

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Пекаревский Борис Владимирович  
Должность: Проректор по учебной и методической работе  
Дата подписания: 26.09.2023 17:25:43  
Уникальный программный ключ:  
3b89716a1076b80b2c167df0f27c09d01782ba84



МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Санкт-Петербургский государственный технологический институт  
(технический университет)»

УТВЕРЖДАЮ  
Проректор по учебной  
и методической работе  
\_\_\_\_\_ Б.В.Пекаревский  
« 22 » марта 2021 г.

**Рабочая программа дисциплины**

**ИНЖЕНЕРНОЕ ОФОРМЛЕНИЕ ПРОЦЕССОВ ОСНОВНОГО ОРГАНИЧЕСКОГО И  
НЕФТЕХИМИЧЕСКОГО СИНТЕЗА**

Направление подготовки

**18.03.01 Химическая технология**

Направленность программы бакалавриата

**Химическая технология основного органического синтеза**

Квалификация

**Бакалавр**

Форма обучения

**Очная**

Факультет **химической и биотехнологии**  
Кафедра **технологии нефтехимических и углехимических производств**

Санкт-Петербург

2021

## ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Должность разработчика	Подпись	Ученое звание, фамилия, инициалы
Старший преподаватель		В.Н.Клементьев

Рабочая программа дисциплины «Инженерное оформление процессов основного органического и нефтехимического синтеза» обсуждена на заседании кафедры технологии нефтехимических и углехимических производств  
протокол от « 20 » 01 2021 № 3  
Заведующий кафедрой

Б.В.Пекаревский

Одобрено учебно-методической комиссией факультета химической и биотехнологии  
протокол от « 18 » 03 2021 № 8

Председатель

М.В. Рутто

## СОГЛАСОВАНО

Руководитель направления подготовки «Химическая технология»		Доцент М.В. Рутто
Директор библиотеки		Т.Н.Старостенко
Начальник методического отдела учебно-методического управления		Т.И.Богданова
Начальник учебно-методического управления		С.Н.Денисенко

## СОДЕРЖАНИЕ

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы .....	04
2. Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы.....	05
3. Объем дисциплины .....	05
4. Содержание дисциплины	
4.1. Разделы дисциплины и виды занятий.....	06
4.2. Занятия лекционного типа.....	07
4.3. Занятия семинарского типа.....	08
4.4. Лабораторные работы.....	09
4.5. Самостоятельная работа.....	11
5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине .....	11
6. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации.....	11
7. Перечень учебных изданий, необходимых для освоения дисциплины.....	12
8. Перечень электронных образовательных ресурсов, необходимых для освоения дисциплины.....	12
9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.....	13
10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине	
10.1. Информационные технологии.....	13
10.2. Программное обеспечение.....	13
10.3. Базы данных и информационные справочные системы.....	13
11. Материально-техническое обеспечение освоения дисциплины в ходе реализации образовательной программы.....	13
12. Особенности освоения дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья .....	14

Приложения: 1. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации.

**1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы.**

В результате освоения образовательной программы бакалавриата обучающийся должен овладеть следующими результатами обучения по дисциплине:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты обучения (дескрипторы)
<p><b>ПК-1</b> Способность обеспечить выработку компонентов и приготовление товарной продукции</p>	<p><b>ПК-1.2</b> Знание принципа работы и правил технической эксплуатации основного оборудования</p>	<p><b>Знать:</b> принцип работы технологического оборудования (ЗН-1); <b>Уметь:</b> эксплуатировать основное технологическое оборудование (У-1); <b>Владеть:</b> методиками расчета основного технологического оборудования (Н-1).</p>
<p><b>ПК-1</b> Способность обеспечить выработку компонентов и приготовление товарной продукции</p>	<p><b>ПК-1.3</b> Знание видов применяемого оборудования и правила его эксплуатации</p>	<p><b>Знать:</b> конструкционные особенности технологического оборудования (ЗН-2); <b>Уметь:</b> определять параметры технологического оборудования расчетными методами (У-2); <b>Владеть:</b> навыками конструирования технологического оборудования (Н-2).</p>
<p><b>ПК-1</b> Способность обеспечить выработку компонентов и приготовление товарной продукции</p>	<p><b>ПК-1.4</b> Знание основных требований организации труда при проектировании технологических процессов; современные информационные (компьютерные) технологии средства коммуникаций и связи</p>	<p><b>Знать:</b> основные требования к организации труда при проектировании технологических процессов (ЗН-3); <b>Уметь:</b> применять современные информационные (компьютерные) технологии при проектировании технологических процессов (У-3); <b>Владеть:</b> навыками использования современных средств коммуникаций и связи (Н-3).</p>

## 2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Инженерное оформление процессов основного органического и нефтехимического синтеза» относится к дисциплинам по выбору Б1.В.ДВ.02.01 профессионального модуля «Химическая технология основного органического синтеза и изучается на 4 курсе в 7 и 8 семестрах.

В методическом плане дисциплина опирается на элементы компетенций, сформированные при изучении дисциплин «Прикладная механика», «Процессы и аппараты химической технологии», «Автоматизированное проектирование», «Инженерная графика», «Общая химическая технология», «Химия и технология основного органического и нефтехимического синтеза».

Полученные в процессе изучения дисциплины «Инженерное оформление процессов основного органического и нефтехимического синтеза» знания, умения и навыки могут быть использованы в научно-исследовательской работе обучающегося и при выполнении выпускной квалификационной работы.

## 3. Объем дисциплины.

Вид учебной работы	Всего, ЗЕ/академ. часов
<b>Общая трудоемкость дисциплины</b> (зачетных единиц/ академических часов)	10 / 360
<b>Контактная работа с преподавателем:</b>	<b>182</b>
занятия лекционного типа	36
занятия семинарского типа, в т.ч.	108
семинары, практические занятия (в том числе практическая подготовка)*	36 (8)
лабораторные работы (в том числе практическая подготовка)	90 (45)
курсовое проектирование (КР или КП)	12
КСР	8
другие виды контактной работы	–
<b>Самостоятельная работа</b>	151
<b>Форма текущего контроля</b> (Кр, реферат, РГР, эссе)	-
<b>Форма промежуточной аттестации</b> (КР, КП, зачет, экзамен)	КП, экзамен (27)

