> , включающая групповые консультации, индивидуальную работу обучающихся с преподавателями (в том числе индивидуальные консультации); взаимодействие в электронной информационно-образовательной среде вуза	80
Промежуточная аттестация обучающихся – Зачет с оценкой	0

**5 Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебной работы**

Таблица 3 – Структура и содержание дисциплины (модуля)

Наименование разделов, тем и содержание материала	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу обучающихся и трудоемкость (в часах)			СРС
	Контактная работа преподавателя с обучающимися			
	Лекции	Семинарские (практические занятия)	Лабораторные занятия	
<b>Раздел 1.</b>				
<b>Введение.</b> Классификация основных процессов нефтегазопереработки и общие принципы технологического расчета аппаратуры в программной среде MathCAD. Последовательность расчета аппаратов. Движущая сила процессов.	4			8
<b>Процессы перемещения жидкостей.</b> Теория и последовательность расчета насосов в среде MathCAD и Microsoft Excel.	4			8

<b>Расчет насосов.</b> Режим движения потока. Гидравлический радиус и эквивалентный диаметр. Уравнение Бернулли. Определение величины потери напора. Определение коэффициента трения. Определение значений коэффициентов местных сопротивлений. Выбор скорости потоков в трубопроводах и каналах. Мощность насоса и двигателя к нему. Выбор типа и подбор по каталогу марки насоса.		4		4
<b>Машины для сжатия газов.</b> Вентиляторы. Нагнетатели (газодувки). Компрессоры. Расход энергии на сжатие газа, мощность на валу компрессора. Производительность компрессора. Полный напор компрессорной машины. . Теория и последовательность расчета в среде MathCAD и Microsoft Excel.		4		4
<b>Расчет машин для сжатия газов.</b> Расчет газодувки. Расчет компрессора. Теория и последовательность расчета в среде MathCAD и Microsoft Excel		4		4
<b>Теплообменные процессы.</b> Тепловой баланс. Теплопроводность. Теплоотдача. Средняя разность температур. Влияние загрязнения теплообменной поверхности.	4			8
<b>Теплообменное оборудование.</b> Расчет и подбор теплообменного оборудования. Решение задач в среде MathCAD и Microsoft Excel	4			8
<b>Трубчатые печи.</b> Характеристика огневых нагревателей. Проектирование трубчатых печей. Теплота сгорания топлива. Полезная тепловая нагрузка печи. КПД печи. Теория и последовательность расчета в среде MathCAD и Microsoft Excel		4		4
<b>Расчет трубчатых печей.</b> Расчет радиантной секции печи. Расчет конвекционной секции печи. Решение в среде MathCAD и Microsoft Excel		4		4
<b>Ректификация.</b> Материальный и тепловые балансы колонн. Минимальное число тарелок. Флегмовое число. Способы орошения. Методы расчета числа теоретических тарелок. Простые и сложные колонны. Теория и последовательность расчета в среде MathCAD и Microsoft Excel		4		4
<b>Ректификация.</b> Расчет ректификационной колонны. Метод ключевых компонентов. Метод температурной границы деления смеси. Аналитический расчет процесса ректификации многокомпонентной смеси в сложной колонне. Теория и последовательность расчета в среде MathCAD и Microsoft Excel	4			8
<b>Сепараторы.</b> Основные соотношения для	6			4

расчета сепараторов. Технологический расчет сепараторов-очистителей при разделении суспензий. Технологический расчет сепараторов для разделения эмульсий. Теория и последовательность расчета в среде MathCAD и Microsoft Excel				
<b>Сепараторы.</b> Расчет вертикального гравитационного сепаратора по газу и по жидкости. Расчет горизонтального гравитационного сепаратора. Теория и последовательность расчета в среде MathCAD и Microsoft Excel	6			4
<b>Основы расчета реакционных устройств термических процессов.</b> Теория и последовательность расчета в среде MathCAD и Microsoft Excel		2		2
<b>Расчет реакционных устройств термических процессов.</b> Расчет реакционных змеевика и камеры установок термического крекинга под давлением. Расчет реакционных аппаратов установок коксования нефтяных остатков. Расчет печей и реакторов установок пиролиза нефтяного и газового сырья. Теория и последовательность расчета в среде MathCAD и Microsoft Excel		2		2
<b>Основы расчета реакторов и регенераторов каталитических процессов.</b> Теория и последовательность расчета в среде MathCAD и Microsoft Excel		2		2
<b>Расчет реакторов каталитических процессов:</b> расчет аппаратов установок каталитического крекинга, каталитического риформинга, каталитической изомеризации, гидроочистки. Теория и последовательность расчета в среде MathCAD и Microsoft Excel		2		2
<b>ИТОГО по дисциплине</b>	32	32		80

#### **6 Внеаудиторная самостоятельная работа обучающихся по дисциплине (модулю)**

При планировании самостоятельной работы студенту рекомендуется руководствоваться следующим распределением часов на самостоятельную работу (таблица 4):

Таблица 4 – Рекомендуемое распределение часов на самостоятельную работу

<b>Компоненты самостоятельной работы</b>	<b>Количество часов</b>
Изучение теоретических основ,	20
Решение расчетных задач	32
Выполнение РГР	28

## 7 Оценочные средства для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине (модулю)

Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации представлен в Приложении 1.

Полный комплект контрольных заданий или иных материалов, необходимых для оценивания результатов обучения по дисциплине (модулю), практике хранится на кафедре-разработчике в бумажном и электронном виде.

## 8 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)

### 8.1 Основная литература

1. Поникаров, С.И. Конструирование и расчет элементов химического оборудования: учебник / И.И. Поникаров, С.И. Поникаров. - М.: Альфа-М, 2010. - 382 с.: ил.; 60x90 1/16. (переплет) ISBN 978-5-98281-174-5 - Режим доступа: <http://znanium.com/catalog/product/184786>
2. Машины и аппараты химических производств и нефтегазопереработки: Учебник / И.И. Поникаров, М.Г. Гайнуллин. - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Альфа-М, 2006. - 608 с.: 60x90 1/16. (переплет) ISBN 5-98281-059-2 - Режим доступа: <http://znanium.com/catalog/product/106863>
3. Поникаров, И.И. Расчеты машин и аппаратов химических производств и нефтегазопереработки (примеры и задачи): Учебное пособие / И.И. Поникаров, С.И. Поникаров, С.В. Рачковский. - М.: Альфа-М, 2008. - 720 с.: ил.; 60x90 1/16. (п) ISBN 978-5-98281-132-5 - Режим доступа: <http://znanium.com/catalog/product/135286>
4. Нефтепереработка: практический вводный курс: учебное пособие / Подвинцев И.Б., - 2-е изд., перераб. И доп. – Долгопрудный: Интеллект, 2015. – 160 с. ISBN 978-5-91559-190-4/[www.znanium.com/catalog.php](http://www.znanium.com/catalog.php), ограниченный. – Загл. С экрана.
5. Зимняков, В. М. Основы расчета и конструирования машин и аппаратов перерабатывающих производств [Электронный ресурс] : учебник / Зимняков В.М., Курочкин А.А., Спицын И.А. и др. - М.: НИЦ ИНФРА-М, 2016. - 360 с. // ZNANIUM.COM : электронно-библиотечная система. – Режим доступа: <http://www.znanium.com/catalog.php>, ограниченный. – Загл. с экрана.
6. Расчет ректификационных колонн установок перегонки нефти [Электронный ресурс]: учебное пособие/ А.А. Гречухина [и др.]— Электрон. текстовые данные.— Казань: Казанский национальный исследовательский технологический университет, 2017.— 92 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/79495.html>.— ЭБС «IPRbooks»
7. Белявский, О.Г. Изучение процессов и аппаратов нефтехимической отрасли с применением учебных динамических компьютерных моделей [Электронный ресурс] : практикум / О. Г. Белявский, А. М. Калашников, А. В. Третьяков. — Электрон. текстовые данные. — Омск: Омский государственный технический университет, 2015. — 151 с. — 978-5-8149-1950-2. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/58089.html>
8. Агабеков, В. Е. Нефть и газ. Технологии и продукты переработки [Электронный ресурс] : монография / В. Е. Агабеков, В. К. Косяков. — Электрон. текстовые данные. — Минск: Белорусская наука, 2011. — 459 с. — 978-985-08-1359-6. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/10108.html>
9. Назаров, А.А. Аппараты нефтегазовых технологий [Электронный ресурс] : учебное пособие / А. А. Назаров, С. И. Поникаров, С. А. Вилохин [и др.]. — Электрон. текстовые данные. — Казань: Казанский национальный исследовательский технологический университет, 2015. — 215 с. — 978-5-7882-1393-4. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/62154.html>
10. Зиновьева Л.М. Сбор, транспорт и хранение нефти на промыслах [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Зиновьева Л.М., Коновалова Л.Н., Верисокин А.Б.— Электрон. текстовые данные.— Ставрополь: Северо-Кавказский федеральный университет, 2017.—



230 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/75593.html>.— ЭБС «IPRbooks»

### 8.2 Дополнительная литература

1. Касаткин, А.Г. Основные процессы и аппараты химической технологии : учебник для вузов / А. Г. Касаткин. - 8-е изд., перераб. - М.: Химия, 1991. - 789с. – 15 экз
2. Дытнерский, Ю.И. Процессы и аппараты химической технологии : учебник для вузов: в 2 ч. Ч.2 : Массообменные процессы и аппараты / Ю. И. Дытнерский. - М.: Химия, 1992. - 384с. -20 экз
3. Дытнерский, Ю.И. Процессы и аппараты химической технологии : учебник для вузов: в 2 ч. Ч.1 : Теоретические основы процессов химической технологии. Гидромеханические и тепловые процессы и аппараты / Ю. И. Дытнерский. - М.: Химия, 1992. - 416с. – 18 экз
4. Романков, П.Г. Методы расчета процессов и аппаратов химической технологии (примеры и задачи) [Электронный ресурс] : учебное пособие для вузов / П. Г. Романков, В. Ф. Фролов, О. М. Флисюк. — Электрон. текстовые данные. — СПб. : ХИМИЗДАТ, 2017. — 544 с. — 978-5-93808-290-8. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/67350.html>

