

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

РОССИЙСКИЙ ХИМИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ИМЕНИ Д.И. МЕНДЕЛЕЕВА

«УТВЕРЖДАЮ»

И.о. ректора РХТУ им. Д.И. Менделеева

\_\_\_\_\_ И.В. Воротынцев

«25» мая 2022 г.

**ОСНОВНАЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНАЯ ПРОГРАММА  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ – ПРОГРАММА БАКАЛАВРИАТА**

**по направлению подготовки  
18.03.02 Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии,  
нефтехимии и биотехнологии**

(Код и наименование направления подготовки)

**Профиль:**

**«Основные процессы химических производств и химическая кибернетика»**

(Наименование профиля подготовки)

форма обучения:

**очная**

(очная, очно-заочная, заочная)

Квалификация: **Бакалавр**

**РАССМОТРЕНО И ОДОБРЕНО**  
на заседании Методической комиссии  
РХТУ им. Д.И. Менделеева  
«25» мая 2022 г.,  
Протокол № 16

Председатель \_\_\_\_\_ Н.А. Макаров

Москва 2022

Разработчики основной образовательной программы (ООП) бакалавриата:

д.т.н., профессор \_\_\_\_\_ М.Б.Глебов \_\_\_\_\_

д.т.н., профессор \_\_\_\_\_ Т.В. Савицкая \_\_\_\_\_

к.т.н., доцент \_\_\_\_\_ А.С. Скичко \_\_\_\_\_

ООП бакалавриата рассмотрена и одобрена на заседании кафедры кибернетики химико-технологических процессов, протокол № 7 от «26» апреля 2022 г.

Заведующий кафедрой кибернетики  
химико-технологических процессов

д.т.н., профессор

\_\_\_\_\_ М.Б. Глебов  
(подпись)

Согласовано:

начальник Учебного управления

\_\_\_\_\_ В.С. Мирошников  
(подпись)

ООП бакалавриата рассмотрена и одобрена на заседании Ученого совета «Факультета цифровых технологий и химического инжиниринга» протокол № 6 от «29» апреля 2022 г.

Согласовано: Заместитель директора по науке АО Научный центр «Малотоннажная химия»

«20» мая 2022 г.

\_\_\_\_\_ А.М.Бессарабов  
(подпись)

## 1 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

**1.1 Основная профессиональная образовательная программа высшего образования – программа подготовки бакалавров (далее – программа бакалавриата, ООП бакалавриата),** реализуемая федеральным государственным бюджетным образовательным учреждением высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева» в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования – бакалавриат по направлению подготовки **18.03.02 Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии**, профиль «**Основные процессы химических производств и химическая кибернетика**», представляет собой комплекс основных характеристик образования и организационно-педагогических условий, который представлен в виде учебного плана, календарного учебного графика, рабочих программ дисциплин (модулей), оценочных и методических материалов, рабочей программы воспитания, календарного плана воспитательной работы, форм аттестации.

**1.2 Нормативные документы для разработки программы бакалавриата по направлению подготовки** составляют:

- Федеральный закон от 29.12.2012 № 273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации»;
- Приказ Минобрнауки России от 07.08.2021 г. № 923 «Об утверждении федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – бакалавриат по направлению подготовки **18.03.02 Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии** (далее – ФГОС ВО – бакалавриат по направлению подготовки **18.03.02 Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии**);
- Приказ Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 06.04.2021 № 245 «Об утверждении Порядка организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры»;
- Профессиональный стандарт 40.011 «Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским разработкам», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 04.03.2014 № 121 н;
- Профессиональный стандарт 40.057 «Специалист по автоматизированным системам управления машиностроительным предприятием», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 28.09.2020 № 658 н;
- Профессиональный стандарт 40.117 «Специалист по экологической безопасности (в промышленности)», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 07.09.2020 № 569н;
- Приказ Министерства образования и науки РФ от 23.08.2017 № 816 «Об утверждении Порядка применения организациями, осуществляющими образовательную деятельность, электронного обучения, дистанционных образовательных технологий при реализации образовательных программ» [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://pravo.gov.ru/proxy/ips/?docbody=&nd=102447332&intelsearch=816+-%EF%F0%E8%EA%E0%E7/> (дата обращения: 07.03.2022).
- Приказ Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, Министерства просвещения Российской Федерации от 05.08.2020 № 885/390 «О практической подготовке обучающихся» [Электронный ресурс]. Режим доступа: [http://pravo.gov.ru/proxy/ips/?docbody=&link\\_id=0&nd=102850569&intelsearch=&firstDoc=1/](http://pravo.gov.ru/proxy/ips/?docbody=&link_id=0&nd=102850569&intelsearch=&firstDoc=1/) (дата обращения: 07.03.2022);
- Положение об организации и использовании электронного обучения и

дистанционных образовательных технологий при реализации образовательных программ в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева», принятое решением Ученого совета РХТУ им. Д.И. Менделеева от 27 марта 2020 г., протокол № 9, введенное в действие приказом ректора РХТУ им. Д.И. Менделеева от 27 марта 2020 г. № 29 ОД [Электронный ресурс]. Режим доступа: [https://muctr.ru/upload/university/departments/uu/local\\_doc/Положение\\_ЭОиДОТ.pdf](https://muctr.ru/upload/university/departments/uu/local_doc/Положение_ЭОиДОТ.pdf) дата обращения: 07.03.2022);

– Положение о практической подготовке обучающихся в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева», принятое решением Ученого совета РХТУ им. Д.И. Менделеева от 25.11.2020, протокол № 4, введено в действие приказом ректора РХТУ им. Д.И. Менделеева от 26.11.2020 № 117 ОД [Электронный ресурс]. Режим доступа: [https://muctr.ru/upload/university/departments/uu/local\\_doc/Положение%20о%20практической%20подготовке.pdf](https://muctr.ru/upload/university/departments/uu/local_doc/Положение%20о%20практической%20подготовке.pdf) дата обращения: 07.03.2022).

При освоении дисциплин и практик студенты должны использовать информационные и информационно-образовательные ресурсы следующих порталов и сайтов:

– Система федеральных образовательных порталов. Система открытого образования. Консалтинговый центр ИОС ОО РФ [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.openedu.ru/> (дата обращения: 07.03.2022).

– Информационная система «Единое окно доступа к образовательным ресурсам». URL: <http://window.edu.ru/> (дата обращения: 07.03.2022).

– ФЭПО: соответствие требованиям ФГОС [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://fepo.i-exam.ru/> (дата обращения: 07.03.2022).

### **1.3 Общая характеристика программы бакалавриата**

**Целью программы бакалавриата** является создание для обучающихся условий для приобретения необходимого для осуществления профессиональной деятельности уровня знаний, умений, навыков, опыта деятельности и подготовки к защите выпускной квалификационной работы.

Получение образования по образовательной программе высшего образования – программе бакалавриата допускается только в образовательной организации высшего образования и научной организации (далее – организация).

Обучение по образовательной программе высшего образования – программе бакалавриата в образовательной организации осуществляется в очной форме обучения. Объем программы бакалавриата составляет 240 зачетных единиц (далее – з.е.) вне зависимости от формы обучения, применяемых образовательных технологий, реализации программы бакалавриата с использованием сетевой формы, реализации программы бакалавриата по индивидуальному учебному плану.

Объем программы бакалавриата, реализуемый за один учебный год, составляет не более 70 з.е. вне зависимости от формы обучения, применяемых образовательных технологий, реализации программы бакалавриата с использованием сетевой формы, реализации программы бакалавриата по индивидуальному учебному плану (за исключением ускоренного обучения), а при ускоренном обучении- не более 80 з.е.

Срок получения образования по программе бакалавриата (вне зависимости от применяемых образовательных технологий): в очной форме обучения, включая каникулы, предоставляемые после прохождения государственной итоговой аттестации, составляет 4 года; в очно-заочной или заочной формах обучения увеличивается не менее чем

на 6 месяцев и не более чем на 1 год по сравнению со сроком получения образования в очной форме обучения; при обучении по индивидуальному учебному плану инвалидов и лиц с ОВЗ может быть увеличен по их заявлению не более чем на 1 год по сравнению со сроком получения образования, установленным для соответствующей формы обучения.

При реализации программы бакалавриата Организация вправе применять электронное обучение, дистанционные образовательные технологии. Реализация программы бакалавриата с применением исключительно электронного обучения, дистанционных образовательных технологий не допускается.

Электронное обучение, дистанционные образовательные технологии, применяемые при обучении инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья (далее - инвалиды и лица с ОВЗ), должны предусматривать возможность приема-передачи информации в доступных для них формах.

Реализация программы бакалавриата осуществляется Организацией как самостоятельно, так и посредством сетевой формы.

Образовательная деятельность по программе бакалавриата осуществляется на государственном языке Российской Федерации, если иное не определено локальным нормативным актом организации.

Структура программы бакалавриата (обязательная часть; часть, формируемая участниками образовательных отношений; факультативы).

В рамках программы бакалавриата выделяются обязательная часть и часть, формируемая участниками образовательных отношений. К обязательной части программы бакалавриата относятся дисциплины (модули) и практики, обеспечивающие формирование общепрофессиональных компетенций, определяемых ФГОС ВО.

В обязательную часть программы бакалавриата включаются, в том числе: дисциплины (модули), указанные в пункте 2.2 ФГОС ВО; дисциплины (модули) по физической культуре и спорту, реализуемые в рамках Блока 1 «Дисциплины (модули)».

Дисциплины (модули) и практики, обеспечивающие формирование универсальных компетенций, определяемых ФГОС ВО, а также профессиональных компетенций, определяемых Организацией самостоятельно, могут включаться в обязательную часть программы бакалавриата и (или) в часть, формируемую участниками образовательных отношений.

При разработке программы бакалавриата обучающимся обеспечивается возможность освоения элективных дисциплин (модулей) и факультативных дисциплин (модулей). Факультативные дисциплины (модули) не включаются в объем программы бакалавриата.

Программа бакалавриата состоит из следующих блоков:

- Блок 1 «Дисциплины (модули)»
- Блок 2 «Практика»
- Блок 3 «Государственная итоговая аттестация»

## Структура программы бакалавриата

Структура программы бакалавриата		Объем программы бакалавриата в зачетных единицах
Блок 1	Дисциплины (модули)	Не менее 180
Блок 2	Практика	Не менее 15
Блок 3	Государственная итоговая аттестация	Не менее 6
Объем программы бакалавриата		<u>240</u>

В Блок 1 «Дисциплины (модули)» входят, дисциплины, обязательной части и части, формируемой участниками образовательных отношений, а также перечисленные в п.2.2 ФГОС ВО.

Программа бакалавриата должна обеспечивать реализацию дисциплин (модулей) по философии, истории (истории России, всеобщей истории), иностранному языку, безопасности жизнедеятельности рамках Блока 1 «Дисциплины (модули)».

Программа бакалавриата должна обеспечивать реализацию дисциплин (модулей) по физической культуре и спорту: в объеме не менее 2 з.е. в рамках Блока 1 «Дисциплины (модули)»; в объеме не менее 328 академических часов, которые являются обязательными для освоения, не переводятся в з.е. и не включаются в объем программы бакалавриата, в рамках элективных дисциплин (модулей) в очной форме обучения.

Дисциплины (Разделы) по физической культуре и спорту реализуются в порядке, установленном Организацией. Для лиц с ОВЗ организация устанавливает особый порядок освоения дисциплин (модулей) по физической культуре и спорту с учетом состояния их здоровья (<https://www.muctr.ru/sveden/ovz/>).

В Блок 2 «Практика» входят учебная и производственная практики (далее вместе- практики).

### Типы учебной практики:

ознакомительная практика;  
технологическая (проектно-технологическая) практика;  
эксплуатационная практика;  
научно-исследовательская работа (получение первичных навыков научно-исследовательской работы).

### Типы производственной практики:

технологическая (проектно-технологическая) практика; эксплуатационная практика;  
научно-исследовательская работа.

В дополнение к типам практик, указанным в пункте 2.4 ФГОС ВО, ПООП может также содержать рекомендуемые типы практик.

### Организация:

выбирает один или несколько типов учебной практики и один или несколько типов производственной практики из перечня, указанного в пункте 2.4 ФГОС ВО; вправе выбрать один или несколько типов учебной практики и (или) производственной практики из рекомендуемых ПООП (при наличии); вправе установить дополнительный тип (типы) учебной и (или) производственной практик; устанавливает объемы практик каждого типа.

В Блок 3 «Государственная итоговая аттестация» входят: подготовка к сдаче и сдача государственного экзамена (если Организация

включила государственный экзамен в состав государственной итоговой аттестации); выполнение, подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы.

Количество и соотношение часов по блокам, видам учебной нагрузки.

Объем обязательной части без учета объема государственной итоговой аттестации должен составлять не менее 60 процентов общего объема программы бакалавриата.

#### **1.4 Требования к поступающему**

Требования к поступающему определяются федеральным законодательством в области образования, в том числе Порядком приема на обучение по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата на соответствующий учебный год.

## **2 ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ВЫПУСКНИКОВ, ОСВОИВШИХ ПРОГРАММУ БАКАЛАВРИАТА**

2.1 Область профессиональной деятельности и сфера профессиональной деятельности выпускников, освоивших ООП бакалавриата, включает:

26 Химическое, химико-технологическое производство (в сферах: производства неорганических веществ; производства продуктов основного и тонкого органического синтеза; производства продуктов переработки нефти, газа и твердого топлива; производства полимерных материалов, лаков и красок; производства энергонасыщенных материалов; производства лекарственных препаратов; производства строительных материалов, стекла, стеклокристаллических материалов, функциональной и конструкционной керамики различного назначения; производства химических источников тока; производства защитно-декоративных покрытий; производства элементов электронной аппаратуры и монокристаллов; производства композиционных материалов и нанокompозитов, нановолокнистых, наноструктурированных и наноматериалов различной химической природы; производства редких и редкоземельных элементов);

40 Сквозные виды профессиональной деятельности в промышленности (в сфере организации и проведения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в области химического и химико-технологического производства).

2.2 Типы задач и задачи профессиональной деятельности, к которым готовятся выпускники в рамках освоения ООП бакалавриата:

- научно-исследовательские;
- технологические.

2.3 Объектами профессиональной деятельности выпускников, освоивших ООП бакалавриата, или областью (областями) знания являются:

промышленные установки, включая системы автоматизированного управления; системы автоматизированного проектирования; автоматизированные системы научных исследований; сооружения очистки сточных вод и газовых выбросов, переработки отходов, утилизации теплоэнергетических потоков и вторичных материалов; методы и средства оценки состояния окружающей среды и защиты ее от антропогенного воздействия; системы искусственного интеллекта в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии; действующие многоассортиментные производства химической и смежных отраслей промышленности.

### 3 СТРУКТУРА ПРОГРАММЫ БАКАЛАВРИАТА

Содержание и организация образовательного процесса при реализации ООП высшего образования – бакалавриат по направлению подготовки **18.03.02 Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии** регламентируется:

- учебным планом;
- календарным учебным графиком;
- рабочими программами дисциплин (модулей);
- рабочими программами практик;
- программой государственной итоговой аттестации;
- фондами оценочных средств;
- методическими указаниями по соответствующей ООП;
- рабочей программой воспитания;
- календарным планом воспитательной работы.

#### 3.1 Учебный план

Учебный план ООП бакалавриата включает перечень дисциплин (модулей), практик, аттестационных испытаний промежуточной и государственной итоговой аттестации обучающихся, других видов учебной деятельности с указанием их объема в зачетных единицах, последовательности и распределения по периодам обучения; выделяется объем контактной работы обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и самостоятельной работы обучающихся в академических (астрономических) часах. Для каждой дисциплины (модуля) и практики указывается форма промежуточной аттестации обучающихся.

Учебный план представлен в приложении.

#### 3.2 Календарный учебный график

Последовательность реализации программы бакалавриата по годам и семестрам (включая теоретическое обучение, практики, промежуточные и государственную итоговую аттестации, каникулы) приводится в календарном учебном графике.

Календарный учебный график представлен в приложении.

#### 3.3 Рабочие программы дисциплин (модулей)

В ООП бакалавриата в приложении представлены все рабочие программы дисциплин (модулей).

#### 3.4 Рабочие программы практик

ООП бакалавриата предусматривает достаточный для формирования, закрепления и развития практических навыков и компетенций объем практики. Практика представляет собой вид учебных занятий, непосредственно ориентированных на профессионально-практическую подготовку обучающихся. Практика закрепляет знания и умения, приобретаемые обучающимися в результате освоения теоретических курсов, вырабатывает практические навыки и способствует комплексному формированию универсальных, общепрофессиональных, профессиональных компетенций обучающихся. Программы практик приведены в приложении.

При реализации ООП бакалавриата предусматриваются следующие виды практик:

- учебная;
- производственная.



### **3.4.1 Учебная практика**

Тип практики: ознакомительная практика.

Задачей практики является получение студентами общих представлений об основных аппаратах химических производств и методах химической кибернетики, знакомство с основными видами деятельности учебных и научных подразделений университета, а также получение первичных профессиональных умений и навыков путем самостоятельного творческого выполнения задач, поставленных программой практики.

Практика осуществляется в РХТУ им. Д.И. Менделеева на Кафедре кибернетики химико-технологических процессов и других учебных и научных подразделениях университета. Руководство практикой осуществляет преподаватель Кафедры кибернетики химико-технологических процессов, техническую поддержку осуществляют инженерно-технический персонал по учебному процессу.

### **3.4.2 Производственная практика: технологическая (проектно-технологическая) практика**

Тип практики: технологическая (проектно-технологическая) практика.

Задачами практики являются практическое закрепление и углубление полученных в университете знаний по энерго- и ресурсосберегающим процессам и аппаратам химической технологии, нефтехимии и биотехнологии, приобретение навыков работы с технологическими регламентами производств и другой технической документацией, приобретение практических умений компьютерного моделирования химико-технологических процессов с использованием универсального и специализированного программного обеспечения, ознакомление и изучение применяемых на предприятиях и в организациях программного, аппаратного и информационного обеспечения управляющих систем различного уровня и назначения, а также получение опыта профессиональной деятельности, приобретение обучаемым опыта в исследовании актуальной прикладной проблемы. Практика осуществляется в РХТУ им. Д.И. Менделеева и (или) на предприятиях, с которыми заключены договоры о практической подготовке.

Практика проводится в одном из подразделений названных предприятий или организаций, в число которых могут входить: отделы информационных технологий и информатизации; автоматизации; отделы АСУП и АСУ ТП; инженерные центры информационных технологий; вычислительные и научно-исследовательские центры и лаборатории и др.

### **3.4.3 Производственная практика: научно-исследовательская работа**

Тип практики: научно-исследовательская работа.

Задачей научно-исследовательской работы является изучение конкретного производственного процесса по результатам выбранного объекта для научно-исследовательской или технологической деятельности; изучение системы управления качеством продукции, автоматизированной системы контроля и управления технологическими процессами и производством, технико-экономических показателей, мероприятий по технике безопасности и охране окружающей среды; приобретение необходимых практических навыков для выполнения выпускной квалификационной работы. Научно-исследовательская работа осуществляется в РХТУ им. Д.И. Менделеева на Кафедре кибернетики химико-технологических процессов и/или в одном из подразделений предприятия, организаций, с которыми заключены соответствующие договоры о практической подготовке, в число которых могут входить: отделы информационных технологий и информатизации; автоматизации; отделы АСУП и АСУ

ТП; инженерные центры информационных технологий; вычислительные и научно-исследовательские центры и лаборатории и др.

#### **3.4.4 Производственная практика: преддипломная практика**

Тип практики: преддипломная практика.

Задачей практики является сбор исходных данных и подготовка к выполнению выпускной квалификационной работы, т.е. подробное знакомство с объектом практических исследований, его особенностями, узкими местами и недостатками работы; изучение методик исследования, сбор необходимой информации, которая затем будет использована при решении практической задачи в выпускной квалификационной работе. Практика осуществляется в РХТУ им. Д.И. Менделеева и (или) на предприятиях, с которыми заключены договоры о практической подготовке.

Практика проводится в одном из подразделений названных предприятий или организаций, в число которых могут входить: отделы информационных технологий и информатизации; автоматизации; отделы АСУП и АСУ ТП; инженерные центры информационных технологий; вычислительные и научно-исследовательские центры и лаборатории и др.

Выбор мест прохождения практик для лиц с ограниченными возможностями здоровья производится с учетом состояния здоровья обучающихся и требованиями по доступности.

#### **3.5 Программа государственной итоговой аттестации (ГИА)**

Программа государственной итоговой аттестации является приложением к ООП бакалавриата.

В государственную итоговую аттестацию входят выполнение, подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы.

#### **3.6 Фонд оценочных средств (ФОС)**

ФОС создается в соответствии с требованиями ФГОС ВО для аттестации обучающихся на соответствие их учебных достижений поэтапным требованиям соответствующей ООП бакалавриата для проведения текущего оценивания, а также промежуточной аттестации обучающихся. ФОС является составной частью нормативно-методического обеспечения системы оценки качества освоения обучающимися ООП, входит в состав ООП бакалавриата.

ФОС – комплект методических материалов, нормирующих процедуры оценивания результатов обучения, т.е. установления соответствия учебных достижений запланированным результатам обучения и требованиям ООП бакалавриата, рабочих программ дисциплин (модулей) и практик.

ФОС сформирован на основе ключевых принципов оценивания:

- валидности: объекты оценки должны соответствовать поставленным целям обучения;
- надежности: использование единообразных стандартов и критериев для оценивания достижений;
- объективности: разные обучающиеся должны иметь равные возможности добиться успеха.

ФОС по дисциплинам, практикам, ГИА приведены в приложении.

Инвалидам и лицам с ограниченными возможностями здоровья (по их заявлению) предоставляется возможность обучения по ООП бакалавриата, учитывающей особенности их психофизического развития, индивидуальных возможностей и, при необходимости, обеспечивающей коррекцию нарушений развития и социальную адаптацию.

### 3.7. Рабочая программа воспитания

Рабочая программа воспитания, разработанная и утвержденная образовательной организацией, определяет комплекс основных характеристик осуществляемой в образовательной организации воспитательной работы по соответствующей основной образовательной программе:

- цель, задачи, основные направления и темы воспитательной работы;
- возможные формы, средства и методы воспитания, включая использование воспитательного потенциала дисциплин (модулей);
- подходы к индивидуализации содержания воспитания с учетом особенностей обучающихся;
- показатели эффективности воспитательной работы, в том числе планируемые личностные результаты воспитания, и иные компоненты.

### 3.8. Календарный план воспитательной работы

Календарный план воспитательной работы, разработанный и утвержденный образовательной организацией, содержит конкретный перечень событий и мероприятий воспитательной направленности, которые организуются и проводятся образовательной организацией и (или) в которых образовательная организация принимает участие, в соответствии с основными направлениями и темами воспитательной работы, выбранными формами, средствами и методами воспитания в учебном году или периоде обучения.

## 4 РЕЗУЛЬТАТЫ ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММЫ БАКАЛАВРИАТА

Совокупный ожидаемый результат образования по завершении освоения ООП бакалавриата определяется приобретаемыми выпускником компетенциями, т.е. его способностями применять знания, умения, навыки и личные качества в соответствии с задачами профессиональной деятельности.

В результате освоения ООП бакалавриата у выпускника должны быть сформированы универсальные, общепрофессиональные и профессиональные компетенции.

Выпускник, освоивший ООП, должен обладать следующими компетенциями.

### 4.1 Универсальные компетенции выпускников и индикаторы их достижения

Наименование категории (группы) УК	Код и наименование УК	Код и наименование индикатора достижения УК
Системное и критическое мышление	УК-1 – Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач	УК-1.1 – Знает методы поиска, критического анализа и синтеза информации, применения системного подхода, основанного на научном мировоззрении при решении задач профессиональной деятельности. УК-1.2 – Умеет анализировать задачу, выделяя ее базовые составляющие. УК-1.3 – Умеет находить и критически анализировать информацию, необходимую для решения поставленной задачи. УК-1.4 – Умеет определять и оценивать варианты возможных решений задачи. УК-1.5 – Владеет навыками

Наименование категории (группы) УК	Код и наименование УК	Код и наименование индикатора достижения УК
		рассмотрения возможных вариантов решения задачи, оценивания их достоинства и недостатки.
Разработка и реализация проектов	УК-2 – Способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений	<p>УК-2.1 – Знает правила и условия при выполнении конструкторской документации проекта.</p> <p>УК-2.2 – Знает основы расчета на прочность, жесткость и устойчивость элементов оборудования химической промышленности.</p> <p>УК-2.3 – Знает технологические расчеты аппаратов химической промышленности.</p> <p>УК-2.4 – Умеет определять ожидаемые результаты проектирования элементов оборудования химической промышленности.</p> <p>УК-2.5 – Умеет определять способ решения конкретной задачи проекта, выбирая оптимальный способ и исходя из действующих правил и граничных условий при выполнении проектной документации и имеющихся ресурсов и ограничений.</p> <p>УК-2.6 – Умеет решать конкретные задачи проекта требуемого качества и за установленное время.</p> <p>УК-2.7 – Умеет публично представлять результаты решения конкретной задачи проекта.</p> <p>УК-2.8 – Владеет способами и приемами изображения элементов химического оборудования в одной из графических систем.</p> <p>УК-2.9 – Владеет методами механики применительно к расчетам аппаратов химической промышленности.</p> <p>УК-2.10 – Владеет навыками проектирования простейших аппаратов химической промышленности.</p>
Командная работа и лидерство	УК-3 – Способен осуществлять социальное взаимодействие и реализовывать свою роль в команде	<p>УК-3.1 – Знает и понимает особенности поведения работников предприятий химической промышленности.</p> <p>УК-3.2 – Знает основные типы социальных взаимодействий и социально-психологические критерии эффективности управления коллективом.</p> <p>УК-3.3 – Умеет взаимодействовать с</p>

Наименование категории (группы) УК	Код и наименование УК	Код и наименование индикатора достижения УК
		<p>другими членами команды, в том числе участвовать в обмене информацией, знаниями и опытом.</p> <p>УК-3.4 – Умеет использовать современные социально-психологические технологии управления коллективом.</p> <p>УК-3.6 – Владеет способами мотивации членов коллектива к личностному и профессиональному развитию.</p>
Коммуникация	<p>УК-4 – Способен осуществлять деловую коммуникацию в устной и письменной формах на государственном языке Российской Федерации и иностранном(ых) языке(ах)</p>	<p>УК-4.1 – Знает основные способы сочетаемости лексических единиц и основные словообразовательные модели, русские эквиваленты основных слов и выражений профессиональной речи.</p> <p>УК-4.2 – Знает основные приемы и методы реферирования и аннотирования литературы по специальности, приемы работы с оригинальной литературой по специальности.</p> <p>УК-4.3 – Знает пассивную и активную лексику, в том числе, общенаучную и специальную терминологию, необходимую для решения стандартных коммуникативных задач.</p> <p>УК-4.4 – Умеет использовать информационно-коммуникационные технологии при поиске необходимой информации в процессе решения стандартных коммуникативных задач на государственном и иностранном языках.</p> <p>УК-4.5 – Умеет работать с оригинальной литературой по специальности со словарем.</p> <p>УК-4.6 – Владеет ведением деловой переписки на иностранном языке, речевой деятельностью применительно к сфере бытовой и профессиональной коммуникации.</p> <p>УК-4.7 – Владеет ведением деловой переписки с учетом особенностей стилистики официальных и неофициальных писем, социокультурных различий в формате корреспонденции на государственном и иностранном языках.</p>

Наименование категории (группы) УК	Код и наименование УК	Код и наименование индикатора достижения УК
		<p>УК-4.8 – Владеет навыками речевой деятельности применительно к сфере бытовой и профессиональной коммуникации, основами публичной речи.</p> <p>УК-4.9 – Владеет основной иноязычной терминологией специальности, основами реферирования и аннотирования литературы по специальности.</p>
Межкультурное взаимодействие	УК-5 – Способен воспринимать межкультурное разнообразие общества в социально-историческом, этическом и философском контекстах	<p>УК-5.1 – Знает основные закономерности исторического процесса и этапы исторического развития России.</p> <p>УК-5.2 – Знает этно-культурные и социально-политические процессы становления российской государственности.</p> <p>УК-5.3 – Знает место и роль России в истории человечества и в современном мире.</p> <p>УК-5.4 – Знает основные разделы и направления философии, а также методы и приемы философского анализа проблем.</p> <p>УК-5.5 – Знает о нравственных ценностях и представлениях о совершенном человеке, присущих различным культурам.</p> <p>УК-5.6 – Умеет осмысливать социально-политические процессы, события и явления в России и мировом сообществе в их динамике и взаимосвязи, руководствуясь принципами научной объективности и историзма.</p> <p>УК-5.7 – Умеет формировать и аргументированно отстаивать собственную позицию по различным проблемам истории.</p> <p>УК-5.8 – Умеет понимать и анализировать мировоззренческие, социальные и индивидуальные проблемы современной жизни.</p> <p>УК-5.9 – Умеет грамотно вести дискуссию, аргументированно отстаивать свою позицию по значимым философским проблемам современной жизни, опираясь на наработанный в</p>

Наименование категории (группы) УК	Код и наименование УК	Код и наименование индикатора достижения УК
		<p>истории философии материал.</p> <p>УК-5.10 – Умеет конструктивно взаимодействовать с людьми с учетом анализа их социокультурных особенностей в целях успешного выполнения профессиональных задач.</p> <p>УК-5.11 – Владеет представлениями об истории как науке, основами исторического мышления.</p> <p>УК-5.12 – Владеет представлениями об основных этапах в истории человечества и их хронологии.</p> <p>УК-5.13 – Владеет навыками анализа исторических источников.</p> <p>УК-5.14 – Владеет навыками философской культуры для выработки системного целостного взгляда на действительность.</p>
Самоорганизация и саморазвитие (в том числе здоровьесбережение)	<p>УК-6 – Способен управлять своим временем, выстраивать и реализовывать траекторию саморазвития на основе принципов образования в течение всей жизни</p>	<p>УК-6.1 – Знает социально-психологические технологии развития и саморазвития.</p> <p>УК-6.2 – Знает свои личностные, ситуативные, временные и другие ресурсы и их пределы.</p> <p>УК-6.3 – Умеет планировать и решать задачи собственного профессионального и личностного развития.</p> <p>УК-6.4 – Умеет критически оценивать эффективность использования времени и других ресурсов при решении поставленных задач.</p> <p>УК-6.5 – Владеет приемами анализа собственных действий при управлении коллективом и при самоорганизации.</p> <p>УК-6.6 – Владеет предоставленными возможностями для приобретения новых знаний и навыков.</p>
	<p>УК-7 – Способен поддерживать должный уровень физической подготовленности для обеспечения полноценной социальной и профессиональной деятельности</p>	<p>УК-7.1 – Знает роль и значение физической культуры в жизни человека и общества; виды физических упражнений; научно-практические основы физической культуры и здорового образа жизни.</p> <p>УК-7.2 – Умеет поддерживать должный уровень физической подготовленности для обеспечения полноценной социальной и профессиональной деятельности.</p>

Наименование категории (группы) УК	Код и наименование УК	Код и наименование индикатора достижения УК
		<p>УК-7.3 – Умеет использовать основы физической культуры для осознанного выбора здоровьесберегающих технологий с учетом внешних и внутренних условий реализации профессиональной деятельности.</p> <p>УК-7.4 – Владеет средствами и методами укрепления здоровья, физического самосовершенствования; должным уровнем физической подготовленности для обеспечения полноценной социальной и профессиональной деятельности.</p>
<p>Безопасность жизнедеятельности</p>	<p>УК-8 – Способен создавать и поддерживать в повседневной жизни и в профессиональной деятельности безопасные условия жизнедеятельности для сохранения природной среды, обеспечения устойчивого развития общества, в том числе при угрозе и возникновении чрезвычайных ситуаций и военных конфликтов</p>	<p>УК-8.1 – Знает основные техносферные опасности, их свойства и характеристики.</p> <p>УК-8.2 – Знает характер воздействия вредных и опасных факторов на человека и природную среду, методы защиты от них применительно к сфере своей профессиональной деятельности.</p> <p>УК-8.3 – Умеет обеспечивать безопасные и/или комфортные условия труда на рабочем месте, в том числе с помощью средств защиты.</p> <p>УК-8.4 – Умеет выявлять и устранять проблемы, связанные с нарушениями техники безопасности на рабочем месте применительно к сфере своей профессиональной деятельности.</p> <p>УК-8.5 – Умеет осуществлять действия по предотвращению чрезвычайных ситуаций.</p> <p>УК-8.6 – Владеет законодательными и нормативно-правовыми актами в области безопасности и охраны окружающей среды.</p> <p>УК-8.7 – Владеет способами и технологиями защиты в чрезвычайных ситуациях и в условиях военного времени.</p> <p>УК-8.8 – Владеет понятийно-терминологическим аппаратом в области безопасности.</p> <p>УК-8.9 – Владеет навыками рационализации профессиональной деятельности с целью обеспечения безопасности и защиты окружающей</p>



Наименование категории (группы) УК	Код и наименование УК	Код и наименование индикатора достижения УК
		среды.
Инклюзивная компетентность	УК-9 – Способен использовать базовые дефектологические знания в социальной и профессиональной сферах	УК-9.1 – Знает и понимает особенности поведения членов коллектива с ограничениями по здоровью. УК-9.2 – Умеет взаимодействовать с членами коллектива с ограничениями по здоровью. профессиональной деятельности. УК-9.3 – Владеет приемами анализа собственных действий при общении с членами коллектива с ограничениями по здоровью.
Экономическая культура, в том числе финансовая грамотность	УК-10 – Способен принимать обоснованные экономические решения в различных областях жизнедеятельности	УК-10.1 – Знает основы экономической культуры, в том числе финансовой грамотности. УК-10.2 – Умеет использовать знания основ экономики при принятии обоснованных решений в различных областях деятельности. профессиональной деятельности. УК-10.3 – Владеет навыками выбора экономически обоснованных решений в различных областях жизнедеятельности.
Гражданская позиция	УК-11 – Способен формировать нетерпимое отношение к коррупционному поведению	УК-11.1 – Знает правовые нормы, формирующие нетерпимое отношение к коррупционному поведению. УК-11.2 – Умеет реализовывать нетерпимое отношение к коррупционному поведению в различных сферах деятельности. УК-11.3 – Владеет методами формирования нетерпимого отношения к коррупционному поведению.

