

Документ подписан простой электронной подписью  
 Информация о владельце:  
 ФИО: Пекаревский Борис Владимирович  
 Должность: Проректор по учебной и методической работе  
 Дата подписания: 07.02.2023 13:38:19  
 Уникальный программный ключ:  
 3b89716a10768862e1876f027c096017810a84



МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
 высшего образования

«Санкт-Петербургский государственный технологический институт  
 (технический университет)»  
 (СПбГТИ(ТУ))

Центр среднего профессионального образования

УТВЕРЖДАЮ  
 Проректор по учебной  
 и методической работе  
 \_\_\_\_\_ Б. В. Пекаревский  
 от 31 августа 2022 г.

**Рабочая программа учебной дисциплины  
 ОП 09 ПРОЦЕССЫ И АППАРАТЫ**

*(шифр и наименование дисциплины по учебному плану)*

Специальность

**18.02.12 Технология аналитического контроля химических соединений**

Квалификация выпускника	<b>Техник</b>
Форма обучения	<b>очная</b>
Уровень образования, необходимый для приема	<b>среднее общее образование</b>
на обучение по ППССЗ	
Срок получения СПО по ППССЗ базовой подготовки	<b>2 года 10 месяцев</b>
Год начала подготовки	<b>2022</b>

Санкт-Петербург  
 2022

Рабочая программа учебной дисциплины «ПРОЦЕССЫ И АППАРАТЫ» разработана на основе Федерального государственного образовательного стандарта (далее – ФГОС), входящего в состав укрупненной группы профессий, специальностей 18.00.00 Химические технологии, по специальности среднего профессионального образования (далее – СПО) **18.02.12 Технология аналитического контроля химических соединений.**

**Организация-разработчик:** федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный технологический институт (Центр среднего профессионального образования)

Программу составил(а) преподаватель ЦСПО, ассистент кафедры процессов и аппаратов

\_\_\_\_\_ (должность, квалификационная категория)

\_\_\_\_\_ (подпись)

Гилевская О.В.

(Фамилия И.О.)

Программа обсуждена и одобрена на заседании цикловой методической комиссии общепрофессионального и профессионального цикла дисциплин

протокол № \_\_\_\_\_ от «\_\_» \_\_\_\_\_ 2022г.

Председатель ЦМК \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_ (подпись)

\_\_\_\_\_ (Фамилия И.О.)

Рабочая программа дисциплины утверждена в составе ОПОП решением Ученого совета СПбГТИ (ТУ) №5 от 31.08.2022 г.

**СОГЛАСОВАНО:**

Директор ЦСПО

\_\_\_\_\_ (подпись)

А.Ю.Постнов

(Фамилия И.О.)

Зам. директора ЦСПО

\_\_\_\_\_ (подпись)

Ю.В.Александрова

(Фамилия И.О.)

**СОГЛАСОВАНО:**

Директор библиотеки

\_\_\_\_\_ (подпись)

ТН Старостенко.

## ЛИСТ АКТУАЛИЗАЦИИ ПРОГРАММЫ

Дата/ Результаты актуализации	
<p>Внести изменения в ОПОП по специальности 18.02.12 «Технология аналитического контроля химических соединений» на основании приказа Минпросвещения России от 01.09.2022 № 796 "О внесении изменений в ФГОС СПО" (зарегистрирован в Минюсте от 11.10.2022).</p> <p>Внесение изменений рассмотрены на Методическом совете №__ от 13.12.2022.</p> <p>Утверждены решением Ученого совета СПбГТИ (ТУ) протокол № 18 от 27.12.2022 г.</p>	
Было:	Стало
ОК 03. Планировать и реализовывать собственное профессиональное и личностное развитие.	ОК 03. Планировать и реализовывать собственное профессиональное и личностное развитие, предпринимательскую деятельность в профессиональной сфере, использовать знания по финансовой грамотности в различных жизненных ситуациях.
ОК 04. Работать в коллективе и команде, эффективно взаимодействовать с коллегами, руководством, клиентами.	ОК 04. Эффективно взаимодействовать и работать в коллективе и команде.
ОК 05. Осуществлять устную и письменную коммуникацию на государственном языке с учетом особенностей социального и культурного контекста.	ОК 05. Осуществлять устную и письменную коммуникацию на государственном языке Российской Федерации с учетом особенностей социального и культурного контекста
<b>ОК 06.</b> Проявлять гражданско-патриотическую позицию, демонстрировать осознанное поведение на основе традиционных общечеловеческих ценностей, применять стандарты антикоррупционного поведения. (в ред. Приказа Минпросвещения России от 17.12.2020 N 747)	ОК 06. Проявлять гражданско-патриотическую позицию, демонстрировать осознанное поведение на основе традиционных общечеловеческих ценностей, в том числе с учетом гармонизации межнациональных и межрелигиозных отношений, применять стандарты антикоррупционного поведения.
ОК 07. Содействовать сохранению окружающей среды, ресурсосбережению, эффективно действовать в чрезвычайных ситуациях.	ОК 07. Содействовать сохранению окружающей среды, ресурсосбережению, применять знаний об изменении климата, принципах бережливого производства, эффективно действовать в чрезвычайных ситуациях.
ОК 08. Использовать средства физической культуры для сохранения и укрепления здоровья в процессе профессиональной деятельности и поддержания необходимого уровня физической подготовленности.	ОК 08. Использовать средства физической культуры для сохранения и укрепления здоровья в процессе профессиональной деятельности и поддержания необходимого уровня физической подготовленности.
ОК 09. Использовать информационные технологии в профессиональной деятельности.	ОК 09 Пользоваться профессиональной документацией на государственном и иностранном языках
ОК 10. Пользоваться профессиональной документацией на государственном и иностранном языке (в ред. Приказа Минпросвещения России от 17.12.2020 N 747)	<i>Отменить</i>
ОК 11. Использовать знания по финансовой грамотности, планировать предпринимательскую деятельность в профессиональной сфере. (в ред. Приказа Минпросвещения России от 17.12.2020 N 747)	<i>Отменить</i>