\* практическая подготовка только для дисциплин с ПК

#### 4. Содержание дисциплины.

##### 4.1. Разделы дисциплины и виды занятий.

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Занятия лекционного типа, академ. часы	Занятия семинарского типа, академ. часы		Самостоятельная работа, академ. часы	Формируемые компетенции	Формируемые индикаторы
			Семинары и/или практические занятия	Лабораторные работы			
1	Методы расчета физико-химических свойств органических веществ и углеводородных фракций	4	4	10	54	<b>ПК-1</b>	<b>ПК-1.4</b>
2	Нагревательные печи. Аппараты воздушного охлаждения	8	8	20	42	<b>ПК-1</b>	<b>ПК-1.2</b> <b>ПК-1.3</b>
3	Реакторы для проведения процессов органического синтеза	12	12	30	30	<b>ПК-1</b>	<b>ПК-1.2</b> <b>ПК-1.3</b>
4	Испарение и конденсация. Ректификация многокомпонентных и сложных смесей	12	12	30	25	<b>ПК-1</b>	<b>ПК-1.2</b> <b>ПК-1.3</b>

#### 4.2. Занятия лекционного типа.

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
1	<p><u>Методы расчета физико-химических свойств органических веществ и углеводородных фракций:</u>            Расчет давления насыщенного пара индивидуальных веществ и фракций. Расчет и определение констант фазового равновесия компонентов. Методы расчета средней молекулярной массы нефтяных фракций. Формула Воинова. Понятие о характеризующем факторе и его учет при расчете средней молекулярной массы. Плотность жидких нефтепродуктов и газовых смесей. Теплоемкость органических веществ в жидкой и паровой фазе. Теплоты испарения. Энтальпии образования и сгорания веществ.</p>	4	лекция- визуализация (ЛВ)
2	<p><u>Нагревательные печи.</u>  <u>Аппараты воздушного охлаждения</u>            Классификация и конструкции нагревательных трубчатых печей. Основные показатели работы печей. Основы расчета печей. Преимущества и недостатки воздушного охлаждения по сравнению с водяным. Конструкции аппаратов воздушного охлаждения, схемы включения их в технологические линии, регулирование работы. Основы расчета аппаратов воздушного охлаждения.</p>	8	лекция- визуализация (ЛВ)
3	<p><u>Реакторы для проведения процессов органического синтеза</u>            Классификация химических реакторов. Материальный баланс реактора. Расчет состава продуктов реакции, конверсии, выхода, селективности. Тепловой баланс химического реактора. Расчет теплового эффекта реакции. Реакторы для проведения гомогенных процессов. Реакторы для проведения гетерогенных процессов. Реакторы со стационарным слоем катализатора. Реакторы с аксиальным и радиальным вводом сырья. Расчет гидравлического сопротивления неподвижного слоя катализатора с использованием уравнения Эргуна. Реакторы барботажного типа.</p>	12	лекция- визуализация (ЛВ)

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
4	<p><u>Испарение и конденсация. Ректификация многокомпонентных и сложных смесей</u></p> <p>Однократное испарение. Доля отгона сырья. Расчет доли отгона сырья и составов равновесных фаз с помощью графика Гужова и методом Трегубова.</p> <p>Составление материального баланса ректификационной колонны с помощью метода ключевых компонентов и по Хенгстебеку. Расчет температуры верха и низа колонны. Расчет минимального флегмового числа по Андервуду и оптимизация рабочего флегмового числа. Расчет числа теоретических тарелок колонны методами Фенске-Джиллиленда, Хенгстебека, от тарелки к тарелке. Характеристика и устройство тарелок ректификационных колонн, их коэффициент полезного действия. Способы орошения и подвода тепла в колонну. Тепловой баланс ректификационной колонны. Расчет внутренних материальных потоков в колонне. Предварительный расчет диаметра колонны. Гидравлический расчет тарелок. Расчет высоты колонны.</p> <p>Колонны с насыпной и структурированной насадкой, особенности их расчета.</p>	12	лекция-визуализация (ЛВ)

#### 4.3. Занятия семинарского типа.

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы		Инновационная форма
		всего	в том числе на практическую	
1	<p><u>Методы расчета физико-химических свойств органических веществ и углеводородных фракций:</u></p> <p>Расчет давления насыщенного пара индивидуальных веществ и фракций. Расчет и определение констант фазового равновесия компонентов. Методы расчета средней молекулярной массы нефтяных фракций. Формула Воинова.</p>	4	2	
2	<p><u>Нагревательные печи. Аппараты воздушного охлаждения</u></p> <p>Основы расчета печей. Выбор типоразмера, поверочный расчет радиантной и конвекционной камер. Основы расчета аппаратов воздушного охлаждения.</p>	8	2	



№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы		Инновационная форма
		всего	в том числе на практичес кую	
3	<u>Реакторы для проведения процессов органического синтеза</u> Расчет теплового эффекта реакции. Каскад реакторов идеального смешения. Расчет числа реакторов при заданном времени пребывания в единичном реакторе (метод Джонса). Расчет объема единичного реактора при заданном числе реакторов в каскаде. Расчет гидравлического сопротивления центральной перфорированной трубы и перфорированного стакана.	12	2	КтСм
4	<u>Испарение и конденсация. Ректификация многокомпонентных и сложных смесей</u> Расчет доли отгона сырья и составов равновесных фаз с помощью графика Гужова и методом Трегубова. Расчет числа теоретических тарелок колонны методами Фенске-Джиллиленда, Хенгстебека, от тарелки к тарелке. Составление материального баланса ректификационной колонны Расчет температуры верха и низа колонны.	12	2	РГР

#### 4.4 Лабораторные работы.

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы		Инновационная форма
		всего	в том числе на практичес кую	
1	<u>Методы расчета физико-химических свойств органических веществ и углеводородных фракций:</u> Расчет давления насыщенного пара индивидуальных веществ и фракций. Расчет и определение констант фазового равновесия компонентов. Методы расчета средней молекулярной массы нефтяных фракций. Формула Воинова.	10	12	

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы		Инновационная форма
		всего	в том числе на практичес кую	
2	<u>Нагревательные печи.</u> <u>Аппараты воздушного охлаждения</u> Основы расчета печей. Выбор типоразмера, поверочный расчет радиантной и конвекционной камер. Основы расчета аппаратов воздушного охлаждения.	20	12	
3	<u>Реакторы для проведения</u> <u>процессов органического синтеза</u> Расчет теплового эффекта реакции. Каскад реакторов идеального смешения. Расчет числа реакторов при заданном времени пребывания в единичном реакторе (метод Джонса). Расчет объема единичного реактора при заданном числе реакторов в каскаде. Расчет гидравлического сопротивления центральной перфорированной трубы и перфорированного стакана.	30	12	
4	<u>Испарение и конденсация.</u> <u>Ректификация многокомпонентных</u> <u>и сложных смесей</u> Расчет доли отгона сырья и составов равновесных фаз с помощью графика Гужова и методом Трегубова. Расчет числа теоретических тарелок колонны методами Фенске-Джиллиленда, Хенгстебека, от тарелки к тарелке. Составление материального баланса ректификационной колонны Расчет температуры верха и низа колонны.	30	9	