#### 4.2 Общепрофессиональные компетенции выпускников и индикаторы их достижения

Наименование категории (группы) ОПК	Код и наименование ОПК	Код и наименование индикатора достижения ОПК
Естественно-научная подготовка	ОПК-1 – Способен изучать, анализировать, использовать механизмы химических реакций, происходящих в технологических процессах и окружающем мире,	ОПК-1.1 – Знает теоретические основы общей и неорганической химии и понимает принципы строения вещества и протекания химических процессов. ОПК-1.2 – Знает основы классификации органических соединений, строение, способы получения и химические свойства

Наименование категории (группы) ОПК	Код и наименование ОПК	Код и наименование индикатора достижения ОПК
	<p>основываясь на знаниях о строении вещества, природе химических связей и свойствах различных классов химических элементов, соединений веществ и материалов</p>	<p>различных классов органических соединений, основные механизмы протекания органических реакций.</p> <p>ОПК-1.3 – Знает основные законы и соотношения физической химии (химической термодинамики, электрохимии, химической кинетики, основы фазовых равновесий и переходов), способы их применения для решения теоретических и прикладных задач, роль физической химии как теоретического фундамента современной химии и процессов химической технологии.</p> <p>ОПК-1.4 – Знает основные законы и соотношения термодинамики поверхностных явлений, основные свойства дисперсных систем, основные методы исследования поверхностных явлений и дисперсных систем.</p> <p>ОПК-1.5 – Умеет выполнять основные химические операции.</p> <p>ОПК-1.6 – Умеет использовать химические законы, справочные данные и количественные соотношения органических реагентов в органических реакциях для решения профессиональных задач.</p> <p>ОПК-1.7 – Умеет прогнозировать влияние различных факторов на химическое равновесие, на фазовое равновесие, на равновесие в растворах электролитов, на потенциал электродов и ЭДС гальванических элементов, на направление и скорость химических реакций; составлять кинетические уравнения для кинетически простых реакций, классифицировать электроды и электрохимические цепи, пользоваться справочной литературой по физической химии.</p> <p>ОПК-1.8 – Умеет проводить расчеты с использованием основных соотношений термодинамики поверхностных явлений и расчеты основных характеристик дисперсных систем.</p> <p>ОПК-1.9 – Владеет теоретическими</p>

Наименование категории (группы) ОПК	Код и наименование ОПК	Код и наименование индикатора достижения ОПК
		<p>методами описания свойств простых и сложных веществ на основе электронного строения их атомов и положения в Периодической системе химических элементов, экспериментальными методами определения физических и химических свойств неорганических соединений.</p> <p>ОПК-1.10 – Владеет экспериментальными методами органического синтеза, методами очистки, определения физико-химических свойств и установления структуры органических соединений.</p> <p>ОПК-1.11 – Владеет навыками проведения типовых физико-химических исследований и навыками решения типовых задач в области химической термодинамики, фазовых равновесий и фазовых переходов, электрохимии, химической кинетики.</p>
Профессиональная методология	ОПК-2 – Способен использовать математические, физические, физико-химические, химические методы для решения задач профессиональной деятельности	<p>ОПК-2.1 – Знает основы дифференциального и интегрального исчисления, дифференциальных уравнений, теории вероятностей и математической статистики.</p> <p>ОПК-2.2 – Знает математические теории и методы, лежащие в основе математических моделей.</p> <p>ОПК-2.3 – Знает технические и программные средства реализации информационных технологий, основы работы в локальных и глобальных сетях, типовые численные методы решения математических задач и алгоритмы их реализации.</p> <p>ОПК-2.4 – Знает физические основы механики, физики колебаний и волн, электричества и магнетизма, электродинамики, статистической физики и термодинамики, квантовой физики.</p> <p>ОПК-2.5 – Умеет проводить анализ функций, решать основные задачи теории вероятности и математической статистики, решать уравнения и системы дифференциальных уравнений применительно к реальным процессам,</p>

Наименование категории (группы) ОПК	Код и наименование ОПК	Код и наименование индикатора достижения ОПК
		<p>применять математические методы при решении типовых профессиональных задач.</p> <p>ОПК-2.6 – Умеет работать в качестве пользователя персонального компьютера, использовать численные методы для решения математических задач, использовать языки и системы программирования для решения профессиональных задач.</p> <p>ОПК-2.7 – Умеет решать типовые задачи, связанные с основными разделами физики, использовать физические законы при анализе и решении проблем профессиональной деятельности.</p> <p>ОПК-2.8 – Умеет использовать химические законы, термодинамические справочные данные и количественные соотношения общей и неорганической химии для решения профессиональных задач.</p> <p>ОПК-2.9 – Владеет основами фундаментальных математических теорий и навыками использования математического аппарата; методами статистической обработки информации.</p> <p>ОПК-2.10 – Владеет методами поиска и обмена информацией в глобальных и локальных компьютерных сетях, техническими и программными средствами защиты информации при работе с компьютерными системами, включая приемы антивирусной защиты.</p> <p>ОПК-2.11 – Владеет методами проведения физических измерений, методами корректной оценки погрешностей при проведении физического эксперимента.</p>
Адаптация к производственным условиям	ОПК-3 – Способен осуществлять профессиональную деятельность с учетом законодательства Российской Федерации, в том числе в области экономики и экологии	<p>ОПК-3.1 – Знает основы российской правовой системы и российского законодательства, правовые и нравственно-этические нормы в сфере профессиональной деятельности.</p> <p>ОПК-3.2 – Знает правовые нормы, регулирующие отношение человека к человеку, обществу, окружающей среде.</p> <p>ОПК-3.3 – Знает основы</p>

Наименование категории (группы) ОПК	Код и наименование ОПК	Код и наименование индикатора достижения ОПК
		<p>административного, трудового и гражданского законодательства.</p> <p>ОПК-3.4 – Знает основные категории и законы экономики.</p> <p>ОПК-3.5 – Знает основы экономической деятельности предприятия, его структуру и отраслевую специфику; классификацию предприятий по правовому статусу.</p> <p>ОПК-3.6 – Знает показатели использования производственных ресурсов и эффективности деятельности предприятия.</p> <p>ОПК-3.7 – Знает содержание этапов разработки оперативных планов работы первичных производственных подразделений.</p> <p>ОПК-3.8 – Знает факторы, определяющие устойчивость биосферы, характеристики возрастания антропогенного воздействия на природу, глобальные проблемы экологии и принципы рационального природопользования, методы снижения хозяйственного воздействия на биосферу, организационные и правовые средства охраны окружающей среды, способы достижения устойчивого развития.</p> <p>ОПК-3.9 – Умеет использовать и составлять документы правового характера, относящиеся к профессиональной деятельности, предпринимать необходимые меры к восстановлению нарушенных прав.</p> <p>ОПК-3.10 – Умеет реализовывать права и свободы человека и гражданина в различных сферах жизнедеятельности.</p> <p>ОПК-3.11 – Умеет использовать знания основ экономики при решении производственных задач.</p> <p>ОПК-3.12 – Умеет осуществлять в общем виде оценку антропогенного воздействия на окружающую среду с учетом специфики природно-климатических условий.</p> <p>ОПК-3.13 – Умеет использовать нормативно-правовые акты при работе</p>

Наименование категории (группы) ОПК	Код и наименование ОПК	Код и наименование индикатора достижения ОПК
		<p>с экологической документацией.</p> <p>ОПК-3.14 – Владеет основами хозяйственного и экологического права.</p> <p>ОПК-3.15 – Умеет проводить технико-экономический анализ инженерных решений.</p> <p>ОПК-3.16 – Владеет методами разработки производственных программ и плановых заданий для первичных производственных подразделений.</p> <p>ОПК-3.17 – Владеет навыками выбора экономически обоснованных решений с учетом имеющихся ограничений.</p> <p>ОПК-3.18 – Владеет методами выбора рационального способа снижения воздействия на окружающую среду.</p>
Информационно-коммуникационные технологии для профессиональной деятельности	ОПК-4. Способен понимать принципы работы современных информационных технологий и использовать их для решения задач профессиональной деятельности	<p>ОПК-4.1 Знает и соблюдает нормы информационной безопасности в профессиональной деятельности</p> <p>ОПК-4.2 Умеет решать инженерно-технические задачи и задачи вычислительной математики с применением современных программных комплексов и языков программирования</p> <p>ОПК-4.3 Владеет современными информационными технологиями при сборе, анализе, обработке и представлении информации</p>

### 4.3 Профессиональные компетенции выпускников и индикаторы их достижения

Задача профессиональной деятельности	Объект или область знания	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК	Основание (профессиональный стандарт, анализ опыта) Обобщенные трудовые функции
<b>Для всего направления</b>				
<b>Технологический тип задач профессиональной деятельности</b>				
Выполнение фундаментальных и прикладных работ поискового, теоретического и экспериментального характера с целью определения технических характеристик новой техники, а также комплекса работ по разработке технологической документации	Химическое, химико-технологическое производство  - Сквозные виды профессиональной деятельности в промышленности (в сфере организации и проведения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в области химического и химико-технологического производства).	ПК-1. Способен обеспечивать проведение технологического процесса в соответствии с регламентом, использовать технические средства для контроля параметров технологического процесса, свойств сырья и готовой продукции, осуществлять изменение параметров технологического процесса при изменении свойств сырья	ПК-1.1. Знает порядок организации, планирования и проведения технологического процесса	Анализ требований к профессиональным компетенциям, предъявляемым к выпускникам направления подготовки на рынке труда, обобщение зарубежного опыта, проведения консультаций с ведущими работодателями, объединениями работодателей отрасли, в которой востребованы выпускники в рамках направления подготовки.  Профессиональный стандарт «Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским разработкам», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 04.03.2014 № 121 н, Обобщенная трудовая функция А. Проведение научно-
			ПК-1.2. Умеет использовать технические средства для измерения основных параметров технологического процесса, свойств сырья и продукции	
			ПК-1.3. Владеет навыками осуществления технологического процесса в соответствии с регламентом	
			ПК-1.4. Знает основные принципы организации	

			<p>химического производства, его иерархической структуры; функциональный состав и компоненты химического производства; основы теории химических процессов, методологию исследования взаимодействия процессов химических превращений и явлений переноса на всех масштабных уровнях, типовые химические процессы и их аппаратное оформление; концепции синтеза химико-технологических систем; основные химические производства</p>	<p>исследовательских и опытно-конструкторских разработок по отдельным разделам темы.  A/02.5. Осуществление выполнения экспериментов и оформления результатов исследований и разработок.  (уровень квалификации – 5).</p>
			<p>ПК-1.5. Умеет выбрать тип реактора и рассчитать технологические параметры для заданного процесса; определить параметры оптимальной организации процесса в химическом реакторе; рассчитывать основные характеристики химического процесса, выбирать рациональную схему производства заданного продукта; оценивать технологическую</p>	



			<p>эффективность химико-технологического процесса</p> <p>ПК-1.6. Владеет методами расчета и анализа процессов в химических реакторах; методикой выбора реактора и расчета процесса в нем; основами анализа и синтеза химико-технологических систем; методикой расчета материально-тепловых балансов; методами расчета основных технико-экономических показателей химического производства.</p> <p>ПК-1.7. Знает основные понятия теории управления технологическими процессами; статические и динамические характеристики объектов и звеньев управления; основные виды систем автоматического регулирования и законы управления; типовые системы автоматического управления в химической промышленности; методы и средства диагностики и контроля основных технологических параметров</p> <p>ПК-1.8. Умеет определять</p>	
--	--	--	---	--

			<p>основные статические и динамические характеристики объектов; выбирать рациональную систему регулирования технологического процесса; выбирать конкретные типы приборов для диагностики химико-технологического процесса</p> <p>ПК-1.9. Владеет методами управления химико-технологическими системами и методами регулирования химико-технологических процессов</p>	
<b>Научно-исследовательский тип задач профессиональной деятельности</b>				
Выполнение фундаментальных и прикладных работ поискового, теоретического и экспериментального характера с целью определения технических характеристик новой техники, а также комплекса работ по разработке технологической документации	Химическое, химико-технологическое производство  - Сквозные виды профессиональной деятельности в промышленности (в сфере организации и проведения научно-исследовательских и опытно-	ПК-2. Способен осуществлять экспериментальные исследования и испытания по заданной методике, проводить наблюдения и измерения с учетом требований техники безопасности, обрабатывать и интерпретировать экспериментальные данные	ПК-2.1. Знает основные методы и приемы пробоотбора и пробоподготовки анализируемых объектов, методы разделения и концентрирования веществ	Анализ требований к профессиональным компетенциям, предъявляемым к выпускникам направления подготовки на рынке труда, обобщение зарубежного опыта, проведения консультаций с ведущими работодателями, объединениями работодателей отрасли, в которой востребованы выпускники в рамках направления подготовки.  Профессиональный стандарт «Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским разработкам»,
			ПК-2.2. Умеет проводить лабораторные исследования, замеры и анализы отобранных проб	
			ПК-2.3. Владеть навыками работы на аналитическом оборудовании и правилами его эксплуатации	

	конструкторских работ в области химического и химико-технологического производства).			утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 04.03.2014 № 121 н, Обобщенная трудовая функция А. Проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок по отдельным разделам темы. А/02.5. Осуществление выполнения экспериментов и оформления результатов исследований и разработок. (уровень квалификации – 5).
Выполнение фундаментальных и прикладных работ поискового, теоретического и экспериментального характера с целью определения технических характеристик новой техники, а также комплекса работ по разработке технологической документации	Химическое, химико-технологическое производство  - Сквозные виды профессиональной деятельности в промышленности (в сфере организации и проведения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в области химического и химико-	ПК-3. Способен моделировать энерго- и ресурсосберегающие процессы в промышленности	ПК-3.1. Знает методы идентификации математических описаний энерго- и ресурсосберегающих процессов на основе экспериментальных данных и методы их оптимизации с применением эмпирических и/или физико-химических моделей	Анализ требований к профессиональным компетенциям, предъявляемым к выпускникам направления подготовки на рынке труда, обобщение зарубежного опыта, проведения консультаций с ведущими работодателями, объединениями работодателей отрасли, в которой востребованы выпускники в рамках направления подготовки
			ПК-3.2. Умеет применять методы вычислительной математики и математической статистики для решения задач расчета, моделирования и оптимизации энерго- и ресурсосберегающих	Профессиональный стандарт «Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским разработкам», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 04.03.2014 № 121 н,

	технологического производства).		процессов	Обобщенная трудовая функция А. Проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок по отдельным разделам темы. А/02.5. Осуществление выполнения экспериментов и оформления результатов исследований и разработок. (уровень квалификации – 5).
			ПК-3.3. Владеет пакетом прикладных программ для обработки результатов экспериментов, и моделирования, идентификации и оптимизации энерго- и ресурсосберегающих процессов	
<b>Профиль “Основные процессы химических производств и химическая кибернетика”</b>				
<b>Научно-исследовательский тип задач профессиональной деятельности</b>				
Выполнение фундаментальных и прикладных работ поискового, теоретического и экспериментального характера с целью определения технических характеристик новой техники, а также комплекса работ по разработке технологической документации	Химическое, химико-технологическое производство  - Сквозные виды профессиональной деятельности в промышленности (в сфере организации и проведения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в области химического и химико-	ПК-4. Способен осуществлять научные исследования в области энерго- и ресурсосбережения в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии с использованием информационных компьютерных технологий	ПК-4.1. Знает методы сбора, анализа и систематизации экспериментальных данных, обобщения научно-технической информации в области профессиональной деятельности с использованием информационных компьютерных технологий	Анализ требований к профессиональным компетенциям, предъявляемым к выпускникам направления подготовки на рынке труда, обобщение зарубежного опыта, проведения консультаций с ведущими работодателями, объединениями работодателей отрасли, в которой востребованы выпускники в рамках направления подготовки  Профессиональный стандарт «Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским разработкам», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 04.03.2014 № 121 н,
			ПК-4.2 Умеет применять информационно-коммуникационные технологии и специализированное программное обеспечение для решения научно-исследовательских задач в области энерго- и	

	технологического производства).		ресурсосбережения ПК-4.3. Владеет приемами анализа, обработки, интерпретации и представления результатов эксперимента, навыками подготовки и оформления научно-технических отчетов	Обобщенная трудовая функция А. Проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок по отдельным разделам темы. А/01.5. Осуществление проведения работ по обработке и анализу научно-технической информации и результатов исследований (уровень квалификации – 5).  А/02.5. Осуществление выполнения экспериментов и оформления результатов исследований и разработок. (уровень квалификации – 5).
<b>Технологический тип задач профессиональной деятельности</b>				
Исследование и разработка средств и систем автоматизации и управления различного назначения, в том числе жизненным циклом продукции и ее качеством применительно к конкретным условиям производства на	Химическое, химико-технологическое производство  - Сквозные виды профессиональной деятельности в промышленности (в сфере организации и проведения научно-исследовательских	ПК-5. Способен проводить расчеты и выбирать средства автоматизации и управления технологическими процессами и системами в области профессиональной деятельности	ПК-5.1. Знает основные этапы анализа и синтеза одно- и многоконтурных систем автоматического регулирования химико-технологических процессов  ПК-5.2. Умеет составлять базовую схему регулирования химико-технологического процесса с использованием принятых обозначений, использовать современные программно-аппаратные средства	Профессиональный стандарт 40.057 "Специалист по автоматизированным системам управления машиностроительным предприятием" утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 28.09.2020 N 658н Обобщенная трудовая функция С. Разработка АСУП. С/01.6. Определение целесообразности автоматизации процессов управления

основе отечественных и международных нормативных документов	и опытно- конструкторских работ в области химического и химико- технологического производства).		автоматизированного управления	в организации (уровень квалификации – 6) С/02.6. Разработка информационного обеспечения АСУП (уровень квалификации – 6)
			ПК-5.3. Владеет методами расчета, сравнения и выбора оптимальных схем регулирования технологических процессов с использованием специализированного программного обеспечения.	
Предотвращение (минимизация) негативного воздействия производственной деятельности промышленной организации на окружающую среду	Химическое, химико- технологическое производство  - Сквозные виды профессиональной деятельности в промышленности (в сфере организации и проведения научно- исследовательских и опытно- конструкторских работ в области химического и химико- технологического производства).	ПК-6. Способен формулировать и решать задачи экологической безопасности энерго- и ресурсосберегающих процессов в химической, нефтехимической и биотехнологической промышленности	ПК-6.1. Знает методы и модели эколого- экономического анализа и прогнозирования последствий негативных воздействий объектов профессиональной деятельности	Профессиональный стандарт 40.117. “Специалист по экологической безопасности (в промышленности)” утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 07.09.2020 № 569н. Обобщенная трудовая функция С. Разработка и проведение мероприятий по повышению эффективности природоохранной деятельности организации С/01.6. Проведение экологического анализа проектов расширения, реконструкции, модернизации действующих производств, создаваемых новых технологий и оборудования в организации (уровень квалификации – 6).  С/02.6. Экологическое обеспечение производства новой продукции в
			ПК-6.2. Умеет проводить эколого-экономические расчеты и оценку экологических рисков при разработке новых и совершенствовании существующих энерго- и ресурсосберегающих химических, нефтехимических и биотехнологических производств с использованием специализированного	

			<p>программного обеспечения</p> <p>ПК-6.3. Владеет способами анализа и оценки последствий негативных воздействий предприятий химической промышленности на человека и окружающую среду с использованием информационных компьютерных технологий и специализированных программных средств</p>	<p>организации (уровень квалификации – 6).</p> <p>С/03.6. Разработка и эколого-экономическое обоснование планов внедрения новой природоохранной техники и технологий в организации (уровень квалификации – 6).</p> <p>С/04.6. Установление причин и последствий аварийных выбросов и сбросов загрязняющих веществ в окружающую среду, подготовка предложений по предупреждению негативных последствий (уровень квалификации – 6).</p>
--	--	--	--	---

## 5 АННОТАЦИИ РАБОЧИХ ПРОГРАММ ДИСЦИПЛИН, ПРАКТИК И ГИА

### 5.1 Дисциплины обязательной части

#### Аннотация рабочей программы дисциплины «Иностранный язык»

**1. Цель дисциплины** — приобретение обучающимися общей, коммуникативной и профессиональной компетенций, уровень которых на отдельных этапах языковой подготовки позволяет использовать иностранный язык практически как в профессиональной (производственной и научной) деятельности, так и для целей самообразования.

**2. В результате изучения дисциплины обучающийся должен:**

*Обладать* следующими компетенциями и индикаторами их достижения:

УК-4.1; УК-4.2; УК-4.3; УК-4.4; УК-4.5; УК-4.6; УК-4.7; УК-4.8; УК-4.9

*Знать:*

- основные способы сочетаемости лексических единиц и основные словообразовательные модели;
- русские эквиваленты основных слов и выражений речи в процессе межличностного и межкультурного взаимодействия;
- основные приемы и методы реферирования и аннотирования литературы;
- пассивную и активную лексику, в том числе общенаучную и специальную терминологию, необходимую для работы над типовыми текстами;
- приемы работы с оригинальной литературой на иностранном языке.

*Уметь:*

- работать с оригинальной литературой на иностранном языке;
- работать со словарем;
- вести переписку на изучаемом языке с целью межличностного и межкультурного взаимодействия;
- вести речевую деятельность применительно к сфере бытовой и профессиональной коммуникации.

*Владеть:*

- иностранным языком на уровне межличностного и межкультурного общения, навыками и умениями речевой деятельности применительно к сфере бытовой и профессиональной коммуникации, основами публичной речи;
- основами реферирования и аннотирования литературы на изучаемом иностранном языке.

**3. Краткое содержание дисциплины**

Раздел 1. Грамматические и лексические трудности изучаемого языка.

1.1 Спряжение и изменение глагола-связки в формах настоящего времени. Видовременные формы глаголов. Образование форм простых, продолженных, перфектных и перфектно-продолженных времен глагола. Вопросительные предложения в различных временах. Образование отрицательных форм глагола в различных временах.

1.3 Образование простых, продолженных, перфектных времен глагольных форм и употребление форм страдательного залога. 1.4. Видовременные формы глаголов. Образование простых, продолженных, перфектных и перфектно-продолженных времен. Вопросительные предложения в различных временах. Образование отрицательных форм глагола в различных временах.

1.4 Причастия. Причастия настоящего и прошедшего времени. Перфектные формы причастия. Место причастий в предложении. Абсолютный причастный оборот.



1.5 Инфинитив. Формы инфинитива. Продолженный и перфектный инфинитив. Функции инфинитива в предложении. Образование и употребление инфинитивных оборотов типа «сложное подлежащее» и «сложное дополнение».

1.6 Модальные глаголы. Структура предложения. Принципы словообразования. Сокращения (аббревиатуры). Обозначение даты Правила чтения химических элементов, обозначений и формул неорганических соединений и уравнений химических реакций. Правила чтения единиц измерения. Правила чтения наименований основных органических соединений.

Раздел 2. Развитие навыков чтения тематических текстов.

2.1 Чтение текстов по темам:

2.1.1. Введение в специальность

2.1.2. Д.И. Менделеев

2.1.3. РХТУ им. Д.И. Менделеева

2.1.4. Наука и научные методы, научные статьи

2.1.5. Современные инженерные технологии

2.1.6. Химическое предприятие

2.1.7. Химическая лаборатория. Техника безопасности в лаборатории. Измерения в химической лаборатории

2.1.8. Химия будущего.

2.1.9. Биотехнология Фармацевтические производства.

2.1.10. Зеленая химия. Проблемы экологии.

2.2 Понятие о видах чтения. Просмотровое чтение на примерах текстов о химии, Д.И. Менделееве, РХТУ им, Д.И. Менделеева.

Активизация лексики прочитанных текстов.

2.3 Изучающее чтение научных и научно-популярных текстов по выбранной специальности на примере текстов: «Наука и научные методы», «Химическое предприятие», «Современные инженерные технологии», «Химическая лаборатория. Техника безопасности в лаборатории. Измерения в химической лаборатории», «Химия будущего. Современные тенденции развития науки», «Биотехнология. Фармацевтические производства», «Зеленая химия. Проблемы экологии».

Лексические особенности текстов научно-технической направленности. Терминология научно-технической литературы на изучаемом языке.

Раздел 3. Практика устной речи

3.1 Практика устной речи по темам:

3.1.1. «Говорим о себе, о своей будущей профессии»,

3.1.2. «Мой университет»,

3.1.3. «Университетский кампус»

3.1.4. «At the bank»

3.1.5. «Applying for a job» и т.д.

3.2 Монологическая речь по теме «о себе и о будущей профессии». Лексические особенности монологической речи.

3.3 Речевой этикет повседневного общения (знакомство, представление, установление и поддержание контакта, запрос и сообщение информации, побуждение к действию, выражение просьбы, согласия).

Особенности диалогической речи по пройденным темам.

Раздел 4. Особенности языка специальности

Грамматические трудности языка специальности:

4.1. Грамматические и лексические трудности языка специальности:

Различные варианты перевода причастий на русский язык. Причастные обороты и приемы их перевода на русский язык.

4.2. Сослагательное наклонение. Формы сослагательного наклонения в изучаемом языке. Модальные глаголы и их использование в предложениях в сослагательном

наклонении. Типы условных предложений. Варианты перевода предложений в сослагательном наклонении и условных предложений. Порядок слов в предложении. Эмфатические конструкции.

4.3. Изучение правил перевода различных форм инфинитива и инфинитивных оборотов на русский язык.

4.4 Изучающее чтение текстов по тематике:

1) «Лаборатория»

2) «Измерения в химической лаборатории».

Стилистические особенности специальной научно-технической литературы. Организация работы со специальными словарями. Понятие о реферировании и аннотировании текстов по специальности. Поиск новой информации при работе с текстами из периодических изданий и монографий, инструкций, проспектов и справочной литературы по рассматриваемой тематике.

#### 4. Объем учебной дисциплины

Вид учебной работы	Всего		Семестр				Семестр			
			1 семестр		2 семестр		3 семестр		4 семестр	
	ЗЕ	Акад. ч.	ЗЕ	Акад. ч.	ЗЕ	Акад. ч.	ЗЕ	Акад. ч.	ЗЕ	Акад. ч.
<b>Общая трудоемкость дисциплины</b>	<b>9,0</b>	<b>324,0</b>	<b>2,0</b>	<b>72,0</b>	<b>2,0</b>	<b>72,0</b>	<b>2,0</b>	<b>72,0</b>	<b>3,0</b>	<b>108,0</b>
<b>Контактная работа – аудиторные занятия:</b>	<b>3,6</b>	<b>129,0</b>	<b>0,9</b>	<b>32,0</b>	<b>0,9</b>	<b>32,0</b>	<b>0,9</b>	<b>32,0</b>	<b>0,9</b>	<b>32,0</b>
Практические занятия (ПЗ)	3,6	128,0	0,9	32,0	0,9	32,0	0,9	32,0	0,9	32,0
<b>Самостоятельная работа</b>	<b>4,4</b>	<b>160,0</b>	<b>1,1</b>	<b>40,0</b>	<b>1,1</b>	<b>40,0</b>	<b>1,1</b>	<b>40,0</b>	<b>1,1</b>	<b>40,0</b>
Контактная самостоятельная работа		0,6		0,2		0,2		0,2		
Самостоятельное изучение разделов дисциплины	4,4	159,4	1,1	39,8	1,1	39,8	1,1	39,8	1,1	40,0
<b>Виды контроля:</b>										
<b>Вид контроля из УП</b>				+		+		+		
<b>Экзамен</b>	<b>1,0</b>	<b>36,0</b>	-	-	-	-	-	-	<b>1,0</b>	<b>36,0</b>
Контактная работа – промежуточная аттестация	1,0	0,4	-	-	-	-	-	-	1,0	0,4
Подготовка к экзамену.		35,6		-		-		-		35,6
<b>Вид итогового контроля:</b>			<b>Зачет</b>		<b>Зачет</b>		<b>Зачет</b>		<b>Экзамен</b>	

Вид учебной работы	Всего		Семестр				Семестр			
			1 семестр		2 семестр		3 семестр		4 семестр	
	ЗЕ	Астр.	ЗЕ	Астр.	ЗЕ	Астр.	ЗЕ	Астр.	ЗЕ	Астр.

