

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«РЯЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ РАДИОТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ИМЕНИ В.Ф. УТКИНА»

Кафедра «Химическая технология»

«СОГЛАСОВАНО»

Декан факультета ФЭ

\_\_\_\_\_/ Н.М. Верещагин

«\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г

Заведующий кафедрой ХТ

\_\_\_\_\_/ В.В. Коваленко

«25» 06 2020 г



«УТВЕРЖДАЮ»

Проректор РОПиМД

\_\_\_\_\_/ А.В. Корячко

«\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

Дисциплины

**Б 1.0.28 «Процессы и аппараты химической технологии»**

Направление подготовки

18.03.01 Химическая технология

Направленность (профиль) подготовки

Химическая технология природных энергоносителей  
и углеродных материалов

Уровень подготовки

**Бакалавриат**

Квалификация выпускника – бакалавр

Формы обучения – заочная

Рязань 2020 г

## ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЙ

Рабочая программа составлена с учетом требований федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 18.03.01 Химическая технология, утвержденного приказом Минобрнауки № 1005 от 11.08.2016 г.

Разработчик  
Ст. преподаватель кафедры



М.В. Лызлова

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры ХТ  
протокол № 8 от 22.05.2020 г

Заведующий кафедрой  
«Химическая технология»,  
к.т.н., доцент



В.В. Коваленко

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

Рабочая программа по дисциплине «Процессы и аппараты химической технологии» является составной частью основной профессиональной образовательной программы (ОПОП) академического бакалавриата «Химическая технология природных энергоносителей и углеродных материалов», разработанной в соответствии с ФГОС ВО по направлению подготовки 18.03.01 Химическая технология (уровень бакалавриата), утвержденным приказом Минобрнауки России от 11.08.2016 г. № 1005.

**Целью освоения дисциплины** является подготовка дипломированных бакалавров, способных понимать механизмы основных процессов химической технологии, общие принципы их математического описания, расчета, проектирования и использование полученных знаний для решения практических задач при эксплуатации оборудования химических производств.

**Основные задачи освоения учебной дисциплины** распределены между двумя модулями, изучаемыми в 6-м и 7-м семестрах соответственно.

**Задачи модуля 1** (6 семестр): изучить физическую сущность и основы анализа процессов, основные понятия и подходы к расчету процессов и аппаратов, выработать общий единый подход к изучению различных процессов, понять метод системного анализа процессов и методы расчета процессов и аппаратов.

**Задачи модуля 2** (7 семестр): овладеть необходимыми знаниями и умениями для расчета основных процессов и типовых аппаратов химических производств; применять полученные знания для решения конкретных задач как на стадиях проектирования, так и при эксплуатации технологического оборудования.

Коды компетенции	Содержание компетенций	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине
ОПК-1	Способность и готовность использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности	<u>Знать:</u> основные законы естественнонаучных дисциплин; <u>Уметь:</u> обосновывать принятие конкретного технического решения, опираясь на законы естественнонаучных дисциплин; <u>Владеть:</u> методами анализа эффективности работы производств с использованием основных законов естественнонаучных дисциплин
ПК-1	Способность и готовность осуществлять технологический процесс в соответствии с регламентом и использовать технические средства для измерения основных параметров технологического процесса, свойств сырья и продукции	<u>Знать:</u> типовые процессы химической технологии; основные типы и конструкции оборудования для проведения процессов; взаимосвязи материальных и энергетических потоков в технологических процессах; <u>Уметь:</u> эксплуатировать новые технологические схемы в соответствии с регламентом; анализировать режимы работы основного технологического оборудования; разрабатывать проектно-сметную документацию; <u>Владеть:</u> методами измерения основных параметров технологического процесса, свойств сырья и продукции
ПК-9	Способность анализировать техническую документацию, подбирать оборудование, готовить заявки на приобретение и ремонт оборудования	<u>Знать:</u> устройство, принцип работы и основные рабочие характеристики для профессиональной эксплуатации и подбора аппаратов химической технологии; <u>Уметь:</u> обслуживать, выбирать необходимый стандартный типоразмер оборудования, готовить заявки на приобретение и ремонт оборудования; <u>Владеть:</u> навыками профессиональной эксплуатации аппаратов химической технологии
ПК-21	Готовность разрабатывать проекты в составе авторского коллектива	<u>Знать:</u> типовые процессы химической технологии; соответствующие аппараты и методы их расчета; основные типы и конструкции оборудования для проведения процессов; <u>Уметь:</u> рассчитывать параметры и выбирать аппаратуру для конкретного химико-технологического процесса в составе авторского коллектива; <u>Владеть:</u> методами технологических расчетов отдельных узлов и деталей химического оборудования в составе авторского коллектива.