## **СОДЕРЖАНИЕ**

**1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

**2. СТРУКТУРА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

**3. УСЛОВИЯ РЕАЛИЗАЦИИ ПРОГРАММЫ**

**4. КОНТРОЛЬ И ОЦЕНКА РЕЗУЛЬТАТОВ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

## 1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОГРАММЫ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

**1.1. Место дисциплины в структуре основной профессиональной образовательной программы:** Рабочая программа учебной дисциплины «Процессы и аппараты» является частью основной образовательной программы в соответствии с ФГОС по специальности среднего профессионального образования **18.02.12 Технология аналитического контроля химических соединений**. Учебная дисциплина «Процессы и аппараты» входит в общепрофессиональный цикл дисциплин образовательной программы и может реализовываться с применением электронного обучения и дистанционных образовательных технологий организации.

### 1.2. Цель и планируемые результаты освоения дисциплины

В рамках программы учебной дисциплины обучающимися осваиваются умения и знания

Код ПК, ОК	Умения	Знания
<b>ОК 01</b> <b>ОК 02</b> <b>ОК 03</b> <b>ОК 04</b> <b>ОК 07</b> <b>ОК 09</b>  <b>Добавить</b> <b>ПК</b> <b>ПК 1.1.</b> <b>ПК 1.2.</b> <b>ПК 1.3.</b> <b>ПК 2.1.</b> <b>ПК 2.3.</b> <b>ПК 4.1.</b> <b>ПК 4.2.</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- читать, выбирать, изображать и описывать технологические схемы;</li> <li>- выполнять расчет материальных и тепловых балансов основных процессов и аппаратов;</li> <li>- выполнять расчеты характеристик и параметров конкретного вида оборудования;</li> <li>- обосновывать выбор конструкции оборудования для конкретного производства;</li> <li>- обосновывать целесообразность выбранных технологических схем;</li> <li>- осуществлять подбор стандартного оборудования по каталогам и ГОСТам;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- классификацию и физико-химические основы процессов химической технологии;</li> <li>- характеристики основных процессов химической технологии: гидромеханических, механических, тепловых, массообменных;</li> <li>- методику расчета материального и теплового балансов процессов и аппаратов;</li> <li>- методы расчета и принципы выбора основного и вспомогательного технологического оборудования;</li> <li>- типичные технологические системы химических производств и их аппаратное оформление;</li> <li>- основные типы, устройство и принцип действия основных машин и аппаратов химических производств;</li> <li>- принципы выбора аппаратов с различными конструктивными особенностями.</li> </ul>

### 1.2. Планируемые личностные результаты реализации программы воспитания в рамках изучения учебной дисциплины.

Демонстрирующий готовность и способность вести диалог с другими людьми, достигать в нем взаимопонимания, находить общие цели и сотрудничать для их достижения в профессиональной деятельности	<b>ЛР 13</b>
Проявляющий сознательное отношение к непрерывному образованию как условию успешной профессиональной и общественной деятельности	<b>ЛР 14</b>
Демонстрирующий навыки работы в коллективе и команде, способный эффективно взаимодействовать с коллегами, руководством, клиентами.	<b>ЛР 18</b>
Осуществляющий устную и письменную коммуникацию на государственном	<b>ЛР 19</b>

языке с учетом особенностей социального и культурного контекста.	
Гибко реагирующий на появление новых форм трудовой деятельности, готовый к их освоению в сфере управления технологическими процессами на предприятиях нефти и газа	<b>ЛР 23</b>
Содействовать сохранению окружающей среды, ресурсосбережению, эффективно действовать в чрезвычайных ситуациях.	<b>ЛР 33</b>

### **1.3. Количество часов на освоение программы дисциплины:**

#### **Рекомендуемое количество часов на освоение программы дисциплины:**

максимальной учебной нагрузки обучающегося 126 часов, в том числе:

обязательной аудиторной учебной нагрузки обучающегося 102 часа;

самостоятельной работы обучающегося 18 часов.

## 2 СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

### 2.1. Объем учебной дисциплины и виды учебной работы

<b>Вид учебной работы</b>	<b>Объем часов</b>
<b>Объем образовательной программы</b>	126
самостоятельная учебная работа <sup>1</sup> в том числе: самостоятельное выполнение индивидуальных домашних заданий, изучение тем учебников, учебных пособий, лекционного материала	<b>18</b>
Нагрузка во взаимодействии с преподавателем том числе:	<b>102</b>
теоретическое обучение	32
практические занятия	28
лабораторные занятия	40
<b>консультации</b>	2
Промежуточная аттестация <sup>2</sup> : 1 полугодие – контрольная работа (в рамках часов отведенных на учебные занятия) – оценка; 2 полугодие – устный экзамен. – 6 часов	6

<sup>1</sup> Объем самостоятельной работы обучающихся определяется образовательной организацией в соответствии с требованиями ФГОС СПО в пределах объема образовательной программы в количестве часов, необходимом для выполнения заданий самостоятельной работы обучающихся, предусмотренных тематическим планом и содержанием учебной дисциплины.