### 8.3 Методические указания для студентов по освоению дисциплины

1. Петров, В.В. Расчет процессов и аппаратов ректификации: учебное пособие / В.В. Петров, А.В. Моисеев. – Комсомольск-на-Амуре : ФГБОУ ВПО «КнАГТУ», 2012. – 156 с.
2. Моисеев, А. В. Расчетные методы определения физико-химических свойств углеводородных систем, нефтей и нефтепродуктов: примеры и задачи / А.В. Моисеев, учебное пособие. – Комсомольск-на-Амуре «КнАГТУ», 2010. – 179 с.
3. Моисеев, А.В. Расчет моделей химических реакторов : методические указания к лабораторным работам по курсу «Расчеты химических процессов и реакторов» / А.В. Моисеев, Г.М. Гринфельд. – Комсомольск-на-Амуре : ФГБОУ ВПО «КнАГТУ», 2013. – 15 с.
4. Моисеев, А.В. Аналитическое решение прямой задачи химической кинетики: методические указания к лабораторным работам по курсу «Расчеты химических процессов и реакторов» / сост.: А.В. Моисеев, Г.М. Гринфельд. Комсомольск-на-Амуре: ФГБОУ ВПО "КнАГТ", 2013. – 36.
5. Моисеев, А.В. Термодинамический анализ химических реакций: методические указания к лабораторной работе по курсу «Расчеты химических процессов и реакторов» / сост.: А.В. Моисеев. - Комсомольск-на-Амуре: ФГБОУ ВПО "КнАГТУ", 2013. – 36.
6. Методики расчетов по дисциплине «Расчеты основных процессов и аппаратов нефтегазопереработки» представлены /<https://knastu.ru/students/>личный кабинет.

8.4 Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы, используемые при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

1. Реферативно-библиографические базы данных ВИНТИ по естественным наукам (<http://www.viniti.ru/products/viniti-database>) ► "Химия", "Физика", "Биология" и другие
2. ChemExper Chemical Directory ([chemexper.com](http://chemexper.com)) ► Каталог химических веществ и их поставщиков.
3. ChemSynthesis ([chemsynthesis.com](http://chemsynthesis.com)) ► База данных химических веществ, содержит также информацию по методам их синтеза и физическим свойствам, таким как плотность, точка плавления, точка кипения и т.д.
4. TOXNET ([nlm.nih.gov/index.htm](http://nlm.nih.gov/index.htm)) ► База данных по токсикологии, опасным химическим соединениям, состоянию окружающей среды и здоровья.

8.5 Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины (модуля)

1. Википедия <http://ru.wikipedia.org>
2. Химический портал <http://www.ximuk.ru>
3. Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://elibrary.ru>, свободный.
4. Естественнонаучный образовательный портал [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://en.edu.ru>, свободный.

8.6 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение, используемое при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Таблица 5 – Перечень используемого программного обеспечения

Наименование ПО	Реквизиты / условия использования
OpenOffice	условия использования по ссылке: <a href="https://www.openoffice.org/license.html">https://www.openoffice.org/license.html</a>

## 9 Организационно-педагогические условия

Организация образовательного процесса регламентируется учебным планом и расписанием учебных занятий. Язык обучения (преподавания) - русский. Для всех видов аудиторных занятий академический час устанавливается продолжительностью 45 минут.

При формировании своей индивидуальной образовательной траектории обучающийся имеет право на перезачет соответствующих дисциплин и профессиональных модулей, освоенных в процессе предшествующего обучения, который освобождает обучающегося от необходимости их повторного освоения.

### 9.1 Образовательные технологии

Учебный процесс при преподавании курса основывается на использовании традиционных, инновационных и информационных образовательных технологий. Традиционные образовательные технологии представлены лекциями и семинарскими (практическими) занятиями. Инновационные образовательные технологии используются в виде широкого применения активных и интерактивных форм проведения занятий. Информационные образовательные технологии реализуются путем активизации самостоятельной работы студентов в информационной образовательной среде.

### 9.2 Занятия лекционного типа

Лекционный курс предполагает систематизированное изложение основных вопросов учебного плана.

На первой лекции лектор обязан предупредить студентов, применительно к какому базовому учебнику (учебникам, учебным пособиям) будет прочитан курс.

Лекционный курс должен давать наибольший объем информации и обеспечивать более глубокое понимание учебных вопросов при значительно меньшей затрате времени, чем это требуется большинству студентов на самостоятельное изучение материала.

### 9.3 Занятия семинарского типа

Семинарские занятия представляют собой детализацию лекционного теоретического материала, проводятся в целях закрепления курса и охватывают все основные разделы.

Основной формой проведения семинаров является обсуждение наиболее проблемных и сложных вопросов по отдельным темам, а также разбор примеров и ситуаций в аудиторных условиях. В обязанности преподавателя входят: оказание методической помощи и консультирование студентов по соответствующим темам курса.

Активность на семинарских занятиях оценивается по следующим критериям:

- ответы на вопросы, предлагаемые преподавателем;
- участие в дискуссиях;
- выполнение проектных и иных заданий;
- ассистирование преподавателю в проведении занятий.

Ответ должен быть аргументированным, развернутым, не односложным, содержать ссылки на источники.

Доклады и оппонирование докладов проверяют степень владения теоретическим материалом, а также корректность и строгость рассуждений.

Оценивание заданий, выполненных на семинарском занятии, входит в накопленную оценку.

#### **9.4 Самостоятельная работа обучающихся по дисциплине (модулю)**

Самостоятельная работа студентов – это процесс активного, целенаправленного приобретения студентом новых знаний, умений без непосредственного участия преподавателя, характеризующийся предметной направленностью, эффективным контролем и оценкой результатов деятельности обучающегося.

Цели самостоятельной работы:

- систематизация и закрепление полученных теоретических знаний и практических умений студентов;
- углубление и расширение теоретических знаний;
- формирование умений использовать нормативную и справочную документацию, специальную литературу;
- развитие познавательных способностей, активности студентов, ответственности и организованности;
- формирование самостоятельности мышления, творческой инициативы, способностей к саморазвитию, самосовершенствованию и самореализации;
- развитие исследовательских умений и академических навыков.

Самостоятельная работа может осуществляться индивидуально или группами студентов в зависимости от цели, объема, уровня сложности, конкретной тематики.

Технология организации самостоятельной работы студентов включает использование информационных и материально-технических ресурсов университета.

Контроль результатов внеаудиторной самостоятельной работы студентов может проходить в письменной, устной или смешанной форме.

Студенты должны подходить к самостоятельной работе как к наиважнейшему средству закрепления и развития теоретических знаний, выработке единства взглядов на отдельные вопросы курса, приобретения определенных навыков и использования профессиональной литературы.

#### **9.5 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины**

При изучении дисциплины обучающимся целесообразно выполнять следующие рекомендации:

1. Изучение учебной дисциплины должно вестись систематически.

2. После изучения какого-либо раздела по учебнику или конспектным материалам рекомендуется по памяти воспроизвести основные термины, определения, понятия раздела.

3. Особое внимание следует уделить выполнению отчетов по практическим занятиям и индивидуальным комплексным заданиям на самостоятельную работу.

4. Вся тематика вопросов, изучаемых самостоятельно, задается на лекциях преподавателем. Им же даются источники (в первую очередь вновь изданные в периодической научной литературе) для более детального понимания вопросов, озвученных на лекции.

При самостоятельной проработке курса обучающиеся должны:

- просматривать основные определения и факты;
- повторить законспектированный на лекционном занятии материал и дополнить его с учетом рекомендованной по данной теме литературы;
- изучить рекомендованную литературу, составлять тезисы, аннотации и конспекты наиболее важных моментов;
- самостоятельно выполнять задания, аналогичные предлагаемым на занятиях;
- использовать для самопроверки материалы фонда оценочных средств.

## **10 Описание материально-технического обеспечения, необходимого для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)**

### **10.1 Учебно-лабораторное оборудование**

Таблица 6 – Перечень оборудования лаборатории

Аудитория	Наименование аудитории (лаборатории)	Используемое оборудование
417/1	Мультимедийная аудитория, вместимостью 30 человек.	Современные средства воспроизведения и визуализации любой видео и аудио информации, получения и передачи электронных документов. Типовая комплектация мультимедийной аудитории состоит из: мультимедийного проектора, автоматизированного проекционного экрана, акустической системы, включающей тач скрин доску, персональный компьютер (с техническими характеристиками не ниже Intel Core i3-2100, DDR3 4096Mb, 500Gb), интерфейсы подключения: USB, audio, HDMI.

### **10.2 Технические и электронные средства обучения**

Отсутствуют

## **11 Иные сведения**

### **Методические рекомендации по обучению лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов**

Освоение дисциплины обучающимися с ограниченными возможностями здоровья может быть организовано как совместно с другими обучающимися, так и в отдельных

группах. Предполагаются специальные условия для получения образования обучающимися с ограниченными возможностями здоровья.

Профессорско-педагогический состав знакомится с психолого-физиологическими особенностями обучающихся инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья, индивидуальными программами реабилитации инвалидов (при наличии). При необходимости осуществляется дополнительная поддержка преподавания тьюторами, психологами, социальными работниками, прошедшими подготовку ассистентами.

В соответствии с методическими рекомендациями Минобрнауки РФ (утв. 8 апреля 2014 г. N АК-44/05вн) в курсе предполагается использовать социально-активные и рефлексивные методы обучения, технологии социокультурной реабилитации с целью оказания помощи в установлении полноценных межличностных отношений с другими студентами, создании комфортного психологического климата в студенческой группе. Подбор и разработка учебных материалов производится с учетом предоставления материала в различных формах: аудиальной, визуальной, с использованием специальных технических средств и информационных систем.