## 2. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина «Процессы и аппараты химической технологии» относится к вариативной части блока №1 дисциплин основной профессиональной образовательной программы академического бакалавриата «Химическая

технология природных энергоносителей и углеродных материалов» по направлению подготовки 18.03.01 Химическая технология.

Дисциплина базируется на знаниях, полученных при изучении следующих дисциплин учебного плана: естественнонаучных дисциплин (Б1.2), входящих в модули математика, физика, химия, термодинамика, физическая химия, химическая технология, материаловедение и защита от коррозии, программные продукты в математическом моделировании.

До начала изучения учебной дисциплины обучающиеся должны:

**знать:** основные физико-химические свойства химических соединений, законы сохранения массы, импульса, энергии, законы термодинамики, кинетические и термодинамические закономерности при протекании химических процессов, характеристику материалов и их защиту от коррозии;

**уметь:** применять на практике основные приемы и программные средства обработки и представления данных в соответствии с задачей расчета и исследования процессов и аппаратов химической технологии;

**владеть:** начальными навыками проведения эксперимента и конструирования деталей аппаратов, приемами определения значений функций и составления алгоритмов расчета с применением программных продуктов.

Требования к входным знаниям совпадают с требованиями к освоению предшествующих дисциплин: «Математика», «Физика», «Общая химическая технология», «Кинетика и катализ», «Математические методы в ХТ», «Техническая термодинамика и теплотехника», «Инженерная графика», «Прикладная механика».

Дисциплина «Процессы и аппараты химической технологии» является основой для дальнейшего изучения дисциплин «Химическая технология природных энергоносителей и углеродных материалов», «Химические реакторы», «Моделирование химико-технологических процессов» и подготовки выпускной квалификационной работы.

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

Общая трудоемкость дисциплины 10 зачетных единиц (360 часов).

<b>Вид учебной работы</b>	<b>Заочная форма 4 курс</b>
Лекции	16
Лабораторные	8
Практические	16
Иная контактная работа	1
Консультирование перед экзаменом и практикой	4
Итого ауд.	45
Контактная работа	45
Сам. работа	276,3
Часы на контроль	17
Часы на контрольные работы	10
Письменная работа на курсе	11,7
Итого	360
Вид промежуточной аттестации обучающихся	Экзамен 7, 8 семестр

### **4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий**

В структурном отношении программа представлена следующими модулями

**Модуль 1.** Теоретические основы гидравлики и типовые гидравлические процессы и аппараты.

Теоретические основы теплообмена и типовые тепловые процессы и аппараты.

**Модуль 2.** Теоретические основы массообмена и типовые массообменные процессы и аппараты

#### **4.1 Содержание разделов дисциплины, структурированное по темам (разделам)**

##### **МОДУЛЬ 1.**

1.1. **Введение.** Предмет курса «Процессы и аппараты химической технологии». Значение курса в системе подготовки бакалавров. Связь курса с общетеоретическими и специальными дисциплинами. Системный анализ курса, дисциплина ПАХТ как единая система знаний. Основные закономерности процессов и общие принципы математического описания. Основы моделирования химико-технологических процессов.