<sup>2</sup> Форма и периодичность промежуточной аттестации определяются образовательной организацией.

## 2.1. Тематический план и содержание учебной дисциплины

Наименование разделов и тем	Содержание учебного материала и формы организации деятельности обучающихся	Объем часов	Осваиваемые элементы компетенций	
1	2	3	4	
<b>Раздел 1. Гидравлические процессы</b>		<b>40</b>		
<b>Тема 1.1.</b> <b>Основы гидравлики</b>	<b>Содержание учебного материала</b>	<b>2</b>	ОК 01-04,07, 09, 10 ПК 1.1-1.3, 2.1, 2.3, 4.1, 4.2 ЛР 13,14,18,19,23, 33	
	Жидкости капельные и упругие, их основные свойства: плотность, вязкость. Свойства нефтепродуктов, зависимость свойств от температуры и давления. Гидростатическое давление. Основное уравнение гидростатики. Давление абсолютное и избыточное. Понятие о вакууме. Расход жидкости и средняя скорость. Материальный баланс потока (уравнение неразрывности потока). Удельная энергия жидкости. Уравнение Бернулли для идеальной и реальной жидкости.			
	<b>Тематика практических занятий и лабораторных работ</b>			<b>6</b>
	1 Практическое занятие <b>Расчет физических свойств жидкостей и газов</b>			2
	2 Лабораторная работа <b>Определение режима течения жидкости</b>	4		
<b>Тема 1.2.</b> <b>Перемещение жидкостей и газов</b>	<b>Содержание учебного материала</b>	<b>4</b>	ОК 01-04,07, 09, 1 ПК 1.1-1.3, 2.1, 2.3, 4.1, 4.2 ЛР 13,14,18,19,23, 33	
	Назначение, устройство трубопроводов. Способы соединений труб. Виды арматуры. Классификация и правила эксплуатации трубопроводов. Выбор диаметра трубопроводов. Гидравлическое сопротивление трубопроводов. Затраты энергии на перемещение жидкостей и газов по трубопроводам. Насосы. Назначение, классификация (объемные и динамические), параметры работы насосов (производительность, напор, расход энергии). Схема насосной установки. Насосы динамического типа. Устройство, принцип работы центробежных, осевых, вихревых насосов. Совместная работа центробежных насосов. Законы пропорциональности. Характеристика и подбор насосов. Насосы объемного типа. Устройство, принцип работы поршневых, ротационных насосов. Характеристики поршневых насосов. Устройство, принцип работы струйных и пневматических насосов, область их применения. Правила безопасности при эксплуатации насосов. Перемещение, сжатие и разряжение газов. Классификация компрессорных машин по степени сжатия и принципу работы. Устройство, принцип действия, область применения поршневых компрессоров, турбогазодувок и турбокомпрессоров, осевых вентиляторов и газодувок. Характеристика сети и рабочая точка. Течение жидкости через неподвижные зернистые слои. Гидродинамика псевдооживленных (кипящих) слоев. Приложения в нефтехимических			

	процессах.		
	<b>Тематика практических занятий и лабораторных работ</b>	<b>18</b>	
	1 Практическое занятие <b>Расчет диаметра трубопровода, расчет скорости потока.</b>	2	
	2 Практическое занятие <b>Расчет потерь давления на трение и местные сопротивления. Расчёт мощности центробежного насоса и вентилятора.. Выбор насоса и вентилятора.</b>	4	
	3 Лабораторная работа <b>Определение гидравлических сопротивлений трубопроводов.</b>	4	
	4 Лабораторная работа <b>Изучение гидравлики взвешенного слоя.</b>	4	
	5 Лабораторная работа <b>Определение характеристик центробежного вентилятора и сети.</b>	4	
<b>Тема 1.3. Гидромеханические процессы</b>	<b>Содержание учебного материала</b>	<b>2</b>	ОК 01-04,07, 09, ПК 1.1-1.3, 2.1, 2.3, 4.1, 4.2 ЛР 13,14,18,19,23, 33
	Классификация неоднородных систем и методов их разделения. Краткая характеристика процесса осаждения, основные аппараты. Отстойники и их расчет.. Разделение под действием сил разности давления. Скорость фильтрования. Классификация фильтров. Конструкции основных фильтров (фильтр-прессы, барабанные, рукавные и др.). Разделение в поле действия центробежных сил. Центробежное отстаивание и центробежное фильтрование. Циклонный процесс. Фактор разделения. Центрифугирование. Классификация центрифуг. Конструкции основных фильтрующих и отстойных центрифуг. Расчет производительности центрифуг и расхода энергии на центрифугирование. Очистка газов в электрическом поле. Мокрая очистка газов.		
	<b>Самостоятельная работа обучающихся</b> <i>Определяется при формировании рабочей программы</i>	4	
<b>Тема 1.4. Перемешивание в жидких средах</b>	<b>Содержание учебного материала</b>	<b>2</b>	
	Виды перемешивания, интенсивность и эффективность перемешивания. Механическое перемешивание. Расход энергии на перемешивание. Конструкции мешалок и их выбор.		
	<b>Самостоятельная работа обучающихся</b> <i>Определяется при формировании рабочей программы</i>	2	
<b>Раздел 2. Тепловые процессы</b>		<b>24</b>	
<b>Тема 2.1. Основы теплопередачи</b>	<b>Содержание учебного материала</b>	<b>4</b>	ОК 01-04,07, 09, ПК 1.1-1.3, 2.1, 2.3, 4.1, 4.2 ЛР 13,14,18,19,23,
	Виды передачи тепла. Тепловой баланс. Механизм переноса тепла теплопроводностью Закон Фурье. Коэффициент теплопроводности. Механизм теплопередачи через плоскую и цилиндрическую стенку. Определение коэффициента теплопередачи. Тепловые потери. Тепловая изоляция аппаратов. Определение коэффициента теплоотдачи при различных случаях теплоотдачи. Тепловое излучение. Закон Стефана-Больцмана и Кирхгофа. Совместная передача тепла		