Освоение дисциплины лицами с ОВЗ осуществляется с использованием средств обучения общего и специального назначения (персонального и коллективного использования). Материально-техническое обеспечение предусматривает приспособление аудиторий к нуждам лиц с ОВЗ.

Форма проведения аттестации для студентов-инвалидов устанавливается с учетом индивидуальных психофизических особенностей. Для студентов с ОВЗ предусматривается доступная форма предоставления заданий оценочных средств, а именно:

- в печатной или электронной форме (для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата);
- в печатной форме или электронной форме с увеличенным шрифтом и контрастностью (для лиц с нарушениями слуха, речи, зрения);
- методом чтения ассистентом задания вслух (для лиц с нарушениями зрения).

Студентам с инвалидностью увеличивается время на подготовку ответов на контрольные вопросы. Для таких студентов предусматривается доступная форма предоставления ответов на задания, а именно:

- письменно на бумаге или набором ответов на компьютере (для лиц с нарушениями слуха, речи);
- выбором ответа из возможных вариантов с использованием услуг ассистента (для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата);
- устно (для лиц с нарушениями зрения, опорно-двигательного аппарата).

При необходимости для обучающихся с инвалидностью процедура оценивания результатов обучения может проводиться в несколько этапов.

## ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

### по дисциплине

#### «Расчеты основных процессов и аппаратов нефтегазопереработки»

Направление подготовки	18.03.01 Химическая технология
Направленность (профиль) образовательной программы	Переработка полезных ископаемых
Квалификация выпускника	Бакалавр
Год начала подготовки (по учебному плану)	2024
Форма обучения	Очная форма
Технология обучения	Традиционная

Курс	Семестр	Трудоемкость, з.е.
4	7	4

Вид промежуточной аттестации	Обеспечивающее подразделение
Зачет с оценкой	Кафедра «Химия и химические технологии»

## 1 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с индикаторами достижения компетенций

Таблица 1 – Компетенции и индикаторы их достижения

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения	Планируемые результаты обучения по дисциплине
<b>Профессиональные</b>		
ОПК-4 Способен обеспечивать проведение технологического процесса, использовать технические средства для контроля параметров технологического процесса, свойств сырья и готовой продукции, осуществлять изменение параметров технологического процесса при изменении свойств сырья	<p>ОПК-4.1 Знает типовые технологические процессы и возможности их оптимизации</p> <p>ОПК-4.2 Умеет использовать технические средства для контроля параметров технологического процесса, свойств сырья и готовой продукции</p> <p>ОПК-4.3 Владеет навыками изменения параметров технологического процесса при изменении свойств сырья</p>	<p>Знает методы очистки дистиллятов и остатков переработки нефти; пути улучшения эксплуатационных характеристик нефтепродуктов; оборудование, необходимое для проведения химико-технологического процесса; проблемы экологии; организационные средства охраны окружающей среды.</p> <p>Умеет выбрать рациональную схему производства заданного продукта, оценить технологическую эффективность производства; произвести выбор приборов для контроля и регулирования технологических процессов; выбрать наиболее экологически безопасные растворители; анализировать и выбирать наиболее эффективные технологические приемы для производства различных продуктов нефтехимического производства.</p> <p>Владеет навыками технологических расчетов отдельных узлов и аппаратов процессов очистки нефтепродуктов; навыками проектирования основных аппаратов получения товарных нефтепродуктов; навыками выбора рационального способа снижения воздействия на окружающую среду; навыками разработки современных процессов очистки и разделения нефтяного сырья.</p>

Таблица 2 – Паспорт фонда оценочных средств

Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Формируемая компетенция	Наименование оценочного средства	Показатели оценки
Все разделы	ОПК-4	<p>1. Практические занятия</p> <p>2.РГР</p>	<p>Аргументированность и правильность ответов</p> <p>Оцениваются владение материалом по теме работы, владение методами, умения и навыки, необходимые для выполнения задания</p>

## 2 Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующие процесс формирования компетенций

Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, представлены в виде технологической карты дисциплины (таблица 3).

Таблица 3 – Технологическая карта

Наименование оценочного средства	Сроки выполнения	Шкала оценивания	Критерии оценивания
<b>7 семестр</b> <b>Промежуточная аттестация в форме «Зачет с оценкой»</b>			
Практические занятия, 8 пар	В течение семестра	40 баллов	5 баллов – студент показал отличные навыки применения полученных знаний и умений при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала. 4 балла – студент показал хорошие навыки применения полученных знаний и умений при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала. 3 балла – студент показал удовлетворительное владение навыками применения полученных знаний и умений при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала. 2 балла – студент продемонстрировал недостаточный уровень владения умениями и навыками при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала. 0 баллов – задание не выполнено.
РГР	В течение семестра	25 баллов	25 баллов - студент правильно выполнил задание. Показал отличные знания в рамках усвоенного учебного материала. 20 баллов - студент выполнил задание с небольшими неточностями. Показал хорошие знания в рамках усвоенного учебного материала. 15 баллов - студент выполнил задание с существенными неточностями. Показал удовлетворительные знания в рамках усвоенного учебного материала. 10 балла - при выполнении задания студент продемонстрировал недостаточный уровень знаний. 0 баллов – задание не выполнено.
<b>ИТОГО:</b>		65 баллов	
<p><b>Критерии оценки результатов обучения по дисциплине:</b>  0 – 64 % от максимально возможной суммы баллов – «неудовлетворительно» (недостаточный уровень для промежуточной аттестации по дисциплине);  65 – 74 % от максимально возможной суммы баллов – «удовлетворительно» (пороговый</p>			



(минимальный) уровень);  
 75 – 84 % от максимально возможной суммы баллов – «хорошо» (средний уровень);  
 85 – 100 % от максимально возможной суммы баллов – «отлично» (высокий (максимальный) уровень)

### Задания для текущего контроля

#### 1. Практические задания – выполнение обязательно

Включают в себя самостоятельное решение задач по пройденным темам при необходимой текущей консультации преподавателя. Решенные задачи оформляются в отдельной тетради и сдаются на проверку по окончании занятия.

#### Примеры типовых заданий для практических занятий

##### *Введение*

1. Движущей силой МОП (массообменных процессов) является:
  - a) Разность давлений
  - b) Разность температур
  - c) Разность концентраций
  
2. Очистка водопроводной воды угольным фильтром - это:
  - a) Абсорбции
  - b) Адсорбция
  - c) Десорбция
  
3. Твердофазное экстрагирование проходит по схеме:
  - a)  $T \rightarrow Ж$
  - b)  $T \leftarrow Ж$
  - c)  $T = Ж$
  
4. Что не относится к МОП:
  - a) Экстракция
  - b) Фильтрование
  - c) Кристаллизация
  
7. Мольная доля соляной кислоты в смеси, приготовленной из 12 молей воды и 3 молей кислоты равна:
  - a) 0,2
  - b) 0,25
  - c) 0,4
  
8. Для чего создается вакуум в колонне:
  - a) Для уменьшения числа тарелок
  - b) Для понижения температуры кипения компонентов
  - c) Для уменьшения размеров колонны

9. Ректификация осуществляется:

- a) Всегда периодически
- b) Всегда непрерывно
- c) Периодически или непрерывно

11. Ректификационная колонна называется простой, если:

- a) Из нее выходит две фракции
- b) В ней мало тарелок
- c) Она имеет небольшие размеры

12. С увеличением флегмового числа число тарелок в колонне:

- a) увеличивается
- b) уменьшается
- c) не меняется

14. Назвать нижнюю часть колонны:

- a) Укрепляющая
- b) Питающая
- c) Исчерпывающая

15. Температура внутри колонны возрастает :

- a) Снизу вверх
- b) Сверху вниз
- c) Не изменяется

16. С увеличением температуры плотность:

- a) Увеличивается
- b) Уменьшается
- c) Не изменяется

17. Относительная массовая доля бензола в смеси, содержащей 50 г бензола и 200 г толуола равна:

- a) 0,25
- b) 0,40
- c) 0,50

18. С увеличением летучести компонента его парциальное давление:

- a) Уменьшается
- b) Увеличивается
- c) Не изменяется

19. Сколько простых колонн необходимо для разделения трехкомпонентной смеси:

- a) 1
- b) 2

с) 3

20. Чему равно парциальное давление компонента в воздушной смеси при нормальных условиях, если его объемная доля 0,9:

- a) 684 мм.рт.ст.
- b) 760 мм.рт.ст.
- c) 76 мм.рт.ст.

21. Другие названия низкокипящего компонента:

- a) Дистиллятный, тяжелый
- b) Остаточный, легкий
- c) Дистиллятный, легкий

22. Определить мольную долю компонента в воздушной смеси при нормальных условиях, если его парциальное давление 152 мм.рт.ст.:

- a) 0,1
- b) 0,2
- c) 0,3

23. Чему равна плотность смеси двух газов, если их мольные доли одинаковы, а плотности равны соответственно  $1,2 \text{ кг/м}^3$  и  $1,6 \text{ кг/м}^3$ :

- a)  $1,3 \text{ кг/м}^3$
- b)  $1,4 \text{ кг/м}^3$
- c)  $1,5 \text{ кг/м}^3$

24. Отношение количества дистиллята, возвращаемого в колонну к количеству дистиллята, отобранного в виде готового продукта – это:

- a) Флегмовое число
- b) Относительный расход дистиллята
- c) Мольный расход дистиллята

25. Можно ли дистилляцией разделить смесь, состоящую из 4 компонентов:

- a) Да
- b) Нет

26. Что такое массообменные процессы?

- a) Процесс, при котором одно или несколько веществ переходит из одной фазы в другую;
- b) Процесс распределения нескольких компонентов в жидкой фазе;
- c) Концентрирование распределяемого компонента в газовой фазе.

27. Движущая сила массообменных процессов?