		ч.		ч.		ч.		ч.		ч.
Общая трудоемкость дисциплины	9	243	2	54,0	2	54	2	54	3	81
<b>Контактная работа – аудиторные занятия:</b>	3,6	96,75	0,89	24	0,89	24	0,89	24	0,89	24
Практические занятия (ПЗ)	3,6	96	0,89	24	0,89	24	0,89	24	0,89	24
<b>Самостоятельная работа</b>	4,4	120,0	1,11	30,0	1,11	30,0	1,11	30,0	1,11	30,0
Контактная самостоятельная работа		0,45		0,15		0,15		0,15		
Самостоятельное изучение разделов дисциплины	4,4	119,55	1,11	29,85	1,11	29,85	1,11	29,85	1,11	30,0
<b>Виды контроля:</b>										
<b>Вид контроля из УП</b>				+		+		+		
<b>Экзамен</b>	1,0	27,0	-	-	-	-	-	-	1,0	27,0
Контактная работа – промежуточная аттестация	1,0	0,3	-	-	-	-	-	-	1,0	0,3
Подготовка к экзамену.		26,7		-		-		-		26,7
<b>Вид итогового контроля:</b>			<b>Зачет</b>		<b>Зачет</b>		<b>Зачет</b>		<b>Экзамен</b>	

### Аннотация рабочей программы дисциплины «История (история России, всеобщая история)»

**1 Цель дисциплины** – формирование у студентов целостного представления об историческом прошлом России, ее месте во всемирно-историческом процессе.

**2 В результате изучения дисциплины обучающийся должен:**

*Обладать* следующими компетенциями и индикаторами их достижения:

*УК-5.1, УК-5.2, УК-5.3, УК-5.6, УК-5.7, УК-5.11, УК-5.12, УК-5.13.*

*Знать:*

- основные направления, проблемы и методы исторической науки;
- основные этапы и ключевые события истории России и мира; особенности развития российского государства, выдающихся деятелей отечественной и всеобщей истории.

*Уметь:*

- соотносить общие исторические процессы и отдельные факты; выявлять существенные черты исторических процессов, явлений и событий; анализировать социально-значимые проблемы;
- формулировать и аргументировано отстаивать собственную позицию по различным проблемам истории.

*Владеть:*

- представлениями об истории как науке, ее месте в системе гуманитарного знания;
- представлениями об основных этапах в истории человечества и их хронологии;
- категориально-понятийным аппаратом изучаемой дисциплины;
- навыками анализа исторических источников.

### **3 Краткое содержание дисциплины**

**Раздел 1. История в системе социально-гуманитарных наук. Основы методологии исторической науки. Особенности становления государственности в России по сравнению с европейскими раннесредневековыми государствами.**

**1.1. Место истории в системе наук. Древнейшее прошлое человечества и первые цивилизации.** Предмет исторической науки. Роль теории в познании прошлого. Сущность, формы, функции исторического знания. Понятие исторического источника, классификация исторических источников. История России – неотъемлемая часть всемирной истории; общее и особенное в историческом развитии.

Антропогенез. Неолитическая революция. Социальный строй. Разложение первобытной общины. Цивилизации Древнего Востока. Государства античности. Народы и древнейшие государства на территории России. Этногенез славян. Великое Переселение народов в III–IV вв.

Традиционные формы социальной организации европейских народов в догосударственный период. Возникновение раннесредневековой государственности в Европе.

Этнокультурные и социально-политические процессы становления российской государственности. Начало российской государственности. Древняя Русь. Принятие христианства.

**1.2. Средние века.** Место средневековья во всемирно-историческом процессе. Русские земли в XII–XIII вв. Монголо-татарское нашествие на Русь. Экспансия в западные и северо-западные русские земли. Великое княжество литовское и Русское государство.

Складывание основ национальных государств в Западной Европе. Образование Российского государства, его историческое значение.

**1.3. Новое время.** У истоков Нового времени. Особенности сословно-представительной монархии в Европе и России. Начало XVII века – эпоха всеобщего европейского кризиса. Россия в XVI в. - XVII вв. Синхронность кризисных ситуаций в разных странах. «Смутное время» в России.

Генезис капитализма. Его формы и сосуществование с элементами феодализма. Особенности различных регионов Европы. Формирование мирового рынка. Подъем мануфактурного производства. Формирование внутренних рынков.

Генезис самодержавия в России. «Второе издание» крепостничества – Соборное уложение 1649 г. и юридическое оформление крепостного права. Секуляризация русской культуры.

**Раздел 2. От Нового к Новейшему времени. Российская империя в XVIII — начале XX в.**

**2.1. XVIII век – век модернизации и просвещения.** Идеи и социально-политические истоки Просвещения. Основные черты просветительской идеологии: человек и государство, «естественное право», этика. Идея прогресса как господствующее течение в общественной мысли.

Реформы Петра I как первая попытка модернизации страны, её особенности. Формирование Российской империи. Основные направления «европеизации» страны. Эволюция социальной структуры общества. Дальнейшее расширение границ Российской

империи. Россия в эпоху просвещенного абсолютизма. Россия и Европа в XVIII веке. Изменения в международном положении Российской империи.

**2.2. XIX столетие.** Промышленный переворот в Европе и России: общее и особенное. Важнейшие условия перехода России к индустриальному обществу – решение крестьянского вопроса и ограничение самодержавия. Длительность, непоследовательность, цикличность процесса буржуазного реформирования. Европейская революция 1848–1849 гг. Итоги, значение, исторические последствия.

Роль субъективного фактора в преодолении отставания. Реформы XIX века, их значение. Общественные движения в XIX веке.

**2.3. Россия и мир на рубеже веков: кризисы развития.** Общие итоги российской модернизации к началу XX века.

Соотношение политических сил в России в начале XX века. Нарастание кризиса самодержавия. Первая российская революция. Образование политических партий. Государственная дума начала XX века как первый опыт российского парламентаризма. Столыпинская аграрная реформа. Первая мировая война и участие в ней России. Февральская революция 1917г. и коренные изменения в политической жизни страны.

**Раздел 3. Всемирно-исторический процесс и XX век. От советского государства к современной России. Основные тенденции мирового развития на современном этапе.**

**3. 1. Начало новейшего времени.** Формирование и сущность советского строя. Марксизм как идеологическая основа революционных преобразований и российские реалии. Подготовка и победа Октябрьского вооруженного восстания в Петрограде. II Всероссийский съезд Советов и его решения. Экономическая и социальная политика большевиков.

Итоги первой мировой войны. Версальская система международных отношений.

Гражданская война и иностранная интервенция. Судьба и значение НЭПа. Утверждение однопартийной политической системы. Образование СССР. Политическая борьба в партии и государстве. СССР в годы первых пятилеток (конец 20-х гг. – 30-е гг.).

Мировой экономический кризис 1929–1933 гг. и варианты выхода из него. Тоталитаризм в Европе. Формирование режима личной власти Сталина и командно-административной системы управления государством. Конституция СССР 1936 г. Внешняя политика СССР в 20-30-е гг. Деятельность Коминтерна.

**3.2. Вторая мировая война. Великая Отечественная война: «Без срока давности».** Москва и Московская область в годы Великой Отечественной войны. Основные этапы Великой Отечественной войны. Коренной перелом в ходе войны.

Советский тыл в годы войны. Борьба в тылу врага. Партизанское движение. Человеческие и материальные потери в ход войны.

Решающий вклад Советского Союза в разгром фашизма. Нюрнбергский процесс над нацистскими военными преступниками. Хабаровский процесс.

**3. 3. СССР и мир с послевоенного периода до 1991 г.** Изменение соотношения сил в мире после второй мировой войны. Начало «холодной войны». «Доктрина Трумэна» и «План Маршалла». Формирование биполярного мира. Взаимоотношения со странами «народной демократии». Создание Совета экономической взаимопомощи. Конфликт с Югославией. Организация Североатлантического договора (НАТО). Создание Организации Варшавского договора. Война в Корее. Трудности послевоенного развития СССР. Ужесточение политического режима и идеологического контроля. Попытки обновления «государственного социализма». XX съезд КПСС и осуждение культа личности Сталина. «Оттепель» в духовной сфере.

Экономические реформы середины 60-х годов, причины их незавершенности. «Государство благоденствия». IV и V Республика во Франции. Образование и Развитие ФРГ. «Экономическое чудо» Японии. Распад колониальной системы. Неоконсерватизм Великобритании. Рейгономика в США.

Нарастание кризисных явлений в советском обществе в 70-е – середине 80-х годов. Новая Конституция СССР. Концепция «развитого социализма». Внешняя политика СССР в конце 60-х начале 80-х гг.: от разрядки к обострению международной обстановки.

«Перестройка»: сущность, цели, задачи, основные этапы, результаты. Распад СССР. Образование СНГ.

**3.4. Основные тенденции мирового развития на современном этапе. Становление новой российской государственности (с 1991- по настоящее время).** Либеральная концепция российских реформ: переход к рынку, формирование гражданского общества и правового государства. «Шоковая терапия» экономических реформ в начале 90-х годов. Конституция Российской Федерации 1993г. Межнациональные отношения. Политические партии и общественные движения России на современном этапе. Россия на пути модернизации. Россия в системе мировой экономики и международных связей. Мировой экономический кризис 2008–2011 гг. Новые геополитическое реалии в мире и их влияние на внешнюю политику Российской Федерации. Глобальные проблемы современности.

#### 4 Объем учебной дисциплины.

Вид учебной работы	Объем дисциплины		
	ЗЕ	Акад. ч.	Астр. ч.
<b>Общая трудоемкость дисциплины</b>	<b>4</b>	<b>144</b>	<b>108</b>
<b>Контактная работа – аудиторные занятия:</b>	<b>1,3</b>	<b>48</b>	<b>36</b>
Лекции	0,9	32	24
Практические занятия (ПЗ)	0,4	16	12
<b>Самостоятельная работа</b>	<b>1,7</b>	<b>60</b>	<b>45</b>
Контактная самостоятельная работа	1,7	-	-
Самостоятельное изучение разделов дисциплины		60	45
<b>Вид контроля:</b>			
<b>Экзамен</b>	<b>1</b>	<b>36</b>	<b>27</b>
Контактная работа – промежуточная аттестация	1	0,4	0,3
Подготовка к экзамену.		35,6	26,7
<b>Вид итогового контроля:</b>	<b>Экзамен</b>		

#### Аннотация рабочей программы дисциплины «Правоведение»

**1 Цель дисциплины** – овладение основами правовых знаний; формирование основ правовой культуры и правомерного поведения гражданина страны.

**2 В результате изучения дисциплины обучающийся должен:**

Обладать следующими компетенциями и индикаторами их достижения:

*УК-11.1, УК-11.2, УК-11.3, ОПК-3.3, ОПК-3.9, ОПК-3.10, ОПК-3.13*

*Знать:*

– основы российской правовой системы и российского законодательства, основы организации и функционирования судебных и иных правоприменительных и правоохранительных органов;

– правовые и нравственно-этические нормы в сфере профессиональной деятельности;

– правовые нормы, регулирующие отношение человека к человеку, обществу, окружающей среде;

– права и обязанности гражданина;

- основы трудового законодательства;
- основы хозяйственного права;
- основные направления антикоррупционной деятельности в РФ

*Уметь:*

- использовать этические и правовые нормы, регулирующие отношение человека к человеку, обществу, окружающей среде, использовать права и свободы человека и гражданина при разработке социальных проектов;
- использовать и составлять нормативные и правовые документы, относящиеся к профессиональной деятельности, предпринимать необходимые меры к восстановлению нарушенных прав;
- реализовывать права и свободы человека и гражданина в различных сферах жизнедеятельности.

*Владеть:*

- навыками применения законодательства при решении практических задач.

### **3 Краткое содержание дисциплины**

*Раздел 1. Основы теории государства и права*

- 1.1 Основы теории государства
- 1.2 Основы теории права

*Раздел 2. Отрасли публичного права*

- 2.1 Основы конституционного права
- 2.2 Основы административного права
- 2.3 Основы уголовного права
- 2.4 Коррупция как социальное и правовое явление в современном обществе
- 2.5 Основы экологического права
- 2.6 Нормативное правовое регулирование защиты информации. Правовые основы

защиты государственной тайны

*Раздел 3. Отрасли частного права*

- 3.1. Гражданское право: основные положения общей части.
- 3.2. Авторское и патентное право и правовая защита результатов интеллектуальной.
- 3.3. Основы хозяйственного (предпринимательского) права.
- 3.4. Основы семейного права
- 3.5. Основы трудового права

*Раздел 4. Особенности правового регулирования профессиональной деятельности в отдельных отраслях химической промышленности*

- 4.1 Основы национальной безопасности, государственной политики и законодательство в области обеспечения ядерной и радиационной безопасности.
- 4.2 Особенности правового регулирования труда работников химической промышленности.
- 4.3 Нормативно-правовая база регулирования химической и нефтехимической отрасли в России.

Общее количество разделов 4.

### **4 Объем учебной дисциплины**

Вид учебной работы	Объем дисциплины		
	ЗЕ	Акад. ч.	Астр. ч.
<b>Общая трудоемкость дисциплины</b>	<b>3</b>	<b>108</b>	<b>81</b>
<b>Контактная работа – аудиторные занятия:</b>	<b>0,9</b>	<b>32</b>	<b>24</b>
Лекции	0,45	16	12
Практические занятия (ПЗ)	<b>0,45</b>	<b>16</b>	<b>12</b>

<b>Самостоятельная работа</b>	<b>2,1</b>	<b>76</b>	<b>57</b>
Контактная самостоятельная работа	2,1	0,2	0,15
Самостоятельное изучение разделов дисциплины		75,8	56,85
<b>Вид контроля:</b>	<b>Зачет</b>		

### Аннотация рабочей программы дисциплины «Философия»

**1. Цель дисциплины «Философия»** – сформировать у студентов комплексное представление о роли и месте философии в системе гуманитарных, социальных и естественных наук, познакомить их с основами философского знания, необходимыми для решения теоретических и практических задач.

**2. В результате изучения дисциплины обучающийся должен:**

Обладать следующими компетенциями и индикаторами их достижения: УК-5.4, УК-5.5, УК-5.8, УК-5.9, УК-5.14.

**знать:** основное содержание главных философских школ и направлений, представителей этих школ, связь и различие их философских идей, связь историко-философских концепций с современными проблемами индивидуальной и общественной жизни;

**уметь:** понимать и анализировать мировоззренческие, социальные и индивидуальные проблемы современной жизни; грамотно вести дискуссию, анализировать особенности межкультурного взаимодействия, обусловленные различием этических, религиозных и ценностных систем, опираясь на наработанный в истории философии материал; применять полученные философские знания к решению профессиональных задач;

**владеть:** представлениями о философии как науке и системе ценностей, ее месте в системе гуманитарного знания; основами философского мышления; категориальным аппаратом изучаемой дисциплины, философскими методами анализа различных проблем, навыками философской культуры для выработки системного, целостного взгляда на действительность и место химии и химической технологии в целостной картине мира.

### 3. Краткое содержание дисциплины

Введение. Философия, ее происхождение и роль в обществе.

**Раздел 1. Основные философские школы.**

Античная философия (досократики, софисты, Сократ, Демокрит, Платон, Аристотель, эллинистически-римская философия). Основные проблемы средневековой философии и эпохи Возрождения. Философия Нового времени (XVII – XVIII вв.) Идеология Просвещения. Немецкая классическая философия. Русская философия XIX – XX вв. Основы марксистской философии. Основные направления современной философии.

**Раздел 2. Философские концепции бытия и познания.**

Проблема бытия в истории философии. Понятия материального и идеального. Основные философские направления: материализм и идеализм. Принцип глобального эволюционизма в современной научной картине мира.

Концепции пространства и времени в истории философии и науки.

Происхождение сознания. Роль труда в происхождении сознания. Идеалистические и материалистические концепции сознания. Сознание и мозг. Сознательное и бессознательное. Сознание и язык. Сознание и самосознание.

Концепции гносеологии в истории философии: сенсуализм, рационализм, скептицизм, агностицизм, концепция врожденных идей, априоризм. Диалектика познания: чувственное и рациональное. Основные теории истины.

**Раздел 3. Проблемы человека в философии.**



Человек как предмет философского анализа в истории философии. Происхождение человека: природные и социальные условия антропосоциогенеза. Биологическое и социальное в человеке. Индивид, индивидуальность, личность.

Смысл жизни и предназначение человека. Жизнь, смерть, бессмертие. Движение ненасилия, его роль в современной жизни. Цели и ценности. Свобода воли и ответственность личности. Нравственные, религиозные, эстетические ценности.

#### **Раздел 4. Философия истории и общества**

Человек в системе социальных связей. Личность и массы, свобода и необходимость. Философия истории: формационная и цивилизационная концепции исторического развития. Прогрессистские и циклические модели развития. Глобальные проблемы современности. Концепция устойчивого развития и сценарии будущего.

Общество и его структура. Социальная, политическая и духовная сферы общества. Концепции государства в истории философской мысли. Гражданское общество и правовое государство.

#### **Раздел 5. Философские проблемы химии и химической технологии**

Научное и вненаучное знание. Структура научного знания, его методы и формы. Научные революции и смена типов рациональности. Наука в современном мире. Этика науки и ответственность ученого.

Проблема соотношения науки и техники. Социальные последствия научно-технического прогресса. Этические и экологические императивы развития науки и техники.

Место химии в системе естественных наук. Основная проблема химии как науки и производства. Цели и задачи химической технологии. Специфика химико-технологического знания: фундаментальное и прикладное, эмпирическое и теоретическое.

### **4. Объем учебной дисциплины**

Виды учебной работы	ЗЕ	Акад. ч.	Астр. ч.
<b>Общая трудоемкость дисциплины по учебному плану</b>	<b>4</b>	<b>144</b>	<b>108</b>
<b>Контактная работа (КР):</b>	<b>1,78</b>	<b>48</b>	<b>36</b>
Лекции (Лек)	0,89	32	24
Практические занятия (ПЗ)	0,89	16	12
<b>Самостоятельная работа (СР):</b>	<b>1,22</b>	<b>60</b>	<b>45</b>
Самостоятельное изучение разделов дисциплины	1,22	60	45
<b>Вид контроля:</b>	<b>Экзамен</b>		
<b>Экзамен</b>	<b>1</b>	<b>36</b>	<b>27</b>
Контактная работа – промежуточная аттестация	1	0,4	0,3
Подготовка к экзамену		35,6	26,7

#### **Аннотация рабочей программы дисциплины «Основы экономики и управления производством»**

**1 Цель дисциплины** – получение системы знаний об экономических закономерностях функционирования промышленного производства в системе национальной экономики, формирование экономического мышления и использование полученных знаний в практической деятельности.

**2 В результате изучения дисциплины обучающийся должен:**

*Обладать* следующими компетенциями и индикаторами их достижения:

*УК-10.1; УК-10.2; УК-10.3; ОПК-3.1; ОПК-3.2; ОПК-3.4; ОПК-3.5; ОПК-3.6; ОПК-*

*3.7;*

ОПК-3.11; ОПК-3.14; ОПК-3.15; ОПК-3.16; ОПК-3.17

*Знать:*

- основы экономической культуры, в том числе финансовой грамотности;
- основы российской правовой системы и российского законодательства, правовые и нравственно-этические нормы в сфере профессиональной деятельности;
- правовые нормы, регулирующие отношение человека к человеку, обществу, окружающей среде;
- основные категории и законы экономики;
- основы экономической деятельности предприятия, его структуру и отраслевую специфику; классификацию предприятий по правовому статусу;
- содержание этапов разработки оперативных планов работы первичных производственных подразделений.

*Уметь:*

- использовать знания основ экономики при принятии обоснованных решений в различных областях деятельности;
- использовать знания основ экономики при решении производственных задач;
- основами хозяйственного и экологического права;
- проводить технико-экономический анализ инженерных решений.

*Владеть:*

- навыками выбора экономически обоснованных решений в различных областях жизнедеятельности;
- методами разработки производственных программ и плановых заданий для первичных производственных подразделений;
- навыками выбора экономически обоснованных решений с учетом имеющихся ограничений.

### **3 Краткое содержание дисциплины**

#### **Раздел 1. Введение. Основы рыночной экономики**

Тема 1: Экономические потребности, блага и ресурсы. Экономические системы и их сущность. Общественное производство и экономические отношения. Производственные возможности общества и экономический выбор. Кривая производственных возможностей. Закон убывающей предельной полезности. Типы и модели экономических систем. Элемент экономической системы. Традиционная экономическая система. Собственность: формы и пути их преобразования.

Тема 2: Рыночный механизм спроса и предложения. Совершенная и несовершенная конкуренции. Товарный (рыночный) тип общественного производства. Сущность и условия возникновения рынка. Виды рынков и их структура. Функции рынка. Товар и его свойства. Спрос и предложение на рынке. Понятие «эластичность». Эластичность спроса и предложения, точечная и дуговая. Совершенная и несовершенная конкуренции. Монополия. Максимизация прибыли монополистом. Олигополия.

Тема 3: Понятие национальной экономики, основные макроэкономические показатели. Понятия совокупного спроса и совокупного предложения, факторы, влияющие на их изменения. Потребления и сбережения. Экономический кругооборот. Производство, обмен и распределение. Потребление, сбережение, инвестиции товаров и услуг.

Тема 4: Финансовая система и финансовая политика общества. Государственный бюджет и государственный долг. Налоги и налоговая система.

#### **Раздел 2. Экономические основы управления производством**

Тема 5: Предприятие как субъект рыночного хозяйства. Экономические законы и особенности их проявления на предприятии. Роль специалиста химической промышленности. Предприятие в системе рыночной экономики. Предприятие – как

субъект и объект предпринимательской деятельности. Законодательная база предпринимательской деятельности. Нормативно-правовые акты, регламентирующие деятельность предприятия. Организационно-правовые формы предпринимательской деятельности и критерии их выбора. Формы собственности. Внешняя и внутренняя среда предприятия.

Тема 6: Материально-техническая база производства. Сырьевая и топливно-энергетическая база химических производств. Производственная программа и производственная мощность предприятия. Качество и конкурентоспособность продукции. Экономическое обоснование выбора сырья и топлива. Ресурсосбережение. Альтернативные источник сырья и энергии. Организация складского хозяйства.

Тема 7: Материально-технические ресурсы предприятия. Основные производственные фонды химических предприятий: понятие, классификация и структура. Понятие и структура основных средств. Оценка основных средств. Методы оценки основных фондов. Показатели использования основных производственных фондов. Износ и амортизация основных фондов. Оценка эффективности использования основных производственных фондов. Воспроизводство основных средств. Оборотные средства предприятия: понятие, состав и структура. Источники формирования оборотных средств. Оборачиваемость оборотных средств. Материальные запасы на предприятии. Определение потребности в оборотных средствах.

Тема 8: Трудовые ресурсы предприятия. Персонал предприятия и его структура. Основы организации труда на предприятии. Эффективность использования персонала и рабочего времени. Производительность труда и оплата труда. Организация заработной платы на предприятии. Состав и структура промышленно-производственного персонала. Производительность труда: понятие, показатели и методы измерения. Индивидуальная и общественная производительность труда. Резервы и факторы повышения производительности труда. Формы, системы и размер оплаты труда на предприятии.

### **Раздел 3. Технико-экономический анализ инженерных решений**

Тема 9: Доходы и расходы на производство, и реализацию продукции предприятия. Издержки производства продукции (себестоимость), прибыль, рентабельность и ценообразование. Понятие затраты на производство и реализацию продукции (себестоимость). Виды и значение классификации затрат. Структура затрат на производство и реализацию продукции. Технико-экономический анализ инженерных решений. Особенности расчета затрат на производство и реализацию продукции в комплексных производствах. Основные пути снижения затрат на производство продукции. Доходы предприятия. Понятие прибыли и дохода предприятия, методы их расчета. Рентабельность, ее виды и методы расчета. Пути повышения прибыли и рентабельности на предприятиях.

Тема 10: Ценообразование и ценовая политика. Цена на продукцию и принципы ценообразования. Виды цен. Структура цены, система цен. Взаимосвязи цен и издержек. Ценовая политика. Разработка ценовой стратегии.

Тема 11: Финансово-кредитные отношения предприятий и система налогообложения. Понятие, состав и структура финансов предприятия. Принципы налогообложения. Налоги и платежи, установленные законодательством: виды, ставки, объекты налогообложения и сроки уплаты налога в бюджет.

## **4 Объем учебной дисциплины**

Вид учебной работы	Объем дисциплины		
	ЗЕ	Акад. ч.	Астр. ч.
<b>Общая трудоемкость дисциплины</b>	<b>3</b>	<b>108</b>	<b>81</b>

<b>Контактная работа – аудиторные занятия:</b>	<b>0,89</b>	<b>32</b>	<b>24</b>
Лекции	0,44	16	12
Практические занятия (ПЗ)	0,44	16	12
Лабораторные работы (ЛР)	-	-	-
<b>Самостоятельная работа</b>	<b>2,10</b>	<b>76</b>	<b>57</b>
Контактная самостоятельная работа	2,10	0,4	0,3
Самостоятельное изучение разделов дисциплины		75,6	56,7
<b>Вид итогового контроля:</b>	<b>Зачет с оценкой</b>		

**Аннотация рабочей программы дисциплины  
«Социально-психологические основы развития личности»**

**1 Цель дисциплины** – формирование социально ответственной личности, способной к самоорганизации и развитию, умеющей выстраивать и реализовывать свою жизненную стратегию, способной управлять своим временем в новых социальных реалиях, в условиях непрерывного образования, умеющей осуществлять социальное взаимодействие и реализовывать свою роль в команде.

**2 В результате изучения дисциплины обучающийся должен**

Обладать следующими компетенциями и индикаторами их достижения:

*УК-3.1, УК-3.2, УК-3.3, УК-3.4, УК-3.5, УК-3.6, УК-5.10, УК-6.1, УК-6.2, УК-6.3, УК-6.4, УК-6.5, УК-6.6, УК-9.1, УК-9.2, УК-9.3,*

*Знать:*

– сущность проблем организации и самоорганизации личности, ее поведения в группе в условиях современного общества и непрерывного образования;

– методы самоорганизации и развития личности, выстраивания и реализации траектории саморазвития, выработки целеполагания и мотивационных установок, развития коммуникативных способностей и поведения в группе;

– общую концепцию технологий организации времени и повышения эффективности его использования;

– методики изучения социально-психологических явлений в сфере управления и самоуправления личности, группы, организации.

*Уметь:*

– планировать и решать задачи личностного и профессионального развития;

– анализировать свои возможности и ограничения, использовать методы самодиагностики, самопознания, саморегуляции и самовоспитания;

– устанавливать с коллегами (одногоруппниками) отношения, характеризующиеся эффективным уровнем общения;

– творчески применять в решении практических задач инструменты технологий организации времени и повышения эффективности его использования.

*Владеть:*

– социальными и психологическими технологиями самоорганизации и развития личности, выстраивания и реализации траектории саморазвития;

– инструментами оптимизации использования времени, навыками планирования личного и учебного времени, навыками самообразования;

– теоретическими и практическими навыками предупреждения и разрешения внутриличностных и групповых конфликтов;

– способами мотивации членов коллектива к личностному и профессиональному развитию;

– способностями к конструктивному общению в команде, рефлексии своего поведения и лидерскими качествами.

**3 Краткое содержание дисциплины**

*Раздел 1. Общество: новые условия и факторы развития личности*

- 1.3 Современное общество в условиях глобализации и информатизации.
- 1.4 Социальные процессы
- 1.5 Институты социализации личности
- 1.6 Институт образования
- 1.7 Социальная значимость профессии.
- 1.8 «Моя профессия в современном российском обществе»

*Раздел 2. Личность. Социальные и психологические технологии самоорганизации и саморазвития*

- 2.7 Психология личности
- 2.8 Стратегии развития и саморазвития личности
- 2.9 Самоорганизация и самореализация личности
- 2.10 Личность в системе непрерывного образования
- 2.11 Целеполагание в личностном и профессиональном развитии. Практикум «Построение карьеры».

*Раздел 3. Группа. Социальные и психологические технологии группового поведения и лидерства*

- 3.6 Коллектив и его формирование. Практикум «Психология общения»
- 3.7 Стили руководства и лидерства. Практикум «Командообразование. Лидерство»
- 3.8 Практикум «Управление конфликтными ситуациями в коллективе»
- 3.9 Практикум «Мотивы личностного роста»
- 3.10 Социально-психологическое обеспечение управления коллективом.

Практикум «Искусство управлять собой»

Общее количество разделов 3.

#### **4 Объем учебной дисциплины**

Вид учебной работы	Объем дисциплины		
	ЗЕ	Акад. ч.	Астр. ч.
<b>Общая трудоемкость дисциплины</b>	<b>2</b>	<b>72</b>	<b>54</b>
<b>Контактная работа – аудиторные занятия:</b>	<b>0,88</b>	<b>32,0</b>	<b>24</b>
Лекции	0,44	16,0	12
Практические занятия (ПЗ)	<b>0,44</b>	<b>16,0</b>	<b>12</b>
<b>Самостоятельная работа</b>	<b>1,11</b>	<b>40</b>	<b>30</b>
Контактная самостоятельная работа	1,11	0,2	0,15
Самостоятельное изучение разделов дисциплины		39,8	29,85
<b>Вид контроля:</b>	<b>Зачет</b>		

#### **Аннотация рабочей программы дисциплины «Общая и неорганическая химия»**

**1 Цель дисциплины** – приобретение знаний и компетенций, формирование современных представлений в области теоретических основ химии и химии элементов.

**2 В результате изучения дисциплины обучающийся должен:**

*Обладать* следующими компетенциями и индикаторами их достижения: ОПК-1.1, ОПК-1.5, ОПК-1.9.

*Знать:*

- электронное строение атомов и молекул;
- основы теории химической связи в соединениях разных типов, строение вещества в конденсированном состоянии;

- основные закономерности протекания химических процессов и характеристики равновесного состояния;
- методы описания химических равновесий в растворах электролитов;
- строение и свойства координационных соединений;
- получение, химические свойства простых и сложных неорганических веществ.

*Уметь:*

- выполнять основные химические операции, определять термодинамические характеристики химических реакций и равновесные концентрации веществ;
- использовать основные химические законы, термодинамические справочные данные для решения профессиональных задач;
- прогнозировать влияние различных факторов на равновесие в химических реакциях.

*Владеть:*

- теоретическими методами описания строения и свойств простых и сложных веществ на основе электронного строения их атомов и положения в периодической системе химических элементов;
- основными навыками работы в химической лаборатории;
- экспериментальными методами определения некоторых физико-химических свойств неорганических соединений.

### **3 Краткое содержание дисциплины**

#### *Раздел 1. Принципы химии*

##### 1.1 Строение атома.

Волновые свойства материальных объектов. Уравнение де Бройля. Соотношение неопределенностей Гейзенберга. Понятие о квантовой механике и уравнении Шредингера.

##### 1.2 Периодический закон и периодическая система.

Современная формулировка периодического закона. Периодическая система и ее связь со строением атомов. Заполнение электронных слоев и оболочек атомов в периодической системе элементов Д.И. Менделеева.