#### 4.5 Самостоятельная работа обучающихся.

№ раздела дисциплины	Перечень вопросов для самостоятельного изучения	Объем, акад. часы	Форма контроля
1	Коррозия оборудования нефтехимических заводов общезаводского хозяйства крупных	54	Устный опрос
2	Шифры нагревательных трубчатых печей. Конструкции аппаратов воздушного охлаждения	42	Устный опрос
3	Реакторы высокого давления - автоклавы и колонные аппараты. Предохранительные	30	Устный опрос
4	Оптимизация схем ректификационного разделения многокомпонентных смесей.	25	Устный опрос

#### 5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине.

Методические указания для обучающихся по организации самостоятельной работы по дисциплине, включая перечень тем самостоятельной работы, формы текущего контроля по дисциплине и требования к их выполнению размещены в электронной информационно-образовательной среде СПбГТИ(ТУ) на сайте: <https://media.technolog.edu.ru>

#### 6. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в форме курсового проекта и экзамена.

К сдаче экзамена допускаются студенты, выполнившие все формы текущего контроля.

Экзамен предусматривает выборочную проверку освоения предусмотренных элементов компетенций и комплектуется вопросами для проверки умений и навыков.

При сдаче экзамена, студент получает два вопроса из перечня вопросов, время подготовки студента к устному ответу - до 40 мин.

Пример варианта вопросов на экзамене:

##### Вариант № 1

1 Как рассчитывается объем реактора идеального смешения периодического действия для обеспечения заданной производительности по целевому продукту?

2 Графические методы определения и эмпирические формулы для расчета энтальпии нефтепродуктов в жидкой и паровой фазе.

Результаты освоения дисциплины считаются достигнутыми, если для всех элементов компетенций достигнут пороговый уровень освоения компетенции на данном этапе – оценка «удовлетворительно».

## **7. Перечень учебных изданий, необходимых для освоения дисциплины**

### **а) печатные издания:**

1 Гайле, А.А. Расчет ректификационных колонн: Учебное пособие / А. А. Гайле, В. Н. Клементьев, Б. В. Пекаревский ; СПбГТИ(ТУ). Каф. технологии нефтехим. и углехим. пр-в. - СПб.: 2018. - 93 с.

2 Поникаров, И. И. Машины и аппараты химических производств и нефтегазопереработки : учебник / И. И. Поникаров, М. Г. Гайнуллин. — 6-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2020. — 604 с. — ISBN 978-5-8114-4988-0.

### **б) электронные учебные издания:**

1 Гайле, А.А. Расчет ректификационных колонн : Учебное пособие / А. А. Гайле, В. Н. Клементьев, Б. В. Пекаревский ; СПбГТИ(ТУ). Каф. технологии нефтехим. и углехим. пр-в. - Электрон.текстовые дан. - СПб. : 2018. - 93 с.

## **8. Перечень электронных образовательных ресурсов, необходимых для освоения дисциплины.**

учебный план, РПД и учебно-методические материалы:  
<http://media.technolog.edu.ru>

электронно-библиотечные системы:

«Электронный читальный зал – БиблиоТех» <https://technolog.bibliotech.ru/>;

«Лань» <https://e.lanbook.com/books/>.

## 9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.

Все виды занятий по дисциплине «Инженерное оформление процессов основного органического и нефтехимического синтеза» проводятся в соответствии с требованиями следующих СТП:

СТП СПбГТИ 040-02. КС УКДВ. Виды учебных занятий. Лекция. Общие требования;

СТО СПбГТИ 018-2014. КС УКДВ. Виды учебных занятий. Семинары и практические занятия. Общие требования к организации и проведению.

СТО СПбГТИ(ТУ) 020-2011 КС УКДВ. Виды учебных занятий. Лабораторные работы. Общие требования к организации и проведению занятий.

СТП СПбГТИ 048-2009. КС УКДВ. Виды учебных занятий. Самостоятельная планируемая работа студентов. Общие требования к организации и проведению

СТО СПбГТИ(ТУ) 044-2012. КС УКДВ. Виды учебных занятий. Курсовой проект. Курсовая работа. Общие требования

Планирование времени, необходимого на изучение данной дисциплины, лучше всего осуществлять на весь семестр, предусматривая при этом регулярное повторение пройденного материала.

Основными условиями правильной организации учебного процесса для студентов является:

- плановость в организации учебной работы;
- серьезное отношение к изучению материала;
- постоянный самоконтроль.

На занятия студент должен приходить, имея знания по уже изученному материалу.

## 10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.

### 10.1. Информационные технологии.

В учебном процессе по данной дисциплине предусмотрено использование информационных технологий:

- чтение лекций с использованием слайд-презентаций;
- взаимодействие с обучающимися посредством ЭИОС.

### 10.2. Программное обеспечение.

Microsoft Office (Microsoft Excel, Microsoft Word).

### 10.3. Базы данных и информационные справочные системы.

Справочно-поисковая система «Консультант-Плюс»

## 11. Материально-техническое обеспечение освоения дисциплины в ходе реализации образовательной программы.

Адрес	Наименование оборудованных учебных кабинетов/объектов для проведения практических занятий	Оснащенность оборудованных учебных кабинетов/объектов для проведения практических занятий
190013, г. Санкт-Петербург, Московский проспект, д. 24-26/49, лит. Б	Кафедра технологии нефтехимических и углехимических производств, аудитория №9	Специализированная мебель (40 посадочных мест), доска, демонстрационный экран, компьютер
190013, г. Санкт-Петербург, Московский проспект, д. 24-26/49, лит. Б	Кафедра технологии нефтехимических и углехимических производств, аудитория №14	Специализированная мебель (20 посадочных мест), доска, демонстрационный экран, компьютер

## **12. Особенности освоения дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья.**

Для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями учебные процесс осуществляется в соответствии с Положением об организации учебного процесса для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья СПбГТИ(ТУ), утвержденным ректором 28.08.2014.