- a) Разность парциальных давлений;
- b) Разность температур;

- c) Разность концентраций распределяемого компонента;
- d) Разность общих давлений.

28. Что такое адсорбционный процесс?

- a) Процесс избирательного поглощения одного или нескольких компонентов из газовой или паровой смеси жидким поглотителем;
- b) Процесс избирательного поглощения одного или нескольких компонентов из газовой или жидкой смеси твердыми поглотителями;
- c) Процесс извлечения из твердого или жидкого вещества одного или нескольких компонентов путем обработки этого вещества жидким растворителем.

29. Что такое абсорбционный процесс?

- a) Процесс избирательного поглощения одного или нескольких компонентов газовой или паровой смеси жидким поглотителем;
- b) Процесс избирательного поглощения компонента газа, пара или раствора твердыми веществами;
- c) Процесс извлечения из твердого или жидкого вещества одного или нескольких компонентов путем обработки этого вещества жидким растворителем.

30. Что такое экстракционный процесс?

- a) Процесс избирательного поглощения одного или нескольких компонентов из газовой или паровой смеси жидким поглотителем;
- b) Процесс избирательного поглощения компонента газа, пара или раствора твердыми телами;
- c) Процесс извлечения из твердой или жидкой смеси одного или нескольких компонентов путем обработки этого вещества жидким растворителем.

31. Что такое процесс сушки?

- a) Удаление влаги из твердых материалов с последующим переводом в паровую фазу путем подвода тепла;
- b) Процесс разделения жидких неоднородных смесей на составляющие компоненты, основанной на различной летучести их;
- c) Процесс выделения твердой фазы в кристаллическом виде из раствора или сплава

32. Что такое процесс перегонки?

- a) Удаление влаги из твердых материалов с последующим переводом в паровую фазу путем подвода тепла;
- b) Процесс разделения жидких неоднородных смесей на составляющие компоненты, основанной на различной их летучестей;
- c) Процессы выделения твердой фазы в кристаллическом виде их раствора или сплава

33. Чем обусловлена физическая адсорбция ?

- a) Взаимным притяжением молекул адсорбтива и адсорбента под действием сил Ван-дер-Ваальса;
- b) Сопровождается химическим взаимодействием;
- c) Проникновение молекул адсорбтива в поры адсорбента.

34. Чем обусловлена хемосорбция ?

- a) Взаимным притяжением молекул адсорбтива и адсорбента под действием сил Ван-дер-Ваальса;
- b) Сопровождается химическим взаимодействием;
- c) Проникновение молекул адсорбтива в поры адсорбента;

35. Что такое процесс ректификации ?

- a) Многократное испарение легколетучего компонента из жидкости с последующей их конденсацией;
- b) Однократное частичное испарение разделяемое смеси с последующей конденсации образующихся паров;
- c) Разделение бинарных смесей за счет подвода тепла;
- d) Получение чистых однородных жидкостей;

36. Сопоставьте тип расчета и его суть:

- |                           |   |
|---------------------------|---|
| a) Технологический расчет | А) При его проведении определяются размеры рабочих сечений аппарата и перепады давления, обеспечивающие работу при полученных в технологическом расчете материальных и энергетических потоках рабочих сред. |
| b) Гидравлический расчет  | В) При его проведении обосновываются рабочие параметры процесса (давление, температура и т.п), определяются материальные и энергетические потоки и уточняются расходные нормы.                              |
| c) Механический расчет    | С) При его проведении обосновываются выбор материалов, конструкции элементов аппарата, толщины стенок и т.п., обеспечивающие безопасную, надежную и длительную эксплуатацию аппарата.                       |

### Расчет насосов

Определить основные параметры центробежного насоса для подачи орошения из емкости А на верхнюю тарелку ректификационной колонны В.

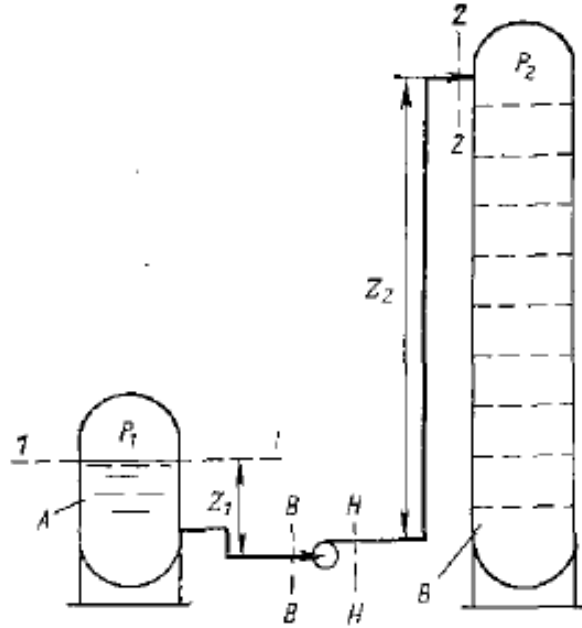


Схема перекачки

#### Условие задачи по вариантам

№ варианта	Плотность орошения (при температуре перекачки, $\rho$ , кг/м <sup>3</sup> )	Вязкость (при температуре перекачки), $\nu$ , сСт	Расход орошения L, кг/ч	Длина всасывающего трубопровода, $l_{вс}$ , м	Длина нагнетательной линии, $l_{н}$ , м	Высота уровня продукта емкости А, м	Высота подачи орошения, м	Давление в емкости, $P_1$ , кПа	Давление наверху колонны, $P_2$ , кПа
1	725	1,85	25000	25	40	3	25	101,3	122,5
2	700	4,20	30000	24	50	5	24	101,3	121,3
3	698	3,12	29000	29	45	4	15	101,3	130,1
4	680	2,15	36521	30	42	4	16	101,3	132,5
5	732	2,10	34125	35	51	5	18	101,3	138,0
6	750	1,85	37500	24	53	6	27	101,3	140,0
7	752	1,74	38400	21	57	4	20	101,3	139,2
8	754	1,74	32100	19	60	5	19	101,3	150,0
9	758	1,65	29800	36	35	5	21	101,3	154,0
10	691	1,86	28700	17	37	6	22	101,3	160,0
11	721	3,10	26400	20	42	3	24	101,3	150,0
12	675	2,85	34050	26	55	5	24	101,3	155,5

## Данные для расчета местных сопротивлений

Вариант	Всасывающий трубопровод			Нагнетательный трубопровод			
	Прямоугольное колено	задвижка	тройник	колесо	тройник	задвижка	клапан
1	3	1	1	4	1	1	1
2	4	2	2	3	1	2	1
3	2	1	1	4	1	2	1
4	1	3	1	3	1	1	1
5	5	1	2	4	1	1	1
6	3	2	1	2	1	2	1
7	4	1	1	3	2	1	1
8	6	2	1	2	1	2	1
9	4	4	1	3	1	1	1
10	2	2	2	4	1	2	1
11	2	1	1	2	1	1	1
12	4	2	2	3	2	2	1

## Расчет машин для сжатия газов

## Задание 1.

Газ в количестве  $V_0$  нм<sup>3</sup>/час, состава  $\text{CH}_4$  – а % (объемных),  $\text{C}_2\text{H}_6$  – б % и  $\text{C}_3\text{H}_8$  – в % сжимается компрессором от  $p_{\text{нач}}$  атм до  $p_{\text{кон}}$  ата (для тех кто не знал «ата» это технические атмосферы). Температура газа на приеме компрессора  $t_n$  °С: по выходе из компрессора газ необходимо охладить до  $t_k$  °С.

Определить: а) число необходимых ступеней сжатия; б) мощность, которую необходимо подать на вал компрессора; в) количество тепла, отнимаемые в холодильниках компрессора.

## Условие задачи по вариантам

№ вар	$V_0$	а	б	в	$p_{\text{нач}}$	$p_{\text{кон}}$	$t_n$	$t_k$
1	400	87	9	4	1	10	20	33
2	300	90	5	5	2	11	22	32
3	350	85	10	5	1	12	21	38
4	356	85	9	6	2	9	23	40
5	480	82	10	8	1	8	18	41
6	470	82	12	6	1	13	20	35
7	465	80	10	10	2	10	20	33
8	459	92	5	3	1	9	22	32
9	412	87	9	4	2	8	21	38
10	413	90	5	5	1,5	10	23	40
11	400	85	10	5	1	11	18	41
12	300	85	9	6	1,5	12	20	35
13	350	82	10	8	2	9	22	33

14	356	82	12	6	1,5	8	21	32
15	480	80	10	10	1	13	23	38
16	470	92	5	3	1,5	10	18	40
17	465	82	10	8	2	9	20	41
18	459	82	12	6	1	8	22	35
19	412	80	10	10	1,5	12	21	40
20	413	92	5	3	2	14	23	29

*Теплообменное оборудование*

*Задание 1.*

Определить поверхность теплообмена ( $F$ , м<sup>2</sup>) в теплообменниках, в которых нагревается  $G_1$  (кг/ч) нефти плотностью  $d_4^{20}$  нефти за счет охлаждения  $G_2$  кг/ч мазута плотностью  $d_4^{20}$  мазута с  $t_1$  до  $t_2$  °С. Температура поступающей нефти  $t_3$  °С. Коэффициент теплопередачи  $K$  (Вт/м<sup>2</sup>\*К), КПД принять  $\eta$