##### 1.3 Окислительно-восстановительные процессы.

Степени окисления. Важнейшие окислители и восстановители. Важнейшие схемы превращения веществ в окислительно-восстановительных реакциях.

##### 1.4. Химическая связь и строение молекул.

Ковалентная связь, основные положения метода валентных связей. Рассмотрение схем перекрывания атомных орбиталей при образовании связей в молекулах. Гибридизация волновых функций. Основные положения метода молекулярных орбиталей (МО ЛКАО). Метод Гиллеспи. Общие сведения о комплексных соединениях, их строение. Межмолекулярная и внутримолекулярная водородная связь. Ионная связь как предельный случай ковалентной связи. Общие представления о межмолекулярном взаимодействии: ориентационное, индукционное, дисперсионное взаимодействия.

##### 1.5. Понятие о химической термодинамике.

Термодинамические функции состояния (характеристические функции). Внутренняя энергия и энтальпия, их физический смысл. Термохимия и термохимические уравнения. Закон Гесса и следствия из него. Понятие об энтропии, абсолютная энтропия и строение вещества. Изменение энтропии в различных процессах.

##### 1.6. Понятие о химической кинетике. Химическое равновесие.

Одностадийные и сложные реакции. Закон действующих масс. Константа скорости реакции. Молекулярность и порядок реакции. Зависимость скорости реакции от температуры; энтальпия активации. Гомогенный и гетерогенный катализ.

Истинное и кажущееся равновесия. Константа химического равновесия. Смещение химического равновесия, принцип Ле-Шателье – Брауна.

Энергия Гиббса, ее связь с энтропией и энтальпией. Физический смысл энергии Гиббса. Энтропийный и энтальпийный факторы процесса. Связь  $\Delta G^{\circ}_T$  с константой равновесия.

#### 1.7. Растворы. Равновесия в растворах.

Процессы, сопровождающие образование жидких истинных растворов неэлектролитов и электролитов. Ассоциированные и неассоциированные электролиты. Степень диссоциации. Константа диссоциации. Равновесие в системе, состоящей из насыщенного раствора малорастворимого электролита и его кристаллов. Равновесие в растворах комплексных соединений. Равновесие диссоциации воды, ионное произведение воды и его зависимость от температуры. Шкала рН. Гидролиз солей.

### Раздел 2. Неорганическая химия

#### 2.1. Химия s-элементов. 2.2. Химия p-элементов.

Водород-первый элемент периодической системы, его двойственное положение. Элементы 1–2 и 13–18 групп периодической системы. Закономерности в изменении электронных конфигураций, величин радиусов, электроотрицательности и энергии ионизации атомов. Типичные степени окисления. Химические свойства простых веществ. Закономерности в строении и свойствах основных типов соединений, их получение. Природные соединения, получение и применение.

#### 2.3. Химия d-элементов. 2.4. Химия f-элементов.

Элементы 3–12 групп периодической системы. Закономерности в изменении электронных конфигураций, величин радиусов, энергии ионизации, характерных степеней окисления, координационных чисел атомов. Природные соединения, получение и сопоставление физических и химических свойств простых веществ. Строение и свойства основных типов соединений. Особенности f-элементов.

### 4 Объем учебной дисциплины

Вид учебной работы	Всего		Семестр			
			1		2	
	ЗЕ	Акад. ч.	ЗЕ	Акад. ч.	ЗЕ	Акад. ч.
<b>Общая трудоемкость дисциплины</b>	<b>12</b>	<b>432</b>	<b>7</b>	<b>252</b>	<b>5</b>	<b>180</b>
<b>Контактная работа – аудиторные занятия:</b>	<b>5,33</b>	<b>192</b>	<b>3,11</b>	<b>112</b>	<b>2,22</b>	<b>80</b>
Лекции	1,78	64	0,89	32	0,89	32
Практические занятия (ПЗ)	0,89	32	0,89	32	-	-
Лабораторные работы (ЛР)	2,66	96	1,33	48	1,33	48
<b>Самостоятельная работа</b>	<b>4,66</b>	<b>167,8</b>	<b>2,89</b>	<b>104</b>	<b>1,77</b>	<b>63,8</b>
Контактная самостоятельная работа	4,66	-	2,89	-	1,77	-
Самостоятельное изучение разделов дисциплины		167,8		104		63,8
<b>Виды контроля:</b>						
<b>Экзамен</b>	<b>2</b>	<b>72</b>	<b>1</b>	<b>36</b>	<b>1</b>	<b>36</b>
Контактная работа – промежуточная аттестация	2	0,8	1	0,4	1	0,4
Подготовка к экзамену		71,2		35,6		35,6
<b>Курсовая работа</b>	<b>0,01</b>	<b>0,2</b>	-	-	<b>0,01</b>	<b>0,2</b>
Контактная работа – промежуточная аттестация	0,01	0,2	-	-	0,01	0,2
<b>Вид итогового контроля:</b>			<b>экзамен</b>		<b>экзамен, КР</b>	

Вид учебной работы	Всего		Семестр			
			1		2	
	ЗЕ	Астр. ч.	ЗЕ	Астр. ч.	ЗЕ	Астр. ч.
Общая трудоемкость дисциплины	<b>12</b>	<b>324</b>	<b>7</b>	<b>189</b>	<b>5</b>	<b>135</b>
<b>Контактная работа-аудиторные занятия:</b>	<b>5,33</b>	<b>144</b>	<b>3,11</b>	<b>84</b>	<b>2,22</b>	<b>60</b>
Лекции	1,78	48	0,89	24	0,89	24
Практические занятия (ПЗ)	0,89	24	0,89	24	-	-
Лабораторные работы (ЛР)	2,66	96	1,33	36	1,33	36
<b>Самостоятельная работа</b>	<b>4,66</b>	<b>125,85</b>	<b>2,89</b>	<b>78</b>	<b>1,77</b>	<b>47,85</b>
Контактная самостоятельная работа	4,66	-	2,89	-	1,77	-
Самостоятельное изучение разделов дисциплины		125,85		78		47,85
<b>Виды контроля:</b>						
<b>Экзамен</b>	<b>2</b>	<b>54</b>	<b>1</b>	<b>27</b>	<b>1</b>	<b>27</b>
Контактная работа – промежуточная аттестация	2	0,6	1	0,3	1	0,3
Подготовка к экзамену		53,4		26,7		26,7
<b>Курсовая работа</b>	<b>0,01</b>	<b>0,15</b>	-	-	<b>0,01</b>	<b>0,15</b>
Контактная работа – промежуточная аттестация	0,01	0,15	-	-	0,01	0,15
<b>Вид итогового контроля:</b>			<b>экзамен</b>		<b>экзамен, КР</b>	

### Аннотация рабочей программы дисциплины «Органическая химия»

**1 Цель дисциплины** – приобретение студентами знаний о строении органических соединений, основных химических свойствах различных классов органических соединений и методах их получения, как промышленных, так и лабораторных.

**2 В результате изучения дисциплины обучающийся должен:**

*Обладать* следующими компетенциями и индикаторами их достижения: ОПК-1.2; ОПК-1.6; ОПК-1.10.

*Знать:*

- теоретические основы строения и свойств различных классов органических соединений;
- способы получения и химические свойства основных классов органических соединений;
- основные механизмы протекания органических реакций;

*Уметь:*

- применять теоретические знания для синтеза органических соединений различных классов;
- анализировать и предсказывать реакционные свойства органических соединений;
- составлять схемы синтеза органических соединений, заданного строения;

*Владеть:*

- основами номенклатуры и классификации органических соединений;
- основными теоретическими представлениями в органической химии;
- навыками обоснования рациональных способов получения органических веществ.

**3 Краткое содержание дисциплины**

*Раздел 1. Теория химического строения и насыщенные углеводороды (УВ).*



### 1.1. Природа химической связи

Природа ковалентной связи. Формулы Льюиса. Формальный заряд. Теория гибридизации АО. Теория отталкивания электронных пар валентной оболочки (ОЭПВО) и форма молекул. Атомно-орбитальные модели. Эффекты в органической химии. Понятие о механизме химической реакции. Промежуточные соединения и частицы органических реакций.

### 1.2 Алканы

Гомологический ряд. Изомерия. Номенклатура. Способы получения. Пространственное и электронное строение. Физические свойства. Общая характеристика реакционной способности. Постулат Хэммонда..

### 1.3 Стереои́зомерия

Типы стереоизомеров: конформеры, геометрические изомеры, энантиомеры. Оптическая изомерия. Хиральность. Энантиомеры. Рацемическая смесь. Способы пространственного изображения оптических изомеров. Относительная и абсолютная конфигурации. Проекция Фишера. D,L-Номенклатура. R,S-Номенклатура. Понятие об оптической активности соединений с двумя асимметрическими центрами.

### 1.4 Циклоалканы

Гомологический ряд. Изомерия. Номенклатура. Способы получения. Конформации. Типы напряжений в циклах. Физические свойства. Реакции циклоалканов.

## *Раздел 2. Ненасыщенные углеводороды.*

### 2.1. Алкены

Гомологический ряд. Изомерия. Номенклатура. Способы получения. Пространственное строение. Физические свойства. Реакции алкенов.

### 2.2 Алкины

Гомологический ряд. Изомерия. Номенклатура. Способы получения. Пространственное и электронное строение. Физические свойства. Реакции алкинов.

### 2.3. Алкадиены и полиены

Понятие о перциклических реакциях. Гомологический ряд. Классификация. Изомерия. Номенклатура. Способы получения. Реакции 1,3-алкадиенов. Понятие о перциклических реакциях. Циклоприсоединение.. Особенности реакций Дильса-Альдера.

## *Раздел 3. Ароматические соединения.*

### 3.1 Теории ароматичности.

Современные представления о строении бензола. Ароматический характер бензола. Энергия сопряжения. Общие критерии ароматичности.

### 3.2 Соединения бензольного ряда

Изомерия. Номенклатура. Способы получения. Пространственное и электронное строение. Физические свойства. Общая характеристика реакционной способности.

## *Раздел 4. Галогенопроизводные. Спирты, фенолы, простые эфиры.*

### 4.1 Галогенопроизводные

Классификация. Номенклатура.

Алкил- и аллилгалогениды. Изомерия. Номенклатура. Способы получения. Пространственное и электронное строение. Физические свойства.

Реакции нуклеофильного замещения и отщепления. Бимолекулярный механизм нуклеофильного замещения ( $S_N2$ ).

Мономолекулярный механизм нуклеофильного замещения. Реакции отщепления.  $\beta$ -Элиминирование. Механизмы  $E1$  и  $E2$ . Ароматические галогенопроизводные. Механизм замещения галогена в активированных галогенаренах ( $S_N2$  аром). Неактивированные галогенопроизводные ароматических углеводородов; ариновый механизм замещения галогена.

### 4.2 Элементарганические соединения.

Характеристика связей углерод-элемент в зависимости от положения элемента в Периодической системе элементов. Металлорганические соединения. Номенклатура. Способы получения литий- и магнийорганических соединений. Реакция Гриньяра, механизм. Строение реактивов Гриньяра. Их реакции с соединениями, содержащими активный атом водорода: кислотами, спиртами, аминами.

#### 4.3 Спирты.

Одноатомные спирты. Классификация и номенклатура. Способы получения. Пространственное и электронное строение. Химические свойства. Многоатомные спирты, Гликоли. Глицерин. Способы получения. Физические и химические свойства. Практическое применение.

#### 4.4 Фенолы

Классификация и номенклатура. Способы получения. Физические свойства. Пространственное и электронное строение. Химические свойства

#### 4.5 Простые эфиры

Классификация и номенклатура. Способы получения. Физические свойства. Пространственное и электронное строение. Химические свойства. Циклические эфиры. Краун-эфиры. Комплексообразование с ионами металлов. Применение.

#### 4.6 Эпоксисоединения

Изомерия. Номенклатура. Способы получения. Физические свойства. Пространственное и электронное строение этиленоксида. Химические свойства. Механизмы реакций и направление раскрытия кольца. Применение в промышленном органическом синтезе.

### *Раздел 5. Альдегиды, кетоны. Карбоновые кислоты и их производные.*

#### 5.1. Альдегиды и кетоны

Классификация и номенклатура. Способы получения. Физические свойства. Пространственное и электронное строение. Химические свойства.

#### 5.2 $\alpha$ , $\beta$ -Ненасыщенные альдегиды и кетоны.

Номенклатура. Способы получения. Пространственное и электронное строение. Реакции присоединения электрофильных (брома и галогеноводородов) и нуклеофильных реагентов (синильной кислоты и азотсодержащих нуклеофилов). 1,2- и 1,4-Присоединение. Механизм реакций 1,2- и 1,4-присоединения металлоорганических соединений.

#### 5.3 Одноосновные карбоновые кислоты.

Классификация и номенклатура. Способы получения. Пространственное и электронное строение. Физические свойства. Химические свойства.

5.4 Функциональные производные карбоновых кислот: галогенангидриды (ацилгалогениды), ангидриды, сложные эфиры, амиды, нитрилы.

Способы получения. Особенности пространственного и электронного строения. Важнейшие свойства. Реакции N- и O-ацилирования. их механизмы. Кетены и дикетены.

#### 5.5 Многоосновные карбоновые кислоты.

Дикарбоновые кислоты жирного и ароматического ряда. Номенклатура. Способы получения. Физические и химические свойства. Малоновый эфир. Получение. Строение, СН-Кислотность. Реакции конденсации малонового эфира и малоновой кислоты с альдегидами.

#### 5.6 $\alpha$ , $\beta$ - Ненасыщенные карбоновые кислоты и их функциональные производные.

Пространственная изомерия. Способы получения. Химические свойства.

#### 5.7 Альдегидо- и кетокислоты.

Классификация и номенклатура.  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ -Альдегидо- и кетокислоты. Ацетоуксусный эфир. Способы получения, строение. Конденсации Кляйзена и Дикмана. Механизмы..

#### 5.8 Замещённые карбоновых кислот.

Галогенозамещенные кислоты. Классификация и номенклатура. Способы получения  $\alpha$ - и  $\beta$ -галогенозамещенных кислот. Химические свойства. Гидроксикислоты: классификация и номенклатура. Способы получения. Особенности свойств  $\alpha$ -,  $\beta$ -,  $\gamma$ -гидроксикислот. Лактоны. Аминокислоты. Способы получения. Строение. Важнейшие физические и химические свойства.

*Раздел 6. Азотсодержащие и гетероциклические соединения.*

#### 6.1. Нитросоединения

Классификация и номенклатура. Способы получения. Пространственное и электронное строение. Химические свойства. Таутомерия первичных и вторичных алифатических нитросоединений. Реакции.

#### 6.2. Амины

Классификация и номенклатура. Способы получения. Физические свойства. Химические свойства.

#### 6.3 Аза- и diaзосоединения

Получение diaзосоединений реакцией diaзотирования: условия проведения реакции и механизм; различия в устойчивости насыщенных и ароматических diaзосоединений. Физические свойства. Пространственное и электронное строение ароматических diaзосоединений в зависимости от pH среды, таутомерные превращения. Химические свойства. Азосочетание. Получение и применение азосоединений. Синтез.

#### 6.4 Гетероциклические соединения

Классификация. Гетероциклические ароматические соединения. Особенности молекулярной структуры. Пятичленные гетероциклические соединения: фуран, пиррол, тиофен. Номенклатура. Способы получения. Пространственное и электронное строение. Ароматичность. Особенности реакций электрофильного замещения. Шестичленные и полиядерные гетероциклические соединения: пиридин, хинолин, акридин. Пиридин. Электронное строение и ароматичность. Основность и нуклеофильность. Реакции электрофильного и нуклеофильного замещения: реакционная способность и ориентация. Таутомерия 2- и 4-гидрокси и аминопиридинов. Соединения с несколькими гетероатомами в цикле: diaзолы, оксазолы, diaзины и триазины. Общая характеристика химических свойств.

### 4 Объем учебной дисциплины.

Вид учебной работы	Всего		Семестр			
			2 семестр		3 семестр	
	ЗЕ	Акад. ч.	ЗЕ	Акад. ч.	ЗЕ	Акад. ч.
Общая трудоемкость дисциплины	<b>9</b>	324	<b>3</b>	108	<b>6</b>	216
<b>Контактная работа – аудиторные занятия:</b>	<b>3,56</b>	128	<b>1,78</b>	64	<b>1,78</b>	64
Лекции	1,78	64	0,89	32	0,89	32
Практические занятия (ПЗ)	1,78	64	0,89	32	0,89	32
Лабораторные работы (ЛР)	-	-	-	-	-	-
<b>Самостоятельная работа</b>	<b>4,44</b>	<b>160</b>	<b>1,22</b>	<b>44</b>	<b>3,22</b>	<b>116</b>
Контактная самостоятельная работа		0,4		0,4		-
Самостоятельное изучение разделов дисциплины	4,44	159,6	1,22	43,6	3,22	116
<b>Виды контроля:</b>						
<b>Экзамен</b>	<b>1</b>	<b>36</b>	-	-	<b>1</b>	<b>36</b>
Контактная работа – промежуточная аттестация	1	0,4	-	-	1	0,4
Подготовка к экзамену.		35,6		-		35,6

Вид итогового контроля:			Зачёт с оценкой	Экзамен		
Вид учебной работы	Всего		Семестр			
			2 семестр		3 семестр	
	ЗЕ	Астр. ч.	ЗЕ	Астр. ч.	ЗЕ	Астр. ч.
Общая трудоемкость дисциплины	9	243	3	81	6	162
<b>Контактная работа – аудиторные занятия:</b>	<b>3,56</b>	<b>96</b>	<b>1,78</b>	<b>48</b>	<b>1,78</b>	<b>48</b>
Лекции	1,78	48	0,89	24	0,89	24
Практические занятия (ПЗ)	1,78	48	0,89	24	0,89	24
Лабораторные работы (ЛР)	-	-	-	-	-	-
<b>Самостоятельная работа</b>	<b>4,44</b>	<b>120</b>	<b>1,22</b>	<b>33</b>	<b>3,22</b>	<b>87</b>
Контактная самостоятельная работа		0,3		0,3		-
Самостоятельное изучение разделов дисциплины	4,44	119,7	1,22	42,7	3,22	87
<b>Виды контроля:</b>						
<b>Экзамен</b>	<b>1</b>	<b>27</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>1</b>	<b>27</b>
Контактная работа – промежуточная аттестация	1	0,3	-	-	1	0,3
Подготовка к экзамену.		26,7		-		26,7
<b>Вид итогового контроля:</b>			<b>Зачёт с оценкой</b>	<b>Экзамен</b>		

### Аннотация рабочей программы дисциплины «Аналитическая химия»

**1 Цель дисциплины** – приобретение обучающимися знаний и компетенций, необходимых для решения конкретных задач химического анализа.

#### **2 В результате изучения дисциплины обучающийся должен:**

*Обладать* следующими компетенциями и индикаторами их достижения:  
ПК-2.1; ПК-2.2; ПК-2.3

#### *Знать:*

- основные понятия, термины, методы и приемы качественного и количественного химического анализа;
- теоретические основы физико-химических методов анализа;
- принципы работы основных приборов, используемых для проведения качественного и количественного анализа;

#### *Уметь:*

- применять приобретенные практические навыки в профессиональной деятельности для решения конкретных аналитических задач;
- проводить обоснованный выбор метода анализа с учетом целей и особенностей данной практической задачи;
- проводить расчеты на основе проведенных исследований;
- проводить метрологическую оценку результатов количественного химического анализа

#### *Владеть:*

- основами метрологической оценки результатов количественного химического анализа;
- приемами интерпретации результатов анализа на основе квалитетических оценок;

- методологией химических и физико-химических методов анализа, широко используемых в современной аналитической практике

### **3 Краткое содержание дисциплины**

#### *Раздел 1. Идентификация ионов элементов в растворах*

##### **1.1 Введение в современную аналитическую химию.**

Аналитическая химия как основа методов изучения и контроля химического состава веществ в материальном производстве, научных исследованиях, в контроле объектов окружающей среды. Виды анализа. Элементный, молекулярный, фазовый и изотопный анализ. Количественный и качественный анализ органических и неорганических веществ. Химические, физико-химические методы анализа, их взаимосвязь, соотношение и применение. Аналитический сигнал как носитель качественной и количественной информации об объекте анализа. Постановка аналитической задачи. Алгоритм проведения анализа: отбор средней пробы, подготовка пробы к анализу, измерение аналитического сигнала и его метрологическая оценка, расчет результатов анализа и их интерпретация. Примеры решения задач аналитического контроля в химической технологии, в анализе объектов окружающей среды и др. Понятия о современных методах элементного анализа: атомно-эмиссионный анализ, атомно-абсорбционный анализ, рентгенофлуоресцентный анализ.

##### **1.2 Специфика задач аналитической химии.**

Основные термины аналитической химии. Обнаружение. Определение. Анализ. Аналитические химические реакции как основа химического анализа. Качественные и количественные аналитические химические реакции. Требования, предъявляемые к ним. Специфика аналитических реакций, используемых в анализе. Аналитическая форма и аналитические признаки. Аналитические реакции и аналитические эффекты. Характеристики аналитических реакций: чувствительность, избирательность (селективность). Групповые, общие, частные, характерные и специфические реакции. Пути повышения избирательности и чувствительности аналитических реакций.

**1.3 Химические равновесия в гомогенных и гетерогенных системах, применяемых в аналитической химии.**

Основные типы реакций, применяемых в аналитической химии (осаждения, кислотно-основные, комплексообразования, окисления-восстановления). Состояние ионов элементов в растворах. Константы равновесия аналитических реакций: термодинамические, концентрационные, условные. Факторы, влияющие на химическое равновесие (комплексообразование, образование малорастворимых соединений, изменение степени окисления определяемого иона, влияние природы растворителя, ионной силы, температуры, состава раствора).

Равновесия в аналитически важных протолитических системах. Константы кислотности и основности. Уравнения материального баланса. Вычисление рН растворов кислот и оснований различной силы, смесей кислот и оснований. Буферные растворы, используемые в химическом анализе: их состав, свойства (буферная емкость, область буферирования), расчет рН, применение в аналитической химии.

Аналитические реакции комплексообразования, осаждения, окисления-восстановления. Общие, ступенчатые и условные константы устойчивости комплексных соединений. Использование реакций комплексообразования в аналитической химии (обнаружение и количественное определение, маскирование). Использование реакций осаждения в аналитических целях. Константа равновесия реакций осаждения-растворения; факторы, влияющие на растворимость осадков. Расчет условий осаждения и растворения осадков. Окислительно-восстановительные равновесия. Стандартный и реальный окислительно-восстановительные потенциалы.

Химические и физико-химические способы определения рН растворов. Равновесия аналитических реакций комплексообразования и управление ими. Факторы, влияющие на

направление окислительно-восстановительных реакций. Константа равновесия и ее химико-аналитическое значение. Расчет коэффициентов побочных реакций.

1.4. Качественные и количественные аналитические реакции с органическими аналитическими реагентами в анализе неорганических веществ.

Органические аналитические реагенты (ОР). Классификация ОР по типу реакций с неорганическими ионами. Комплексообразующие ОР и строение их молекул: функционально-аналитическая и аналитико-активная группы. Особенности и преимущества использования ОР, области применения. Дополнительно: теория действия комплексообразующих ОР, учет ионного состояния ОР и металла. Гипотеза аналогий и практические выводы из нее. Природа химической связи в комплексах ОР с ионами металлов и ее проявление в цветности комплексов. Реакции ОР с хромофорными элементами. Интенсивность окраски аналитических форм и интенсивность поглощения. Использование реакций органических реагентов в фотометрическом анализе.

## *Раздел 2. Количественный химический анализ*

### 2.1. Принципы и задачи количественного анализа.

Классификация методов количественного анализа. Требования, предъявляемые к химическим реакциям в количественном анализе. Этапы количественного определения. Характеристика результатов количественного химического анализа. Определение содержания вещества в растворе, расчетные формулы. Способы представления результатов анализа. Тесты на выявление систематических погрешностей в результатах количественного химического анализа. Пробоотбор и пробоподготовка.

### 2.2. Титриметрический анализ. Типы реакций, используемых в титриметрии.

Требования, предъявляемые к ним.

Принцип титриметрии. Титрование и его этапы. Графическое изображение процесса титрования – кривые титрования, их виды. Скачок на кривой титрования, точка эквивалентности (Т.Э.) и конечная точка титрования (К.Т.Т.). Первичные и вторичные стандарты. Приемы титриметрического анализа: прямое и обратное титрование, косвенные методы. Типы реакций, используемых в титриметрическом анализе; требования, предъявляемые к ним.

Дополнительно: инструментальные методы индикации ТЭ. Потенциометрическое титрование. Метод Грана. Другие способы установления конечной точки титрования.

### 2.3. Реакции нейтрализации в количественном химическом анализе.

Методы кислотно-основного титрования. Сущность метода кислотно-основного титрования. Кривые кислотно-основного титрования. Расчет и построение теоретических кривых титрования сильных и слабых одноосновных протолитов. Факторы, влияющие на величину скачка на кривых кислотно-основного титрования. Способы установления конечной точки титрования. Кислотно-основные индикаторы, интервал перехода окраски индикатора, показатель титрования (рТ). Правило выбора индикатора для конкретного случая титрования. Практическое применение реакций кислотно-основного взаимодействия. Потенциометрическое титрование на основе реакций кислотно-основного взаимодействия. Индикаторные погрешности и их оценка.

### 2.4. Аналитические реакции комплексообразования и осаждения в количественном химическом анализе.

Использование комплексообразования в химическом анализе. Неорганические и органические лиганды. Комплексоны и их свойства. Условные константы устойчивости комплексонов и их практическое использование. Обоснование выбора оптимальных условий комплексонометрического титрования. Кривые комплексонометрического титрования. Факторы, влияющие на величину скачка на кривых титрования. Способы установления Т.Э. и К.Т.Т. Металлохромные индикаторы, принцип их действия. Выбор индикатора для конкретного случая титрования. Аналитические возможности метода комплексонометрического титрования. Применение комплексонов в аналитической химии в качестве маскирующих агентов. Применение химических реакций

комплексообразования в фотометрическом анализе, в методе кондуктометрического титрования. Реакции осаждения в количественном химическом анализе. Гравиметрический анализ. Теоретическое обоснование выбора оптимальных условий осаждения кристаллических и аморфных осадков. Применение химических реакций осаждения в методе потенциометрического титрования, в методе турбидиметрии. Особенности реакций комплексообразования (хелатообразования) ионов металлов с ЭДТА. Осадительное титрование.

2.5. Аналитические реакции окисления-восстановления в количественном химическом анализе.

Окислительно-восстановительная реакция и окислительно-восстановительный потенциал. Константы равновесия окислительно-восстановительных реакций. Выбор титранта и оптимальных условий титрования. Кривые окислительно-восстановительного титрования. Факторы, влияющие на величину скачка на кривой титрования. Индикация конечной точки титрования химическими и физико-химическими методами. Перманганатометрия. Характеристика метода. Условия проведения перманганатометрических определений. Вещества, определяемые перманганатометрическим методом. Достоинства и недостатки метода. Иодометрия. Характеристика метода, условия проведения иодометрического определения веществ. Достоинства и недостатки метода. Применение реакций окисления-восстановления в методе потенциометрического титрования.

2.6. Ионообменная хроматография в количественном химическом анализе.

Требования, предъявляемые к реакциям ионного обмена. Изотерма ионного обмена. Выбор оптимальных условий ионообменного разделения веществ. Применение ионообменной хроматографии в аналитической химии органических и неорганических соединений: разделение, очистка, концентрирование и т.д.

*Раздел 3. Введение в физико-химические (инструментальные) методы анализа*

3.1. ФХМА – составная часть современной аналитической химии.

Классификация физико-химических методов анализа. Аналитический сигнал как информативная функция состава вещества и его количества. Примеры аналитических сигналов и их измерений в ФХМА.

3.2. Метрологические основы аналитических методов.

Основные аналитико-метрологические характеристики методов и результатов анализа, способы их оценки: предел обнаружения, коэффициент чувствительности, нижняя и верхняя граница диапазона определяемых содержаний, селективность, прецизионность в условиях сходимости (повторяемости) и воспроизводимости, правильность, экспрессность. Обобщенные сведения о ГОСТ Р ИСО 5725 (2002).

3.3. Общая характеристика спектральных, электрохимических и хроматографических методов анализа. Представление о фотометрических, потенциометрических методах анализа и ионообменной хроматографии.

#### 4 Объем учебной дисциплины

Вид учебной работы	Объем дисциплины		
	ЗЕ	Акад. ч.	Астр. ч.
<b>Общая трудоемкость дисциплины</b>	<b>4</b>	<b>144</b>	<b>108</b>
<b>Контактная работа – аудиторные занятия:</b>	<b>1,79</b>	<b>64</b>	<b>48</b>
Лекции	0,45	16	12
Практические занятия (ПЗ)	-	-	-
Лабораторные работы (ЛР)	1,34	48	36
<b>Самостоятельная работа</b>	<b>2,21</b>	<b>80</b>	<b>60</b>

Контактная самостоятельная работа	2,21	0,4	0,3
Самостоятельное изучение разделов дисциплины		79,6	59,7
<b>Вид итогового контроля:</b>	<b>Зачет с оценкой</b>		

### Аннотация рабочей программы дисциплины «Физическая химия»

**1. Цель дисциплины** – раскрыть смысл основных законов, управляющих ходом химического процесса, показать области приложения этих законов и научить студента грамотно применять их при решении конкретных теоретических и практических задач, понять основные кинетические закономерности протекания химических процессов и роль катализа для химической технологии.

#### 2. В результате изучения дисциплины обучающийся должен:

*Обладать* следующими компетенциями и индикаторами их достижения: ОПК-1.3, ОПК-1.7, ОПК-1.11.

*Знать:*

- основные законы физической химии, взаимосвязь физических и химических характеристик процесса;
- пути определения важнейших характеристик химического равновесия (константы равновесия, равновесного выхода продукта, степени превращения исходных веществ) и влияния различных факторов на смещение химического равновесия;
- термодинамическое описание свойств идеальных и неидеальных растворов, подходы к нахождению парциальных молярных величин компонентов раствора.
- теорию гальванических явлений;
- теории кинетики, пути теоретического расчета скоростей химических реакций и ограничения в применимости расчетных методов;
- основные черты гомогенного и гетерогенного катализа, причины ускорения химического процесса в присутствии катализатора.

*Уметь:*

- применять теоретические знания и экспериментальные методы исследования физической химии при решении профессиональных задач;
- предсказывать и находить оптимальные условия проведения химического процесса с целью получения максимально возможного выхода интересующего продукта;
- применять теоретические знания и экспериментальные методы исследования физической химии для решения вопросов, возникающих при изучении кинетики химических реакций;
- проводить анализ и критически оценивать полученные экспериментальные данные, обобщать и делать обоснованные выводы на базе проведённых опытов.

*Владеть:*

- комплексом современных теоретических методов физической химии для решения конкретных исследовательских задач;
- навыками определения состояния равновесия и самопроизвольного направления химического процесса;
- знаниями основных законов физической химии для содержательной интерпретации термодинамических расчётов;
- методами определения порядка и скорости реакции, установления лимитирующей стадии и механизма изучаемой химической реакции;
- навыками составления гальванических элементов для целей определения термодинамических характеристик и констант равновесия исследуемой реакции;



– знаниями основных законов химической кинетики, влияния различных факторов (температуры, давления, катализатора) на скорость химической реакции.