	излучением и конвекцией. Теплопередача. Основное уравнение, движущая сила процесса теплопередачи. Схемы движения теплоносителей, расчёт среднего температурного напора. Механизм переноса тепла конвекцией. Свободная и вынужденная конвекция. Теплоотдача. Закон охлаждения Ньютона. Коэффициент теплоотдачи.		33
	<b>Тематика практических занятий и лабораторных работ</b>	<b>6</b>	
	1 Практическое занятие <b>Расчет теплового баланса. Теплопередача. Средняя разность температур. Коэффициент теплопередачи.</b>	2	
	2 Лабораторная работа <b>Изучение процесса теплоотдачи в кожухотрубчатом теплообменнике.</b>	4	
<b>Тема 2.2. Теплообменные аппараты</b>	<b>Содержание учебного материала</b>	2	ОК 01-04,07, 09, ПК 1.1-1.3, 2.1, 2.3, 4.1, 4.2 ЛР 13,14,18,19,23, 33
	Нагревание водяным паром и парами высокотемпературных органических теплоносителей. Нагревание горячими жидкостями, топочными газами и электрическим током. Нагревание в трубчатых печах нефтегазовой отрасли. Охлаждение водой и низкотемпературными жидкими хладагентами. Охлаждение воздухом. Теплообменные аппараты. Классификация и конструкции основных поверхностных теплообменников (кожухотрубные, змеевиковые, пластинчатые и др.). Смесительные теплообменники. Расчет теплообменников.		
	<b>Тематика практических занятий и лабораторных работ</b>	<b>6</b>	
	1 Практическое занятие <b>Расчет поверхности теплопередачи и выбор теплообменника по каталогу.</b>	4	
	2 Лабораторная работа <b>Сравнение различных конструкций теплообменников</b>	2	
<b>Тема 2.3. Трубчатые печи</b>	<b>Содержание учебного материала</b>	2	ОК 01-04,07, 09, ПК 1.1-1.3, 2.1, 2.3, 4.1, 4.2 ЛР 13,14,18, 19,23,33
	Назначение трубчатых печей, их классификация и устройство. Основные показатели работы трубчатых печей: производительность печи, тепловая мощность, КПД, тепловой баланс. Общий порядок полного расчета трубчатой печи. Классификация топлив, теплотворная способность. Процесс горения. Расход кислорода и воздуха на сжигание топлива.		
	<b>Самостоятельная работа обучающихся</b> <i>Определяется при формировании рабочей программы</i>	<b>4</b>	
<b>Раздел 3. Массообменные процессы</b>		<b>47</b>	

<b>Тема 3.1</b> <b>Основы теории массопередачи</b>	<b>Содержание учебного материала</b>		
	Общие сведения о массообменных процессах. Направление протекания массообменных процессов. Молекулярная и конвективная диффузия. Основное уравнение массопередачи. Материальный баланс и уравнение линии рабочих концентраций. Движущая сила массообменных процессов. Основы расчета высоты массообменных аппаратов с непрерывным контактом фаз (насадочные). Объемные коэффициенты массопередачи. Число единиц переноса. Высота единиц переноса. Теоретическая ступень изменения концентраций (теоретическая тарелка). Определение рабочей высоты аппаратов со ступенчатым контактом фаз (тарельчатых). Коэффициент полезного действия колонны. Эффективность ступени по Мерфи. Построение кинетической кривой. Явление брызгоуноса в тарельчатых аппаратах. Расчет диаметра массообменных аппаратов. Гидродинамические режимы в колоннах (насадочных, пленочных, тарельчатых).	2	
	<b>Самостоятельная работа обучающихся</b> <i>Определяется при формировании рабочей программы</i>	2	ОК 01-04,07, 09, 1 ПК 1.1-1.3, 2.1, 2.3, 4.1, 4.2 ЛР 13,14,18, 19,23,33
<b>Тема 3.2</b> <b>Теория перегонки</b>	<b>Содержание учебного материала</b>	1	
	Простая дистилляция. Простая перегонка с дефлегмацией. Материальный баланс простой перегонки. Молекулярная дистилляция.		
	<b>Самостоятельная работа обучающихся</b> <i>Определяется при формировании рабочей программы</i>	2	
<b>Тема 3.3</b> <b>Ректификация</b>	<b>Содержание учебного материала</b>		ОК 01-04, 07, 09, ПК 1.1-1.3, 2.1, 2.3, 4.1, 4.2 ЛР 13,14,18, 19,23,33
	Общие сведения о процессе ректификации и области его практического применения. Равновесие в системе пар - жидкость. Уравнение линии равновесия. Ректификация и ее преимущества. Схемы установок непрерывной ректификации. Многокомпонентная ректификация в нефтехимии. Экстрактивная и азеотропная ректификация. Схемы установок для проведения экстрактивной и азеотропной ректификации. Конструкции ректификационных аппаратов. Особенности устройств тарельчатых колонн (колпачковые, ситчатые, провальные и др.). Выбор конструкции тарелок. Материальный баланс колонны. Флегмовое число. Построение линий рабочих концентраций. Определение числа теоретических тарелок. Тепловой баланс колонны.	4	
	<b>Тематика практических занятий и лабораторных работ</b>	16	