Условие задачи по вариантам

Номер варианта	$G_1$	$G_2$	$d_4^{20}$ нефти	$d_4^{20}$ мазута	$t_1$	$t_2$	$t_3$	$K$	$\eta$
1	50000	25124	0,878	0,925	320	200	110	142	0,95
2	60000	24123	0,756	0,920	330	230	115	125	0,95
3	55000	21023	0,748	0,956	340	215	120	136	0,95
4	52000	25017	0,759	0,948	310	210	141	157	0,95
5	45000	26128	0,892	0,974	350	210	125	164	0,95
6	68000	29142	0,852	0,994	300	225	132	168	0,95
7	56000	27548	0,854	0,952	340	240	110	169	0,95
8	57212	26145	0,856	0,899	342	245	115	140	0,95
9	54123	23145	0,874	0,956	320	247	120	142	0,95
10	65147	27145	0,892	0,984	315	250	141	125	0,95
11	62587	27698	0,841	0,952	315	230	125	136	0,95
12	61269	27469	0,741	0,961	320	280	132	157	0,95
13	60236	28456	0,785	0,974	330	200	110	164	0,95
14	54214	28789	0,769	0,952	340	230	115	168	0,95
15	57000	29841	0,712	0,984	310	215	120	169	0,95
16	52147	29156	0,899	0,965	350	210	141	140	0,95
17	41236	25149	0,847	0,923	300	210	125	142	0,95
18	45247	26147	0,887	0,974	340	225	132	125	0,95
19	46852	25136	0,857	0,899	342	240	110	136	0,95
20	49214	26357	0,864	0,956	320	245	115	157	0,95
21	47023	26325	0,898	0,984	315	247	120	164	0,95
22	48250	29036	0,847	0,952	320	250	141	168	0,95
23	52000	29041	0,854	0,961	315	245	125	169	0,95



*Задание 2.*

Определить расход воды в конденсаторе-холодильнике, в который поступает  $G_1$  кг/ч нефтяных паров (плотностью  $d_4^{20}$ ) и  $G_2$  кг/ч нефтяных паров. Давление наверху колонны  $P$  мм.рт.ст., температура  $t_{в.кол}$  °С. Температура продукта на выходе из холодильника  $t_{вых.х}$  °С. Вода нагревается от  $t_1$  до  $t_2$  °С.

Условие задачи по вариантам

Номер варианта	$G_1$	$d_4^{20}$	$G_2$	$P$	$t_{в.кол}$	$t_{вых.х}$	$t_1$	$t_2$
1	35000	0,785	910	930	120	40	25	37
2	30000	0,856	920	940	125	43	24	40
3	28000	0,774	900	920	126	42	24	39
4	38000	0,745	930	921	130	41	26	38
5	25687	0,715	950	885	140	39	26	36
6	34856	0,814	940	889	145	40	25	37
7	40000	0,821	900	879	136	43	24	40
8	41562	0,745	890	865	132	42	24	39
9	45215	0,824	800	846	120	41	26	38
10	23154	0,856	780	925	125	39	26	36
11	36124	0,814	785	920	126	43	25	40
12	36500	0,792	780	921	130	42	24	39
13	34500	0,745	754	885	140	41	24	38
14	38400	0,712	790	889	145	39	26	36
15	37400	0,714	821	879	136	43	26	40
16	3790	0,786	784	865	132	42	25	39
17	36100	0,812	756	846	145	41	24	38
18	35200	0,704	740	925	136	39	24	36
19	34800	0,750	746	884	132	42	26	39

*Расчет трубчатых печей**Задание 1.*

Определить поверхность и тепловую напряженность радиантных труб атмосферной печи для нагрева  $G$  кг/ч нефти от температуры  $t_1$  °С до  $t_2$  °С. Полезное тепло, сообщаемое нефти в печи,  $Q_{пол}$  ккал/ч. Топливо: сухой газ с  $Q_p^H$  ккал/кг. Количество газов, образующихся при сгорании 1 кг топлива:  $CO_2 - x$  кг/кг;  $H_2O - y$  кг/кг;  $N_2 - z$  кг/кг;  $O_2 - k$  кг/кг. Коэффициент полезного действия печи  $\eta$ . Расход топлива  $B$  кг/ч. Коэффициент избытка воздуха  $\alpha=1,2$ . Плотность нефти  $d_4^{20}$

## Условие задачи по вариантам

Номер варианта	G кг/ч	t <sub>1</sub> , °C	t <sub>2</sub> , °C	Q <sub>пол</sub> ккал/ч	Q <sub>p</sub> <sup>H</sup> ккал/кг	x кг/кг	y кг/кг	z кг/кг	k кг/кг	η	B кг/ч	d <sub>4</sub> <sup>20</sup>
1	350000	240	340	33500800	12500	3,00	2,00	14,2	0,71	0,805	4100	0,870
2	341252	230	330	34300400	11350	2,50	2,60	13,9	0,75	0,825	3800	0,850
3	365241	220	350	35120250	11400	2,41	2,45	13,6	0,69	0,830	3680	0,835
4	368541	215	340	36500640	12600	2,55	2,65	12,5	0,65	0,850	3740	0,890
5	367500	210	360	37400230	15300	1,99	2,85	14,2	0,69	0,910	3900	0,921
6	369100	230	321	33500800	14500	2,88	2,45	14,7	0,45	0,900	4000	0,864
7	345000	255	350	34300400	13560	2,54	2,12	14,3	0,57	0,840	4200	0,912
9	345250	260	380	35120250	12500	2,65	2,47	14,1	0,85	0,851	3600	0,900
10	380700	245	340	36500640	11350	2,55	2,13	13,9	0,95	0,860	3840	0,875
11	390120	285	360	37400230	11400	2,84	2,00	13,7	0,87	0,805	3950	0,845
12	300500	246	340	33500800	12600	2,01	2,60	13,8	0,84	0,910	3680	0,899
13	310400	267	345	34300400	15300	2,50	2,45	13,9	0,84	0,900	3740	0,785
14	360500	246	372	35120250	14500	2,41	2,65	13,5	0,65	0,840	3900	0,835
15	360700	220	351	36500640	13560	2,55	2,85	13,6	0,95	0,851	4000	0,890
16	350500	215	361	37400230	12500	1,99	2,45	14,5	0,99	0,805	4200	0,921
17	340000	210	354	33500800	11350	2,88	2,12	14,8	1,12	0,825	3680	0,864
18	320230	230	375	34300400	15300	2,54	2,47	14,7	1,01	0,830	3740	0,912
19	330200	255	350	35120250	14500	2,65	2,13	14,9	1,13	0,850	3900	0,900
20	340200	251	360	36500640	13560	2,01	2,45	14,2	1,24	0,807	4000	0,855

## Задание 2

Определить поверхность и тепловую напряженность конвекционных труб печи, если ее полезная тепловая нагрузка 38400500 ккал/ч. Остальные данные для расчета взять в предыдущем примере расчета поверхности радиантной камеры. Расход воздуха на сгорание 1 кг топлива представлен в таблице в соответствии с вариантом.

№ варианта	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Расход воздуха	15,00	16,00	15,52	15,42	14,95	14,85	15,85	14,42	14,21	13,75
№ варианта	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Расход воздуха	14,10	13,85	13,75	13,62	14,00	13,42	16,01	17,23	16,85	14,85

## Ректификация

## Вариант 1

Определить объемный расход паров в сечении колонны, через которое проходит 9,05 кг/с бензиновых паров (M=114 кг/кмоль) и 2,54 кг/с водяного пара. Температура в указанном сечении 118 °C, давление 0,182 МПа.

*Вариант 2*

Через секцию отбора дизельной фракции проходит в парах 7,64 кг/с бензина ( $M=108$  кг/кмоль), 16,39 кг/с керосина ( $M=148$  кг/кмоль) и 2,30 кг/с водяного пара. Температура в секции 256 °С, давление 0,179 МПа. Найти объемный расход паров в данных условиях.

*Вариант 3*

Определить секундный объем паров в сечении колонны, температура в котором равна 130 °С, давление 0,54 МПа. Через сечение проходит 12,29 кг/с паров фракции I ( $M=91$  кг/кмоль) и 4,95 кг/с паров фракции II ( $M=106$  кг/кмоль). Коэффициент сжимаемости принять равным 0,95.

*Вариант 4*

Какова допустимая линейная скорость паров в колонне с клапанными тарелками и расстоянием между ними 0,6 м, если плотность жидкости равна 841 кг/м<sup>3</sup>, плотность паров 6,37 кг/м<sup>3</sup>.

*Вариант 5*

Определить допустимую линейную скорость паров в вакуумной колонне, работающей с водяным паром, если  $\rho_{ж}=938$  кг/м<sup>3</sup> и  $\rho_{п}=4,47$  кг/м<sup>3</sup>. Расстояние между тарелками 0,6 м.

*Вариант 6*

Найти диаметр колонны, объем паров в которой равен 14,6 м<sup>3</sup>/с, а допустимая скорость паров 1,12 м/с.

*Вариант 7*

Ректификационная колонна оборудована клапанными тарелками, расстояние между ними 0,5 м. Максимальный объемный расход паров в колонне равен 7,94 м<sup>3</sup>/с,  $\rho_{ж}=751$  кг/м<sup>3</sup>,  $\rho_{п}=3,72$  кг/м<sup>3</sup>. Определить диаметр колонны.

*Вариант 8*

Допустимая линейная скорость паров в колонне равна 0,96 м/с. Через заданное сечение ( $t=320$  °С,  $p=0,195$  МПа) проходит 7,97 кг/с паров фракции I ( $M=119$  кг/кмоль), 12,86 кг/с паров фракции II ( $M=161$  кг/кмоль) 17,07 кг/с паров фракции III ( $M=216$  кг/кмоль) и 2,93 кг/с водяных паров. Найти диаметр колонны.

*Вариант 9*

В концентрационной части ректификационной колонны установлены 18 двухпоточных клапанных тарелок, в отгонной - 6 тарелок. Диаметр колонны 5 м. Расстояние между тарелками 0,6 м. Вниз колонны поступает 160 кг/с отбензиненной нефти ( $\rho_4^{20} = 0,856$ ). Принять запас нефти внизу колонны

на 8 мин и определить общую высоту колонны

### Вариант 10

Рассчитать допустимую линейную скорость паров для колонны с провальными тарелками. Плотность жидкой фазы  $732 \text{ кг/м}^3$ , плотность паровой фазы  $5,24 \text{ кг/м}^3$ . Расстояние между тарелками  $0,4 \text{ м}$ .