### 3. Краткое содержание дисциплины

#### 4 семестр

#### Раздел 1. Химическая термодинамика

##### 1.1. Первый закон термодинамики

Термодинамические системы и термодинамические параметры. Экстенсивные и интенсивные свойства системы. Термодинамический процесс. Функции состояния и функции процесса. Внутренняя энергия и энтальпия, их свойства. Теплота и работа как формы передачи энергии. Работа расширения газа и полезная работа. Формулировки первого начала термодинамики. Взаимосвязь теплоты, работы и изменения внутренней энергии в изохорном, изобарном и изотермическом процессах. Теплоёмкость вещества – изохорная или изобарная, молярная, удельная. Теплоёмкость идеальных газов, взаимосвязь молярных теплоёмкостей  $C_p$  и  $C_v$  идеального газа. Теплоёмкость твердых веществ и жидкостей. Зависимость молярной изобарной теплоёмкости вещества от температуры, эмпирические уравнения (степенные ряды), их применимость. Закон кубов Дебая, правило Дюлонга и Пти. Средняя изобарная теплоёмкость вещества в интервале температур. Температурная зависимость приращения энтальпии вещества ( $H_T - H_0$ ) при постоянном давлении с учётом фазовых переходов. Тепловой эффект химического процесса. Основное стандартное состояние. Стандартные энтальпии образования и сгорания веществ. Применение закона Гесса для вычисления тепловых эффектов химических и физико-химических процессов. Связь тепловых эффектов при постоянном объеме и при постоянном давлении. Зависимость теплового эффекта реакции от температуры. Вывод и анализ уравнения Кирхгофа в дифференциальной форме. Интегрирование уравнения Кирхгофа.

##### 1.2. Второй закон термодинамики.

Самопроизвольные и несамопроизвольные, обратимые и необратимые, равновесные (квазистатические) и неравновесные процессы. Работа равновесного и неравновесного процессов. Формулировки второго начала термодинамики. Энтропия как критерий направленности самопроизвольных процессов и равновесия в изолированных системах. Зависимость энтропии вещества от параметров состояния (температуры, давления, объема). Расчет изменения энтропии в различных процессах, связанных с изменением состояния идеального газа, а также чистых твёрдых или жидких веществ. Изменение энтропии в процессе смешения идеальных газов. Изменение энтропии при фазовых переходах. Тепловая теорема Нернста, постулат Планка (третье начало термодинамики). Статистическая интерпретация второго начала термодинамики, уравнение Больцмана-Планка. Вычисление абсолютной энтропии вещества. Расчет изменения энтропии в химических реакциях при различных температурах. Объединенное уравнение I и II законов термодинамики. Энергия Гельмгольца и энергия Гиббса как критерии направленности процессов и равновесия в закрытых системах. Характеристические функции. Зависимость энергии Гельмгольца и энергии Гиббса от параметров состояния. Температурная зависимость энергии Гиббса вещества с учётом фазовых переходов. Род фазового перехода (первый, второй). Уравнения Гиббса-Гельмгольца. Расчет изменений стандартных энергий Гиббса и Гельмгольца в химических реакциях при различных температурах.

Системы переменного состава. Химический потенциал компонента системы. Зависимость химического потенциала от давления и температуры. Условия равновесия и самопроизвольного протекания процесса в системах переменного состава.

### 1.3. Химическое равновесие.

Материальный баланс химической реакции, степень превращения, химическая переменная. Уравнение изотермы химической реакции (изотермы Вант-Гоффа). Химическое сродство. Анализ уравнения изотермы для определения направления самопроизвольного протекания химической реакции от данного исходного (неравновесного) состояния. Термодинамическая константа химического равновесия и эмпирические константы химического равновесия ( $K_x$ ,  $K_c$ ,  $K_n$ ,  $K_p$ ), уравнения их связи для реакции в идеальной газовой смеси. Константы равновесия для гомогенных и гетерогенных реакций, идеальных и неидеальных реакционных систем (на примерах). Смещение химического равновесия при изменении общего давления ( $T = \text{const}$ ) и при добавлении в систему инертного газа ( $T = \text{const}$ ,  $P = \text{const}$ ).

Влияние температуры на константу химического равновесия, уравнения изобары и изохоры химической реакции. Вывод, анализ и интегрирование названных уравнений на примере уравнения изобары. Расчет среднего и истинного теплового эффекта химических реакций из зависимости термодинамической константы равновесия от температуры. Расчет констант равновесия химических реакций из стандартных термодинамических функций веществ. Вычисление констант равновесия химических реакций по справочным данным о константах равновесия реакций образования соединений из простых веществ.

## Раздел 2. Фазовые равновесия в однокомпонентных системах

### 2.1. Фазовые переходы и фазовая диаграмма состояния для однокомпонентных систем

Фаза, компонент, число степеней свободы. Правило фаз Гиббса. Применение правила фаз Гиббса для анализа фазовых равновесий в однокомпонентных системах. Диаграмма состояния однокомпонентной системы, её фазовые поля, линии и тройные точки, выражающие соответственно однофазное, двухфазное и трехфазное равновесия. Насыщенный пар, температурная зависимость давления насыщенного пара. Критическая точка, критическое состояние вещества, его особенности. Вывод и анализ уравнения Клапейрона. Зависимость температуры плавления от внешнего давления, интегрирование уравнения Клапейрона для равновесия твердое тело - жидкость. Равновесия с газовой фазой, уравнение Клапейрона-Клаузиуса, вывод и интегрирование уравнения для описания линий испарения и сублимации, используемые допущения. Определение координат тройной точки.

### 2.2. Определение термодинамических функций процесса фазового перехода

Применение уравнения Клапейрона-Клаузиуса для расчета изменения термодинамических функций при фазовых превращениях. Взаимосвязь энтальпий плавления, испарения и возгонки в тройной точке. Эмпирическое правило Трутона.

## Раздел 3. Термодинамическая теория растворов

### 3.1. Основы термодинамики растворов. Парциальные молярные величины

Классификации растворов. Парциальные молярные величины. Уравнения Гиббса-Дюгема (вывод и анализ). Методы определения парциальных молярных величин (метод касательных и метод отрезков). Относительные парциальные молярные величины (парциальные молярные функции смешения). Термодинамические функции смешения.

### 3.2. Термодинамическое описание идеальных и неидеальных растворов

Идеальные (совершенные) растворы. Химический потенциал компонента идеального раствора. Термодинамические функции смешения для идеальных растворов. Равновесие "идеальный раствор-пар", закон Рауля, графическая интерпретация закона Рауля. Предельно разбавленные растворы, закон Генри. Уравнение химического потенциала для растворителя и растворенного вещества. Неидеальные (реальные) растворы, положительные и отрицательные отклонения от идеальности (от закона Рауля). Стандартные состояния компонентов раствора. Симметричная и несимметричная системы сравнения. Расчет активностей и рациональных коэффициентов активности компонентов раствора. Термодинамические функции смешения для неидеальных растворов. Зависимость активности и коэффициента активности компонента от температуры и давления.

### 3.3. Коллигативные свойства разбавленных растворов нелетучих веществ в летучем растворителе

Коллигативные свойства разбавленных растворов нелетучих веществ в летучих растворителях (понижение давления насыщенного пара растворителя над раствором по сравнению с чистым растворителем, повышение температуры начала кипения и понижение температуры начала отвердевания растворов, осмотическое давление). Эбуллиоскопическая и криоскопическая константы растворителя. Вывод уравнения, связывающего понижение температуры начала отвердевания с концентрацией раствора. Осмос, осмотическое давление, обратный осмос. Использование коллигативных свойств для определения молярной массы, степени диссоциации или степени ассоциации растворенного вещества.

## Раздел 4. Фазовые равновесия в многокомпонентных системах

### 4.1. Равновесие «жидкий раствор - насыщенный пар» в двухкомпонентных системах.

Диаграммы «давление-состав», «температура-состав», «состав пара-состав жидкости» для идеальных и неидеальных растворов. Применение правила фаз к исследованию диаграмм. Законы Гиббса-Коновалова. Азеотропия, термодинамическое условие точки азеотропа. Правило рычага. Физико-химические основы разделения жидких смесей методами перегонки и ректификации.

### 4.2. Равновесие «жидкость-твёрдое» в двухкомпонентных системах.

Термический анализ, кривые охлаждения, построение диаграммы плавкости по кривым охлаждения. Системы с ограниченной и неограниченной растворимостью компонентов в твёрдом состоянии. Изоморфизм. Типы твёрдых растворов. Диаграммы плавкости изоморфно кристаллизующихся веществ. Диаграммы плавкости систем с ограниченной растворимостью в твёрдом состоянии. Эвтектическое и перитектическое равновесия. Определение состава эвтектической жидкости построением треугольника Таммана. Применение правила фаз Гиббса к исследованию фазовых равновесий.

## 5 семестр

### Раздел 5. Растворы электролитов

#### 5.1 Растворы электролитов в статических условиях

Термодинамическое описание свойств растворов электролитов. Активности и коэффициенты активности электролита и ионов в растворе, средние ионные

коэффициенты активности. Связь активности электролита со средней ионной активностью и концентрацией электролита. Ионная сила раствора. Правило ионной силы. Основные положения электростатической теории сильных электролитов Дебая-Хюккеля. Предельный закон Дебая-Хюккеля, второе и третье приближения теории, графическое представление этих зависимостей.

## 5.2 Растворы электролитов в динамических условиях

Проводники электрического тока I и II рода, ионная и электронная проводимость. Удельная, молярная и эквивалентная электрические проводимости, взаимосвязь между ними. Зависимость удельной и молярной электрической проводимостей от концентрации, температуры и природы растворителя. Скорость и подвижность (абсолютная скорость движения) ионов. Закон независимого движения ионов (закон Кольрауша). Предельные молярные электропроводности ионов. Эстафетный механизм переноса электричества ионами гидроксония и гидроксила. Числа переноса ионов. Электропроводность растворов сильных электролитов, уравнение корня квадратного (уравнение Кольрауша). Применение теории сильных электролитов для объяснения электрофоретического и релаксационного эффектов снижения электропроводности. Влияние полей высокой напряженности и высокой частоты переменного тока на электропроводность растворов. Методики измерения электропроводности. Кондуктометрическое определение степени и константы диссоциации слабых электролитов, теплоты, энтропии и энергии Гиббса процесса диссоциации, растворимости малорастворимых соединений.

## Раздел 6. Электрохимические системы (цепи)

### 6.1 ЭДС и электродные потенциалы

Электрохимические системы (цепи). Возникновение скачка потенциала на границе раздела проводников I и II рода. Двойной электрический слой. Электрохимический потенциал, гальвани-потенциал. Обратимые электроды и обратимые электрохимические цепи (элементы). Электродвижущая сила гальванического элемента, условный электродный потенциал (потенциал в водородной шкале). Связь ЭДС гальванической цепи с электродными потенциалами. Правило знаков ЭДС и электродных потенциалов. Термодинамическая теория гальванических явлений. Вывод и анализ уравнения Нернста, выражающего зависимость ЭДС гальванического элемента от активностей компонентов электродной реакции. Уравнение Гиббса-Гельмгольца для электрохимических систем. Зависимость ЭДС гальванического элемента от температуры. Классификация электродов: электроды первого и второго рода, газовые, окислительно-восстановительные. Уравнение Нернста для потенциала электродов всех видов.

### 6.2 Гальванические элементы

Типы гальванических элементов: химические, концентрационные, с переносом, без переноса. Диффузионный потенциал, механизм возникновения и методы его устранения (сведения к минимальной величине). Методика измерения ЭДС и электродных потенциалов. Применение потенциометрии для определения термодинамических характеристик химических реакций, протекающих в гальванической цепи, констант химического равновесия, активностей и коэффициентов активности электролитов, pH растворов, произведения растворимости малорастворимых соединений. Химические источники тока.

## Раздел 7. Химическая кинетика

## 7.1. Формальная кинетика

Термодинамическая возможность процесса и его практическая (кинетическая) осуществимость. Предмет и задачи химической кинетики. Основные понятия формальной кинетики: скорость химической реакции, молекулярность, частный и общий порядок. Основной постулат химической кинетики, кинетическое уравнение скорости реакции. Константа скорости химической реакции, размерность константы скорости. Методы определения скоростей химических реакций. Простые (элементарные) и сложные реакции. Кинетика простых и формально простых односторонних гомогенных реакций. Реакции первого, второго и третьего порядков. Дифференциальная и интегральная формы кинетических уравнений, кинетические кривые. Линейное представление кинетических кривых для реакций различных порядков. Время полупревращения. Реакции нулевого порядка. Метод избытка (изоляции) Оствальда определения частных порядков по соответствующему реагенту. Дифференциальные и интегральные методы определения порядка реакции. Различие концентрационного и временного порядков. Сложные реакции. Принцип независимого протекания элементарных реакций. Обратимые и параллельные реакции первого порядка. Дифференциальные уравнения, описывающие скорости этих реакций, их интегрирование. Кинетические кривые для каждого из реагирующих веществ. Последовательные реакции 1-го порядка. Система дифференциальных уравнений, описывающих кинетику последовательных реакций. Кинетические уравнения и кинетические кривые для всех участников реакции. Время достижения максимальной концентрации промежуточного вещества. Зависимость максимальной концентрации промежуточного вещества от соотношения констант скоростей отдельных стадий последовательной реакции. Принцип лимитирующей стадии последовательной химической реакции. Стационарный режим протекания последовательных реакций. Метод квазистационарных концентраций, область применения. Влияние температуры на скорость химической реакции, приближенное правило Вант-Гоффа. Уравнение Аррениуса в дифференциальной и интегральной форме. Эффективная энергия активации и предэкспоненциальный множитель, методы их определения из экспериментальных данных.

## 7.2. Теории химической кинетики

Теория активных (бинарных) соударений (ТАС). Скорость реакции как число столкновений активных молекул в единицу времени. Константа скорости бимолекулярной реакции. Физический смысл предэкспоненциального множителя и энергии активации в рамках теории активных соударений. Стерический фактор, необходимость его введения в кинетическое уравнение реакции. Достоинства и недостатки теории активных соударений. Механизм мономолекулярных газовых реакций в рамках ТАС, схема Линдемана. Истолкование причин изменения порядка мономолекулярной реакции при изменении давления.

Теория переходного состояния (активированного комплекса) (ТПС или ТАК). Основные положения ТПС, кинетическая схема реакции. Поверхность потенциальной энергии, координата реакции, путь реакции. Активированный комплекс и его свойства, истинная энергия активации. Скорость реакции – скорость распада активированного комплекса (скорость его прохождения через потенциальный барьер). Квазитермодинамическая форма уравнения ТПС, энтальпия и энтропия активации, трансмиссионный коэффициент. Связь энтальпии активации с эффективной (экспериментальной) энергией активации.

## 7.3. Фотохимические и цепные реакции

Фотохимические реакции, первичные и вторичные фотохимические процессы. Фотодиссоциация и фотолиз. Фотофизические (деактивационные) процессы при поглощении излучения. Законы фотохимии: Гротгуса-Дрепера и Эйнштейна-Штарка. Квантовый выход. Кинетика процессов, происходящих с участием фотовозбужденных молекул. Сенсibilизаторы, Сенсibilизированные фотохимические реакции. Основные различия реакций с фотохимическим и термическим инициированием. Фотохимические процессы в атмосфере, фотосинтез.

Цепные реакции. Примеры реакций, протекающих по цепному механизму. Особенности и основные стадии цепных реакций. Механизмы зарождения, развития и обрыва цепей. Линейный и квадратичный обрыв цепей. Звено цепи, длина цепи. Неразветвленные и разветвленные цепные реакции. Кинетика неразветвлённых цепных реакций. Стадии разветвленной цепной реакции. Вероятность обрыва и разветвления цепи. Развитие разветвленных цепных реакций во времени, стационарный и нестационарный режимы течения реакции. Предельные явления в разветвлённых реакциях. Нижний и верхний пределы воспламенения (взрыва) цепной реакции. Полуостров воспламенения.

## Раздел 8. Катализ

Гомогенный и гетерогенный катализ. Автокатализ. Основные закономерности каталитических реакций. Влияние катализатора на термодинамические и кинетические характеристики химических реакций. Селективность действия катализатора. Каталитическая активность, удельная каталитическая активность. Гомогенный катализ. Слитный и раздельный механизмы каталитических реакций, энергетические диаграммы взаимодействия реагентов с катализатором. Общий и специфический кислотно-основной катализ. Эффективная константа скорости реакции, катализируемой веществами с кислотно-основными свойствами. Каталитические константы скорости реакции. Гетерогенный катализ. Скорость гетерогенно-каталитической реакции. Типы гетерогенных катализаторов. Закон действующих поверхностей. Роль адсорбции в гетерогенном процессе. Кинетика гетерогенно-каталитических реакций, не лимитируемых диффузией. Отравление катализаторов.

## 4. Объем учебной дисциплины

Вид учебной работы	Всего		Семестр			
			4		5	
	ЗЕ	Акад. ч.	ЗЕ	Акад. ч.	ЗЕ	Акад. ч.
<b>Общая трудоемкость дисциплины</b>	<b>14</b>	<b>504</b>	<b>7</b>	<b>252</b>	<b>7</b>	<b>252</b>
<b>Контактная работа – аудиторные занятия:</b>	<b>5,34</b>	<b>192</b>	<b>2,67</b>	<b>96</b>	<b>2,67</b>	<b>96</b>
Лекции	1,78	64	0,89	32	0,89	32
Практические занятия (ПЗ)	1,78	64	0,89	32	0,89	32
Лабораторные работы (ЛР)	1,78	64	0,89	32	0,89	32
<b>Самостоятельная работа</b>		<b>240</b>	<b>3,33</b>	<b>120</b>	<b>3,33</b>	<b>120</b>
Подготовка к лабораторным работам		120		60		60
Контактная самостоятельная работа	<b>6,66</b>	-	3,33	-	3,33	-
Самостоятельное изучение разделов дисциплины		120		60		60
<b>Виды контроля:</b>						

<b>Экзамен</b>	<b>2</b>	<b>72</b>	<b>1</b>	<b>36</b>	<b>1</b>	<b>36</b>
Контактная работа – промежуточная аттестация	2	0,8	1	0,4	1	0,4
Подготовка к экзамену		71,2		35,6		35,6
<b>Вид итогового контроля:</b>			<b>Экзамен</b>		<b>Экзамен</b>	

Вид учебной работы	Всего		Семестр			
	ЗЕ	Астр. ч.	4		5	
			ЗЕ	Астр. ч.	ЗЕ	Астр. ч.
Общая трудоемкость дисциплины	<b>14</b>	<b>378</b>	<b>7</b>	<b>189</b>	<b>6</b>	<b>189</b>
<b>Контактная работа – аудиторные занятия:</b>	<b>5,34</b>	<b>144</b>	<b>2,67</b>	<b>72</b>	<b>2,67</b>	<b>72</b>
Лекции	1,78	48	0,89	24	0,89	24
Практические занятия (ПЗ)	1,78	48	0,89	24	0,89	24
Лабораторные работы (ЛР)	1,78	48	0,89	24	0,89	24
<b>Самостоятельная работа</b>	<b>6,66</b>	<b>180</b>	<b>3,33</b>	<b>90</b>	<b>2,33</b>	<b>90</b>
Подготовка к лабораторным работам		90	3,33	45	3,33	45
Контактная самостоятельная работа		-		-		-
Самостоятельное изучение разделов дисциплины		90		45		45
<b>Виды контроля:</b>						
<b>Экзамен</b>	<b>2</b>	<b>54</b>	<b>1</b>	<b>27</b>	<b>1</b>	<b>27</b>
Контактная работа – промежуточная аттестация	2	0,6	1	0,3	1	0,3
Подготовка к экзамену		53,4		26,7		26,7
<b>Вид итогового контроля:</b>			<b>Экзамен</b>		<b>Экзамен</b>	

### Аннотация рабочей программы дисциплины «Коллоидная химия»

**1 Цель дисциплины** – приобретение обучающимися базовых знаний в области термодинамики поверхностных явлений и свойств дисперсных систем и получение умений в части использования этих знаний при исследовании, проектировании и создании реальных систем, являющихся в большинстве случаев дисперсными.

**2 В результате изучения дисциплины обучающийся должен:**

*Обладать* следующими компетенциями и индикаторами их достижения:

*ОПК-1.4, ОПК-1.8, ОПК-1.11.*

**Знать:**

- признаки объектов коллоидной химии и их классификацию.
- основные понятия и соотношения термодинамики поверхностных явлений (термодинамика поверхностного слоя; адгезия, смачивание и растекание жидкостей; дисперсность и термодинамические свойства тел; адсорбция газов и паров, адсорбция из растворов).
- основные теории физической адсорбции.
- основные представления о строении двойного электрического слоя; природу электрокинетического потенциала; основные электрокинетические явления.

- условия применимости закона Стокса; закон Эйнштейна – Смолуховского, гипсометрическое уравнение Лапласа.
- природу седиментационной и агрегативной устойчивости; основные свойства растворов ПАВ как лиофильных систем; основные положения теории ДЛФО; причины и особенности быстрой и медленной коагуляции, концентрационной и нейтрализационной коагуляции.
- типы структур, возникающие в дисперсных системах, причины и условия их образования; классификацию дисперсных систем по их реологическим свойствам.

**Уметь:**

- рассчитывать параметры, которыми характеризуют дисперсность.
- проводить расчеты с использованием основных соотношений термодинамики поверхностных явлений.
- рассчитывать основные характеристики пористой структуры.
- рассчитывать величину электрокинетического потенциала по данным электроосмоса и электрофореза.
- рассчитывать интегральную и дифференциальную кривые распределения частиц по размерам.
- рассчитывать и анализировать потенциальные кривые парного взаимодействия частиц.
- рассчитывать и измерять вязкость дисперсных систем.

**Владеть:**

- представлениями о роли поверхностных явлений и дисперсных систем в технике и природе.
- методами измерения поверхностного натяжения, краевого угла.
- знаниями о методах измерения адсорбции и удельной поверхности.
- знаниями об условиях применимости уравнения Гельмгольца – Смолуховского;
- методами определения электрокинетического потенциала.
- методом седиментационного анализа.
- методами определения критической концентрации мицеллообразования;
- методами исследования кинетики коагуляции.
- методами измерения и анализа кривых течения.

### **3 Краткое содержание дисциплины**

#### Раздел 1. Предмет и признаки объектов коллоидной химии

Коллоидная химия - наука о поверхностных явлениях и дисперсных системах. Основные поверхностные явления: адгезия и смачивание, капиллярность, адсорбция, электрические явления на поверхностях и др.

Основные признаки дисперсных систем - гетерогенность и дисперсность; поверхностная энергия; количественные характеристики дисперсности. Классификация дисперсных систем по агрегатному состоянию дисперсной фазы и дисперсионной среды. Классификация свобододисперсных систем по размерам частиц и по взаимодействию между дисперсионной средой и дисперсной фазой. Роль поверхностных явлений и дисперсных систем в природе, промышленности и, в частности, химической технологии.

#### Раздел 2. Термодинамика поверхностных явлений

Общая характеристика поверхностной энергии. Поверхностная энергия в общем уравнении 1-го и 2-го начал термодинамики. Поверхностное натяжение как мера энергии Гиббса межфазной поверхности. Поверхностное натяжение - характеристика природы соприкасающихся фаз и их взаимодействия. Свойства поверхностей жидких и твердых тел. Уравнение Гиббса-Гельмгольца для внутренней удельной поверхностной энергии (полной поверхностной энергии). Зависимость энергетических параметров поверхности от температуры. Процессы самопроизвольного уменьшения поверхностной энергии.

Адсорбция и поверхностное натяжение. Связь величины адсорбции с параметрами системы: изотерма, изопикна и изостера адсорбции. Метод избытков Гиббса. Фундаментальное адсорбционное уравнение Гиббса. Гиббсовская адсорбция. Частное



выражение уравнения Гиббса. Поверхностно-активные и поверхностно-инактивные вещества.

Адгезия, смачивание и растекание жидкостей. Адгезия и когезия. Природа сил межфазного взаимодействия. Уравнение Дюпре для работы адгезии. Смачивание и краевой угол. Закон Юнга. Связь работы адгезии с краевым углом (уравнение Дюпре-Юнга). Лиофильные и лиофобные поверхности. Методы определения краевых углов. Влияние поверхностно-активных веществ (ПАВ) на смачивание. Растекание жидкостей. Коэффициент растекания по Гаркинсу. Эффект Марангони. Межфазное натяжение на границе между взаимно-насыщенными жидкостями и правило Антонова. Практическое значение адгезии, смачивания и растекания.

Дисперсность и термодинамические свойства тел. Правило фаз Гиббса и дисперсность. Влияние кривизны поверхности на внутреннее давление тел (уравнение Лапласа). Поверхностная энергия и равновесные формы тел. Принцип Гиббса-Кюри. Закон Вульфа. Капиллярные явления (уравнение Жюрена), их роль в природе и технологии. Методы определения поверхностного натяжения. Зависимость термодинамической реакционной способности от дисперсности. Уравнение Кельвина. Влияние дисперсности на растворимость, константу равновесия химической реакции, температуру фазового перехода.

Получение дисперсных систем. Методы диспергирования. Уравнение Ребиндера для работы диспергирования. Адсорбционное понижение прочности (эффект Ребиндера). Гомогенная и гетерогенная конденсация. Метастабильное состояние. Энергия Гиббса образования зародыша новой фазы, критический радиус зародыша. Две стадии образования новой фазы. Связь кинетики образования новой фазы с пересыщением. Управление дисперсностью при гомогенной конденсации. Примеры получения дисперсных систем методами физической и химической конденсации.

### Раздел 3. Адсорбционные равновесия

Классификация механизмов адсорбции (физическая адсорбция, хемосорбция и ионообменная адсорбция). Природа адсорбционных сил. Особенности составляющих сил Ван-дер-Ваальса (ориентационных, индукционных и дисперсионных) при адсорбции. Уравнение для потенциальной энергии взаимодействия атома (молекулы) с поверхностью тела.

Адсорбция газов и паров на однородной поверхности. Закон Генри. Уравнение изотермы мономолекулярной адсорбции Ленгмюра и его анализ. Определение констант этого уравнения (линейная форма уравнения Ленгмюра). Уравнение Фрейндлиха. Теория полимолекулярной адсорбции Брунауэра, Эммета, Теллера (БЭТ), уравнение изотермы адсорбции, его анализ. Линейная форма уравнения БЭТ и расчет его констант. Определение удельной поверхности методом БЭТ.

Адсорбция газов и паров на пористых материалах. Количественные характеристики пористых материалов. Пористые тела корпускулярной, кристаллической и губчатой структуры, методы их получения. Классификация пор по Дубинину и ее взаимосвязь с теориями адсорбции.

Теория капиллярной конденсации. Капиллярно-конденсационный гистерезис. Расчет интегральной и дифференциальной кривых распределения объема пор по размерам.

Особенности адсорбции на микропористых материалах. Потенциальная теория Поляни. Адсорбционный потенциал. Характеристическая кривая адсорбции. Температурная инвариантность и аффинность характеристических кривых. Обобщенное уравнение теории Дубинина объемного заполнения микропор, частные случаи этого уравнения (уравнение Дубинина-Радушкевича). Адсорбция газов и паров в химической технологии.

Адсорбция поверхностно-активных веществ. Влияние строения молекул ПАВ на поверхностную активность, правило Дюкло-Траубе. Зависимость поверхностного натяжения от состава раствора при соблюдении закона Генри и уравнения Ленгмюра.

Уравнение Шишковского. Уравнения состояния газообразных поверхностных (адсорбционных) пленок. Типы поверхностных пленок и определение их характеристик. Весы Ленгмюра. Факторы, определяющие агрегатное состояние адсорбционных пленок. Определение строения адсорбционного слоя и размеров молекул ПАВ.

#### Раздел 4. Электрические явления на поверхности

Двойной электрический слой (ДЭС), механизмы образования ДЭС. Соотношения между электрическим потенциалом и поверхностным натяжением (уравнения Липпмана). Электрокапиллярные кривые и определение параметров ДЭС по этим кривым.

Общие представления о теориях строения ДЭС. Теория Гуи – Чепмена. Уравнение Пуассона-Больцмана для диффузной части ДЭС и его решение. Толщина диффузного слоя и влияние на нее различных факторов. Двойной электрический слой по теории Штерна, перезарядка поверхности. Примеры образования ДЭС. Мицеллы и их строение.

Четыре вида электрокинетических явлений. Электрокинетический потенциал и влияние на него различных факторов. Уравнение Гельмгольца-Смолуховского для скорости переноса при электроосмосе и электрофорезе. Эффекты, не учитываемые этим уравнением (поверхностная проводимость, электрофоретическое торможение, релаксационный эффект). Практическое использование электрокинетических явлений.

#### Раздел 5. Кинетические свойства дисперсных систем

Основы седиментационного анализа. Связь скорости осаждения частиц с их размером. Условия соблюдения закона Стокса. Седиментационный анализ полидисперсных систем. Кривая седиментации. Кривые распределения частиц по радиусам. Экспериментальные методы в седиментационном анализе.

Молекулярно-кинетическая природа броуновского движения. Связь между среднеквадратичным сдвигом частиц и коэффициентом диффузии (закон Эйнштейна-Смолуховского). Экспериментальная проверка закона Эйнштейна-Смолуховского. Следствия из теории броуновского движения.

Седиментационно-диффузионное равновесие, гипсометрический закон. Седиментационная устойчивость дисперсных систем.

#### Раздел 6. Агрегативная устойчивость и коагуляция дисперсных систем

Общие вопросы устойчивости дисперсных систем. Седиментационная и агрегативная устойчивости систем. Лиофильные и лиофобные системы: самопроизвольное образование одних и необходимость стабилизации других. Критерий лиофильности систем по Ребиндеру-Щукину.

Лиофильные дисперсные системы. Классификация и общая характеристика поверхностно-активных веществ. Термодинамика и механизм мицеллообразования. Строение мицелл ПАВ. Солюбилизация. Основные факторы, влияющие на критическую концентрацию мицеллообразования (ККМ). Методы определения ККМ. Применение ПАВ.

Лиофобные дисперсные системы. Факторы устойчивости лиофобных систем. Быстрая и медленная коагуляция. Кинетика коагуляции по Смолуховскому. Определение скорости и времени половинной коагуляции. Зависимость числа частиц разного порядка от времени.

Основные положения теории Дерягина, Ландау, Фервея, Овербека (ДЛФО). Расклинивающее давление и его составляющие. Энергия электростатического отталкивания при взаимодействии слабозаряженных поверхностей. Силы и энергия притяжения. Общее уравнение для энергии взаимодействия дисперсных частиц. Потенциальные кривые взаимодействия частиц в ионостабилизированных дисперсных системах. Потенциальный барьер и его зависимость от толщины диффузного слоя. Коагуляция в первом и втором минимумах. Нейтрализационная и концентрационная коагуляция. Порог быстрой коагуляции. Правило Шульце-Гарди. Закон Дерягина. Стабилизация дисперсных систем высокомолекулярными соединениями (ВМС) и ПАВ.