**Теоретические основы гидравлики и типовые гидравлические процессы и аппараты.**

1.2. Основы гидростатики. Идеальная и реальная жидкость. Силы, действующие на жидкость. Гидростатика. Уравнения гидростатики, его энергетическая трактовка. Закон Паскаля. Сообщающиеся сосуды, давление на дно и стенки сосуда.

1.3. Основы гидродинамики. Скорость и расход жидкости. Скорость локальная и средняя. Закон внутреннего трения. Установившееся и неустановившееся движение. Режимы движения. Профиль распределения скоростей в трубе при ламинарном и турбулентном движении. Пульсация скоростей в турбулентном потоке, структура турбулентного потока, пограничный слой. Основные уравнения гидродинамики. Уравнения неразрывности потока. Уравнение Бернулли, его энергетическая трактовка. Уравнение Бернулли для потока реальной жидкости. Потери давления на трение, местные сопротивления и их расчет. Коэффициент сопротивления, коэффициент трения.

1.4. Дифференциальные уравнения движения реальной жидкости Навье-Стокса. Характеристика сил, действующих на жидкость. Подобные преобразования уравнений Навье-Стокса и вывод обобщенных переменных – критериев гидродинамического подобия. Основные критерии гидродинамического подобия. Физический смысл критериев, критерии как выражение соотношения сил. Критериальное уравнение гидродинамики. Производные критерии для движения при естественной конвекции.

1.5. Перемещение жидкостей. Устройство, принцип действия, классификация насосов. Производительность насосов. Высота всасывания, расход энергии на перекачку жидкостей. Регулирование производительности насосов. Достоинства и недостатки поршневых и центробежных насосов. Сравнительная характеристика насосов разных типов.

1.6. Гидродинамика неоднородных систем. Движение тела в жидкости. Сопротивление движению тела. Расчет скорости осаждения частиц. Течение жидкости в пористой среде. Основные характеристики системы: порозность, удельная поверхность, эквивалентный диаметр каналов. Гидравлическое сопротивление слоя. Элементы гидродинамики двухфазных потоков в системах газ-жидкость. Барботаж, пленочное течение, псевдооживленный слой.

1.7. Классификация и основные характеристики неоднородных систем. Системы с газовой и жидкой дисперсной средой. Основные способы разделения и получение неоднородных систем. Классификация, принципы выбора и оценки эффективности методов разделения. Осаждение. Критериальное уравнение для процесса осаждения. Формула Стокса для определения скорости осаждения. Отстаивание под действием силы тяжести. Расчет производительности отстойников, устройство отстойников. Осаждение под действием центробежной силы. Фактор разделения. Циклонный процесс. Отстойное центрифугирование. Скорость осаждения под действием центробежной силы. Устройство циклона и отстойной центрифуги непрерывного действия. Осаждение в электростатическом поле. Устройство электрофильтров. Фильтрация. Уравнения фильтрации для режимов постоянного давления и постоянной скорости. Фильтрация под действием перепада давления. Фильтрующая аппаратура, фильтры непрерывного действия.

**Теоретические основы теплообмена и типовые тепловые процессы и аппараты.**

1.8. Виды тепловых процессов. Движущая сила. Температурное поле, градиент температур. Три способа распространения тепла. Теплопроводность Закон Фурье. Коэффициент теплопроводности: физический смысл, единицы измерения. Дифференциальное уравнение теплопроводности. Коэффициент температуропроводности: физический смысл, единицы измерения. Теплопроводность плоской однослойной и многослойной стенок. Тепловое излучение. Закон Стефана-Больцмана. Закон Кирхгофа. Количество тепла, передаваемого посредством излучения.