## Сепараторы

### Задание 1.

При прохождении нефтегазовой смеси через штуцер в сепараторе образуются капли нефти диаметром  $d$  мкм. Смесь находится под давлением  $P$  МПа при  $T^{\circ}\text{К}$ . Найти скорость осаждения капель нефти и определить пропускную способность вертикального гравитационного сепаратора по газу, если его диаметр  $D$ . Известны плотность нефти, плотность газа и его вязкость, коэффициент сверхсжимаемости.

Параметр	Варианты														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Давление сепарации, МПа	0,70	0,35	0,50	0,60	0,40	0,45	0,55	0,20	0,24	0,15	0,71	0,34	0,51	0,62	0,44
Температура сепарации, $^{\circ}\text{C}$	25	30	20	22	32	40	24	28	18	26	20	21	35	33	22
Диаметр сепаратора, м	2,2	1,4	1,2	1,6	1,0	2,0	2,6	3,0	1,6	1,8	2,2	1,4	1,2	1,6	1,0
Диаметр капли нефти, мкм	95	95	100	75	65	80	70	90	50	85	55	60	70	82	91
Плотность нефти, $\text{кг/м}^3$	818	838	860	820	815	845	870	852	887	893	815	824	830	840	880
Плотность газа при НУ, $\text{кг/м}^3$	1,80	0,75	0,90	1,2	0,88	0,84	0,70	0,80	0,67	1,1	0,78	1,15	0,83	1,08	0,95
Вязкость газа, $\cdot 10^{-5} \text{ Па}\cdot\text{с}$	3	1,3	2	1,8	1,5	1,2	1,6	1,1	1,4	1,0	2,7	1,3	1,01	2,3	3
Коэффициент сверхсжимаемости	1	0,9	1	0,85	1	0,91	1	0,88	1	0,87	1	0,93	1	0,84	1
Параметр	Варианты														
	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Давление сепарации, МПа	0,68	0,30	0,50	0,60	0,40	0,45	0,65	0,36	0,24	0,25	0,75	0,35	0,51	0,68	0,44
Температура сепарации, $^{\circ}\text{C}$	25	30	27	19	30	36	24	28	20	26	20	21	31	33	22
Диаметр сепаратора, м	2,0	1,5	1,2	1,6	1,0	2,0	2,4	3,0	1,6	1,8	2,5	1,3	1,2	1,5	1,0
Диаметр капли нефти, мкм	95	90	95	77	67	83	70	60	50	85	55	60	75	82	92
Плотность нефти, $\text{кг/м}^3$	808	840	870	820	815	845	870	850	890	853	830	864	830	840	880
Плотность газа при НУ, $\text{кг/м}^3$	1,80	0,75	0,90	1,25	0,82	0,89	0,66	0,80	0,67	1,1	0,98	1,15	0,83	1,05	0,95
Вязкость газа, $\cdot 10^{-5} \text{ Па}\cdot\text{с}$	2,7	1,3	2	1,8	1,1	1,2	1,6	1,1	1,4	1,0	2,7	1,3	1,03	2,3	3
Коэффициент сверхсжимаемости	1	0,9	1	0,85	1	0,94	1	0,88	1	0,80	1	0,91	1	0,84	1



### Задание 3

Через вертикальный сепаратор определенного диаметра проходит нефть с известной вязкостью и плотностью в количестве  $G$ . Определить скорость подъема уровня нефти в сепараторе (без учета времени, затрачиваемого на сброс) и диаметр пузырьков газа, которые поднимутся при этой скорости. В сепараторе поддерживается определенное давление, температура и известна плотность газа при условиях сепарации.

Параметр	Варианты														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Давление сепарации, МПа	1,70	1,85	1,90	1,75	1,80	1,95	1,78	1,82	1,93	1,77	1,71	1,84	1,91	1,82	1,98
Температура сепарации, °С	25	30	20	22	32	30	27	28	28	26	29	31	35	33	22
Диаметр сепаратора, м	0,9	1,1	1,2	1,0	1,0	1,2	0,9	1,1	1,2	1,0	1,1	0,9	1,2	1,0	1,1
Количество пропускаемой нефти, т/сут	200	205	210	190	200	195	215	198	211	204	197	205	195	200	194
Плотность нефти, кг/м <sup>3</sup>	818	838	860	820	815	845	870	852	887	893	815	824	830	840	880
Плотность газа при Р и Т, кг/м <sup>3</sup>	22,1	21,9	22,0	21,8	22,2	20,9	21,0	22,5	20,8	23,0	22,6	21,7	21,0	22,4	23,0
Вязкость нефти, *10 <sup>-3</sup> Па*с	10	11	10,5	9,8	10,1	11	10,3	9,6	10,7	9,9	10	10,8	10	10,4	9,8

Параметр	Варианты														
	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Давление сепарации, МПа	1,70	1,80	1,90	1,75	1,85	1,91	1,72	1,81	1,90	1,70	1,71	1,84	1,91	1,82	1,98
Температура сепарации, °С	35	30	25	26	32	30	29	28	28	26	30	31	34	33	27
Диаметр сепаратора, м	0,9	1,2	1,1	0,9	1,0	1,2	0,9	1,1	1,2	1,0	1,1	0,9	1,2	1,0	1,1
Количество пропускаемой нефти, т/сут	200	203	210	190	200	197	214	198	211	200	199	205	195	210	194
Плотность нефти, кг/м <sup>3</sup>	820	838	850	825	830	845	870	852	860	853	825	844	850	840	870
Плотность газа при Р и Т, кг/м <sup>3</sup>	22,1	21,8	22,0	21,7	22,2	20,7	21,0	22,1	20,8	23,0	22,6	21,7	21,0	22,3	23,0
Вязкость нефти, *10 <sup>-3</sup> Па*с	10	11	10,5	9,8	10	11	10,3	9,7	10,7	9,9	10	10,4	10	10,2	9,8

**Задание 4.**

Определить производительность горизонтального сепаратора по газу, если известны: диаметр и длина сепаратора, расстояние от верхней образующей до уровня нефти. Капельки нефти, оседающие в потоке газа, имеют определенный диаметр, а также известны: относительная плотность газа по воздуху, вязкость газа, плотность нефти. Общие параметры для всех вариантов: плотность воздуха при С.У. -  $1,205 \text{ кг/м}^3$ , коэффициент сжимаемости газа –  $0,95$ , рабочее давление в сепараторе -  $0,1 \text{ МПа}$ , температура в сепараторе –  $300^\circ\text{К}$

Параметр	Варианты														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Диаметр сепаратора, м	0,9	1,1	1,2	1,0	1,0	1,2	0,9	1,1	1,2	1,0	1,1	0,9	1,2	1,0	1,1
Длина сепаратора, м	4,5	4,0	4,2	4,4	4,0	4,5	4,3	4,6	4,0	4,1	4,2	4,5	4,4	4,3	4,0
Расстояние от верхней образующей до уровня нефти, м	0,50	0,45	0,51	0,46	0,52	0,47	0,50	0,44	0,45	0,51	0,52	0,45	0,50	0,46	0,41
Плотность нефти, $\text{кг/м}^3$	800	780	785	790	800	784	791	788	793	800	779	780	786	791	800
Относительная плотность газа при С.У.	0,90	0,91	0,92	0,93	0,94	0,95	0,90	0,91	0,92	0,93	0,94	0,95	0,90	0,91	0,92
Вязкость газа, $\cdot 10^{-5} \text{ Па}\cdot\text{с}$	1,0	1,1	1,05	0,99	1,01	1,1	1,03	0,96	1,07	0,98	1,0	1,08	0,97	1,04	0,98
Диаметр капелек нефти, мкм	20	25	21	24	22	23	20	25	21	24	22	23	20	25	21
Параметр	Варианты														
	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Диаметр сепаратора, м	0,9	1,1	1,2	1,0	1,1	1,2	0,9	1,1	1,2	1,0	1,1	0,9	1,2	1,0	0,9
Длина сепаратора, м	4,5	4,0	4,3	4,2	4,0	4,5	4,3	4,4	4,0	4,1	4,2	4,5	4,4	4,3	4,0
Расстояние от верхней образующей до уровня нефти, м	0,45	0,50	0,48	0,47	0,51	0,45	0,50	0,44	0,49	0,46	0,52	0,45	0,50	0,46	0,41
Плотность нефти, $\text{кг/м}^3$	805	800	780	790	785	777	795	798	791	800	775	785	778	805	800
Относительная плотность газа при С.У.	0,90	0,91	0,92	0,93	0,94	0,95	0,90	0,91	0,92	0,93	0,94	0,95	0,90	0,91	0,92
Вязкость газа, $\cdot 10^{-5} \text{ Па}\cdot\text{с}$	1,0	1,1	1,05	0,99	1,01	1,1	1,02	0,95	1,07	0,97	1,1	1,07	0,99	1,03	1,01
Диаметр капелек нефти, мкм	21	25	20	24	22	23	20	25	21	24	22	23	20	25	21

*Расчет реакционных устройств термических процессов***Задание 1**

Продолжительность термического крекинга гудрона  $t_1 = 425$  °С и выходе бензина  $\varphi = 6,2$  % масс. составляет  $\tau_1 = 2$  мин. Определить продолжительность крекинга  $\tau_2$  при  $t_2 = 480$  °С той же глубине разложения.

№ варианта	$t_1$	$\varphi$	$\tau_1$	$t_2$
1	425	6,2	8	480
2	430	7,0	4	490
3	450	8,5	5	500
4	440	7,5	5	500
5	435	6,5	6	485
6	445	8,0	7	470
7	460	9,0	8	490
8	465	9,5	5	500
9	470	10,0	6	500
10	430	6,5	4	480
11	450	8,3	9	490
12	440	7,4	10	470
13	435	6,5	11	470
14	445	8,0	12	480
15	440	7,5	15	490
16	435	6,6	13	485

### Задание 2

Определить длину  $L$  реакционного змеевика в трубчатой печи легкокрекинга полугудрона плотностью  $\rho$  кг/м<sup>3</sup>, если известно: выход бензина за однократный пропуск сырья  $X$  %; температура и давление на выходе из печи составляет  $t$  °С и  $p$  МПа соответственно; загрузка печи  $G_c$  кг/ч.