**Фонд оценочных средств  
для проведения промежуточной аттестации по  
дисциплине «Инженерное оформление процессов основного органического и  
нефтехимического синтеза»**

**1. Перечень компетенций и этапов их формирования.**

Индекс компетенции	Содержание	Этап формирования
<b>ПК-1</b>	Способность обеспечить выработку компонентов и приготовление товарной продукции	промежуточный

## 2. Показатели и критерии оценивания компетенций на различных этапах их формирования, шкала оценивания

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Показатели сформированности (дескрипторы)	Критерий оценивания	Уровни сформированности (описание выраженности дескрипторов)		
			«удовлетворительно» (пороговый)	«хорошо» (средний)	«отлично» (высокий)
<b>ПК-1.2</b> Знание принципа работы и правил технической эксплуатации основного оборудования	Знает: принцип работы технологического оборудования (ЗН-1);	Правильные ответы на вопросы №1-14 к экзамену	Называет некоторые принципы работы основного технологического оборудования(ЗН-1)	Перечисляет основные принципы работы технологического оборудования(ЗН-1)	Объясняет все основные принципы работы основного и вспомогательного технологического оборудования (ЗН-1)
	Умеет: эксплуатировать основное технологическое оборудование (У-1);	Правильные ответы на вопросы №15-34 к экзамену	Демонстрирует некоторые аспекты основ эксплуатации технологического оборудования (У-1);	Перечисляет основные аспекты основ безопасной эксплуатации технологического оборудования (У-1);	Свободно объясняет вопросы эксплуатации основного и вспомогательного технологического оборудования (У-1);
	Владеет: методиками расчета основного технологического оборудования (Н-1).	Защита КП	Демонстрирует знание основ расчёта технологического оборудования (Н-1).	Демонстрирует навыки расчёта основного технологического оборудования (Н-1).	Уверенно владеет методиками расчёта элементов основного и вспомогательного технологического оборудования(Н-1).
<b>ПК-1.3</b> Знание видов применяемого оборудования и правила его эксплуатации	Знает: конструкционные особенности технологического оборудования (ЗН-2);	Правильные ответы на вопросы №35-66 к экзамену	Перечисляет отдельные конструкционные особенности технологического оборудования (ЗН-2);	Перечисляет конструкционные особенности технологического оборудования с небольшими ошибками(ЗН-2);	Уверенно и без ошибок перечисляет конструкционные особенности основного и вспомогательного технологического оборудования(ЗН-2);



Код и наименование индикатора достижения компетенции	Показатели сформированности (дескрипторы)	Критерий оценивания	Уровни сформированности (описание выраженности дескрипторов)		
			«удовлетворительно» (пороговый)	«хорошо» (средний)	«отлично» (высокий)
	Умеет: определять параметры технологического оборудования расчетными методами (У-2);	Защита КП	Путается в выборе расчётной методики для определения параметров технологического оборудования (У-2)	Частично владеет методиками определения параметров технологического оборудования расчетными методами (У-2)	Свободно владеет методиками определения параметров технологического оборудования расчетными методами (У-2)
	Владеет: навыками конструирования технологического оборудования (Н-2).	Правильные ответы на вопросы №67-81 к экзамену	Имеет общее представление о конструировании технологического оборудования и его элементов(Н-2).	Перечисляет основные стадии конструирования технологического оборудования(Н-2).	Показывает высокий уровень владения навыками конструирования основного технологического оборудования(Н-2).
<b>ПК-1.4</b> Знание основных требований организации труда при проектировании технологических процессов; современные информационные (компьютерные) технологии средства коммуникаций и связи	Знает: основные требования к организации труда при проектировании технологических процессов (ЗН-3);	Правильные ответы на вопросы №82-95 к экзамену	Имеет общее представление об организации труда при проектировании технологических процессов (ЗН-3);	Перечисляет основные организации труда при проектировании технологических процессов (ЗН-3);	Перечисляет основные положения и приводит примеры организации труда при проектировании технологических процессов (ЗН-3);
	Умеет: применять современные информационные (компьютерные) технологии при проектировании технологических процессов (У-3);	Правильные ответы на вопросы №96-110 к экзамену	Недостаточно применяет современные информационные технологии при проектировании технологических	Частично владеет современными информационными (компьютерные) технологии для проектирования технологических	Уверенно применяет современные программные и информационные ресурсы для проектирования основного и

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Показатели сформированности (дескрипторы)	Критерий оценивания	Уровни сформированности (описание выраженности дескрипторов)		
			«удовлетворительно» (пороговый)	«хорошо» (средний)	«отлично» (высокий)
			процессов (У-3)	процессов (У-3)	вспомогательного технологического оборудования (У-3)
	Владеет: навыками использования современных средств коммуникаций и связи (Н-3).	Правильные ответы на вопросы №111-127 к экзамену	Имеет слабые навыки использования современных средств коммуникаций и связи (Н-3).	В недостаточной степени владеет использованием современных средств коммуникаций и связи (Н-3)	Демонстрирует уверенные навыки использования современных средств коммуникаций и связи (Н-3)

### 3 Контрольные вопросы для проведения промежуточной аттестации на экзамене

#### а) Вопросы для оценки знаний, умений и навыков, сформированных у студента по компетенции ПК-1:

- 1 Для каких нефтяных фракций при расчете средней молекулярной массы применима формула Б.М.Воинова? Каким образом учитывается влияние группового состава нефтяных фракций на среднюю молекулярную массу?
- 2 Как можно рассчитать плотность нефтяной фракции в паровой фазе при рабочих параметрах?
- 3 Как зависит теплоемкость веществ в жидкой и паровой фазе от температуры?
- 4 Графические методы определения и эмпирические формулы для расчета энтальпии нефтепродуктов в жидкой и паровой фазе.
- 5 Как рассчитывается динамическая и кинематическая вязкость веществ и нефтепродуктов в зависимости от температуры и состава смеси?
- 6 По каким признакам проводится классификация реакторов?
- 7 Каков тепловой режим адиабатических и политропических реакторов?
- 8 Каковы различия в конструкции реакторов с аксиальным и радиальным вводом сырья?
- 9 Как составляется материальный баланс реакторов, в которых протекают не только основная, но и побочные реакции? Что такое степень конверсии реагента, селективность образования продукта, выход продукта?
- 10 Как зависит тепловой эффект реакции от температуры? Как можно рассчитать тепловой эффект реакции с использованием теплот сгорания реагентов и продуктов?
- 11 Вывести уравнения расчета времени пребывания реагентов в реакторе идеального смешения периодического действия для реакции  $n$ -го и 1-го порядка.
- 12 Как можно рассчитать концентрацию реагентов и продуктов, зная состав исходной смеси с учетом стехиометрических коэффициентов в уравнении реакции при любой степени превращения?
- 13 Как можно рассчитать необходимое время пребывания реагентов в реакторе идеального смешения периодического действия, если скорость реакции описывается сложным кинетическим уравнением?
- 14 Как рассчитывается объем реактора идеального смешения периодического действия для обеспечения заданной производительности по целевому продукту?
- 15 Как рассчитывается объем реактора идеального вытеснения?
- 16 Вывести характеристические уравнения для расчета времени пребывания реагентов в реакторе идеального смешения непрерывного действия для реакций  $n$ -го и 1-го порядка по ведущему реагенту?
- 17 Как с использованием графического метода можно сопоставить производительность непрерывно действующих реакторов идеального смешения и идеального вытеснения?
- 18 В каких случаях реактор идеального смешения обеспечивает большую, меньшую и одинаковую селективность образования целевого продукта с реактором идеального вытеснения?
- 19 Как можно рассчитать требуемое число реакторов идеального смешения в каскаде с использованием метода Джонса, если задано время пребывания реагентов в единичном реакторе?
- 20 Как с использованием того же метода Джонса можно решить обратную задачу: при заданном числе реакторов в каскаде рассчитать время пребывания реагентов и объем единичного реактора идеального смешения?
- 21 Чем определяется выбор типа реакторов для проведения гомогенных процессов?
- 22 Из каких соображений выбирается начальная температура теплоносителя или хладагента для обеспечения изотермического режима в реакционных трубчатках?
- 23 Как рассчитывается максимально-допустимый диаметр труб при изотермическом процессе в реакционных трубчатках?