	1 Практическое занятие <b>Материальный и тепловой балансы ректификации.</b>	2	
	2 Практическое занятие <b>Расчет ректификационных колонн. Уравнения линий рабочих концентраций укрепляющей и исчерпывающей частей ректификационной колонны.</b>	4	
	3 Практическое занятие <b>Зависимость размеров колонны (высоты и диаметра) и расхода теплоты от величины флегмового числа.</b>	4	
	4 Лабораторная работа <b>Изучение процесса ректификации в тарельчатой колонне.</b>	4	
	5 Лабораторная работа <b>Моделирование процесса ректификации на ЭВМ.</b>	2	
<b>Тема 3.4</b> <b>Другие</b> <b>массообменные</b> <b>процессы</b>	<b>Содержание учебного материала</b>		
	Общие сведения о процессе и области его практического применения. Равновесие при абсорбции. Материальный баланс абсорбции. Уравнение линии рабочих концентраций. Минимальный и оптимальный удельные расходы абсорбента. Десорбция. Методы проведения десорбции абсорбента. Принципиальная схема абсорбционно - десорбционных установок. Конструкции абсорберов. Классификация. Пленочные и насадочные колонны (виды насадок, их характеристики). Общие сведения о процессе и области его применения. Треугольные диаграммы. Одноступенчатая и многоступенчатая противоточная экстракция. Массопередача при экстракции. Конструкции экстракционных аппаратов. Общие сведения о процессе и области его применения. Основные промышленные адсорбенты. Равновесие при адсорбции. Изотермы адсорбции. Материальный баланс адсорбции. Кинетика процесса. Схемы проведения непрерывного процесса адсорбции. Конструкции сушилок. Классификация. Конвективные сушилки с неподвижным слоем высушиваемого материала (камерные, ленточные и др.). Конвективные сушилки с перемешиванием высушиваемого материала (барабанная и др.). Основные параметры влажного воздуха. Диаграммы состояния влажного воздуха. Материальный и тепловой балансы конвективной сушки. Кинетика процесса сушки. Кинетические кривые сушки. Периоды постоянной и падающей скоростей сушки и методы расчета скорости сушки. Методы интенсификации процессов сушки. Сушилки с псевдооживленным слоем высушиваемого материала. Контактная сушка. Сушка под вакуумом. Сублимационная сушка.	4	ОК 01-04 ,07, 09, ПК 1.1-1.3, 2.1, 2.3, 4.1, 4.2 ЛР 13,14,18,19, 23,33
	<b>Тематика практических занятий и лабораторных работ</b>	16	
	1 Практическое занятие <b>Абсорбция. Материальный баланс. Расчет основных насадочных колонн.</b>	2	
	2 Практическое занятие <b>Расчёт производительности сушилки.</b>	2	
3 Лабораторная работа <b>Определение коэффициента массопередачи в процессе абсорбции.</b>	4		

	4 Лабораторная работа <b>Испытание экстракционной установки.</b>	4	
	5 Лабораторная работа <b>Изучение процесса адсорбции в противоточном колонном аппарате со взвешенным слоем адсорбента.</b>	4	
<b>Раздел 4. Химические процессы</b>		<b>6</b>	
<b>Тема 4.1</b> <b>Основы ведения химических процессов</b>	<b>Содержание учебного материала</b>	<b>1</b>	ОК 01-04, 07, 09, ПК 1.1-1.3, 2.1, 2.3, 4.1, 4.2 ЛР 13,14,18,19, 23,33
	Классификация химических процессов. Основные характеристики. Основные кинетические закономерности химических процессов. Обратимые и необратимые химические процессы. Непрерывные и периодические процессы. Каталитические химические процессы.		
	<b>Самостоятельная работа обучающихся</b> <i>Определяется при формировании рабочей программы</i>	2	
<b>Тема 4.2</b> <b>Реакторные устройства</b>	<b>Содержание учебного материала</b>	<b>1</b>	
	Классификация реакторных устройств. Типы химических реакторов в зависимости от агрегатного состояния веществ, гидродинамического и теплового режима. Устройства для теплообмена и перемешивания в реакторах. Принципы расчета реакторных устройств. Основные конструкционные материалы. Факторы, влияющие на выбор типа реактора		
	<b>Самостоятельная работа обучающихся</b> <i>Определяется при формировании рабочей программы</i>	2	
<b>Раздел 5. Механические процессы</b>		<b>3</b>	
<b>Тема 5.1</b> <b>Виды механических процессов</b>	<b>Содержание учебного материала</b>	<b>1</b>	ОК 01- ОК 01-04,07, 09, ПК 1.1-1.3, 2.1, 2.3, 4.1, 4.2 ЛР 13,14,18, 19,23,33
	Процесс измельчения твёрдых материалов. Назначение, способы и схемы измельчения. Оценка качества измельчения. Классификация оборудования для измельчения. Устройство машин для крупного и среднего дробления, для тонкого и сверхтонкого помола. Дозирование твёрдых сыпучих материалов. Устройство дозаторов и питателей. Смешение твёрдых сыпучих материалов. Устройство смесителей. Сущность и назначение процесса классификации (сортировки) измельчённых материалов. Механическая классификация (грохочение). Устройство грохотов.		
	<b>Самостоятельная работа обучающихся</b>		