Номер варианта	$\rho$	$X$	$t$	$p$	$G_c$
1	950	4,5	450	1,60	60000
2	952	5,0	460	1,65	55000
3	953	10	470	1,70	56000
4	954	11	480	1,90	54600
5	956	6,0	490	2,12	61200
6	970	6,5	450	2,15	63200
7	975	7,0	460	2,16	64000
8	980	4,5	450	2,50	62850
9	985	6,0	460	2,60	61540
10	990	8,1	470	2,30	55600
11	995	7,5	480	2,60	56000
12	982	9,5	450	2,80	54600
13	990	10,3	460	3,02	61200
14	995	11,0	450	3,20	63200



15	1000	14,0	460	2,22	64000
16	1010	9,0	470	2,45	54200

### Задание 3

Определить высоту (H) и диаметр (D) реакционной камеры установки термического крекинга мазута, если известно, что: углубление крекинга  $\Delta X$  % по бензину; давление в камере  $p$  МПа; Температура продуктов на входе в камеру  $t_1$  °С; средняя удельная теплоемкость продуктов  $C = 2,51$  кДж/(кг К); скорость реакции крекинга  $X_1$  % масс. бензина в 1 мин при  $t$  °С; критические параметры и молекулярные массы продуктов:

газа

$$T_{кр} = 370 \text{ К} \quad P_{кр} = 4,21 \text{ МПа} \quad M=44$$

бензина

$$T_{кр} = 558 \text{ К} \quad P_{кр} = 2,98 \text{ МПа} \quad M=110,4$$

Легкого газойля

$$T_{кр} = 721 \text{ К} \quad P_{кр} = 1,94 \text{ МПа} \quad M=218$$

Тяжелого газойля

$$T_{кр} = 905 \text{ К} \quad P_{кр} = 1,33 \text{ МПа} \quad M=400$$

В реакционную камеру входит:  $G_r$  кг/ч газа,  $G_b$  кг/ч бензина,  $G_{лг}$  кг/ч легкого газойля,  $G_{тг}$  кг/ч тяжелого газойля и  $G_{ост}$  кг/ч остатка.

№ варианта	$\Delta X$	$p$	$t_1$	$t$	$X_1$	$G_r$	$G_b$	$G_{лг}$	$G_{тг}$	$G_{ост}$
1	16	1,60	500	450	0,15	5700	20500	50400	37500	54650
2	18	1,65	510	460	0,20	5800	20300	49600	36800	52410
3	20	1,70	505	470	0,25	5850	20360	49800	36900	56785
4	21	1,90	495	480	0,22	5940	21400	49750	37450	52120
5	22	2,12	510	490	0,20	5640	22302	45120	37410	51240
6	23	2,15	505	450	0,18	5623	25400	46230	36950	49560
7	24	2,16	502	460	0,17	4950	21600	50100	34500	57850
8	25	2,50	500	450	0,16	460	25100	51200	35480	58460
9	20	2,60	510	460	0,22	4100	21800	47500	35680	59854
10	21	2,30	505	470	0,20	4102	20300	46560	36851	56420
11	19	2,60	495	480	0,18	5660	20360	48570	37841	57840
12	22	2,80	500	450	0,17	5640	21400	45120	39845	56980
13	23	3,02	510	460	0,16	6100	22302	46230	34562	51240
14	26	3,20	505	450	0,20	6200	25400	50100	31245	49560

15	25	2,22	495	460	0,25	6300	21600	51200	37410	57850
16	23	2,45	510	470	0,22	6400	24850	50400	36950	58950

#### Задание 4.

Определить температуру входа гудрона ( $d_4^{20}$ ) в реактор установки коксования в кипящем слое коксового теплоносителя, если известно производительность установки по сырью  $G_c \cdot 10^3$  кг/ч; в реактор подают:  $G_{цк} \cdot 10^3$  кг/ч циркулирующего кокса с температурой  $t_{цк}$  °С,  $G_{вп} \cdot 10^3$  кг/ч водяного пара с температурой  $t_{вп}$  °С и давлением  $p_{вп}$  МПа и  $G_{цг} \cdot 10^3$  кг/ч циркулирующего газойля ( $d_4^{20}_{цг} = 0,925$ ) с температурой  $t_{цг} = 450$  °С; выходы продуктов коксования (кг/ч): газа ( $M=34$ )  $W_g \cdot 10^3$ ; бензина с к.к. 205 °С ( $d_4^{20}_{бенз} = 0,760$ )  $W_{бенз} \cdot 10^3$ , газойля ( $d_4^{20}_{газойля} = 0,900$ )  $W_{газойля} \cdot 10^3$ , кокса  $W_{кокса} \cdot 10^3$ ; в реакторе поддерживается температура 530 °С, тепловой эффект процесса  $q_p = 209$  кДж/кг сырья.

№ варианта	$d_4^{20}$	$G_c$	$G_{цк}$	$t_{цк}$	$G_{вп}$	$t_{вп}$	$p_{вп}$	$G_{цг}$	$W_g$	$W_{бенз}$	$W_{газойля}$	$W_{кокса}$
1	0,950	80	560	605	20,2	400	0,3	17	17,7	14,8	27,1	20,3
2	0,955	79	569	602	19,5	410	0,3	16	18,1	14,7	26,5	20,1
3	0,960	78	570	599	18,9	420	0,3	15	17,6	15,0	26,6	19,5
4	0,970	75	580	580	19,8	400	0,3	17	16,8	15,6	26,8	18,9
5	0,980	74	590	595	20,1	415	0,3	18	16,9	15,9	24,5	17,6
6	0,990	89	600	610	20,6	410	0,3	17	17,4	16,0	23,6	16,5
7	1,000	90	620	605	17,2	390	0,3	18	16,8	14,3	21,3	18,4
8	1,030	91	640	602	20,2	400	0,3	19	15,9	13,5	25,8	17,7
9	1,020	92	650	599	19,5	410	0,3	16	17,7	13,2	29,5	16,9
10	0,955	95	520	580	18,9	420	0,3	15	18,1	14,1	24,5	19,5
11	0,960	94	490	595	19,8	400	0,3	14	17,6	12,5	26,7	18,6
12	0,970	86	480	610	20,1	415	0,3	17	16,8	12,6	28,5	17,8
13	0,980	84	496	605	20,6	410	0,3	16	16,9	13,5	23,6	14,8
14	0,990	82	500	602	17,2	390	0,3	15	17,4	18,4	21,3	16,5
15	1,000	74	560	599	20,2	420	0,3	15	16,8	17,4	25,8	18,4
16	0,956	76	580	580	19,5	400	0,3	16	15,9	16,5	29,5	17,7

#### Задание 5

Определить полезную тепловую нагрузку ( $Q$ ) печи трубчатой установки пиролиза н-бутана, если известно: производительность установки по сырью  $G$  кг/ч; температура сырья на входе и выходе продуктов пиролиза на выходе из печи соответственно  $t_1$  и  $t_2$  °С; к сырью добавляют водяного пара  $X$  % масс.; параметры водяного пара – температура 179 °С, давление 0,30 МПа; теплота реакции  $q_p = 1255$  кДж/кг сырья

№ варианта	$G$	$t_1$	$t_2$	$X$
1	10000	300	800	15
2	10202	320	750	10

3	11500	310	790	13
4	13600	330	800	18
5	14000	320	760	13
6	14500	300	795	19
7	15500	320	800	20
8	14560	310	750	21
9	15000	330	790	22
10	16100	320	800	24
11	10202	300	760	25
12	11500	320	795	16
13	13600	310	800	14
14	10000	330	750	17
15	10202	320	790	18
16	11300	300	800	19

### *Расчет реакторов каталитических процессов*

#### *Задание 1*

Рассчитать процесс каталитического риформинга

Исходные данные для расчета:

- время работы установки  $\tau_p = 340$  дней;
- кратность циркуляции катализатора  $K_{ц} = 4,11$ ;
- условное время контакта сырья с катализатором  $\tau = 4$  с;
- количество циркулирующего газойля  $x_{цг} = 20$  %;
- температура в реакторе  $t_1 = 520$  °С;
- давление в реакторе  $P_{рк} = 0,19$  МПа;
- давление в регенераторе  $P_{рг} = 0,25$  МПа.

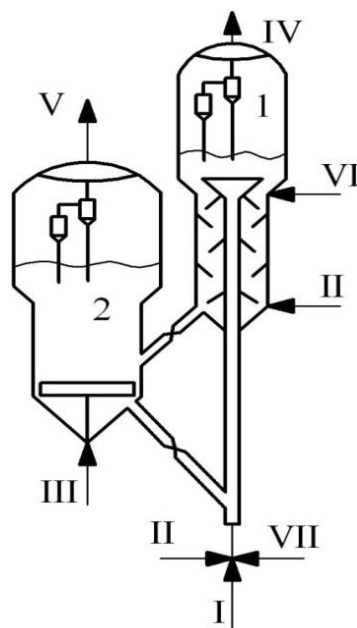
Характеристика вакуумного газойля

Показатель	Значение
Относительная плотность, $\rho_4^{20}$	0,899
Средняя молекулярная масса, кг/кмоль	353
Коксуемость, % масс.	0,064

Характеристика катализатора DSE-860P

Показатель	Значение
Насыпная плотность, г/см <sup>3</sup>	0,91
Удельная поверхность, м <sup>2</sup> /г	259
Средний эквивалентный диаметр, мкм	73
Конверсия, % масс.	75,8

Средний удельный расход катализатора, кг/т	0,25
Кажущаяся плотность катализатора ( $\gamma_k$ ), кг/м <sup>3</sup>	1350



*1 – реактор; 2 – регенератор; I – сырье; II – водяной пар; III – воздух; IV – продукты крекинга; V – дымовые газы; VI – шлам; VII – рециркулят*  
*Схема реакторного блока установки каталитического крекинга лифт-реакторного типа (Г-43-107)*

*Задания по вариантам*

Вариант	Нефть	Производительность, тыс. т/год	Начальная температура процесса, °С	Кратность циркуляции ВСГ к сырью, м <sup>3</sup> /м <sup>3</sup>	Давление в реакторе, МПа
1	1	620	482	1500	2,3
2	2	650	490	1600	3,2
3	3	670	490	1600	3,1
4	4	300	490	1500	3,0
5	5	600	480	1500	2,0
6	6	1000	500	1700	4,0
7	1	710	483	1600	2,6
8	2	782	485	1580	2,5
9	3	590	495	1700	3,6
10	4	630	488	1580	2,7
11	5	300	480	1500	2,1
12	6	850	498	1700	3,8
13	1	700	484	1550	2,5
14	2	300	486	1570	2,7
15	3	620	500	1700	3,9
16	4	100	492	1700	3,5

В качестве сырья применяются бензиновые фракции 85 – 180°С .