1.9. Конвективный перенос тепла. Механизм переноса тепла от стенки в ядро потока. Закон теплоотдачи Ньютона. Коэффициент теплоотдачи: физический смысл, единицы измерения. Дифференциальное уравнение конвективного переноса тепла. Теплоотдача при изменении агрегатного состояния. Теплоотдача при конденсации. Критерий конденсации. Определение температурного напора, проверка температуры стенки.

1.10. Тепловое подобие. Подобное преобразование уравнений конвективного теплообмена. Критерии теплового подобия. Критериальное уравнение конвективного теплообмена. Теплоотдача при естественной конвекции, при ламинарном и турбулентном течениях.

1.11. Теплопередача. Основное уравнение теплопередачи. Коэффициент теплопередачи: физический смысл, единицы измерения. Термические сопротивления: определяющее значение термического сопротивления. Движущая сила процесса, Средний температурный напор. Выбор взаимного направления движений теплоносителей. Сравнение прямого тока с противотоком.

1.12. Промышленные способы подвода и отвода тепла. Виды теплоносителей и область их применения. Особенности использования насыщенного пара в качестве греющего агента, основные достоинства и область

применения. Теплообменные аппараты. Сравнительная характеристика теплообменных аппаратов. Выбор конструкции теплообменных аппаратов. Методы расчета теплообменников. Выбор оптимального режима работы.

1.13. Выпаривание. Назначение процесса выпаривания. Классификация процессов. Особенности работы выпарного аппарата. Назначение сепаратора и циркуляционной трубы. Материальный и тепловой баланс процесса выпаривания в однокорпусной установке; расход греющего пара. Общая и полезная разность температур. Температурные потери. Многокорпусные выпарные установки. Принцип работы многокорпусных выпарных установок, схемы установок: прямоточной, противоточной, с параллельным питанием.

Назначение конденсатора, барометрической трубы, вакуум-насоса. Расчет многокорпусных выпарных установок. Материальный баланс всей установки и отдельных корпусов. Тепловые балансы по корпусам. Расчет температурного режима, способы распределения полезной разности температур по корпусам. Технико-экономический выбор оптимального числа корпусов. Устройство выпарных аппаратов, классификация и принципы выбора конструкции.

## **Модуль 2.**

### **Теоретические основы массообмена и типовые массообменные процессы и аппараты.**

2.1. Общие сведения. Классификация процессов массообмена. Концентрации массовые, объемные, мольные. Системный анализ процесса массопередачи. Статика процесса массопередачи, фазовые равновесия, рабочие условия. Совместное рассмотрение линий рабочих и равновесных концентраций, определение направления процессов массопереноса.

2.2. Кинетика массообменных процессов. Перенос вещества путем молекулярной и конвективной диффузии. Механизм процесса массопереноса. Перенос вещества в ядре потока и в пограничном слое. Распределение концентраций в фазах. Молекулярная диффузия. Первый и второй законы Фика. Коэффициент молекулярной диффузии: физический смысл, единицы измерения. Коэффициенты диффузии для газов и жидкостей. Конвективная диффузия. Уравнение массоотдачи. Коэффициенты массоотдачи: физический смысл, единицы измерения. Движущая сила процесса массоотдачи. Дифференциальное уравнение конвективной диффузии.

2.3. Критерии диффузионного подобия. Подобное преобразование дифференциального уравнения переноса массы и получение обобщенных переменных. Основные критерии диффузионного подобия и их физический смысл. Критериальное уравнение массообмена.

2.4. Массопередача. Основное уравнение массопередачи. Коэффициент массопередачи: физический смысл, выражение через коэффициенты массоотдачи. Средняя движущая сила процесса массопередачи. Понятие единицы переноса; число единиц переноса, высота единицы переноса. Уравнение массопередачи для насадочных аппаратов. Аналогия между процессами тепло- и массопереноса.