	<i>Определяется при формировании рабочей программы</i>		
<b>Консультации</b>		<b>2</b>	
<b>Промежуточная аттестация</b>		<b>6</b>	
<b>Всего часов по программе:</b>		<b>126</b>	

### 3. УСЛОВИЯ РЕАЛИЗАЦИИ ПРОГРАММЫ ДИСЦИПЛИНЫ

#### 3.1. Для реализации программы учебной дисциплины должны быть предусмотрены следующие специальные помещения:

Реализация учебной дисциплины требует наличия учебного кабинета «Процессы и аппараты», лабораторий «Процессы и аппараты». Оборудование учебного кабинета: 15 парт, 30 стульев, рабочее место преподавателя, доска меловая, проектор, рисунки и схемы, комплект плакатов, чертежи технологических схем, чертежи аппаратов, ПЭВМ

Технические средства обучения: Microsoft Office Excel, Microsoft Office Word, Microsoft Office Visio, Microsoft Office PowerPoint.

Оборудование лаборатории: установка для изучения режимов течения жидкости, установка для изучения гидравлического сопротивления взвешенного слоя, установка для определения характеристик центробежного вентилятора, установка для измерения гидравлического сопротивления трубопровода.

В учебном процессе ПК используются при проведении лабораторных работ и выполнении индивидуальных заданий.

В лаборатории вычислительная техника используется в режиме тренажера. На кафедре разработаны и введены в учебный процесс 5 программ, имитирующих работу лабораторных установок:

Лабораторный практикум включает пять таких лабораторных работ:

1. Моделирование гидравлических сопротивлений
2. Моделирование процесса теплопередачи в кожухотрубчатом теплообменнике;
3. Моделирование процесса абсорбции в насадочной колонне;
4. Моделирование процесса ректификации в тарельчатой колонне;
5. Моделирование процесса экстракции роторно-дисковым экстракторе.

Каждая работа представляет собой имитацию на компьютере соответствующего процесса. Студент видит на экране монитора схему установки. Он может управлять ею, передвигая мышкой ручки кранов. Компьютер при этом просчитывает изменение параметров процесса и выводит их на экран.

Имитация процессов на компьютере имеет ряд преимуществ:

**1.** Индивидуальная работа студентов даже при моделировании сложных процессов. В то время как при работе на реальной установке каждый студент контролирует работу только одного элемента установки и не видит всего остального.

**2.** Широкий диапазон изменения параметров процесса.

**3.** Возможность моделирования режимов процесса, недопустимых в реальной учебной установке, например работа при высоких давлениях и температурах или с вредными веществами.

В компьютерном лабораторном практикуме возможно решение методических задач разного уровня сложности.

Нижний уровень сложности предполагает ознакомление с работой установки.

Следующий уровень предполагает экспериментальное определение параметров процесса, например, коэффициентом теплопередачи или массопередачи.

При моделировании достаточно сложных процессов, таких как, например, ректификация, возможно решение студентами задачи вывода установки на режим работы, удовлетворяющий определенным условиям.

Верхний уровень сложности - проведение исследовательской работы. Студенты должны экспериментально определить функциональные зависимости между параметрами процесса. При этом в зависимости от уровня требований, предъявляемых студентам, методика эксперимента может быть предложена преподавателем или должна быть разработана самим студентом.

### 3.2 Информационное обеспечение обучения

Информационное обеспечение обучения содержит перечень рекомендуемых учебных изданий, Интернет-ресурсов, дополнительной литературы.

#### *Основные источники:*

1. Процессы и аппараты химической технологии. Общий курс: учебник в 2 книгах / В.Г. Айнштейн [и др.] – Санкт-Петербург [и др.]: Лань, 2019. – 916 с. – ISBN 978-5-8114-2976-9 // Лань: электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com> (дата обращения: 06.11.2021). – Режим доступа: по подписке.

2. Поникаров, И.И. Машины и аппараты химических производств и нефтегазопереработки: учебник / И.И. Поникаров, М.Г. Гайнуллин. – Санкт-Петербург [и др.]: Лань, 2020. – 604 с. – ISBN 978-5-8114-4988-0 // Лань: электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com> (дата обращения: 12.04.2021). – Режим доступа: по подписке.

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. – Санкт-Петербург [и др.]: Лань, 2020. – 716 с. – ISBN 978-5-8114-4753-4 // Лань: электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com> (дата обращения: 24.05.2021). – Режим доступа: по подписке.