В таблице представлены основные показатели качества бензиновых фракций следующих нефтей:

- 1- киркукской;
- 2- ромашкинской;
- 3- ухтинской;
- 4- самотлорской;
- 5- нижевартовской;
- 6- смеси шаимской и грозненской.

Показатели качества сырья процесса каталитического риформинга

Показатель	1	2	3	4	5	6
Плотность, кг/м <sup>3</sup>	744	742	742	751	753	746
Фракционный состав (объёмный), °С						
10 %	115	109	102	115	112	103
50 %	133	128	124	131	133	116
90 %	160	155	158	158	166	153
Углеводородный состав, %масс.						
ароматические	14	12	9	13	11	11
нафтеновые	20	28	31	28	35	38
парафиновые	66	60	60	59	54	51

### Задание 2.

Рассчитать реактор гидроочистки

Исходные данные:

- плотность бензиновой фракции  $\rho_0 = 760$  кг/м<sup>3</sup>;
  - содержание серы в сырье  $S = 0,078$  % масс., в том числе меркаптановой  $S_M = 0,0039$  %масс., сульфидной  $S_c = 0,039$  % масс., дисульфидной  $S_d = 0,0078$  % масс., и тиофеновой  $S_T = 0,0273$  % масс., содержание непредельных углеводородов 2 % масс. на сырье;
  - остаточное содержание серы в очищенной бензиновой фракции  $S_6 = 0,0001$  % масс., то есть степень или глубина гидрообессеривания должна быть 99,87 % масс.;
  - температура газо-сырьевой смеси на входе в реактор 340°С.
- Составы ВСГ и ЦВСГ представлены в таблицах.

Состав ВСГ с установки Л-35/6

Компонент	H <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	i-C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	Бензин	Плотность $\rho$ , кг/м <sup>3</sup>
Объёмная доля, % об.	84,45	8,79	4,21	1,4	0,21	0,23	0,06	0,277

Массовая доля, % масс.	29	23,98	21,5	10,76	2,11	2,27	9,63	
------------------------	----	-------	------	-------	------	------	------	--

## Состав ЦВСГ

Компонент	H <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	i-C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>
Объемная доля $y$ , % об.	80,14	14,3	4,18	0,96	0,21	0,21
Мольная доля $y'$ , % мольн.	80,16	14,26	4,19	0,96	0,22	0,22
Массовая доля $y$ , % масс.	27,57	39,24	21,6	7,26	2,15	2,15
Молекулярная масса $M$ , г/моль	2	16	30	44	58	58
Плотность $\rho$ , кг/м <sup>3</sup>	0,089	0,71	1,34	1,96	2,59	2,59
Константа фазового равновесия, $K_p$	30,0	4,5	1,35	5,22	0,27	0,195
Удельная теплоемкость, $C_p$ , кДж / кг · К	14,57	3,35	3,29	3,23	3,18	3,18

В процессе гидроочистки используем катализатор АКМ, характеристика которого приведена ниже

## Характеристика катализатора АКМ.

Показатель	АКМ
Насыпная плотность, кг/м <sup>3</sup>	680
Удельная поверхность, м <sup>2</sup> /г	120
Содержание, % масс:	
CoO, не менее	4
NiO, не менее	0
MoO <sub>3</sub> , не менее	12
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , не более	0,16
Na <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , не более	0,08
Носитель	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
Диаметр гранул, мм	4...5
Индекс прочности, кг/мм	1,1
Относительная активность по обессериванию, усл. ед., более	95
Межрегенерационный период, мес.	11
Общий срок службы, мес.	36

## Задания по вариантам

Вариант	Производительность,	Объемная скорость	Кратность циркуляции	Средняя температура	Давление в реакто-
---------	---------------------	-------------------	----------------------	---------------------	--------------------

	тыс. т/год	подачи сы- рья, $\text{м}^3/\text{м}^3$	ВСГ к сы- рью, $\text{м}^3/\text{м}^3$	в реакторе, $^{\circ}\text{C}$	ре, МПа
1	800	2,3	200	300	3,1
2	820	2,1	240	290	3,0
3	900	2,2	250	295	2,9
4	700	2,4	270	305	4,0
5	830	2,0	280	285	3,5
6	720	2,1	290	295	3,6
7	770	2,2	300	310	4,1
8	890	2,3	340	305	2,8
9	834	2,4	350	300	3,3
10	717	2,5	400	290	3,4
11	788	2,0	420	295	3,7
12	844	2,1	460	305	4,0
13	850	2,2	470	285	3,2
14	750	2,3	410	295	3,9
15	600	2,3	420	310	3,0
16	660	2,4	430	305	3,1

## 2. Собеседование по темам разделов

В течение семестра проводится контроль усвоения теоретического и практического курса дисциплины посредством проведения собеседований по темам разделов. Вопросы строго соответствуют темам, указанным в таблице 5 настоящей рабочей программы. Вопросы также могут включать в себя элементы расчетов или объяснение уже сделанных расчетов студентом в самостоятельной работе.

### Примеры вопросов для собеседования

1. Что является движущей силой процесса ректификации (других процессов)?
2. Что такое движущая сила?
3. Расскажите последовательность расчета насоса (другого оборудования).
4. Принципы технологического расчета оборудования
5. Что является абсолютным и избыточным давлением?
6. Что такое смоченный периметр?
7. Что такое расход?
8. Что такое местные сопротивления на трубопроводе?

9. Как построить кривую однократного испарения?
10. Что такое мощность и производительность оборудования?
11. Что такое кавитация?
12. Теплообменники, конденсаторы, холодильники, кипятильники, испарители: принцип работы, устройство, последовательность расчета, основные характеристики, отличия.
13. Что такое тепловой расчет?
14. Что такое тепловая нагрузка?
15. Что такое поверхность теплообмена?
16. Что такое коэффициент теплопередачи?
17. Последовательность расчета трубчатой печи. Особенности расчета радиантной секции. Особенности расчета конвекционной секции.
18. Что такое теплонапряженность поверхности нагрева?
19. Что такое коэффициент полезного действия?

### **3. Расчетно-графическая работа – выполнение обязательно**

РГР – самостоятельная учебно-методическая работа студента университетов, выполняемая под руководством преподавателя по общенаучным и специальным дисциплинам учебного плана.

РГР имеет цель развития у студентов навыков самостоятельной творческой работы, овладения методами современных научных исследований, углубленное изучение какого-либо вопроса, раздела учебной дисциплины (включая изучение литературы и источников).

Примерная структура РГР:

- Титульный лист;
- Задание;
- Содержание;
- Введение – отражает цель работы и значение исследуемого объекта в нефтеперерабатывающей промышленности;
- Литературный обзор – отражает суть рассматриваемого процесса или аппарата, область и цель его применения, возможные варианты осуществления процесса, с учетом информации полученной в ходе патентного поиска, особенности эксплуатации оборудования и т.д;
- Инженерная часть – производятся расчеты в соответствии с поставленной целью и заданием преподавателя;
- Заключение;
- Список использованных источников.

Аттестация РГР осуществляется следующим образом. Законченная и полностью оформленная в соответствии с РД 012-2012 работа и ее электронная версия представляется руководителю для проверки и предварительной оценки.

Работа, не отвечающая установленным требованиям, возвращается для доработки с учетом сделанных замечаний и повторно предъявляется в срок,



указанный руководителем, но до начала экзаменационной сессии. Основания для возвращения указаны в СТО У.003-2017 (п. 8.2.8).

Защита РГР является обязательной, проводится в виде собеседования на учебных занятиях.

*Перечень примерных тем:*

1. Расчет печи висбрекинга
2. Расчет абсорбера для очистки углеводородного газа от меркаптанов
3. Расчет реактора алкилирования изобутана олефинами
4. Подбор и расчет газогенератора установки газификации твердого топлива
5. Расчет экстрактора для процесса регенерации серной кислоты с установки сернокислотного алкилирования
6. Расчет реактора гидроочистки дизельного топлива
7. Расчет реактора изомеризации парафиновых углеводородов для получения высокооктановых компонентов бензиновых топлив
8. Расчет реактора пиролиза легкой бензиновой фракции НК-62 °С
9. Расчет абсорбера очистки газа от кислых компонентов растворами алканолламинов
10. Расчет реакторного блока установки каталитического риформинга
11. Расчет реакторного блока технологии изомеризации углеводородов присутствии катализаторов на основе ионных жидкостей
12. Расчет реакторного блока риформинга
13. Расчет реакторного блока гидроочистки и депарафинизации
14. Расчет факельной системы для установки гидрокрекинга
15. Проектирование и расчет резервуаров
16. Расчет блока аминовой очистки ВСГ гидроочистки
17. Расчет колонны стабилизации для газофракционирующей установки
18. Расчет реакторного блока окислительного пиролиза метана