2.5. Абсорбция. Физическая сущность процесса и области его применения. Физическая абсорбция и абсорбция, сопровождаемая химической реакцией. Десорбция. Принципиальные схемы абсорбционно-десорбционных установок. Классификация абсорбционных аппаратов. Сравнительная характеристика и области применения аппаратов различных конструкций. Принцип расчета процесса абсорбции. Равновесие между фазами. Материальный баланс и уравнение рабочей линии. Расчет коэффициента массопередачи и размеров абсорбера. Технико-экономический выбор оптимального расхода абсорбента.

2.6. Перегонка и ректификация. Физическая сущность процессов перегонки и ректификации. Характеристика процессов, однократное испарение, простая перегонка, ректификация периодическая и непрерывная. Схемы установок. Аппаратурное оформление процессов; основные конструкции ректификационных аппаратов. Расчет процесса ректификации. Фазовое равновесие. Материальный баланс и уравнения рабочих линий. Технико-экономический выбор оптимального флегмового числа. Расчет размеров колонны. Построение рабочих линий для периодической ректификации с постоянным флегмовым числом и постоянным составом дистиллята. Азеотропная и экстрактивная ректификация.

2.7. Экстракция. Характеристика процесса и области его применения. Схемы процессов экстракции, основные конструктивные типы экстракторов. Расчет экстракторов: условия равновесия для систем с различной взаимной растворимостью, материальный баланс, расчет основных размеров. Экстрагирование и растворение. Характеристика процессов экстрагирования и растворения, области их применения. Типовые конструкции аппаратов. Принцип расчета: условия равновесия, материальный баланс, особенности кинетики.

2.8. Сушка. Процесс сушки и область его применения. Состояние влаги в материале и виды связи влаги с материалом. Классификация процессов сушки; основные конструкции аппаратов. Конвективная сушка. Свойства влажного воздуха, диаграмма J-X. Материальный и тепловой балансы процесса сушки, теоретическая и действительная сушилка, анализ процесса по диаграмме J-X. Кинетика сушки. Расчет размера сушилки и продолжительности процесса.

2.9. Адсорбция. Физическая и химическая адсорбция. Дифференциальная и интегральная теплота адсорбции. Промышленные адсорбенты и их основные характеристики. Десорбция. Устройство и принцип действия адсорбционных аппаратов. Динамика периодической адсорбции. Псевдооживленный слой адсорбента. Непрерывная адсорбция. Ионнообменные процессы и аппараты.

**4.2 Разделы дисциплины и трудоемкость по видам учебных занятий (в академических часах)  
Заочная форма обучения**

№ п/п	Тема	Общая трудоемкость, всего часов	Контактная работа обучающихся с преподавателем					Самостоятельная работа	
			всего	лекции	практические занятия	лабораторные работы	ИКР		Конс перед экз
<b>Модуль 1</b>									
<b>Теоретические основы гидравлики и типовые гидравлические процессы и аппараты</b>									
1.1	Основные свойства капельных жидкостей	20	2,5	0,5		2		17,5	
1.2	Основы гидростатики	20	0,5	0,5				19,5	
1.3	Основы гидродинамики	20	4,5	0,5	2	2		15,5	
1.4	Критерии гидродинамического подобия	20	0,5	0,5				19,5	
1.5	Перемещение жидкостей	23	3	1	2			20	
1.6	Гидродинамика неоднородных систем	20	0,5	0,5				19,5	
1.7	Фильтрация Осаждение	20	0,5	0,5				19,5	
<b>Теоретические основы теплообмена и типовые тепловые процессы и аппараты</b>									
1.8	Теплопроводность. Закон Фурье	20	0,5	0,5				19,5	
1.9	Конвективный перенос тепла. Теплоотдача	20	0,5	0,5				19,5	
1.10	Критерии теплового подобия	20	0,5	0,5				19,5	
1.11	Теплопередача	20	0,5	0,5				19,5	
1.12	Теплообменные аппараты	24	3	1	2			21	
1.13	Выпаривание	20	3	1	2			17	
	Часы на контроль (экзамен)	11	2,35				0,35	2	8,65
	Часы на контрольные работы	10							10
<b>Модуль 2</b>									
<b>Теоретические основы массообмена и типовые массообменные процессы и аппараты</b>									
2.1	Статика массообменных процессов	4,5	2	1	1			2,5	
2.2	Кинетика массообменных процессов	5,5	2	1	1			3,5	
2.3	Критерии диффузионного подобия	4,5	0,5	0,5				4	
2.4	Массопередача	4,5	1	1				3,5	
2.5	Абсорбция	4,5	1	1				3,5	
2.6	Перегонка и ректификация	10,3	9	1	4	4		1,3	
2.7	Экстракция	5,5	2	1	1			3,5	
2.8	Сушка	5,5	2	1	1			3,5	
2.9	Адсорбция	4,5	0,5	0,5				4	
	Часы на контроль (экзамен)	10,7	2,35				0,35	2	8,35
	Письменная работа на курсе (курсовая работа)	12	0,3				0,3		11,7
<b>Всего 4 курс</b>		<b>360</b>	<b>45</b>	<b>16</b>	<b>16</b>	<b>8</b>	<b>1</b>	<b>4</b>	<b>195</b>