Методы очистки промышленных и бытовых стоков, основанные на изменении агрегативной и седиментационной устойчивости дисперсных систем.

#### Раздел 7. Структурообразование и структурно-механические свойства дисперсных систем

Типы структур, образующихся в агрегативно-устойчивых и агрегативно-неустойчивых дисперсных системах. Жидкокристаллическое состояние агрегативно-устойчивых дисперсных систем.

Возникновение объемных структур в агрегативно-неустойчивых (лиофобных) дисперсных системах. Взаимосвязь между видом потенциальной кривой взаимодействия частиц (по теории ДЛФО) и типом возникающих структур. Коагуляционно-тиксотропные и конденсационно-кристаллизационные структуры. Переход одних структур в другие. Теория структурообразования (физико-химическая механика) как основа получения новых материалов.

Реологический метод исследования дисперсных систем. Основные понятия и идеальные законы реологии. Моделирование реологических свойств тел. Модель Максвелла, модель Кельвина-Фойгта, модель Бингама.

Классификация дисперсных систем по структурно-механическим свойствам. Ньютоновские и неньютоновские жидкости. Псевдопластические и дилатантные жидкости и твердообразные тела. Вязкость жидких агрегативно устойчивых дисперсных систем. Уравнения Эйнштейна, Штаудингера, Марка-Куна-Хаувинка. Реологические свойства структурированных жидкообразных и твердообразных систем.

#### 8. Заключение

Поверхностные явления и дисперсные системы в химической технологии. Коллоидная химия и охрана окружающей среды.

#### **4 Объем учебной дисциплины**

Вид учебной работы	Объем дисциплины		
	ЗЕ	Акад. ч.	Астр. ч.
<b>Общая трудоемкость дисциплины</b>	<b>5</b>	<b>180</b>	<b>135</b>
<b>Контактная работа – аудиторные занятия:</b>	<b>1,79</b>	<b>64,4</b>	<b>48,3</b>
Лекции	0,89	32	24
Практические занятия (ПЗ)	0	0	0
Лабораторные работы (ЛР)	0,89	32	24
<b>Самостоятельная работа</b>	<b>2,22</b>	<b>80</b>	<b>60</b>
Контактная самостоятельная работа	2,22	-	-
Самостоятельное изучение разделов дисциплины (подготовка к лабораторным работам)		80	60
<b>Вид контроля:</b>			
<b>Экзамен</b>	<b>1,0</b>	<b>36</b>	<b>27</b>
Контактная работа – промежуточная аттестация	1,0	0,4	0,3
Подготовка к экзамену.		35,6	26,7
<b>Вид итогового контроля:</b>	<b>Экзамен</b>		

## Аннотация рабочей программы дисциплины «Математика»

**1. Цель дисциплины** - формирование у студентов системы основных понятий, используемых для построения важнейших математических моделей и математических методов для описания различных химико-технологических процессов.

**2. В результате изучения дисциплины обучающийся должен:**

*Обладать* следующими компетенциями и индикаторами их достижения:

ОПК-2.1, ОПК-2.5, ОПК-2.9.

Знать:

основы дифференциального и интегрального исчисления, дифференциальных уравнений

математические теории и методы, лежащие в основе построения математических моделей;

основы применения математических моделей и методов.

Уметь:

выбирать математические методы, пригодные для решения конкретной задачи;

использовать математические понятия, методы и модели для описания различных процессов;

выявлять математические закономерности, лежащие в основе конкретных процессов;

использовать основные методы статистической обработки данных;

применять математические знания на междисциплинарном уровне.

Владеть:

основами фундаментальных математических теорий и навыками использования математического аппарата;

методами статистической обработки информации.

### 3. Краткое содержание дисциплины

#### 1 СЕМЕСТР

**Введение.** Предмет и методы математики. Описание основных разделов курса. Структура курса и правила рейтинговой системы.

#### **Раздел 1. Элементы алгебры.**

Числовые множества, комплексные числа. Определители II и III порядков. Векторы: основные понятия, скалярное, векторное и смешанное произведения векторов. Аналитическая геометрия: прямая на плоскости, кривые II порядка. Матрицы: действия над матрицами, приведение к ступенчатому виду и виду Гаусса. Ранг матрицы. Обратная матрица. Теорема Кронекера-Капелли. Решение систем линейных алгебраических уравнений. Собственные числа и векторы. Квадратичные формы.

**Раздел 2. Функция одной переменной. Предел функции. Непрерывность функции.**

Функция. Способы задания функции. Элементарные функции. Предел функции в точке. Односторонние пределы. Пределы на бесконечности. Бесконечно малые и бесконечно большие функции, их свойства и взаимосвязь. Основные теоремы о пределах. Первый и второй замечательные пределы. Непрерывность функции в точке и на промежутке. Свойства функций, непрерывных на отрезках. Точки разрыва функции и их классификация.

#### **Раздел 3. Дифференциальное исчисление функции одной переменной.**

Производная функции, ее геометрический и механический смысл. Уравнения касательной и нормали. Правила дифференцирования. Таблица основных производных. Дифференцируемость функции: определение, теоремы о связи непрерывности и дифференцируемости функции и с существованием производной. Дифференциал

функции: определение, свойства. Производная сложной функции. Основные теоремы дифференциального исчисления: Ролля, Лагранжа, Коши. Правило Лопиталья (раскрытие неопределенностей). Производные высших порядков. Монотонность функции: определение, необходимые и достаточные условия. Экстремум функции: определение, необходимые и достаточные условия. Выпуклость, вогнутость и точки перегиба графика функции: определения, необходимые и достаточные условия их существования. Общая схема исследования функций, построение их графиков.

#### **Раздел 4. Интегральное исчисление функции одной переменной.**

Первообразная функция. Неопределенный интеграл и его свойства. Таблица основных интегралов. Методы интегрирования: непосредственное интегрирование, метод подстановки, интегрирование по частям, интегрирование рациональных дробей, интегрирование некоторых иррациональных и тригонометрических функций. Определенный интеграл, его геометрический смысл, его свойства. Теорема о среднем значении. Формула Ньютона-Лейбница. Замена переменной и интегрирование по частям в определенном интеграле. Вычисление площадей плоских фигур и объемов тел вращения с помощью определенного интеграла. Несобственные интегралы: определения, свойства, методы вычисления.

### **2 СЕМЕСТР**

#### **Раздел 5. Дифференциальное исчисление функций нескольких переменных.**

Функции двух и более переменных: определение, область определения, область существования, геометрическая интерпретация, линии уровня, и поверхности уровня. Предел функции в точке. Частные производные (на примере функции двух переменных). Дифференцируемость функции: определение, связь дифференцируемости с непрерывностью и с существованием частных производных. Достаточные условия дифференцируемости функции. Дифференцируемость сложной функции, полная производная. Дифференциал функции двух переменных, его инвариантность. Дифференцирование функции одной и двух переменных, заданной неявно. Частные производные и дифференциалы высших порядков. Теорема о равенстве смешанных производных (для функции двух переменных). Аналитический признак полного дифференциала. Производная по направлению: определение, формула для ее вычисления. Градиент и его свойства. Экстремумы функции двух переменных: определения, необходимые и достаточные условия существования экстремума. Условный экстремум: определение, методы нахождения точек условного экстремума (прямой метод и метод множителей Лагранжа). Наибольшее и наименьшее значения функции двух переменных в замкнутой области.

#### **Раздел 6. Кратные интегралы.**

Двойной интеграл: определение, геометрический смысл, свойства. Теорема о среднем значении двойного интеграла. Вычисление двойного интеграла в декартовой системе координат. Вычисление двойного интеграла в полярной системе координат. Интеграл Эйлера - Пуассона. Приложения двойного интеграла: вычисление площади плоской области, объема цилиндрического тела, площади поверхности, массы пластинки с заданной плотностью, координат центра тяжести пластинки. Тройной интеграл: определение, физический и геометрический смысл, свойства, теорема о среднем значении тройного интеграла. Вычисление тройного интеграла в декартовой системе координат, в цилиндрических и сферических координатах. Приложения тройного интеграла: вычисление объема, массы тела с заданной плотностью, координат центра тяжести тела.

#### **Раздел 7. Криволинейные и поверхностные интегралы.**

Криволинейный интеграл по координатам: определение, физический смысл, свойства. Вычисление криволинейного интеграла. Формула для вычисления работы при перемещении материальной точки в силовом поле вдоль некоторого пути. Формула Грина для вычисления криволинейного интеграла по замкнутому контуру. Независимость криволинейного интеграла от пути интегрирования: необходимое и достаточное условие

независимости, критерий независимости. Потенциальное поле, потенциальная функция и ее вычисление. Вычисление криволинейного интеграла, не зависящего от пути интегрирования. Поверхностный интеграл: определение, физический смысл, вычисление в декартовой системе координат. Теорема Гаусса-Остроградского. Формула Стокса.

### 3 СЕМЕСТР

#### Раздел 8. Дифференциальные уравнения первого порядка.

Дифференциальные уравнения: определение, порядок, решение, теорема существования и единственности решения. Задача Коши. Дифференциальные уравнения с разделяющимися переменными. Однородные уравнения I-го порядка: определение и метод решения. Линейные уравнения I-го порядка: определение и метод решения. Уравнения Бернулли: определение и метод решения. Дифференциальные уравнения в полных дифференциалах: определение и метод решения. Интегрирующий множитель: определение, сведение к уравнению в полных дифференциалах с помощью интегрирующего множителя.

#### Раздел 9. Дифференциальные уравнения второго порядка.

Дифференциальные уравнения второго порядка, допускающие понижение порядка. Линейные дифференциальные уравнения второго порядка: определение, однородные и неоднородные линейные уравнения. Свойства решений. Линейная независимость функций. Определитель Вронского и его свойства. Теоремы о структуре общих решений линейных однородных и линейных неоднородных дифференциальных уравнений второго порядка. Фундаментальная система решений линейного однородного дифференциального уравнения второго порядка. Линейные однородные дифференциальные уравнения второго порядка с постоянными коэффициентами: метод Эйлера для решения этих уравнений. Линейные неоднородные дифференциальные уравнения второго порядка с постоянными коэффициентами: метод подбора частного решения этого уравнения с правой частью специального вида и метод вариации произвольных постоянных. Линейные дифференциальные уравнения  $n$ -го порядка: свойства решений, теоремы о структуре общего решения. Алгоритм построения общего решения линейного дифференциального уравнения  $n$ -го порядка с постоянными коэффициентами.

#### Раздел 10. Системы дифференциальных уравнений.

Системы линейных дифференциальных уравнений первого порядка, решение методом исключения. Системы линейных дифференциальных уравнений первого порядка, метод вариации произвольных постоянных. Системы линейных однородных уравнений первого порядка с постоянными коэффициентами, метод Эйлера. Системы линейных неоднородных дифференциальных уравнений с постоянными коэффициентами.

#### Раздел 11. Числовые и функциональные ряды.

Числовые ряды: основные понятия, сходимость ряда. Необходимый признак сходимости ряда. Свойства сходящихся рядов. Достаточные признаки сходимости знакоположительных рядов: интегральный признак Коши; признаки сравнения рядов; признак Даламбера; радикальный признак Коши. Ряды Дирихле. Знакопеременный ряд: определение, признак Лейбница. Абсолютная и условная сходимость знакопеременных рядов. Функциональные ряды. Степенные ряды: определение, теорема Абеля, интервал сходимости, радиус сходимости. Свойства степенных рядов. Ряды Тейлора и Маклорена: определение, условия сходимости ряда Тейлора к исходной функции. Лемма  $\lim_{n \rightarrow \infty} \frac{1}{n!} = 0$

для  $\forall x \in R$ . Достаточные условия сходимости ряда Тейлора. Алгоритм разложения функции в ряд Маклорена. Основные разложения функций:  $e^x$ ,  $\sin x$ ,  $\cos x$ ,  $\ln(1+x)$ ,  $(1+x)^n$ ,  $\arctg x$ ,  $\arcsin x$  в ряд Маклорена. Разложение функций в ряд Тейлора с помощью основных разложений. Применение степенных рядов: приближенные вычисления, приближенное решение дифференциальных уравнений.

## 4 СЕМЕСТР

### **Раздел 12. Теория вероятностей. Случайные величины и их законы распределения.**

Предмет теории вероятностей. Случайные события. Противоположные события. Независимые события. Относительная частота. Классическое и геометрическое определение вероятности. Элементарная теория вероятностей. Методы вычисления вероятностей. Пространство элементарных событий. Классическое определение вероятности. Алгебра событий: теоремы о вероятности суммы событий, противоположных событий, сумма вероятностей несовместных событий, образующих полную группу. Аксиоматическое определение вероятности. Статистическое определение вероятности. Условная вероятность. Теоремы о вероятности произведения зависимых и независимых событий. Полная вероятность. Повторные испытания. Формула Бернулли. Локальная и интегральная теоремы Муавра-Лапласа. Формула Пуассона.

Понятие случайной величины. Дискретные и непрерывные случайные величины. Закон распределения случайной величины. Функция распределения, ее свойства, график. Плотность распределения непрерывной случайной величины (плотность вероятности). Формула для вероятности попадания непрерывной случайной величины в данный интервал, выраженный через плотность вероятности, геометрический смысл формулы. Биномиальное распределение, распределение Пуассона, равномерное распределение, нормальное распределение, экспоненциальное распределение.

### **Раздел 13. Математическая статистика.**

Предмет математической статистики. Основные задачи математической статистики. Выборочный метод. Статистическое описание. Выборки. Гистограмма и полигон частот. Статистическая (эмпирическая) функция распределения. Выборочные характеристики и их распределения. Состоятельные, эффективные смещенные и несмещенные оценки параметров. Статистическое среднее, статистическая дисперсия и статистическое среднее квадратичное как точечные оценки неизвестных: математического ожидания, дисперсии, среднего квадратичного отклонения. Доверительные интервалы и интервальные оценки. Доверительные оценки неизвестной вероятности по большим выборкам. Доверительная оценка математического ожидания при неизвестной дисперсии. Доверительная оценка среднего квадратичного отклонения. Точные выборочные распределения: Стьюдента (t-распределение), Фишера-Снедекора (F-распределение), Пирсона ( $\chi^2$ -распределение). Проверка статистических гипотез. Математические методы проверки статистических гипотез. Элементы теории корреляции.

## **4. Объем учебной**

Вид учебной работы	Семестр									
	Всего		1		2		3		4	
	ЗЕ	Акад.ч.	ЗЕ	Акад.ч.	ЗЕ	Акад.ч.	ЗЕ	Акад.ч.	ЗЕ	Акад.ч.
<b>Общая трудоемкость дисциплины</b>	<b>18</b>	<b>648</b>	<b>5</b>	<b>180</b>	<b>5</b>	<b>180</b>	<b>5</b>	<b>180</b>	<b>3</b>	<b>108</b>
<b>Контактная работа – аудиторные занятия:</b>	<b>7,56</b>	<b>272</b>	<b>2,66</b>	<b>96</b>	<b>1,78</b>	<b>64</b>	<b>1,78</b>	<b>64</b>	<b>1,34</b>	<b>48</b>
Лекции	3,56	128	1,33	48	0,89	32	0,89	32	0,45	16
Практические занятия (ПЗ)	4	144	1,33	48	0,89	32	0,89	32	0,89	32
<b>Самостоятельная работа</b>	<b>8,44</b>	<b>304</b>	<b>2,34</b>	<b>84</b>	<b>2,22</b>	<b>80</b>	<b>2,22</b>	<b>80</b>	<b>1,66</b>	<b>60</b>
Контактная самостоятельная работа	8,44	0,6	2,34	0,4	2,22	0	2,22	0	1,66	0,2
Самостоятельное изучение разделов дисциплины		303,4		83,6		80		80		59,8
<b>Вид контроля – Зачет с оценкой</b>			+	+	-	-	-	-	-	-
<b>Вид контроля – Зачет</b>			-	-	-	-	-	-	+	+
<b>Вид контроля – Экзамен</b>	<b>2</b>	<b>72</b>	-	-	<b>1</b>	<b>36</b>	<b>1</b>	<b>36</b>	-	-
Контактная работа – промежуточная аттестация	2	0,8	-	-	1	0,4	1	0,4	-	-
Подготовка к экзамену.		71,2	-	-		35,6		35,6	-	-
<b>Вид итогового контроля:</b>			<b>Зачет с оценкой</b>		<b>Экзамен</b>		<b>Экзамен</b>		<b>Зачет</b>	

Вид учебной работы	Семестр									
	Всего		1		2		3		4	
	ЗЕ	Астр. ч.	ЗЕ	Астр. ч.	ЗЕ	Астр.ч.	ЗЕ	Астр.ч.	ЗЕ	Астр. ч.
<b>Общая трудоемкость дисциплины</b>	<b>18</b>	<b>486</b>	<b>5</b>	<b>135</b>	<b>5</b>	<b>135</b>	<b>5</b>	<b>135</b>	<b>3</b>	<b>81</b>
<b>Контактная работа – аудиторные занятия:</b>	<b>7,56</b>	<b>204,12</b>	<b>2,66</b>	<b>71,82</b>	<b>1,78</b>	<b>48,06</b>	<b>1,78</b>	<b>48,06</b>	<b>1,34</b>	<b>36,18</b>
Лекции	3,56	96,12	1,33	35,91	0,89	24,03	0,89	24,03	0,45	12,15
Практические занятия (ПЗ)	4	108	1,33	35,91	0,89	24,03	0,89	24,03	0,89	24,03
<b>Самостоятельная работа</b>	<b>8,44</b>	<b>227,88</b>	<b>2,34</b>	<b>63,18</b>	<b>2,22</b>	<b>59,94</b>	<b>2,22</b>	<b>59,94</b>	<b>1,66</b>	<b>44,82</b>
Контактная самостоятельная работа	8,44	0,45	2,34	0,3	2,22	0	2,22	0	1,66	0,15
Самостоятельное изучение разделов дисциплины		227,43		62,88						
<b>Вид контроля – Зачет с оценкой</b>			+	+	-	-	-	-	-	-
<b>Вид контроля – Зачет</b>			-	-	-	-	-	-	+	+
<b>Вид контроля – Экзамен</b>	<b>2</b>	<b>54</b>	-	-	<b>1</b>	<b>27</b>	<b>1</b>	<b>27</b>	-	-
Контактная работа – промежуточная аттестация	2	0,6	-	-	1	0,3	1	0,3	-	-
Подготовка к экзамену.		53,4	-	-		26,7		26,7	-	-
<b>Вид итогового контроля:</b>			<b>Зачет с оценкой</b>		<b>Экзамен</b>		<b>Экзамен</b>		<b>Зачет</b>	



## Аннотация рабочей программы дисциплины «Физика»

**1. Цель дисциплины** – приобретение обучающимися знаний по основным разделам физики и умения применять их в других естественнонаучных дисциплинах.

**2. В результате изучения дисциплины обучающийся должен:**

*Обладать* следующими компетенциями и индикаторами их достижения:

*ОПК-2.4, ОПК-2.7, ОПК-2.11*

*Знать:*

- физические основы механики, физики колебаний и волн, электричества и магнетизма, электродинамики, статистической физики и термодинамики, квантовой физики;
- смысл фундаментальных физических законов, принципов и постулатов; их формулировки и границы применимости;
- связь широкого круга физических явлений с фундаментальными принципами и законами физики; основные методы решения задач по описанию физических явлений;
- методы обработки результатов физического эксперимента.

*Уметь:*

- применять теоретические знания и экспериментальные методы исследования при решении профессиональных задач;
- проводить расчёты, осуществлять анализ и на основе этого делать обоснованные выводы;
- анализировать результаты наблюдений и экспериментов с применением основных законов и принципов физики;
- определять характер физических процессов по комплексу экспериментальной информации при помощи графиков, таблиц и уравнений;
- представлять обработанную экспериментальную и теоретическую информацию в устной и письменной форме, в том числе с использованием современных компьютерных технологий.

*Владеть:*

- навыками работы с широким кругом физических приборов и оборудования;
- навыками обоснования своих суждений и выбора метода исследования.

### **3. Краткое содержание дисциплины.**

*Раздел 1. Физические основы механики.*

1.1. Предмет физики. Методы физического исследования: опыт, гипотеза, эксперимент, теория. Предмет кинематики. Перемещение, скорость, ускорение. Кинематические характеристики вращательного движения.

1.2. Законы Ньютона. Закон всемирного тяготения. Закон всемирного тяготения. Движение тела переменной массы. Уравнения Мещерского. Формула Циолковского.

1.3. Упругий и неупругий удары шаров. Момент инерции материальной точки и твердого тела.

1.4. Кинематика гармонических колебаний. Дифференциальное уравнение гармонических колебаний. Понятие о затухающих и вынужденных колебаниях. Волновое движение. Волны продольные и поперечные.

*Раздел 2. Молекулярная физика и термодинамика.*

2.1. Элементы термодинамики и физической кинетики. Идеальный газ. Распределение Больцмана и его общезначимый смысл. Реальный газ. Уравнение Ван-дер-Ваальса.

2.2. Термодинамический метод в физике. Равновесные состояния. Начала термодинамики. Циклы. Энтропия и ее статистическое толкование.

2.3. Явление переноса. Диффузия. Закон Фика. Теплопроводность. Закон Фурье. Внутреннее трение (вязкость). Закон Ньютона.

*Раздел 3. Электростатика и постоянный электрический ток.*

3.1. Закон Кулона. Теорема Остроградского-Гаусса. Диполь. Диэлектрики в электростатическом поле.

*Раздел 4. Электромагнетизм.*

4.1. Закон Ампера. Закон Био-Савара-Лапласа. Сила Лоренца.

4.2. Магнетики. Электромагнитная индукция. Уравнение Максвелла.

*Раздел 5. Оптика.*

5.1. Интерференция волн. Дифракция волн. Поляризация волн.

5.2. Тепловое излучение. Закон Кирхгофа. Гипотеза Планка. Квантовое объяснение теплового излучения. Эффект Комптона.

5.3. Ядерная модель атома. Постулаты Бора. Атом водорода по Бору.

*Раздел 6. Элементы квантовой физики.*

6.1. Гипотеза де Бройля. Волновое уравнение Шредингера для стационарных состояний. Опыты Штерна-Герлаха.

6.2. Многоэлектронный атом. Эффект Зеемана. Принцип Паули. Квантовые статистические распределения Бозе-Эйнштейна и Ферми-Дирака. Фононы. Законы Дебая и Эйнштейна.

**4. Объем учебной дисциплины**

Вид учебной работы	Всего		Семестр			
			№ 2		№ 3	
	ЗЕ	Акад. ч.	ЗЕ	Акад. ч.	ЗЕ	Акад. ч.
<b>Общая трудоемкость дисциплины</b>	<b>12</b>	<b>432</b>	<b>6</b>	<b>216</b>	<b>6</b>	<b>216</b>
<b>Контактная работа – аудиторные занятия:</b>	<b>3,5</b>	<b>128</b>	<b>1,3</b>	<b>48</b>	<b>2,2</b>	<b>80</b>
Лекции	1,3	48	0,4	16	0,9	32
Практические занятия (ПЗ)	1,3	48	0,4	16	0,9	32
Лабораторные работы (ЛР)	0,9	32	0,4	16	0,4	16
<b>Самостоятельная работа</b>	<b>6,5</b>	<b>232</b>	<b>3,7</b>	<b>132</b>	<b>2,8</b>	<b>100</b>
Контактная самостоятельная работа		0,8		0,4		0,4
Самостоятельное изучение разделов дисциплины	6,5	231,2	3,7	131,6	2,8	96,6
<b>Виды контроля:</b>						
<b>Экзамен</b>	<b>2</b>	<b>72</b>	<b>1</b>	<b>36</b>	<b>1</b>	<b>36</b>
Контактная работа – промежуточная аттестация	1	0,4	1	0,4	1	0,4
Подготовка к экзамену.		35,6		35,6		35,6
<b>Вид итогового контроля:</b>			<b>Экзамен</b>		<b>Экзамен</b>	

Вид учебной работы	Всего		Семестр			
			№ семестра		№ семестра	
	ЗЕ	Астр. ч.	ЗЕ	Астр. ч.	ЗЕ	Астр. ч.
<b>Общая трудоемкость дисциплины</b>	<b>12</b>	<b>324</b>	<b>6</b>	<b>162</b>	<b>6</b>	<b>162</b>
<b>Контактная работа – аудиторные занятия:</b>	<b>3,5</b>	<b>96</b>	<b>1,3</b>	<b>36</b>	<b>2,2</b>	<b>60</b>
Лекции	1,3	36	0,4	12	0,9	24
Практические занятия (ПЗ)	1,3	36	0,4	12	0,9	24
Лабораторные работы (ЛР)	0,9	24	0,4	12	0,4	12
<b>Самостоятельная работа</b>	<b>6,5</b>	<b>174</b>	<b>3,7</b>	<b>99</b>	<b>2,8</b>	<b>75</b>

Контактная самостоятельная работа		0,6		0,3		0,3
Самостоятельное изучение разделов дисциплины	6,5	173,4	3,7	98,7	2,8	74,7
<b>Виды контроля:</b>						
<b>Экзамен</b>	<b>2</b>	<b>54</b>	<b>1</b>	<b>27</b>	<b>1</b>	<b>27</b>
Контактная работа – промежуточная аттестация	2	0,6	1	0,3	1	0,3
Подготовка к экзамену.		53,4		26,7		26,7
<b>Вид итогового контроля:</b>			<b>Экзамен</b>		<b>Экзамен</b>	

### Аннотация рабочей программы дисциплины «Экология»

**1 Цель дисциплины** - сформировать у студентов системные базовые знания основных экологических законов, определяющих существование и взаимодействие биологических систем различных уровней; об антропогенных воздействиях на биосферу и о биоразнообразии, как основе устойчивости сообществ.

**2 В результате изучения дисциплины обучающийся должен:**

*Обладать* следующими компетенциями и индикаторами их достижения:

УК-8.1, УК-8.2, УК-8.5, УК-8.6, УК-8.9; ОПК-3.2, ОПК-3.8, ОПК-3.12, ОПК-3.18.

*Знать:*

- фундаментальные понятия, законы и принципы экологии;
- закономерности развития экосистем и их компонентов;
- причины и тенденции развития современных экологических проблем;
- основные результаты воздействия общества на природу; экологические последствия этого воздействия;
- условия устойчивого развития человечества;

*Уметь:*

- объяснить причинно-следственные связи экологических и исторических процессов, влияние человека на экологические явления, идеи устойчивого развития, экологической деятельности и культуры;
- анализировать различные экологические ситуации, принимать конкретные решения по их улучшению.

*Владеть:*

- понятийным аппаратом экологии для анализа данных по экологии.

**3 Краткое содержание дисциплины**

Введение

Современная экология – междисциплинарная область знаний. Экология как фундаментальная основа устойчивого развития и сохранения биоразнообразия. Структура современной экологии и основные методы исследования. Научно-практические задачи современной экологии. Основные направления современных экологических исследований в России и за рубежом.

Раздел 1. Биосфера

Системные постулаты в экологии. Этапы развития суперсистемы «Человек – Экономика – Биота – Среда». Современный экологический кризис. Роль науки в преодолении экологического кризиса. Концепция устойчивого развития.

Иерархия уровней организации жизни (клетка – ткань – орган – организм – сообщество). Концепция экосистемы. Биосфера как экосистема. Биологическое продуцирование в биосфере. Биологическая регуляция геохимической среды. Основные свойства биосферы. Место биосферы среди оболочек Земли. В.И. Вернадский о взаимодействии живого и косного вещества, о «всюдности» жизни. Биосферные функции человека. Ноосфера

Круговороты наиболее значимых биогенных элементов. Типы циркуляции биогенных элементов в биосфере. Нарушения биогеохимических циклов, возникающие в результате возрастающей антропогенной нагрузки, и их последствия.

## Раздел 2. Экосистемы

Концепция экосистемы. Соотношение понятий «биогеоценоз» и «экосистема». Состав и основные характеристики экосистем. Продуценты, консументы, редуценты, их экологическая роль. Поток энергии в экосистеме. Пищевые цепи и пищевые сети. Трофические уровни. Распределение энергии в экосистеме, правило десяти процентов. Правило экологических пирамид: правило пирамиды продукции, правило пирамиды биомасс и правило пирамиды чисел. Динамика экосистем, сукцессии, этапы сукцессионного процесса. Роль биоразнообразия в поддержании целостности и функциональной устойчивости экосистем. Климатическая зональность и основные типы наземных экосистем. Особенности водных экосистем. Планктон, бентос, нектон. Антропогенные экосистемы: агроэкосистемы и урбосистемы.

## Раздел 3. Сообщества и популяции

Понятие о популяции. Статические показатели популяции: численность, плотность, показатели структуры. Динамические показатели популяции: рождаемость, смертность, скорость роста. Продолжительность жизни и выживаемость. Кривые выживания. Экологические стратегии выживания. Регуляция плотности популяции.

Видовая структура сообществ. Пространственная структура сообществ. Биотические связи. Экологическая ниша. Реализованная и фундаментальная ниши.

## Раздел 4. Организм и среда

Главные уровни организации живых систем. Организм как живая целостная система. Разнообразие организмов. Экологические факторы, их классификация. Лимитирующие экологические факторы. Правило Либиха, закон Шелфорда. Адаптация. Толерантность и резистентность. Общие закономерности действия экологических факторов на организм. Комплексное действие среды. Значение света, температуры и влажности для живых организмов. Экологические и физиологические ритмы в природе. Биоритмы. Стресс как экологический фактор.

Понятие «среда жизни». Общая характеристика основных сред жизни: водной, наземно-воздушной, почвенной и организменной. Среды обитания, местообитания и биотопы.

Формирование ареалов, первичный ареал, расселение организмов. Границы, размеры и формы ареалов и факторы, их обуславливающие. Эндемики и реликты. Центры таксономического разнообразия, центры происхождения видов. Антропогенная трансформация ареалов.

Представление о биоме. Растительность и животное население. Понятие «экотон». Планетарный, региональный и топологический (ландшафтный) уровни дифференциации живого покрова суши.

Концепция биологического разнообразия. Уровни биоразнообразия: генетический, видовой, экосистемный. Всемирная стратегия сохранения биологического разнообразия. Охрана редких и исчезающих видов. Красные книги. Заповедники и национальные парки.

## Раздел 5. Устойчивое природопользование

Проблемы и перспективы обеспечения человечества биологическими ресурсами. Агроэкология, геномодифицированные организмы, марикультура. Инвазии чужеродных видов, «стирание» биогеографических рубежей, антропогенная трансформация флор и фаун. Значение особо охраняемых природных территорий и их современная система: национальные парки, заповедники, заказники, природные парки, резерваты, памятники природы. Основные принципы и методы оценки качества окружающей среды, ее динамики во времени и пространстве. Международное сотрудничество в области изучения и сохранения биоразнообразия.

## Раздел 6. Глобальные экологические проблемы

Понятие «загрязнение окружающей среды». Классификация загрязнений окружающей среды. Химические загрязнители (тяжелые металлы, пестициды, нитраты и т. д.), их источники, а также прямое и косвенное воздействие. Классификация загрязняющих веществ по степени опасности. Физическое загрязнение (радиационное, электромагнитное, шумовое, вибрационное, тепловое, световое), его источники и последствия для живых организмов. Биологическое загрязнение, его примеры и последствия. Загрязнение твердыми отходами, проблема накопления мусора.