- 24 В каких случаях для проведения гомогенных процессов используются реакторы с мешалками?
- 25 Какие высокотемпературные теплоносители применяются для обеспечения изотермического режима в реакторах? Какие требования предъявляются к высокотемпературным теплоносителям?
- 26 От каких факторов зависит выбор типа реакторов для проведения гетерогенных реакционных процессов?
- 27 Из каких стадий состоит гетерогенно-каталитический процесс?
- 28 Какова конструкция адиабатических реакторов для гетерогенных процессов, протекающих во внешней диффузионной области?
- 29 Как поддерживается необходимая температура в зоне реакции для процессов, протекающих во внешней диффузионной области?
- 30 Как рассчитывается теплонапряженность реакционного пространства и какие требования предъявляются к катализаторам процессов, протекающих во внешней диффузионной области?
- 31 В каких случаях для проведения гетерогенных процессов целесообразно использовать трубчатые реакторы и как рассчитывается их диаметр?
- 32 В каких случаях используется для процессов, протекающих в кинетической области. Адиабатические реакторы с неподвижным слоем катализатора? Полочные реакторы.
- 33 Какие способы теплоотвода используются в реакторах барботажного типа?
- 34 Как можно рассчитать температуру реакционной зоны в барботажных колоннах при теплоотводе за счет испарения реагентов или жидких инертных компонентов?
- 35 Схема реакторно-регенераторного блока с псевдоожиженным слоем катализатора?
- 36 Реакторы с движущимся слоем катализатора?
- 37 Что такое скорость витания частиц катализатора и как она может быть рассчитана?
- 38 Типы реакторов высокого давления.
- 39 Как рассчитывается расход катализатора в реакторе с псевдоожиженным слоем?
- 40 Что такое порозность в слое катализатора и как ее можно рассчитать? Что такое удельная поверхность частиц катализатора?
- 41 Что такое эквивалентный диаметр частиц катализатора?
- 42 В чем состоит принципиальное отличие уравнения Эргуна для расчета гидравлического сопротивления слоя катализатора в реакторах с аксиальным и радиальным вводом сырья?
- 43 Как рассчитывается гидравлическое сопротивление перфорированных стенок?
- 44 Как можно определить давление насыщенного пара нефтяных фракций с использованием графического метода?
- 45 Что такое константа фазового равновесия компонента и как она рассчитывается для компонентов идеальной системы с использованием объединенного закона Рауля-Дальтона?
- 46 Как константы фазового равновесия веществ и нефтяных фракций определяются с помощью номограммы Винна-Хеддена?
- 47 Как с использованием той же номограммы можно определить константы фазового равновесия высококипящих компонентов?
- 48 В каких случаях можно использовать номограмму Винна-Хеддена без учета неидеальности паровой фазы?
- 49 Как многокомпонентная система приводится к псевдобинарной?
- 50 Что такое давление сходимости и как его можно определить?
- 51 Как можно определить приведенное давление?
- 52 Как учитывается неидеальность паровой фазы с помощью номограммы Вина-Хеддена?
- 53 Какими способами можно испарять сырье?
- 54 Что такое доля отгона сырья в процессе однократного испарения?
- 55 Как можно построить кривую однократного испарения идеальной бинарной смеси с использованием графика изобар?
- 56 Какое допущение используется при построении линии однократного испарения методом Обрядчикова и Смидович?

- 57 Как взаимно располагаются кривые стандартной разгонки, ИТК и однократного испарения?
- 58 Почему температура конца однократного испарения ниже, чем конца кипения при стандартной разгонке и по кривой ИТК?
- 59 Какие допущения лежат в основе метода Пирумова при построении линии однократного испарения при давлении, отличающемся от нормального атмосферного?
- 60 Какое допущение используется при построении кривой однократного испарения с помощью графиков Эдмистера?
- 61 Как можно определить долю отгона сырья в процессе однократного испарения и составы равновесных паровой и жидкой фаз с помощью графика Гужова?
- 62 Уравнение Трегубова для расчета доли отгона сырья при однократном испарении и составов равновесных фаз.
- 63 Зачем необходимо знать долю отгона сырья в процессе однократного испарения при расчете ректификационных колонн и трубчатых печей?
- 64 Какая исходная информация должна быть известна при составлении материального баланса ректификационной колонны методом ключевых компонентов?
- 65 Как выбирается ключевая пара компонентов и какие допущения лежат в основе метода ключевых компонентов?
- 66 Какая исходная информация должна быть известна при составлении материального баланса ректификационной колонны методом Хенгстебека?
- 67 Какая графическая зависимость используется в методе Хенгстебека?
- 68 Как можно составить материальный баланс колонны, если известен состав сырья и с помощью графика Хенгстебека определено отношение мольных расходов компонентов в дистилляте и кубовом остатке?
- 69 Как рассчитывается температура в верхнем сечении ректификационной колонны?
- 70 Насколько различаются давления в нижнем и верхнем сечениях ректификационной колонны?
- 71 Как рассчитывается температура в нижнем сечении ректификационной колонны?
- 72 Что такое флегмовое число и минимальное флегмовое число?
- 73 К чему приведет снижение расхода орошения до уровня ниже минимального флегмового числа?
- 74 Какие уравнения предложены Андервудом для расчета минимального флегмового числа?
- 75 Какому условию должен удовлетворять вспомогательный коэффициент  $\Theta$  в уравнении Андервуда?
- 76 Как можно оптимизировать значение коэффициента избытка флегмы?
- 77 Чем обусловлено наличие минимума на кривой зависимости удельных энергозатрат от величины флегмового числа?
- 78 При каком режиме работы колонны требуемое число теоретических тарелок минимально?
- 79 Вывести уравнение Фенске для расчета минимального числа теоретических тарелок?
- 80 Какая зависимость была предложена Джиллилендом для расчета числа теоретических тарелок?
- 81 Какова средняя погрешность расчета ЧТТ методом Фенске-Джиллиленда и коэффициента полезного действия практических тарелок?
- 82 От каких факторов зависит к.п.д. практических тарелок?
- 83 Как все компоненты сырья, поступающего в колонну, сводятся к двум группам – эффективного легкого и эффективного тяжелого компонента?
- 84 Как определяется требуемая ЧТТ укрепляющей и отгоняющей секции колонны методом Хенгстебека?
- 85 Вывести уравнение кривой равновесия жидкость – пар для бинарной идеальной системы?
- 86 Составам каких потоков соответствуют точки, находящиеся на рабочих линиях укрепляющей и отгонной секций колонны?
- 87 Как проводится расчет ЧТТ колонны методом «от тарелки к тарелке»?