## 5. Перечень учебно-методического обеспечения самостоятельных занятий

1. Лызлова М.В., Кулавина Н.Ю., Шашкина Г.А. Виртуальные лабораторные стенды LABWORKS «ТРАНЗАС»: мет. указ. к лабораторным работам / РГРТУ. - Рязань, 2017. - 24 с.— Режим доступа: <http://elib.rsreu.ru/ebs/download/1144>.

2. Лызлова М.В., Кулавина Н.Ю., Шашкина Г.А., Лебедев Я.Э. Потери напора при движении жидкости в трубопроводе: мет. указ. к лабораторным работам/ / РГРТУ. - Рязань, 2018. - 16 с.— Режим доступа: <http://elib.rsreu.ru/ebs/download/1643>.

3. Разинов А.И. Процессы массопереноса с участием твердой фазы [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Разинов А.И., Суханов П.П.— Электрон. текстовые данные. — Казань: Казанский национальный исследовательский технологический университет, 2012. — 96 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/62144.html>. — ЭБС «IPRbooks».

4. Фролов В.Ф. Лекции по курсу «Процессы и аппараты химической технологии» [Электронный ресурс]/ Фролов В.Ф.— Электрон. текстовые данные. — СПб.: ХИМИЗДАТ, 2008. — 608 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/22537.html>. — ЭБС «IPRbooks».

5. Романков П.Г. Массообменные процессы химической технологии [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Романков П.Г., Фролов В.Ф., Флисюк О.М.— Электрон. текстовые данные. — СПб.: ХИМИЗДАТ, 2011. — 440 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/22538.html>. — ЭБС «IPRbooks»

6. Романков П.Г. Методы расчета процессов и аппаратов химической технологии (примеры и задачи) [Электронный ресурс]: учебное пособие для вузов/ Романков П.Г., Фролов В.Ф., Флисюк О.М.— Электрон. текстовые данные. — СПб.: ХИМИЗДАТ, 2010. — 544 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/22539.html>. — ЭБС «IPRbooks».

7. Основные определения и закономерности по курсу «Процессы и аппараты химической технологии» [Электронный ресурс]: учеб. пособие / А.С. Кувшинова [и др.]. — Электрон. дан. — Иваново: ИГХТУ, 2008. — 96 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/4503>. — Загл. с экрана.

## 6. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине

Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине представлен в виде оценочных материалов и приведен в Приложении.

## 7. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

### 7.1 Основная литература:

#### Очная форма обучения

1. Комиссаров Ю. А., Гордеев Л.С., Вент Д.П. Процессы и аппараты химической технологии в 5 Ч.: учебник для академического бакалавриата. – М.: Юрайт, 2017. – Часть 1 -752 с., Часть 2 – 293 с., Часть 3 – 316 с., Часть 4 – 366 с., Часть 5 – 340 с.