Понятие глобальной экологической проблемы. Экологический кризис и его характерные черты. Цепь причин глобального экологического кризиса, пути выхода из него. Демографическая проблема. Демографические проблемы развития человеческого общества. Понятие демографического взрыва. Экологические проблемы, связанные с ростом численности населения. Проблемы урбанизации.

Продовольственная проблема, ее причины и следствия. Пути решения проблемы. Энергетическая и сырьевая проблема. Парниковый эффект. Кислотные дожди. Разрушение озонового слоя. Снижение биоразнообразия как глобальная экологическая проблема. Опустынивание как глобальная экологическая проблема. Обезлесивание как глобальная экологическая проблема. Радиоактивное загрязнение.

#### 4 Объем учебной дисциплины

Вид учебной работы	Объем дисциплины		
	ЗЕ	Акад. ч.	Астр. ч.
<b>Общая трудоемкость дисциплины</b>	<b>3,0</b>	<b>108</b>	<b>81</b>
<b>Контактная работа – аудиторные занятия:</b>	<b>0,88</b>	<b>32</b>	<b>24</b>
Лекции	0,44	16	12
Практические занятия (ПЗ)	0,44	16	12
Лабораторные работы (ЛР)	-	-	-
<b>Самостоятельная работа</b>	<b>2,12</b>	<b>76</b>	<b>57</b>
Контактная самостоятельная работа	2,12	0,2	0,15
Самостоятельное изучение разделов дисциплины		75,8	56,85
<b>Вид итогового контроля:</b>	<b>Зачет</b>		

#### Аннотация рабочей программы дисциплины «Безопасность жизнедеятельности»

**1. Цель дисциплины** - формирование профессиональной культуры безопасности, под которой понимается готовность и способность личности использовать в профессиональной деятельности приобретенную совокупность знаний, умений и навыков для обеспечения безопасности в сфере профессиональной деятельности, характера мышления и ценностных ориентаций, при которых вопросы безопасности рассматриваются в качестве приоритета.

Основными задачами дисциплины являются:

- приобретение понимания проблем устойчивого развития и рисков, связанных с деятельностью человека;
- овладение приемами рационализации жизнедеятельности, ориентированными на снижения антропогенного воздействия на природную среду и обеспечение безопасности личности и общества;
- формирование:
  - культуры безопасности, экологического сознания и риск-ориентированного мышления, при котором вопросы безопасности и сохранения окружающей среды рассматриваются в качестве важнейших приоритетов жизнедеятельности человека;
  - культуры профессиональной безопасности, способностей для идентификации опасности и оценивания рисков в сфере своей профессиональной деятельности;
  - готовности применения профессиональных знаний для минимизации негативных экологических последствий, обеспечения безопасности и улучшения условий труда в сфере своей профессиональной деятельности;
  - способностей к оценке вклада своей предметной области в решение экологических проблем и проблем безопасности.

#### **2. В результате освоения дисциплины студент должен:**

*Обладать* следующими компетенциями и индикаторами их достижения: *УК-8.1, УК-8.2, УК-8.3, УК-8.4, УК-8.5, УК-8.6, УК-8.7, УК-8.8, УК-8.9.*

*Знать:*

- основные техносферные опасности, их свойства и характеристики;
- характер воздействия вредных и опасных факторов на человека и природную среду, методы защиты от них применительно к сфере своей профессиональной деятельности

*Уметь:*

- идентифицировать основные опасности среды обитания человека;
- оценивать риск их реализации, выбирать методы защиты от опасностей применительно к сфере своей профессиональной деятельности и способы обеспечения комфортных условий жизнедеятельности

*Владеть:*

- законодательными и правовыми актами в области безопасности и охраны окружающей среды, требованиями к безопасности технических регламентов в сфере профессиональной деятельности;
- способами и технологиями защиты в чрезвычайных ситуациях;
- понятийно-терминологическим аппаратом в области безопасности;
- навыками рационализации профессиональной деятельности с целью обеспечения безопасности и защиты окружающей среды.

### **3. Краткое содержание дисциплины.**

1. Введение в безопасность. Основные понятия и определения. Безопасность и устойчивое развитие.

2. Человек и техносфера. Структура техносферы и ее основных компонентов.

Современное состояние техносферы и техносферной безопасности.

3. Идентификация и воздействие на человека вредных и опасных факторов среды обитания.

Классификация негативных факторов среды обитания человека. Химические негативные факторы (вредные вещества). Механические и акустические колебания, вибрация и шум. Электромагнитные излучения и поля. Ионизирующее излучение. Электрический ток. Опасные механические факторы. Процессы горения и пожаровзрывоопасные свойства веществ и материалов. Статическое электричество.

4. Защита человека и среды обитания от вредных и опасных факторов природного, антропогенного и техногенного происхождения.

Основные принципы защиты. Защита от химических и биологических негативных факторов. Защита от энергетических воздействий и физических полей. Обеспечение безопасности систем, работающих под давлением. Безопасность эксплуатации трубопроводов в химической промышленности. Безопасная эксплуатация компрессоров. Анализ и оценивание техногенных и природных рисков.

5. Обеспечение комфортных условий для жизни и деятельности человека. Понятие комфортных или оптимальных условий. Микроклимат помещений. Освещение и световая среда в помещении.

6. Психофизиологические и эргономические основы безопасности.

Психические процессы, свойства и состояния, влияющие на безопасность. Виды и условия трудовой деятельности. Эргономические основы безопасности.

7. Чрезвычайные ситуации и методы защиты в условиях их реализации.

Общие сведения о ЧС. Пожар и взрыв. Аварии на химически опасных объектах.

Радиационные аварии. Приборы радиационной, химической разведки и дозиметрического контроля. Чрезвычайные ситуации военного времени. Защита населения в чрезвычайных ситуациях. Устойчивость функционирования объектов экономики в чрезвычайных ситуациях.

8. Управление безопасностью жизнедеятельности.

Законодательные и нормативные правовые основы управления безопасностью жизнедеятельности. Экономические основы управления безопасностью. Страхование рисков. Государственное управление безопасностью.

### **4. Объем учебной дисциплины**

Вид учебной работы	В зачетных единицах	В акад. часах	В астр. часах
Общая трудоемкость дисциплины	<b>4</b>	<b>144</b>	<b>108</b>
<b>Контактная работа – аудиторные занятия:</b>	<b>1,33</b>	<b>48</b>	<b>36</b>
Лекции	0,89	32	24
Практические занятия	-	-	-
Лабораторные работы	0,44	16	12

<b>Самостоятельная работа</b>	<b>1,67</b>	<b>60</b>	<b>45</b>
Контактная самостоятельная работа	-	-	-
Подготовка к лабораторным работам	0,56	20	15
Самостоятельное изучение разделов дисциплины	1,11	40	30
<b>Виды контроля:</b>			
<b>Экзамен</b>	<b>1,0</b>	<b>36</b>	<b>27</b>
Контактная работа – промежуточная аттестация	1,0	0,4	0,3
Подготовка к экзамену		35,6	26,7
<b>Вид итогового контроля:</b>	<b>экзамен</b>		

### Аннотация рабочей программы дисциплины «Инженерная и компьютерная графика»

**1 Цель дисциплины** – научить студентов способам отображения пространственных форм на плоскости, выполнению и чтению чертежей методами компьютерной графики и правилам и условиям, применяемым при этом (стандартам ЕСКД).

**2. В результате изучения дисциплины обучающийся должен:**

*Обладать* следующими компетенциями и индикаторами их достижения:

УК-2.1; УК-2.6; УК-2.8; УК-2.10

*Знать:*

- способы отображения пространственных форм на плоскости;
- правила и условности при выполнении чертежей;
- виды симметрии геометрических фигур;
- виды изделий и конструкторских документов;
- основные виды графических информационных систем, базовую графическую систему, используемую в учебном процессе.
- *Уметь:* выполнять и читать чертежи технических изделий с учетом действующих стандартов;
- выполнять и читать схемы технологических процессов;
- использовать средства компьютерной графики для изготовления чертежей.

*Владеть:*

- способами и приемами изображения предметов на плоскости;
- графической системой «Компас».

**3 Краткое содержание дисциплины**

**Раздел 1. Общие правила выполнения чертежей.** Правила выполнения и оформления чертежей в соответствии с ГОСТ. Геометрические построения.

**Раздел 2. Проецирование геометрических фигур.** Метод проекций. Прямые и кривые линии. Плоскость. Поверхности. Геометрические тела. Симметрия геометрических фигур. Определение натуральной величины отрезка прямой и плоской фигуры. Пересечение геометрических образов.

**Раздел 3. Изображения предметов по ГОСТ 2.305-2009. Изделия и конструкторские документы.** Изображения. Аксонометрические чертежи изделий. Создание трехмерных моделей предметов. Создание ассоциативных чертежей на основе трехмерной модели.

Виды изделий и конструкторских документов. Схемы. Резьбы: образование, классификация, изображение и обозначение на чертеже.

**Раздел 4. Изображения деталей и их соединений.** Эскизы и технические рисунки деталей. Резьбовые изделия и соединения. Другие виды разъемных и неразъемных соединений деталей.

**Раздел 5. Чертежи сборочных единиц.** Правила выполнения и оформления сборочного чертежа. Детализирование чертежей сборочных единиц.

**Раздел 6. Компьютерная графика.** Компьютерная графика и решаемые ею задачи. Графические объекты, примитивы, атрибуты, синтез изображения. Представление видеоинформации и ее машинная генерация. Современные стандарты компьютерной графики, графические языки и метафайлы. Реализация аппаратных модулей графической системы. Основные графические алгоритмы на плоскости и в пространстве. Программные графические системы и их применение.

#### 4 Объем учебной дисциплины.

Вид учебной работы	Всего		Семестр			
			1		2	
	ЗЕ	Акад. ч.	ЗЕ	Акад. ч.	ЗЕ	Акад. ч.
<b>Общая трудоемкость дисциплины</b>	<b>7</b>	<b>252</b>	<b>4</b>	<b>144</b>	<b>3</b>	<b>108</b>
<b>Контактная работа – аудиторные занятия:</b>	<b>2,22</b>	<b>80</b>	<b>1,33</b>	<b>48</b>	<b>0,89</b>	<b>32</b>
<b>в том числе в форме практической подготовки</b>	<b>1,44</b>	<b>52</b>	<b>0,72</b>	<b>26</b>	<b>0,72</b>	<b>26</b>
Лекции	0,44	16	0,44	16		
Практические занятия (ПЗ)	1,78	64	0,89	32	0,89	32
в том числе в форме практической подготовки	1,44	52	0,72	26	0,72	26
<b>Самостоятельная работа</b>	<b>4,78</b>	<b>172</b>	<b>2,67</b>	<b>96</b>	<b>2,11</b>	<b>76</b>
Контактная самостоятельная работа (зачет с оценкой)	4,78	0,8	2,67	0,4	2,11	0,4
Курсовая работа		35,8				35,8
Контактная самостоятельная работа (прием курсовой работы)		0,2				0,2
Подготовка к контрольным работам		36		18		18
Самостоятельное изучение разделов дисциплины		99,2		77,6		21,6
<b>Вид итогового контроля:</b>			<b>Зачет с оценкой</b>	<b>Зачет с оценкой, курсовая работа</b>		

Вид учебной работы	Всего		Семестр			
			1		2	
	ЗЕ	Астр. ч.	ЗЕ	Астр. ч.	ЗЕ	Астр. ч.
<b>Общая трудоемкость дисциплины</b>	<b>7</b>	<b>189</b>	<b>4</b>	<b>108</b>	<b>3</b>	<b>81</b>
<b>Контактная работа – аудиторные занятия:</b>	<b>2,22</b>	<b>60</b>	<b>1,33</b>	<b>36</b>	<b>0,89</b>	<b>24</b>
<b>в том числе в форме практической подготовки</b>	<b>1,44</b>	<b>39</b>	<b>0,72</b>	<b>19,5</b>	<b>0,72</b>	<b>19,5</b>
Лекции	0,44	12	0,44	12		
Практические занятия (ПЗ)	1,78	48	0,89	24	0,89	24
в том числе в форме практической подготовки	1,44	39	0,72	19,5	0,72	19,5
<b>Самостоятельная работа</b>	<b>4,78</b>	<b>129</b>	<b>2,67</b>	<b>72</b>	<b>2,11</b>	<b>57</b>
Контактная самостоятельная работа (зачет с оценкой)	4,78	0,6	2,67	0,3	2,11	0,3
Курсовая работа		26,85				26,85
Контактная самостоятельная работа (прием курсовой работы)		0,15				0,15
Подготовка к контрольным работам		27		13,5		13,5
Самостоятельное изучение разделов дисциплины		74,4		58,2		16,2



<b>Вид итогового контроля:</b>		<b>Зачет с оценкой</b>	<b>Зачет с оценкой, курсовая работа</b>
--------------------------------	--	------------------------	---

**Аннотация рабочей программы дисциплины  
«Прикладная механика»**

**1 Цель дисциплины** – научить студентов творческому подходу к выполнению инженерных расчетов на прочность, жесткость и устойчивость элементов конструкций, деталей и узлов машин и аппаратов.

**2. В результате изучения дисциплины обучающийся должен:**

*Обладать* следующими компетенциями и индикаторами их достижения:

УК-2.1; УК-2.2; УК-2.4; УК-2.7; УК-2.8; УК-2.9; УК-2.10

*Знать:*

- основные уравнения и методы решения задач сопротивления материалов и деталей машин;
- основные методы расчетов на прочность, жесткость и устойчивость элементов конструкций машин и аппаратов;
- основы теории расчета деталей и узлов машин и аппаратов химической технологии.

*Уметь:*

- проводить расчеты элементов конструкций на основе методов сопротивления материалов;
- рассчитывать и конструировать детали машин по исходным данным;
- производить расчеты по основным критериям работоспособности и конструирования деталей машин.

*Владеть:*

- навыками расчета сопротивления материалов аналитическими методами;
- навыками выбора материалов по критериям прочности;
- расчетами типовых деталей машин, пользуясь справочной литературой и ГОСТами.

**3 Краткое содержание дисциплины**

**Раздел 1. Определение реакций опор. Растяжение-сжатие.** Абсолютно твердое тело. Элементы статики. Уравнения равновесия. Основные допущения и принципы сопротивления материалов. Напряжения, деформации и перемещения. Закон Гука. Построение эпюр внутренних усилий, напряжений и перемещений. Условие прочности при растяжении (сжатии).

**Раздел 2. Кручение. Изгиб.** Закон Гука при сдвиге. Внутренние силовые факторы при кручении. Условие прочности при кручении. Понятие чистого и поперечного изгибов. Правила построения эпюр поперечных сил и изгибающих моментов. Условие прочности при изгибе.

**Раздел 3. Сложное напряженное состояние.** Основы теории напряженного состояния и гипотезы прочности. Тонкостенные сосуды. Определение напряжений по безмоментной теории. Расчет сжатых стержней на устойчивость.

**Раздел 4. Детали машин.** Соединения деталей машин. Валы и оси, их опоры и соединения. Механические передачи.

**Раздел 5. Расчет химического аппарата с механическим перемешивающим устройством.** Выбор конструкционных материалов. Расчет основных геометрических размеров аппарата. Выбор фланцев, привода. Расчет фланцевого соединения. Выбор мешалки. Расчет мешалки на прочность. Расчет шпонки в ступице мешалки. Расчет вала мешалки на виброустойчивость. Расчет вала мешалки на прочность. Выбор и расчет комплектующих элементов. Оформление пояснительной записки. Чертеж общего вида аппарата с видами, разрезами, сечениями и выносными элементами, дающими полное представление об его устройстве и принципе работы. Чертежи сборочных единиц и деталей. Оформление спецификации.

**4 Объем учебной дисциплины.**

Вид учебной работы	Всего	Семестр	
		3	4

	ЗЕ	Акад. ч.	ЗЕ	Акад. ч.	ЗЕ	Акад. ч.
Общая трудоемкость дисциплины	<b>6</b>	<b>216</b>	<b>4</b>	<b>144</b>	<b>2</b>	<b>72</b>
<b>Контактная работа – аудиторные занятия:</b>	<b>2,22</b>	<b>80</b>	<b>1,33</b>	<b>48</b>	<b>0,44</b>	<b>16</b>
<b>в том числе в форме практической подготовки</b>	<b>1,44</b>	<b>52</b>	<b>0,72</b>	<b>26</b>	<b>0,22</b>	<b>8</b>
Лекции	0,89	32	0,89	32		
Практические занятия (ПЗ)	1,33	48	0,89	32	0,44	16
в том числе в форме практической подготовки	1,44	52	0,72	26	0,22	8
<b>Самостоятельная работа</b>	<b>3,78</b>	<b>136</b>	<b>2,22</b>	<b>80</b>	<b>1,56</b>	<b>56</b>
Контактная самостоятельная работа (зачет с оценкой)		0,4		0,4		
Курсовой проект		55,6				55,6
Контактная самостоятельная работа (прием курсового проекта)	3,78	0,4	2,22		1,56	0,4
Расчетно-графические работы		18		18		
Подготовка к контрольным работам		18		18		
Самостоятельное изучение разделов дисциплины		43,6		43,6		
<b>Вид итогового контроля:</b>			<b>Зачет с оценкой</b>		<b>курсовой проект</b>	

Вид учебной работы	Всего		Семестр			
	ЗЕ	Астр. ч.	3		4	
			ЗЕ	Астр. ч.	ЗЕ	Астр. ч.
Общая трудоемкость дисциплины	<b>6</b>	<b>162</b>	<b>4</b>	<b>108</b>	<b>2</b>	<b>54</b>
<b>Контактная работа – аудиторные занятия:</b>	<b>2,22</b>	<b>60</b>	<b>1,33</b>	<b>36</b>	<b>0,44</b>	<b>12</b>
<b>в том числе в форме практической подготовки</b>	<b>1,44</b>	<b>39</b>	<b>0,72</b>	<b>19,5</b>	<b>0,22</b>	<b>6</b>
Лекции	0,89	24	0,89	24		
Практические занятия (ПЗ)	1,33	48	0,89	24	0,44	12
в том числе в форме практической подготовки	1,44	39	0,72	19,5	0,22	6
<b>Самостоятельная работа</b>	<b>3,78</b>	<b>102</b>	<b>2,22</b>	<b>60</b>	<b>1,56</b>	<b>42</b>
Контактная самостоятельная работа (зачет с оценкой)		0,3		0,3		
Курсовой проект		41,7				41,7
Контактная самостоятельная работа (прием курсового проекта)	3,78	0,3	2,22		1,56	0,3
Расчетно-графические работы		13,5		13,5		
Подготовка к контрольным работам		13,5		13,5		
Самостоятельное изучение разделов дисциплины		32,7		29,7		
<b>Вид итогового контроля:</b>			<b>Зачет с оценкой</b>		<b>курсовой проект</b>	

## **Аннотация рабочей программы дисциплины «Процессы и аппараты химической технологии»**

**1. Цель дисциплины** - вместе с дисциплинами общей химической технологии, химическими процессами и реакторами и другими, связать общенаучную и общеинженерную подготовку химиков-технологов, что необходимо при подготовке бакалавров по данному направлению для научно-исследовательской и практической работы на предприятиях.

**2. В результате изучения дисциплины обучающийся должен:**

Обладать следующими универсальными компетенциями и индикаторами их достижения:

**УК-1** - УК-1.1, УК-1.2, УК-1.3, УК-4.

**УК-2** - УК-2.3.

**УК-3** - УК-3.3.

**УК-8** - УК-8.4.

Обладать следующими общепрофессиональными компетенциями и индикаторами их достижения:

**ОПК-2** - ОПК-2.6, ОПК-2.7, ОПК-2.8.

Обладать следующими профессиональными компетенциями и индикаторами их достижения:

**ПК-1** - ПК-1.1, ПК-1.2, ПК-1.3.

**Знать:**

– основы теории переноса импульса, тепла и массы; принципы физического моделирования процессов; основные уравнения движения жидкостей; основы теории теплопередачи; основы теории массопередачи в системах со свободной и неподвижной границей раздела фаз; типовые процессы химической технологии, соответствующие аппараты и методы их расчета;

– методы построения эмпирических и теоретических моделей химико-технологических процессов.

**Уметь:**

– определять характер движения жидкостей и газов; основные характеристики процессов тепло- и массопередачи; рассчитывать параметры и выбирать аппаратуру для конкретного технологического процесса;

– рассчитывать основные характеристики химико-технологического процесса, выбирать рациональную схему.

**Владеть:**

– методами технологических расчетов отдельных узлов и деталей химического оборудования;

– навыками проектирования типовых аппаратов химической промышленности;

– методами определения рациональных технологических режимов работы оборудования.

**3. Краткое содержание дисциплины.**

**Раздел 1. Гидродинамические процессы и аппараты химической технологии.**

**1.1. Введение в дисциплину. Основные понятия и определения.**

Предмет дисциплины «Процессы и аппараты химической технологии». Классификация процессов. Непрерывные и периодические, стационарные и нестационарные процессы.

Основные закономерности процессов и общие принципы расчета аппаратов химической технологии.

Жидкости и газы. Классификация жидкостей. Идеальная жидкость. Капельные и упругие жидкости. Силы, действующие в жидкости: массовые и поверхностные. Напряжения в жидкостях и газах (тангенциальные и нормальные). Свойства жидкостей.

Модель непрерывной среды. Понятие физического элементарного объема.

**1.2. Основы теории переноса.**

Основы теории явлений переноса: анализ механизмов, моделирования и разработки обобщенных методов расчета гидромеханических, тепловых и массообменных процессов и аппаратов. Феноменологические законы переноса импульса, массы и энергии. Молекулярный и конвективный перенос. Общие закономерности гидродинамики, теплопередачи и массопередачи. Взаимосвязь этих процессов в промышленной аппаратуре. Роль явлений переноса при химических превращениях.

Материальные и энергетические (тепловые) балансы; определение массовых потоков и энергетических затрат. Условия равновесия и определение направления процессов переноса. Общий вид уравнений скорости процессов; движущие силы и кинетические коэффициенты. Лимитирующие стадии.

### 1.3. Гидростатика.

Дифференциальные уравнения равновесия Эйлера. Покоящаяся жидкость под действием силы тяжести. Основное уравнение гидростатики. Практические приложения основного уравнения гидростатики.

### 1.4. Гидродинамика.

Баланс сил при движении вязкой несжимаемой жидкости. Уравнение неразрывности (сплошности) потока. Уравнение Навье-Стокса и его физический смысл.

Подобное преобразование уравнения Навье-Стокса. Безразмерные переменные - критерии гидродинамического подобия (Эйлера, Рейнольдса, Фруда, гомохронности), их физический смысл; параметрические критерии. Критериальное уравнение движения вязкой жидкости.

Уравнение движения Эйлера. Энергетический баланс стационарного движения идеальной жидкости. Уравнение Бернулли для идеальной и реальной жидкости. Его практические приложения (истечение жидкостей, трубка Пито-Прандтля). Принципы измерения скоростей и расходов жидкости дроссельными приборами и пневмометрическими трубками. Определение расходов при истечении жидкостей через отверстия или насадки.

Гидродинамические режимы движения жидкостей: ламинарный и турбулентный.

Число Рейнольдса и его критические значения. Механизмы ламинарного и турбулентного течений. Понятие турбулентности. Представления о гидродинамическом пограничном слое при течении по трубам и каналам и при обтекании тел.

Расчет диаметра трубопроводов и аппаратов; выбор скоростей потоков и оптимального диаметра трубопроводов.

Распределение скоростей по радиусу трубы постоянного сечения при ламинарном стационарном течении.

Течение в трубах и каналах. Определяющий поперечный размер потока в каналах произвольной формы: гидравлический радиус, эквивалентный диаметр.

Гидравлическое сопротивление при течении жидкостей и газов. Расчет потерь на трение (уравнение Дарси-Вейсбаха) и на местные сопротивления. Соотношения и номограммы для расчета коэффициента трения. Зависимости между расходом и перепадом давления. Расчет напора для перемещения жидкостей через систему трубопроводов и аппаратов.

### 1.5. Перемещение жидкостей.

Перемещение жидкостей с помощью машин, повышающих давление. Объемные (поршневые, ротационные и др.) и динамические (центробежные, осевые и др.) насосы. Основные параметры работы гидравлических машин: производительность, напор, мощность, КПД.

Расчет напора и потребляемой мощности; подбор двигателя к насосу. Определение допустимой высоты всасывания. Явление кавитации и его предотвращение.

Особенности работы, сопоставление и области применения основных типов насосов - центробежных, поршневых (плунжерных) и др. Связь напора, мощности и КПД с производительностью (характеристики насосов). Работа насосов на сеть и их выбор; регулирование производительности.

## **Раздел 2. Тепловые процессы и аппараты химической технологии.**

### 2.1. Основные понятия и определения в теплопередаче.

Основные тепловые процессы в химической технологии: нагревание и охлаждение, конденсация паров и испарение жидкостей.

Стационарный и нестационарный перенос теплоты. Температурное поле, градиент температуры и тепловой поток; теплопередача и теплоотдача. Температуропроводность – теплоинерционные свойства среды.

### 2.2. Перенос энергии в форме теплоты.

Тепловой баланс как частный случай энергетического баланса. Определение тепловой нагрузки аппарата при изменении и без изменения агрегатного состояния. Расход теплоносителей.

Дифференциальное уравнение переноса энергии в форме теплоты, уравнение Фурье-Кирхгофа и теплопроводности.

Стационарный перенос теплоты через плоские и цилиндрические стенки. Сочетание механизмов переноса теплоты (теплопроводности, конвекции, излучения).

Конвективный перенос теплоты. Безразмерные переменные – числа Нуссельта, Пекле, Прандтля, Грасгофа, Фурье. Расчет коэффициентов теплоотдачи при вынужденной и естественной конвекции.

Теплообмен при изменении агрегатного состояния. Конденсация паров. Формула Нуссельта. Теплообмен при кипении.

Радиантный теплоперенос. Взаимное излучение тел. Радиантно-конвективный перенос теплоты. Расчет потерь теплоты аппаратами в окружающую среду и тепловой изоляции. Основное уравнение теплопередачи.

### 2.3. Теплопередача в поверхностных теплообменниках.

Теплопередача в поверхностных теплообменниках. Аддитивность термических сопротивлений. Средняя движущая сила теплопередачи. Определение средней движущей силы в аппаратах различных конструкций. Взаимное направление движения теплоносителей. Расчет поверхности теплообменников.

Способы подвода и отвода теплоты в химической технологии. Требования, предъявляемые к теплоносителям. Обогрев водяным паром, высокотемпературными органическими теплоносителями, топочными газами. Способы электрообогрева. Отвод теплоты водой, воздухом и низкотемпературными теплоносителями.

Теплообменные аппараты; их классификация. Основные типы поверхностных теплообменников (трубчатые, пластинчатые, аппараты с перемешивающими устройствами и т.д.) Смесительные теплообменники: градирни, конденсаторы смешения. Выбор оптимальных конструкций и условий эксплуатации теплообменных аппаратов. Основные тенденции совершенствования теплообменных аппаратов.

## **Раздел 3. Процессы и аппараты разделения гомогенных систем (основные массообменные процессы).**

### 3.1. Основные понятия и определения в массопередаче.

Классификация процессов массообмена. Основные понятия и определения. Процессы со свободной и фиксированной границей раздела фаз и с разделяющей фазы перегородкой (мембраной). Носители и распределяемые вещества. Способы выражения состава фаз.

Физико-химические основы массообменных процессов. Равновесные условия и определение направления переноса вещества из фазы в фазу. Коэффициенты распределения. Понятие о массопередаче и массоотдаче.

Концентрационное поле, градиент концентрации, общий и удельный поток массы. Молекулярная диффузия в жидкостях, газах (парах) и твердых телах.

### 3.2. Механизмы переноса массы.

Уравнение неразрывности для двухкомпонентной системы.

Дифференциальное уравнение конвективного переноса массы в бинарных средах.

Диффузионный пограничный слой; профили концентраций и скоростей в потоках.

Коэффициенты массоотдачи. Основные модельные представления о механизме массоотдачи.

Моделирование конвективного массообмена. Числа Нуссельта, Пекле, Прандтля, Фурье и др., их физический смысл, аналогии с тепловым подобием применительно к газам и жидкостям. Расчет коэффициентов массоотдачи в аппаратах различных типов по уравнениям с безразмерными переменными.

Массопередача. Основное уравнение массопередачи. Соотношение между коэффициентами массопередачи и массоотдачи, аддитивность диффузионных сопротивлений. Интенсификация массопередачи путем воздействия на лимитирующую стадию.

Влияние условий (температуры, давления, концентраций) на направление массопереноса на примерах абсорбции; принципы выбора абсорбентов.

### 3.3. Фазовое равновесие.

Материальный баланс непрерывного установившегося процесса при различных способах выражения составов фаз и их расходов; уравнения рабочих линий.

Пределные концентрации распределяемого компонента в отдающей и извлекающей фазах для противоточных процессов. Максимально возможная степень извлечения, минимальный и оптимальный расходы извлекающей фазы.

#### 3.4. Методы расчёта размеров массообменных колонных аппаратов.

Расчет поперечного сечения (диаметра) колонны; предельно допустимая и экономически оптимальная скорости сплошной фазы.

Рациональный выбор взаимного направления движения фаз и организации потоков в массообменных аппаратах. Расчет массообменных процессов и аппаратов для систем с одним распределяемым компонентом. Основы расчета высоты массообменных аппаратов с непрерывным и ступенчатым контактом фаз. Два основных метода расчета: на основе коэффициентов массопередачи и на основе понятия теоретической ступени разделения. Понятие числа единиц переноса и высоты единицы переноса. Фактор массопередачи. Средняя движущая сила массопередачи. Влияние продольного перемешивания на среднюю движущую силу массопередачи. Процедура расчета, основанная на объемных коэффициентах массопередачи. Графический и аналитический методы расчета.

Расчет высоты массообменных аппаратов со ступенчатым контактом фаз. Эффективность ступени по Мэрфри. Связь числа единиц переноса и локального КПД ступени по Мэрфри. Численный расчет «от ступени к ступени» и его графическая интерпретация с использованием «кинетической линии». Учет структуры потоков и КПД тарелки. Особенности расчета тарельчатых колонн на основе понятия теоретической тарелки. Число действительных и теоретических тарелок. Эффективность тарелки.

Рациональный выбор взаимного направления движения фаз и организации потоков в массообменных аппаратах.

#### 3.5. Абсорбция.

Общие принципы устройства и классификация аппаратов для массообменных процессов в системах "газ(пар)-жидкость". Особенности конструкций абсорберов.

Основные типы и области применения абсорберов: насадочные и тарельчатые колонны, аппараты со сплошным и секционированным барботажным слоем, аппараты с диспергированием жидкости.

Схемы абсорбционно-десорбционных установок с выделением извлеченного компонента и регенерацией абсорбента (десорбцией при повышенной температуре, понижением давления, отдувкой инертным носителем).

#### 3.6. Дистилляция. Ректификация.

Разделение дистилляцией жидких гомогенных смесей и сжиженных газов; области применения и особенности проведения процессов при различном давлении.