- 88 Как определяется оптимальное положение тарелки питания при расчете требующейся эффективности колонны методом «от тарелки к тарелке»?
- 89 Какие требования предъявляются к тарелкам ректификационных колонн?
- 90 Какова конструкция S-образных тарелок и какое основное их преимущество по сравнению с колпачковыми тарелками?
- 91 Какова конструкция струйных тарелок и почему они характеризуются повышенной производительностью?
- 92 Какова конструкция двухпоточных и четырехпоточных тарелок и в каких случаях их следует использовать?
- 93 Что такое горячее острое орошение, каким образом оно создается в колонне?
- 94 Какое преимущество и каковы недостатки использования парциального конденсатора по сравнению с другими способами орошения?
- 95 Как создается в колонне холодное острое испаряющееся орошение?
- 96 Как осуществляется в колонне циркуляционное неиспаряющееся орошение?
- 97 Какие способы используются для подвода тепла в низ колонны?
- 98 Каковы преимущества вертикальных термосифонных ребойлеров по сравнению с другими кипятильниками?
- 99 Как осуществляется подвод тепла при помощи горячей циркулирующей струи?
- 100 Как рассчитывается количество тепла, вносимое в колонну сырьем в виде парожидкостной смеси?
- 101 Как рассчитывается количество тепла, отводимое в холодильнике-конденсаторе или в парциальном конденсаторе?
- 102 Какими способами можно рассчитать расход пара и жидкости в верхнем сечении колонны?
- 103 Как рассчитывается расход пара и жидкости в произвольном сечении отгонной секции и в нижнем сечении колонны?
- 104 В чем суть ненормального явления при работе тарелок ректификационных колонн, называемого конусообразованием?
- 105 Какое нежелательное явление может возникнуть при высоких нагрузках по пару в колонне?
- 106 Какое нежелательное явление может возникнуть при высоких нагрузках по пару в колонне?
- 107 Что такое провал жидкости на нижележащую тарелку и пульсирующий поток пара, когда они возможны?
- 108 По каким двум параметрам тарелки проводится предварительный выбор диаметра колонны?
- 109 Что понимается под рабочей площадью тарелки, площадью слива, периметром слива?
- 110 Что такое динамический подпор жидкости над сливной перегородкой и градиент жидкости на приеме тарелки?
- 111 От каких факторов зависит принимаемое расстояние между тарелками?
- 112 Как строится диаграмма производительности тарелки?
- 113 Что такое степень захлебывания тарелки и диапазон эффективной работы тарелки?
- 114 Как рассчитывается высота колонны?
- 115 Каковы преимущества и недостатки регулярных насадок по сравнению с тарельчатыми колоннами?
- 116 По каким признакам проводится классификация трубчатых печей?
- 117 Что понимается под производительностью и теплопроизводительностью печей?
- 118 Что такое к.п.д. печи и от каких факторов он зависит?
- 119 Что такое теплонапряженность поверхности нагрева печи?
- 120 От чего зависят гидравлические потери напора в змеевике печи?
- 121 Как рассчитывается необходимое сечение труб змеевика печи?
- 122 Как можно рассчитывать теплоту сгорания топлива и состав продуктов сгорания топлива в печи?

123 Каковы преимущества и недостатки аппаратов воздушного охлаждения (АВО)? Какая температура охлаждающего воздуха принимается в качестве расчетной при проектировании АВО?

124 Из каких элементов состоят АВО? Какие возможны схемы включения АВО в технологические линии?

125 Какими способами можно регулировать работу АВО?

126 Какие виды коррозии характерны для нефтехимического оборудования? Оборудование каких установок нефтеперерабатывающих и нефтехимических заводов подвержено наибольшей коррозии?

127 Какая маркировка легированных сталей используется в России? Какие коррозионностойкие стали и сплавы используются в коррозионных средах?

При сдаче экзамена, студент получает два вопроса из перечня, приведенного выше. Время подготовки студента к устному ответу на вопросы – до 30 мин.

#### 4. Темы курсовых проектов:

1. Рассчитать ректификационную колонну с клапанными тарелками для разделения изопентан-пентановой фракции производительностью по сырью 12000 кг/ч. Состав сырья, % мас.: н-бутан – 0.1, изопентан – 35.0, н-пентан – 64.5, фр. 40-70 (алканы С6) – 0.4. Содержание изопентана в дистилляте – 99.5 % мас., в кубовом остатке – 0.5% мас. Давление в верхнем сечении колонны 2.5 кгс/см<sup>2</sup>, в секции питания 2.9 кгс/см<sup>2</sup>, в нижнем сечении 3.3 кгс/см<sup>2</sup>. Мольная доля отгона сырья  $e_{mol}=0.4$ .

2. Рассчитать изобутан-бутановую колонну ГФУ производительностью по сырью 30 т/ч. Состав сырья, % мас.: пропан – 0.2, изобутан – 35.0, н-бутан – 64.5, изопентан – 0.3. Содержание изобутана в дистилляте 99.0% мас., в кубовом остатке – 0.5 % мас. Давление в верхнем сечении колонны с клапанными тарелками 6.7 кгс/см<sup>2</sup>, в секции питания – 7.1 кгс/см<sup>2</sup>, в нижнем сечении – 7.5 кгс/см<sup>2</sup>. Мольная доля отгона сырья  $e_{mol}=0.4$ .