2. Павлов К.Ф., Романков П.Г., Носков А.А. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии: учеб. пособие для вузов. – М.: Альянс, 2013. – 576 с.

#### Заочная форма обучения

1. Романков П.Г. Методы расчета процессов и аппаратов химической технологии (примеры и задачи) [Электронный ресурс]: учебное пособие для вузов/ Романков П.Г., Фролов В.Ф., Флисюк О.М.— Электрон. текстовые данные. — СПб.: ХИМИЗДАТ, 2010. — 544 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/22539.html>. — ЭБС «IPRbooks».

2. Фролов В.Ф. Лекции по курсу «Процессы и аппараты химической технологии» [Электронный ресурс]/ Фролов В.Ф.— Электрон. текстовые данные. — СПб.: ХИМИЗДАТ, 2008. — 608 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/22537.html>. — ЭБС «IPRbooks».

3. Романков П.Г. Массообменные процессы химической технологии [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Романков П.Г., Фролов В.Ф., Флисюк О.М.— Электрон. текстовые данные. — СПб.: ХИМИЗДАТ, 2011. — 440 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/22538.html>. — ЭБС «IPRbooks».

### 7.2 Дополнительная литература:

1. Разинов, А.И. Процессы и аппараты химической технологии [Электронный ресурс]: учеб. пособие / А.И. Разинов, А.В. Клинов, Г.С. Дьяконов. — Электрон. дан. — Казань: КНИТУ, 2017. — 860 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/102086>. — Загл. с экрана.

2. Лызлова М.В., Логинов В.С. Процессы и аппараты химической технологии: метод. указ. к практ. занятиям / РГРТУ. - Рязань, 2014. - 76с. — Режим доступа: <http://elib.rsreu.ru/ebs/download/1133>



3. Лызлова М.В., Логинов В.С. Методические указания к курсовому проектированию по дисциплине «Процессы и аппараты химической технологии»: метод. указ. к практ. занятиям / РГРТУ. - Рязань, 2014. - 16с. — Режим доступа: <http://elib.rsreu.ru/ebs/download/1135>

4. Баранов, Д.А. Процессы и аппараты химической технологии: Учебное пособие [Электронный ресурс]: учеб. пособие — Электрон. дан. — Санкт-Петербург: Лань, 2018. — 408 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/98234>. — Загл. с экрана.

5. Лызлова М.В., Логинов В.С. Процессы и аппараты химической технологии: метод. указ. к практ. занятиям / РГРТУ. - Рязань, 2014. - 76с.

6. Лызлова М.В., Логинов В.С. Методические указания к курсовому проектированию по дисциплине «Процессы и аппараты химической технологии»: метод. указ. к практ. занятиям / РГРТУ. - Рязань, 2014. – 16 с.

7. Лызлова М.В., Кулавина Н.Ю., Шашкина Г.А. Виртуальные лабораторные стенды LABWORKS «ТРАНЗАС»: мет. указ. к лабораторным работам / РГРТУ. - Рязань, 2017. - 24 с.

## **8. Ресурсы информационно–телекоммуникационной сети Интернет, необходимых для изучения дисциплины**

Обучающимся предоставлена возможность индивидуального доступа к следующим электронно-библиотечным системам.

1. Электронно-библиотечная система «Лань», режим доступа – с любого компьютера РГРТУ без пароля. – URL: <https://e.lanbook.com/>

2. Электронно-библиотечная система «IPRbooks», режим доступа – с любого компьютера РГРТУ без пароля, из сети интернет по паролю. – URL: <https://iprbookshop.ru/>.