#### *Дополнительные источники:*

1. Веригин, А.Н. Теплообменные аппараты: учебное пособие / А.Н. Веригин, Н.А. Незамаев, М.А. Ратасеп; Министерство образования и науки Российской Федерации, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет). Кафедра химической энергетики. – Санкт-Петербург: СПбГТИ(ТУ), 2019. – 153 с.

#### *Электронные библиотечные системы:*

1. Электронная библиотека «БиблиоТех»: <https://technolog.bibliotech.ru/>
2. Электронная библиотечная система «Лань»: <https://e.lanbook.com>
3. Портал фундаментального химического образования <http://www.chemnet.ru>

#### 4. КОНТРОЛЬ И ОЦЕНКА РЕЗУЛЬТАТОВ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Контроль и оценка результатов освоения учебной дисциплины осуществляется преподавателем в процессе проведения семинарских занятий, тестирования, а также выполнения самостоятельной работы.

Результаты обучения	Критерии оценки	Методы оценки
<b>Умения:</b>		
- читать, выбирать, изображать и описывать технологические схемы;	- составление описания процесса по схеме аппарата или процесса; - выполнение технологических схем в соответствии с правилами ЕСКД; - выполнение обвязки аппаратов в соответствии с описанием схем; - выбор технологической схемы в зависимости от назначения процесса;	Устный опрос, письменный опрос, тестирование, оценка выполненной самостоятельной работы Экспертное наблюдение и оценивание выполнения лабораторных и практических работ.  Текущий контроль в форме защиты практических и лабораторных работ
- выполнять материальные и энергетические расчеты процессов и аппаратов;	- расчет материальных и энергетических балансов процессов и аппаратов в соответствии с методическими указаниями; - соблюдение последовательности выполнения технологических и конструктивных расчётов;	
- выполнять расчеты характеристик и параметров конкретного вида оборудования;	- правильное выполнение расчётов характеристик и параметров конкретного вида оборудования;	
- обосновывать выбор конструкции оборудования для конкретного производства;	- обоснованность выбора конструкции оборудования в зависимости от назначения процесса, характеристик сырья материалов и готовой продукцией;	
- обосновывать целесообразность выбранных технологических схем;	- обоснованность целесообразности выбранных технологических схем;	
- осуществлять подбор стандартного оборудования по каталогам и ГОСТам;	- правильный подбор стандартного оборудования по каталогам и ГОСТам.	
<b>Знания:</b>		
- классификацию и физико-химические основы процессов химической технологии;	- владение полной информацией о классификации и физико-химических основ процессов химической технологии.	Устный опрос, письменный опрос, тестирование, оценка выполненной самостоятельной работы
- характеристики основных процессов химической технологии: гидромеханических, механических, тепловых, массообменных;	- демонстрация знаний характеристик основных процессов химической технологии: гидромеханических, механических, тепловых, массообменных;	
- методику расчета материального и теплового балансов процессов и аппаратов;	- демонстрация знаний методики расчета материального и теплового балансов процессов и аппаратов;	

- методы расчета и принципы выбора основного и вспомогательного технологического оборудования;	- демонстрация знаний методов расчета и принципов выбора основного и вспомогательного технологического оборудования;	
- типичные технологические системы химических производств и их аппаратурное оформление;	- демонстрация знаний типичных технологических систем химических производств и их аппаратурного оформления;	
- основные типы, устройство и принцип действия основных машин и аппаратов химических производств;	- демонстрация знаний основных типов, устройств и принципов действия основных машин и аппаратов химических производств;	
- принципы выбора аппаратов с различными конструктивными особенностями.	- демонстрация знаний принципов выбора аппаратов с различными конструктивными особенностями.	

### Практические занятия

Тема дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Форма проведения занятия
<i>Тема 1.1. Основы гидрав-лики</i>	Расчет физических свойств жидкостей и газов	2	Решение задач
<i>Тема 1.2. Перемещение жидкостей и газов</i>	Расчет диаметра трубопровода, расчет скорости потока	2	Решение задач
	Расчет потерь давления на трение и местные сопротивления. Расчёт мощности центробежного насоса и вентилятора. Выбор насоса и вентилятора.	4	Решение задач
<i>Тема 2.1. Основы теплопередачи</i>	Расчет теплового баланса. Теплопередача. Средняя разность температур. Коэффициент теплопередачи.	2	Решение задач
<i>Тема 2.2. Теплообменные аппара-ты</i>	Расчет поверхности теплопередачи и выбор теплообменника по каталогу.	4	Решение задач
<i>Тема 3.3 Ректификация</i>	Материальный и тепловой балансы ректификации	2	Решение задач
	Расчет ректификационных колон. Уравнения линий рабочих концентраций укрепляющей и исчерпывающей частей ректификационной колонны.	4	Решение задач

Тема дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Форма проведения занятия
	Зависимость размеров колонны (высоты и диаметра) и расхода теплоты от величины флегмового числа.	4	Решение задач
Тема 3.4 Другие массообменные процессы	Абсорбция. Материальный баланс. Расчет основных насадочных колонн.	2	Решение задач
	Расчёт производительности сушилки.	2	Решение задач