3. Рассчитать толуольную ректификационную колонну с клапанными тарелками производительностью по сырью 15000 кг/ч. Состав сырья, % мас.: бензол – 0.1, толуол – 90.0, этилбензол – 3.0, изомеры ксилола (считать на м-ксилол) – 6.9. Содержание толуола в дистилляте 99.7 % мас., в кубовом остатке – 1.0 % мас. Давление в верхнем сечении колонны 1.2 кгс/см<sup>2</sup>, в секции питания 1.35 кгс/см<sup>2</sup>, в нижнем сечении – 1.5 кгс/см<sup>2</sup>. Температура сырья 120 °С.

4. Рассчитать ректификационную колонну с клапанными тарелками для разделения аренов С8 производительностью по сырью 30000 кг/ч. Состав сырья, % мас.: этилбензол – 15, п-ксилол – 18, м-ксилол – 35, о-ксилол – 0.02. Среднее давление в колонне 1.6 кгс/см<sup>2</sup>, средняя температура 160 °С. Давление, кгс/см<sup>2</sup>: верхнее сечение – 1.2, секция питания – 1.6, нижнее сечение – 2.0. Мольная доля отгона сырья  $e_{mol}=0.7$ .

5. Рассчитать о-ксилольную ректификационную колонну с клапанными тарелками производительностью по сырью 15000 кг/час. Состав сырья, % мас.: м-ксилол – 0.2, о-ксилол – 90.0, мезитилен – 9.8. Содержание мезитилена в дистилляте – 0.1 % мас., о-ксилола в кубовом остатке – 1 % мас. Давление, кгс/см<sup>2</sup>: в верхнем сечении – 1.2, в секции питания – 1.5, в нижнем сечении – 1.8. Мольная доля отгона сырья  $e_{mol}=0.9$ .

6. Рассчитать ректификационную колонну с клапанными тарелками, предназначенную для разделения реакционной смеси процесса алкилирования бензола этиленом, производительностью по сырью 30000 кг/ч. Состав сырья, % мас: бензол – 50.0, этилбензол – 45.0, диэтилбензолы (принять за 1,4-диэтилбензол) – 5.0. Содержание этилбензола в дистилляте – 0.1 % мас., бензола в кубовом остатке – 0.1 % мас. Давление, кгс/см<sup>2</sup>: в верхнем сечении – 1.2, в секции питания – 1.35, в нижнем сечении – 1.5. Мольная доля отгона сырья  $e_{mol}=0.3$ .

7. Рассчитать ректификационную колонну с клапанными тарелками, предназначенную для разделения реакционной смеси процесса получения стирола дегидрированием этилбензола производительностью по сырью 10000 кг/ч. Состав сырья, %

мас.: бензол – 0.2, этилбензол – 30.0, стирол – 69.8. Содержание стирола в дистилляте – 0.3 % мас., этилбензола в кубовом остатке – 0.1 % мас. Давление, кгс/см<sup>2</sup>: в верхнем сечении – 0.5, в секции питания – 0.7, в нижнем сечении – 0.9. Мольная доля отгона сырья  $e_{mol}=0.3$ .

8. Рассчитать ректификационную колонну с клапанными тарелками, предназначенную для разделения реакционной смеси процесса алкилирования бензола пропиленом, производительностью по сырью 10000 кг/ч. Состав сырья, % мас.: бензол – 27.0, кумол – 72.5, я-метил-4-изопропилбензол – 0.5. Содержание кумола в дистилляте – 0.1% мас., бензола в кубовом остатке – 0.05 % мас. Давление, кгс/см<sup>2</sup>: в верхнем сечении – 1.2, секции питания – 1.3, в нижнем сечении – 1.4. Мольная доля отгона сырья  $e_{mol}=0.4$ .

9. Рассчитать ректификационную колонну с клапанными тарелками, предназначенную для разделения реакционной смеси процесса алкилирования толуола этанолом, производительностью по сырью 15000 кг/ч. Состав сырья, % мас.: толуол – 50.0, 1-метил-3-этилбензол – 15, 1-метил-4-этилбензол – 25, 1-метил-2-этилбензол – 10. Мольное отношение расходов в дистилляте и в кубовом остатке толуола – 90, 1-метил-2-этилбензола – 0.02. Среднее давление в колонне 1.4 кгс/см<sup>2</sup>, средняя температура 150 °С. Давление, кгс/см<sup>2</sup>: верх – 1.2, секция питания – 1.4, нижнее сечение – 1.6. Мольная доля отгона сырья  $e_{mol}=0.6$ .

10. Рассчитать ректификационную колонну с клапанными тарелками производительностью по сырью 50000 кг/ч для выделения фракции 40-105 °С из прямогонной бензиновой фракции. Данные о кривой ИТК сырья, °С (% мас.): н.к. 40, 10% 80, 30% 105, 50% 129, 70% 147, 90% 162, к.к. 200. Значение характеризующего фактора для всех узкокипящих фракций считать постоянным  $K=11.5$ . Содержание фракций, % мас.: фр. 105-125 °С в дистилляте – 2.0, фр. 85-105 °С в кубовом остатке – 1.0. Давление, кгс/см<sup>2</sup>: верхнее сечение – 1.5, секция питания – 1.65, нижнее сечение – 1.8. Мольная доля отгона сырья  $e_{mol}=0.4$ .

11. Рассчитать ректификационную колонну с клапанными тарелками производительностью по сырью 80000 кг/ч для выделения бензольной фракции 50-90°С из широкой фракции риформата. Данные о кривой ИТК сырья, °С (% мас.): н.к. 50, 10% 65, 30% 100, 50% 120, 70% 140, 90% 167, к.к. 190. Значение характеризующего фактора для всех узкокипящих фракций считать постоянным  $K=10.7$ . Содержание фракций, % мас.: фр. 90-125 °С в дистилляте – 1.0, фр. 65-90 °С в кубовом остатке – 0.5. Давление, кгс/см<sup>2</sup>: верхнее сечение – 1.5, секция питания – 1.7, нижнее сечение – 1.9. Мольная доля отгона  $e_{mol}=0.4$ .