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

Материал каждой лекции рекомендуется изучать в день ее прочтения лектором, когда она еще не забыта. При этом необходимо использовать конспект и рекомендованную литературу. Использовать литературу необходимо для углубленного изучения материала лекции и для уточнения тех мест, которые в конспекте оказались записаны недостаточно понятно. В конспекте каждой лекции необходимо оставлять чистое место и конспектировать в нем изученную литературу, чтобы при подготовке к текущей, промежуточной или итоговой аттестации можно было повторить всю тему. Лектором в течение всего семестра проводятся консультации по лекционному материалу.

Каждую тему, предусмотренную планом самостоятельной работы, следует изучать самостоятельно в течение отведенных для ее изучения двух недель с помощью рекомендованной литературы. Все возникающие при этом вопросы надо записывать, чтобы получить на них ответы на консультации. По каждой теме для каждой учебной группы лектор проводит консультации в конце ее изучения (один раз в две недели). В конце консультации проводится тест по теме, при успешном прохождении которого тема считается изученной.

К каждой лабораторной работе необходимо готовиться с помощью конспекта лекций по теме работы, изучения рекомендованной литературы и методических рекомендаций к лабораторным работам. Необходимо подготовить и шаблон отчета, чтобы за время, отведенное для выполнения работы, можно было оформить отчет, защитить и сдать его.

В конце семестра при подготовке к аттестации студент должен повторить изученный в семестре материал и в ходе повторения обобщить его, сформировав цельное представление о нем. Следует иметь в виду, что на подготовку к промежуточной аттестации времени бывает очень мало, поэтому начинать эту подготовку надо заранее, не дожидаясь последней недели семестра.

Следует всегда помнить, что залог успеха студента в учебе – планомерная работа в течение всего семестра и своевременное выполнение всех видов работы.

## **10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем**

Лицензионное программное обеспечение:

1. Продукт Microsoft по программе DreamSpark Membership ID 700565236 (операционные системы семейства Windows)

2. Продукт Microsoft по программе DreamSpark Membership ID 700565236 (пакет Visio)

3. Лицензия на право использования Kaspersky Endpoint Security для бизнеса на 1000 рабочих мест (Коммерческая лицензия на 1000 компьютеров № 2304-180222-115814-600-1595 с 25.02.2018 по 05.03.2019)3. MS Office Professional Plus 2010 МАК (Open License № 63829947 с 15.07.2014 - бессрочно)

4.Операционная система Microsoft Windows 7 Sp1 Pro OA CIS and GE

5. Mozilla Firefox (лицензия MPL)

6. Неисключительная лицензия на комплект ПО «Виртуальная лаборатория». Лицензионный договор 034-14/Н от 18 августа 2014 года

7. T-FLEX CAD Учебная версия (лицензионное соглашение «ЗАО Топ Системы»).  
<http://www.tflexcad.ru/download/t-flex-cad-free/>

8. Математический пакет SMathStudio, свободно распространяемая бесплатная версия (лицензия SMath-Studio) <https://ru.smath.info>

#### **11. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине**

1. Лекционные занятия:

-комплект электронных презентаций/ слайдов;

-аудитория, оснащенная презентационной техникой (проектор, экран, компьютер/ноутбук).

2. Практические занятия:

-компьютерный класс;

- презентационная техника (проектор, экран, компьютер/ноутбук).

3. Лабораторные работы проводятся с применением виртуальных лабораторных стендов LAB-WORKS ЗАО ТРАНЗАС (по гидравлике, по теплообмену, по механике жидкости и газа) или в специализированной лаборатории, оснащенной необходимыми приборами и оборудованием:

- Лабораторная установка по ректификации (тарельчатая колонна) Модель: ПАХП-РУМ-Т.

- Лабораторная установка для испытания различных конструкций теплообменников. Модель: ТОТ-ТПБ.

Прочее

-рабочее место преподавателя, оснащенное компьютером с доступом в Интернет;

-рабочие места студентов, оснащенные компьютерами с доступом в Интернет, предназначенные для работы в электронной образовательной среде.