### Лабораторные работы

Тема дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Форма проведения занятия
Тема 1.1. Основы гидравлики	Определение режима течения жидкости	4	Выполнение лабораторной работы, коллоквиум
Тема 1.2. Перемещение жидкостей и газов	Определение гидравлических сопротивлений трубопроводов.	4	Выполнение лабораторной работы, коллоквиум
	Изучение гидравлики взвешенного слоя.	4	
	Определение характеристик центробежного вентилятора и сети.	4	
Тема 2.1. Основы теплопередачи	Изучение процесса теплоотдачи в кожухотрубчатом теплообменнике.	4	Выполнение лабораторной работы, коллоквиум
Тема 2.2. Теплообменные аппараты	Сравнение различных конструкций теплообменников	2	
Тема 3.3 Ректификация	Изучение процесса ректификации в тарельчатой колонне.	4	Выполнение лабораторной работы, коллоквиум
	Моделирование процесса ректификации на ЭВМ.	2	
Тема 3.4 Другие массообменные процессы	Определение коэффициента масспередачи в процессе абсорбции.	4	Выполнение лабораторной работы, коллоквиум
	Испытание экстракционной установки.	4	

Тема дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Форма проведения занятия
	Изучение процесса адсорбции в противоточном колонном аппарате со взвешенным слоем адсорбента.	4	Выполнение лабораторной работы, коллоквиум

### Самостоятельная работа

Тема дисциплины	Перечень вопросов для самостоятельного изучения	Объем, акад. часы	Форма контроля
Тема 1.3. Гидроме-ханические процессы	1) Рассмотреть характеристики процесса осаждения, основные аппараты. 2) Конструкции основных фильтров (фильтр-прессы, барабанные, рукавные и др.). 3) Конструкции основных фильтрующих и отстойных центрифуг.	4	Коллоквиум
Тема 1.4. Перемешивание в жидких средах	Рассмотреть конструкции мешалок.	2	Коллоквиум
Тема 2.3. Трубчатые печи	Рассмотреть классификацию, устройство и работу трубчатых печей	4	Коллоквиум
Тема 3.1 Основы теории массопередачи	Гидродинамические режимы в колоннах (насадочных, пленочных, тарельчатых).	2	Коллоквиум
Тема 3.2 Теория перегонки	Рассмотреть процесс дистилляции и перегонки	2	Коллоквиум
Тема 4.1 Основы ведения химических процессов	Рассмотреть основные каталитические химические процессы	2	Коллоквиум
Тема 4.2 Реакторные устройства	Рассмотреть основные типы химических реакторов	2	Коллоквиум
Тема 5.1 Виды механических процессов	Рассмотреть способы измельчения, а также основное оборудование для измельчения и классификации	2	Коллоквиум

5. Оценочные и методические материалы содержатся в Приложении к рабочей программе.

Перечень вопросов для проведения промежуточной аттестации в форме экзамена  
**по дисциплине: «Процессы и аппараты»**

**Перечень теоретических вопросов по разделу «Гидравлика и теплообмен»**

1. Уравнение расхода. Приборы измеряющие расход.
2. Определение скорости жидкости
3. Режимы течения жидкости
4. Критерии Рейнольдса
5. Затраты энергии на преодоление потоком жидкости местных сопротивлений.
6. Затраты энергии на преодоление сил трения
7. Конструкции запорно-регулирующей арматуры.
8. Затраты энергии на транспортировку жидкостей и газов по трубопроводам.
9. Мощность насоса, вентилятора.
10. Конструкции насосов
11. Конструкции вентиляторов.
12. Конструкции компрессоров
13. Характеристика центробежного вентилятора
14. Способы переноса тепловой энергии
15. Тепловой баланс нагревания - охлаждения
16. Тепловой баланс нагревания-конденсации
17. Расчет движущей силы теплообменного процесса
18. Основное уравнение теплопередачи
19. Технологические теплоносители
20. Средняя движущая сила процесса теплопередачи при нагревании-охлаждении
21. Средняя движущая сила процесса теплопередачи при нагревании-конденсации
22. Расчет скорости потока
23. Конструкции теплообменников
24. Достоинства и недостатки теплообменника типа «труба в трубе»
25. Гидравлическое сопротивление трубопровода

**Перечень теоретических вопросов по разделу «Массообмен»**

1. Основное уравнение массопередачи
2. Движущая сила массопередачи
3. Абсорбция-определение. Материальный баланс.
4. Конструкция абсорбера
5. Влияние температуры и давления на процесс абсорбции
6. Перегонка-определение. Схема простой перегонки
7. Ректификация-определение. Продукты ректификации
8. Схема ректификационной колонны
9. Материальный баланс ректификации
10. Тепловой баланс ректификации
11. Рабочие линии процесса ректификации
12. Минимальное и рабочее флегмовое число
13. Экстракция-определение. Продукты экстракции

14. Материальный баланс процесса экстракции
15. Конструкции тарелок массообменных колонн
16. Конструкции насадок массообменных колонн
17. Способы интенсификации массообменных процессов
18. Экстракты и рафинаты. Привести примеры.
19. Поверхность массообмена. Способы ее увеличения
20. Применение процесса абсорбции. Его эффективность
21. Применение процесса экстракции. Его эффективность
22. Применение процесса ректификации. Условия возможности применения.
23. Схема ректификационной установки
24. Схема абсорбционной установки
25. Схема экстракционной установки