12. Рассчитать ректификационную колонну с клапанными тарелками производительностью по сырью 40000 кг/ч для выделениеяксилольной фракции 105-140 из риформата бензиновой фракции. Данные о кривой ИТК сырья, °С (% мас.): н.к. 105, 10% 118, 50% 128, 90% 155, к.к. 182. Значение характеризующего фактора для всех узкокипящих фракций считать постоянным  $K=10.5$ . Содержание фракций, % мас.: фр. 140-160 °С в дистилляте – 1.5, фр. 120-140 °С в кубовом остатке – 1.0. Давление, кгс/см<sup>2</sup>: верхнее сечение – 1.2, секция питания – 1.35, нижнее сечение – 1.5. Температура сырья 140 °С.

13. Рассчитать ректификационную колонну с клапанными тарелками производительностью по сырью 15000 кг/ч для разделения аренов С<sub>9</sub>. Состав сырья, % мас. о-ксилол – 3.0, 1-метил-4-этилбензол – 8.0, иезитилен – 19.0, псевдокумол – 55.0, гемимеллитол – 10.0, н-бутилбензол – 5.0. Содержание мезитилена в кубовом остатке – 1.0 % мас., псевдокумола в дистилляте – 5.0% мас. Давление, кгс/см<sup>2</sup>: верхнее сечение – 1.2, секция питания – 1.5, нижнее сечение – 1.8. Температура сырья – 179 °С.

14. Рассчитать псевдокумольную колонну клапанными тарелками производительностью по сырью 10000 кг/ч. Состав сырья, % мас.: мезитилен – 1.0, псевдокумол – 80.0, гемимеллитолл – 14.0, н-бутилбензол – 5.0. Содержание гемимеллитола в дистилляте – 0.75 % мас., псевдокумола в кубовом остатке – 5.0 % мас. Давление, кгс/см<sup>2</sup>: верхнее сечение – 1.2, секции питания – 1.5, нижнее сечение – 1.8. Мольная доля отгона сырья  $e_{mol}=0.8$ .

15. Рассчитать ректификационную колонну стабилизации гидрогенизата установки гидроочистки дизельной фракции с клапанными тарелками производительностью по сырью 140 т/ч. Данные о кривой ИТК сырья, °С (% мас.): н.к. 195, 10% 215, 30% 247, 50% 271, 70%



292, 90% 308, к.к. 325. Значения характеризующего фактора для всех узкокипящих фракций считать постоянным  $K=10.8$ . Содержание фракций, % мас.: фр. 195-220 °С в дистилляте – 98.0, в кубовом остатке – 0.5. Давление, МПа: в верхнем сечении – 0.13, в секции питания – 0.14, в нижнем сечении – 0.16. Температура сырья 272 °С.

16. Рассчитать пропановую ректификационную колонну с клапанными тарелками производительностью по сырью 54000 кг/ч. Состав сырья, % мас.: этан – 0.1, пропан – 21.0, изобутан – 13.6, н-бутан – 34.0, изопентан – 17.8, н-пентан – 11.5, н-гексан – 2.0. Содержание пропана в кубовом остатке – 1.06 % мас., изобутана в дистилляте – 1.97 % мас. Давление, кгс/см<sup>2</sup>: верхнее сечение – 20.0, секция питания – 20.2, нижнее сечение – 20.5. Температура сырья 125 °С.

17. Рассчитать ректификационную колонну с клапанными тарелками для выделения алканов С<sub>4</sub> производительностью по сырью 60 т/ч. Состав сырья, % мас.: пропан – 0.1, изобутан – 20, н-бутан – 20, н-бутан – 35, изопентан – 19, н-пентан – 25.9. Содержание изопентана в дистилляте 0.2 % мас., н-бутана в кубовом остатке – 0.1 % мас. Давление, кгс/см<sup>2</sup>: в верхнем сечении – 6.0, в секции питания – 6.3, в нижнем сечении – 6.6. Мольная доля отгона  $e_{mol}=0.6$ .

18. Рассчитать ректификационную колонну с клапанными тарелками для разделения пропан-пропиленовой фракции производительностью по сырью 25000 кг/ч. Состав сырья, % мас.: этан – 0.1, пропилен – 95.0, пропан – 4.8, изобутен – 0.1. Содержание пропилена в дистилляте 99.7 % мас., в кубовом остатке – 2% мас. Давление, кгс/см<sup>2</sup>: в верхнем сечении – 17.0, в секции питания – 17.4, в нижнем сечении – 17.8. Мольная доля отгона сырья  $e_{mol}=0.96$ .

19. Рассчитать ректификационную колонну с клапанными тарелками для отгонки бензола от хлорпроизводных бензола производительностью по сырью 20000 кг/ч. Состав сырья, % мас.: бензол – 20, хлорбензол – 74, п-дихлорбензол – 6.5, о-дихлорбензол – 2. Содержание хлорбензола в дистилляте – 0.2 % мас., бензола в кубовом остатке – 0.03 % мас. Давление, кгс/см<sup>2</sup>: в верхнем сечении – 1.2, в секции питания – 1.3, в нижнем сечении – 1.4. Мольная доля отгона сырья  $e_{mol}=0.3$ .

20. Рассчитать хлорбензольную колонну с клапанными тарелками производительностью по сырью 16000 кг/ч. Состав сырья, % мас.: бензол – 0.03, хлорбензол – 90, п-дихлорбензол – 6.5, о-дихлорбензол – 3.47. Содержание п-дихлорбензола в дистилляте – 0.1 % мас., хлорбензола в кубовом остатке – 0.5 % мас. Давление, кгс/см<sup>2</sup>: в верхнем сечении – 1.2, в секции питания – 1.35, в нижнем сечении – 1.5. Мольная доля отгона сырья  $e_{mol}=0.9$ .

21. Рассчитать бензольную колонну с клапанными тарелками для разделения продуктов диспропорционирования толуола производительностью по сырью 30000 кг/ч. Состав сырья, % мас.: бензол – 20, толуол – 52, п-ксилол – 7, м-ксилол – 13, о-ксилол – 8. Содержание бензола в дистилляте – 99.8 % мас., в кубовом остатке – 0.1% мас. Давление, кгс/см<sup>2</sup>: в верхнем сечении – 1.3, в секции питания – 1.5, в нижнем сечении – 1.7. Мольная доля отгона сырья  $e_{mol}=0.3$ .

## **5. Методические материалы для определения процедур оценивания знаний, умений и навыков, характеризующих этапы формирования компетенций.**

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в соответствии с требованиями СТП СТО СПбГТИ(ТУ) 016-2015. КС УКДВ Порядок проведения зачетов и экзаменов.

По дисциплине промежуточная аттестация проводится в форме защиты курсового проекта (курсовой работы) и экзамена.

Шкала оценивания на экзамене балльная («отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно»).