Парожидкостное равновесие для систем с полной и ограниченной взаимной растворимостью и его влияние на возможность разделения компонентов дистилляционными методами. Расчет равновесия для идеальных бинарных смесей.

Простая и фракционная перегонка; перегонка с дефлегмацией. Материальный баланс, расчет выхода продукта и его среднего состава при перегонке бинарных смесей. Схемы установок. Тепловые балансы и расчет расходов теплоносителей для этих процессов.

Ректификация. Физико-химические основы и особенности условий проведения процессов. Схемы установок для непрерывной и периодической ректификации бинарных смесей. Особенности устройства аппаратов (насадочных и тарельчатых колонн) и выбора режимов их работы при ректификации (по сравнению с абсорбцией). Особенности устройства и варианты работы испарителей и дефлегматоров.

Моделирование и расчет процессов и аппаратов при непрерывной ректификации бинарных систем. Основы численного и графоаналитического методов. Материальный баланс. Рабочие линии. Определение минимального и рабочего флегмового числа. Тепловой баланс и расчет расходов теплоносителей. Принципы технико-экономической оптимизации при расчете рабочего флегмового числа, размеров аппаратуры и энергетических затрат. Основы расчета тарельчатых и насадочных ректификационных колонн.

**Раздел 4. Процессы и аппараты разделения гетерогенных систем (основные гидромеханические процессы).**

#### 4.1. Разделение гетерогенных систем. Основные понятия и методы.

Классификация жидких и газовых гетерогенных систем: суспензии, эмульсии, пены, пыли, туманы. Материальный баланс процессов разделения гетерогенных систем.

Оценка эффективности и выбор оптимальных процессов и аппаратов для разделения гетерогенных смесей.

#### 4.2. Основы теории осаждения.

Разделение жидких и газовых систем в поле сил тяжести. Расчет скоростей свободного и стесненного осаждения твердых частиц шарообразной и отличных от нее форм в поле силы тяжести.

Процессы отстаивания и устройство аппаратов разделения суспензий, эмульсий и пылей. Расчет поверхности осаждения и производительности отстойников. Устройство и действие циклонов (простых и батарейных), гидроциклонов.

#### 4.3. Течение жидкости через неподвижные зернистые и псевдоожиженные слои.

Значение гидродинамики зернистых слоев в процессах фильтрования, тепло- и массообмена, гетерогенного катализа и др. Основные характеристики этих слоев: дисперсность, удельная поверхность, порозность, эквивалентный диаметр каналов. Расчет гидравлического сопротивления слоя. Гидравлическое сопротивление слоев насадок промышленных массо- и теплообменных аппаратов.

Режимы течения потоков в насадочных колоннах. Гидравлическое сопротивление, явления подвисания, захлебывания и инверсии фаз и расчет соответствующих скоростей.

Гидродинамика псевдоожиженных (кипящих) слоев. Область применения псевдоожижения. Основные характеристики псевдоожиженного состояния. Гидравлическое сопротивление. Расчет скоростей псевдоожижения и свободного витания, высоты псевдоожиженного слоя. Однородное и неоднородное псевдоожижение. Особенности псевдоожижения полидисперсных слоев. Пневмо- и гидротранспорт зернистых твердых материалов.

#### 4.4. Фильтрование суспензий и очистка газов от пылей.

Специфика поведения осадков как зернистых слоев: сжимаемые и несжимаемые осадки. Виды фильтровальных перегородок. Факторы, влияющие на скорость фильтрования. Фильтрование при постоянной скорости фильтрования. Экспериментальное определение констант уравнения фильтрования. Классификация и устройство основных типов непрерывно и периодически работающих фильтров и фильтрующих центрифуг.

### 4. Объем учебной дисциплины.

Вид учебной работы	Всего		Семестр			
			5		6	
	ЗЕ	Акад. ч.	ЗЕ	Акад. ч.	ЗЕ	Акад. ч.
Общая трудоемкость дисциплины	12	432	6	216	6	216
<b>Контактная работа - аудиторные занятия</b>	<b>4,5</b>	<b>160</b>	<b>1,8</b>	<b>64</b>	<b>2,7</b>	<b>96</b>
Лекции	1,8	64	0,9	32	0,9	32
Лабораторные работы (ЛР)	0,9	32	-	-	0,9	32
Практические занятия (ПЗ)	1,8	64	0,9	32	0,9	32
<b>Самостоятельная работа</b>	<b>5,5</b>	<b>200</b>	<b>3,2</b>	<b>116</b>	<b>2,3</b>	<b>84</b>
Самостоятельное изучение разделов дисциплины	5,5	200	3,2	116	2,3	84
<b>Виды контроля:</b>						
<b>Экзамен</b>	<b>2,0</b>	<b>72</b>	<b>1,0</b>	<b>36</b>	<b>1,0</b>	<b>36</b>
Контактная работа - промежуточная аттестация	2,0	0,8	0,01	0,4	0,01	0,4
Подготовка к экзамену		71,2	0,99	35,6	0,99	35,6
<b>Вид итогового контроля:</b>			<b>Экзамен</b>		<b>Экзамен</b>	

Вид учебной работы	Всего	Семестр	
		5	6

	ЗЕ	Астр. ч.	ЗЕ	Астр. ч.	ЗЕ	Астр. ч.
Общая трудоемкость дисциплины	12	324	6	162	6	162
<b>Контактная работа - аудиторные занятия</b>	<b>4,5</b>	<b>120</b>	<b>1,8</b>	<b>48</b>	<b>2,7</b>	<b>72</b>
Лекции	1,8	48	0,9	24	0,9	24
Лабораторные работы (ЛР)	0,9	24	-	-	0,9	24
Практические занятия (ПЗ)	1,8	48	0,9	24	0,9	24
<b>Самостоятельная работа</b>	<b>5,5</b>	<b>150</b>	<b>3,2</b>	<b>87</b>	<b>2,3</b>	<b>63</b>
Самостоятельное изучение разделов дисциплины	5,5	150	3,2	87	2,3	63
<b>Виды контроля:</b>						
<b>Экзамен</b>	<b>2,0</b>	<b>54</b>	<b>1,0</b>	<b>27</b>	<b>1,0</b>	<b>27</b>
Контактная работа - промежуточная аттестация	2,0	0,6	0,01	0,3	0,01	0,3
Подготовка к экзамену		53,4	0,99	26,7	0,99	26,7
<b>Вид итогового контроля:</b>				<b>Экзамен</b>	<b>Экзамен</b>	

### Аннотация рабочей программы дисциплины «Общая химическая технология»

**1. Цель дисциплины** – формирование знаний в области реализации химико-технологических процессов с учетом физико-химических особенностей протекающих реакций, выбора оптимальных условий реализуемых процессов, выбора эффективных реакторов, приобретения навыков в составлении материальных и тепловых балансов, в расчете процессов и реакторов на основе математического моделирования, получения знаний в области разработки энергосберегающих химико-технологических систем (ХТС), безотходных и малоотходных технологий на примере современных производств.

#### **2. В результате изучения дисциплины обучающийся должен:**

*Обладать* следующими компетенциями и индикаторами их достижения:  
ПК-1.4, ПК-1.5, ПК-1.6.

*Знать:*

- основы теории химических процессов и реакторов;
- методологию исследования взаимодействия химических превращений и явлений переноса на всех масштабных уровнях;
- методику выбора реактора и расчёта процесса в нем;
- основные реакционные процессы и реакторы химической и биотехнологии;
- основные принципы организации химического производства, его иерархическую структуру, методы оценки эффективности производства;
- основные химические производства.

*Уметь:*

- рассчитать основные характеристики химического процесса;
- выбрать рациональную схему производства заданного продукта;
- оценить технологическую эффективность производства;
- выбрать эффективный тип реактора;
- провести расчет технологических параметров для заданного процесса;
- определить параметры наилучшей организации процесса в химическом реакторе.

*Владеть:*

- методами анализа эффективности работы химических производств;



- методами расчета и анализа процессов в химических реакторах, определения технологических показателей;
- методами выбора химических реакторов.

### **3. Краткое содержание дисциплины:**

#### **Раздел 1. Химическая технология и химическое производство.**

##### **1.1. Основные определения и положения.**

Химическая технология. Объект химической технологии. Межотраслевой характер химической технологии. Развитие химических производств и химической технологии. Место химической технологии в промышленной сфере и методов химической технологии в нехимических отраслях промышленности. Системный анализ сложных схем и взаимодействий элементов схемы – понятие и содержание метода. Физическое и математическое моделирование, определение и основные понятия, их место в инженерно-химических исследованиях и разработках. Место и значение натурального и вычислительного эксперимента. Содержание и задачи учебного курса.

##### **1.2. Химическое производство.**

Понятие о химическом производстве. Многофункциональность химического производства. Общая структура химического производства. Основные подсистемы химического производства. Основные технологические компоненты химического производства.

Качественные и количественные показатели химического производства: технологические, экономические, эксплуатационные, социальные.

##### **1.3. Сырьевые ресурсы, вода и энергия в химическом производстве.**

Классификация сырьевых ресурсов по различным признакам – фазовому состоянию, происхождению, источникам. Минеральное сырье (руды и полезные ископаемые), органическое природное сырье (горючие ископаемые), растительное и животное сырье, вторичное сырье – их использование и пути переработки. Основные способы первичной обработки сырья (обогащение, очистка, подготовка к транспортировке и переработке). Понятие, сущность и примеры углубления использования сырья, комбинирования производств и комплексной переработки сырья.

Значение и использование воды в химических производствах. Источники воды. Требования к технологической и бытовой воде. Промышленная подготовка воды и методы ее очистки от примесей. Основные методы контроля качества воды. Экономия водопотребления в производстве. Водооборотные системы.

Виды и источники энергии в химической промышленности. Масштабы потребления и способы уменьшения энергетических затрат. Сущность и примеры регенерации и рекуперации энергии. Энерготехнологические системы. Вторичные энергетические ресурсы.

#### **Раздел 2. Теоретические основы химических процессов и реакторов.**

##### **2.1. Основные определения и положения.**

Физико-химические закономерности химических превращений – стехиометрические, термодинамические, кинетические. Показатели химического превращения – степень превращения, выход продукта, интегральная и дифференциальная селективности, скорости реакции и превращения реагентов.

##### **2.2. Химические процессы.**

Определение. Классификация химических процессов по различным признакам – химическим (вид химической реакции, термодинамические характеристики, схема превращений) и фазовым (число и агрегатное состояние фаз).

Гомогенный химический процесс. Определение и примеры. Влияние химических признаков и условий протекания процесса на его показатели. Способы интенсификации. Понятие оптимальных температур. Оптимальные температуры для обратимых и необратимых экзо- и эндотермических реакций.

Гетерогенный (некаталитический) химический процесс. Определение и примеры. Структура процесса и его составляющие (стадии). Наблюдаемая скорость химического превращения. Области (режимы) протекания процесса, лимитирующая стадия.

Гетерогенный химический процесс "газ (жидкость) - твердое". Обоснование, построение и анализ математической модели для реакций горения (модель "сжимающаяся сфера") и

топохимической (модель "с невзаимодействующим ядром"). Наблюдаемая скорость превращения, время превращения и пути интенсификации для различных областей протекания процесса.

Гетерогенный химический процесс "газ (жидкость) - жидкость". Обоснование, построение и анализ математической модели. Наблюдаемая скорость превращения и области протекания процесса. Пути интенсификации для различных режимов процесса.

Каталитический процесс. Определение, классификация, примеры. Гетерогенный катализ на твердом катализаторе. Обоснование, построение и анализ математической модели на каталитической поверхности и в пористом зерне катализатора. Наблюдаемая скорость превращения и области протекания процесса. Степень использования внутренней поверхности. Пути интенсификации каталитических процессов.

### **2.3. Химические реакторы.**

Определение и назначение химического реактора. Реакторы в химических и нехимических отраслях промышленности. Обзор типов химических реакторов, их структурные элементы (реакционная зона, устройства ввода и вывода, смешения, разделения и распределения потоков, теплообменные элементы), основные процессы и явления в них.

Систематизация процессов в химическом реакторе по масштабу их протекания: химическая реакция, химический процесс в элементарном объеме, процессы в реакционном элементе и в реакторе в целом, их взаимосвязь и иерархическая структура математической модели процесса в реакторе. Примеры процессов в различных видах химических реакторов.

Классификация процессов в реакторах по различным признакам - вид химического процесса, организация потоков реагентов (схема движения реагентов через реактор, структура потоков в реакционной зоне), организация тепловых потоков (тепловой режим, схема теплообмена), стационарность процесса.

Обоснование и построение математической модели процесса в реакторах различного типа как системы уравнений материального и теплового балансов на основе данных о структуре потока, химических превращениях, явлениях переноса тепла и вещества и их взаимодействии. Систематизация и классификация математических моделей процессов в реакторах.

Изотермические процессы в химическом реакторе. Влияние структуры потока (идеальное смешение и вытеснение), стационарности процесса (проточный и периодический), параметров и условий протекания процесса (температура, концентрация, давление, объем реакционной зоны, время), вида химической реакции (простая и сложная, обратимая и необратимая) и ее параметров на профили концентраций и показатели процесса в реакторе (степень превращения, выход продукта, селективность процесса). Основы расчета процесса в реакторе. Сопоставление эффективности процессов в реакторах, описываемых моделями идеального смешения и вытеснения.

Неизотермические процессы в химических реакторах. Организация тепловых потоков и режимов в химических реакторах. Распределение температуры, концентраций и степени превращения в реакторе в режимах идеального смешения и вытеснения, адиабатическом и с теплообменом. Связь температуры и степени превращения в адиабатическом процессе. Сопоставление с изотермическим режимом. Число и устойчивость стационарных режимов в реакторах идеального смешения.

### **2.4. Промышленные химические реакторы.**

На конкретных примерах предметно рассматриваются промышленные реакторы для проведения гомогенных, гетерогенных и каталитических процессов – типы реакторов, конструктивные характеристики и особенности режима, области использования.

## **Раздел 3. Химическое производство, как химико-технологическая система.**

### **3.1. Структура и описание химико-технологической системы.**

Химическое производство как химико-технологическая система (ХТС). Понятие системы и ХТС. Состав ХТС: элементы, связи, подсистемы. Элементы ХТС, классификация по виду процессов и назначению. Технологические связи элементов ХТС (потоки). Последовательная, параллельная, разветвленная, последовательно-обводная (байпас), обратная (рецикл) технологические связи. Их схемы и назначение.

Описание ХТС. Виды моделей ХТС - описательные и графические. Описательные модели - химическая схема и математическая модель. Графические модели - функциональная,

технологическая, структурная и другие (специальные) схемы. Назначение, применение и взаимосвязь моделей.

### 3.2. Анализ ХТС.

Понятие, задачи и результаты анализа ХТС - состояние ХТС, материальный и тепловой балансы, показатели химического производства.

Свойства ХТС как системы: взаимосвязанность режимов элементов, различие оптимальности элемента одиночного и в системе, устойчивость и существование стационарных режимов и др.

Материальный и тепловой балансы. Методика составления и расчета материальных и тепловых балансов ХТС и ее подсистем. Особенности расчета балансов в схемах с рециклом. Формы представления балансов (таблицы, диаграммы и др.).

Материальный баланс для массообменных и реакционных элементов. Использование стехиометрических, термодинамических и межфазных балансовых соотношений. Степень использования сырьевых ресурсов.

Энтальпийный, энергетический (по полной энергии) и эксергетический балансы и КПД. Их сопоставление и использование в анализе ХТС.

### 3.3. Синтез ХТС.

Понятие и задачи синтеза ХТС. Основные этапы разработки ХТС. Роль математических и эвристических методов.

Основные концепции при синтезе ХТС: полное использование сырьевых и энергетических ресурсов, минимизация отходов, оптимальное использование аппаратуры. Их содержание и способы реализации. Комбинированные производства, совмещенные процессы, вторичные энергетические ресурсы, энерготехнологические системы, перестраиваемые ХТС, замкнутые, малоотходные производства - их понятия, особенности и применение.

Однородные технологические схемы: система рекуперативного теплообмена, система разделения многокомпонентной смеси, система реакторов. Основы построения их оптимальной структуры

## Раздел 4. Промышленные химические производства.

Химические производства рассматриваются предметно как реализация изученных теоретических основ химико-технологических процессов и ХТС, концепций построения высокоэффективной ХТС. Основной акцент делается на физико-химические основы концепции построения технологической схемы производства и его подсистем. Производство серной кислоты. Производство аммиака. Производство азотной кислоты. Производство стирола.

## Раздел 5. Современные тенденции в развитии химической технологии.

Текущее состояние химической промышленности в мире и тенденции ее развития. Перспективные источники сырья и энергии. Кластеризация химической промышленности. Совмещенные процессы. Гибкие и перестраиваемые технологические схемы. Новые химико-технологические процессы и способы получения продуктов. Нанотехнология.

## 4. Объем учебной дисциплины:

Вид учебной работы	Объем дисциплины		
	ЗЕ	Акад. ч.	Астр. ч.
<b>Общая трудоемкость дисциплины</b>	<b>7</b>	<b>252</b>	<b>189</b>
<b>Контактная работа – аудиторные занятия:</b>	<b>2,67</b>	<b>96</b>	<b>72</b>
Лекции	0,89	32	24
Практические занятия (ПЗ)	0,89	32	24
Лабораторные работы (ЛР)	0,89	32	24
<b>Самостоятельная работа</b>	<b>3,33</b>	<b>120</b>	<b>90</b>
Самостоятельное изучение разделов дисциплины	3,33	120	90
<b>Вид контроля:</b>			
Экзамен	1	36	27

Контактная работа – промежуточная аттестация	1	0,4	0,3
Подготовка к экзамену		35,6	26,7
<b>Вид итогового контроля</b>	<b>экзамен</b>		

## Аннотация рабочей программы дисциплины «Системы управления химико-технологическими процессами»

**1. Цель дисциплины** – дать базовые знания по теории систем управления химико-технологическими процессами (СУ ХТП), привить навыки и умения анализа свойств ХТП, как объектов управления и практического применения технических средств управления.

### **2. В результате изучения дисциплины обучающийся должен:**

*Обладать* следующими компетенциями и индикаторами их достижения:  
ПК-1.7, ПК-1.8, ПК-1.9.

*Знать:*

- основные понятия теории управления;
- статические и динамические характеристики объектов управления;
- основные виды систем автоматического управления (САУ) и законы регулирования;
- типовые САУ в химической промышленности;
- методы и средства измерения основных технологических параметров;
- устойчивость САУ;
- основные понятия о нелинейных САУ, релейных системах, логических алгоритмах управления, адаптивных и оптимальных системах управления.

*Уметь:*

- определять основные статические и динамические характеристики объектов управления;
- выбирать рациональную систему регулирования технологического процесса;
- оценивать устойчивость САУ;
- выбирать конкретные типы приборов для диагностики ХТП.

*Владеть:*

- методами теории автоматического регулирования, организации и расчёта систем оптимального управления процессами химической технологии.

### **3. Краткое содержание дисциплины:**

#### **Раздел 1. Основные понятия управления химико-технологическими процессами.**

Значение автоматического управления для развития химической промышленности. Особенности управления химическим предприятием и химико-технологическим процессом. Технико-экономический эффект внедрения автоматизированных систем управления. Роль систем управления в обеспечении безопасности химического производства и охраны окружающей среды. Основные термины и определения. Иерархия управления. Основные принципы управления. Классификация систем управления. Функциональная структура САУ. Показатели качества управления.

#### **Раздел 2. Основы теории автоматического управления.**

Математические модели САУ. Динамические характеристики САУ. Использование операционного исчисления для анализа САУ. Типовые динамические звенья. Временные и частотные характеристики. Эквивалентные преобразования структурных схем. Устойчивость линейных САУ с обратной связью. Классификация и основные свойства объектов управления. Методы определения свойств объектов управления. Основные законы регулирования. Выбор закона регулирования и определение оптимальных параметров настройки промышленных регуляторов.

#### **Раздел 3. Измерение технологических параметров химико-технологического процесса.**

Государственная система промышленных приборов и средств автоматизации. Основные термины и определения метрологии. Методы измерений. Средства измерительной техники, их статические и динамические свойства. Погрешности измерений. Способы передачи информации на

расстояние. Организация дистанционной диагностики ХТП. Измерение основных технологических параметров: давления, температуры, расхода и количества, уровня жидкости и сыпучих материалов, состава и физико-химических свойств веществ.

#### **Раздел 4. Основы проектирования автоматических систем управления химико-технологическими процессами.**

Особенности управления ХТП. Технические средства САУ. Основные разновидности управляющих устройств. Типы, характеристики и расчёт исполнительных механизмов и регулирующих органов. Оформление проектного задания на автоматизацию технологического процесса. Выбор точек измерения, контроля, управляемых параметров и управляющих воздействий. Стандарты и условные обозначения для технологических схем. Основные сведения об АСУ ТП в химической промышленности. Примеры АСУ ТП в химической промышленности. Основные выводы по курсу. Современные тенденции в развитии СУ ХТП.

#### **4. Объём учебной дисциплины:**

Вид учебной работы	Объём дисциплины		
	ЗЕ	Акад. ч.	Астр. ч.
<b>Общая трудоемкость дисциплины</b>	<b>5</b>	<b>180</b>	<b>135</b>
<b>Контактная работа – аудиторные занятия:</b>	<b>1,33</b>	<b>48</b>	<b>36</b>
Лекции	0,433	16	12
Практические занятия (ПЗ)	0,433	16	12
Лабораторные работы (ЛР)	0,433	16	12
<b>Самостоятельная работа</b>	<b>2,67</b>	<b>96</b>	<b>72</b>
Самостоятельное изучение разделов дисциплины	2,67	96	72
<b>Вид контроля:</b>			
<b>Экзамен</b>	<b>1</b>	<b>36</b>	<b>27</b>
Контактная работа – промежуточная аттестация	1	0,4	0,3
Подготовка к экзамену		35,6	26,7
<b>Вид итогового контроля</b>	<b>экзамен</b>		

#### **Аннотация рабочей программы дисциплины «Моделирование энерго- и ресурсосберегающих процессов»**

**1 Цель дисциплины** – обучить студентов практическому использованию метода математического моделирования энерго- и ресурсосберегающих процессов в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии.

#### **2 В результате изучения дисциплины обучающийся должен:**

*Обладать* следующими компетенциями и индикаторами их достижения:

ОПК-2.1; ОПК-2.2; ОПК-2.3; ОПК-2.6; ОПК-2.9; ПК-3.1; ПК-3.2; ПК-3.3

*Знать:*

определение, структуру и блочный принцип построения математических моделей; этапы математического моделирования; взаимосвязь физического и математического моделирования; математические модели процессов абсорбции, ректификации, экстракции, сушки, теплообмена, кристаллизации, алгоритмы расчета вышеуказанных процессов.

*Уметь:*

решать задачи составления математического описания, выбирать метод решения сформулированной системы уравнений, устанавливать адекватность математической модели объекту исследования, решать задачи оптимизации и проектирования вышеперечисленных химико-технологических процессов.

*Владеть:*

аналитическим, эмпирическим и эмпирико-аналитическим методами составления математического описания; методами идентификации параметров математических моделей; алгоритмами расчета основных тепло-, массообменных процессов в проверочной и проектной постановках задачи.

### 3 Краткое содержание дисциплины

#### Введение

#### Раздел 1. Принципы построения математических моделей и этапы математического моделирования

1.1 Структура математического описания процессов химической технологии. Этапы математического моделирования.

1.2 Блочный принцип построения математических моделей химико-технологических процессов.

1.3 Нейросетевое моделирование.

#### Раздел 2. Параметрическая идентификация моделей химико-технологических процессов.

2.1 Метод моментов.

2.2 Применение метода максимального правдоподобия.

#### Раздел 3. Описание структуры потоков в аппарате на основе модельных представлений движения потока.

3.1 Эмпирические методы установления структуры потоков.

3.2 Представление моделей в форме дифференциальных уравнений и передаточных функций.

3.3 Примеры применения метода моментов для оценки параметров моделей структуры потоков.

#### Раздел 4. Постановка и решение задач расчета фазовых равновесий в многокомпонентных системах.

4.1 Постановка задач и расчет равновесий в системе жидкость – газ, жидкость – пар.

4.2 Постановка задач и расчет равновесий в системе жидкость – жидкость.

#### Раздел 5. Расчет потоков в двухфазных многокомпонентных системах на основе модельных представлений массопереноса.

Многокомпонентный массоперенос в однофазной среде. Прямые и перекрестные эффекты. Модели проникновения и обновления поверхности раздела для массопереноса в двухфазных средах. Выражение потоков в многокомпонентной двухфазной среде через матрицу коэффициентов массопередачи.

#### Раздел 6. Модели и алгоритмы расчета типовых процессов химической технологии.

6.1 Модели и алгоритмы расчета процесса абсорбции.

6.2 Модели и алгоритмы расчета процесса многокомпонентной ректификации.

6.3 Модели и алгоритмы расчета процесса экстракции.

6.4 Модели и алгоритмы расчета процесса адсорбции.

6.5 Модели и алгоритмы расчета процесса сушки в псевдооживленном слое.

6.6 Модели и алгоритмы расчета процесса массовой кристаллизации из растворов.

6.7 Модели и алгоритмы расчета совмещенных и биотехнологических процессов.

#### Заключение

### 4 Объем учебной дисциплины

Вид учебной работы	Объем дисциплины		
	ЗЕ	Акад. ч.	Астр. ч.
<b>Общая трудоемкость дисциплины</b>	<b>4</b>	<b>144</b>	<b>108</b>
<b>Контактная работа – аудиторные занятия:</b>	<b>1,33</b>	<b>48</b>	<b>24</b>
Лекции	0,89	32	12
Практические занятия (ПЗ)	0,44	16	12
Лабораторные работы (ЛР)	-	-	-
<b>Самостоятельная работа</b>	<b>2,67</b>	<b>96</b>	<b>72</b>
Контактная самостоятельная работа	2,67	0,4	0,3
Самостоятельное изучение разделов дисциплины		95,6	71,7

**Аннотация рабочей программы дисциплины****«Физическая культура и спорт»**

**1 Цель дисциплины** – формирование мировоззрения и культуры личности, гражданской позиции, нравственных качеств, чувства ответственности, самостоятельности в принятии решений, способности использовать разнообразные формы физической культуры, спорта и туризма для сохранения и укрепления своего здоровья и здоровья своих близких в повседневной жизни и профессиональной деятельности.

**2 В результате изучения дисциплины обучающийся должен:**

*Обладать* следующими компетенциями и индикаторами их достижения:

*УК-7.1, 7.2, 7.3, 7.4*

*Знать:*

- научно-практические основы физической культуры и здорового образа жизни;
- влияние оздоровительных систем физического воспитания на укрепление здоровья, профилактику профессиональных заболеваний и вредных привычек;
- способы контроля и оценки физического развития и физической подготовленности;
- правила и способы планирования индивидуальных занятий различной целевой направленности;
- историю физической культуры и спорта, представление о значимых спортивных событиях не только своей страны, но и мирового уровня, важнейшие достижения в области спорта;
- спортивные традиции РХТУ им. Д.И. Менделеева, помнить о подвигах спортсменов в годы Великой отечественной войны 1941-1945 гг.

*Уметь:*

- поддерживать должный уровень физической подготовленности для обеспечения полноценной социальной и профессиональной деятельности;
- использовать основы физической культуры для осознанного выбора здоровьесберегающих технологий с учетом внешних и внутренних условий реализации профессиональной деятельности;
- самостоятельно заниматься физической культурой и спортом;
- осуществлять самоконтроль за состоянием своего организма и соблюдать правила гигиены и техники безопасности.

*Владеть:*

- средствами и методами укрепления здоровья, физического самосовершенствования;
- должным уровнем физической подготовленности, для обеспечения полноценной социальной и профессиональной деятельности.

**3 Краткое содержание дисциплины**

*Раздел 1. Предмет Физическая культура и спорт. История ФКиС*

1.1. ПРЕДМЕТ ФИЗИЧЕСКАЯ КУЛЬТУРА И СПОРТ. Задачи и место дисциплины в подготовке бакалавра. Организация учебного процесса в рамках действующей рейтинговой системы. Требования к зачету.

1.2. ИСТОРИЯ СПОРТА. Происхождение физических упражнений и игр. Древние олимпиады. Олимпийское движение. Спортивные общества: история физкультурно-спортивных общественных организаций. Спортсмены в годы Великой отечественной войны.

*Раздел 2. Основы здорового образа жизни*

2.1. ВРАЧЕБНЫЙ КОНТРОЛЬ И САМОКОНТРОЛЬ НА ЗАНЯТИЯХ ФИЗИЧЕСКОЙ КУЛЬТУРОЙ И СПОРТОМ.

Врачебный контроль и врачебное освидетельствование. Педагогический контроль. Самоконтроль: его основные методы, показатели, критерии и оценки. Профилактика спортивного травматизма. Основные виды травм у разных специализаций. Оказание первой помощи для студентов вузов химико-технологического профиля.

2.2. ГИГИЕНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЗАНЯТИЙ ОЗДОРОВИТЕЛЬНОЙ ФИЗИЧЕСКОЙ КУЛЬТУРОЙ. Гигиена физического воспитания и спорта. Режим питания при занятиях физической культурой и спортом. Социальная гигиена. Социально-опасные болезни и меры профилактики.

*Раздел 3. Биологические основы физической культуры и спорта*

3.1. БИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ФИЗИЧЕСКОЙ КУЛЬТУРЫ И СПОРТА. Организм человека как единая саморазвивающаяся биологическая система. Физическое развитие человека. Двигательная активность и ее влияние на устойчивость, и адаптационные возможности человека к умственным и физическим нагрузкам при различных воздействиях внешней среды.

3.2. ОБРАЗ ЖИЗНИ И ЕГО ОТРАЖЕНИЕ В ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ. Здоровье человека как ценность. Здоровый образ жизни и его составляющие. Роль и возможности физической культуры в обеспечении здоровья. Социальный характер последствий для здоровья от употребления наркотических средств и других психоактивных веществ (ПАВ), допинга и пищевых добавок в спорте, алкоголя и табакокурения. Допинг как искусственное повышение физической работоспособности и его отрицательные последствия.

*Раздел 4. Профессионально-прикладная физическая культура и спорт*

4.1. ОБЩАЯ ФИЗИЧЕСКАЯ И СПОРТИВНАЯ ПОДГОТОВКА СТУДЕНТОВ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ. Методические принципы физического воспитания. Основы и этапы обучения движениям. Развитие физических качеств. Формирование психических качеств в процессе физического воспитания. Спортивная подготовка. Структура подготовленности спортсмена. Массовый спорт и спорт высших достижений, их цели и задачи. Спортивные соревнования как средство и метод общей и специальной физической подготовки студентов.

4.2. ФИЗИЧЕСКАЯ КУЛЬТУРА И СПОРТ В ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ БАКАЛАВРА. Личная и социально-экономическая необходимость психофизической подготовки человека к труду. Место ППФП в системе подготовки будущего специалиста. Производственная физическая культура и спорт. Производственная гимнастика. Особенности выбора форм, методов и средств физической культуры и спорта в рабочее и свободное время специалистов. Профилактика профессиональных заболеваний средствами физической культуры и спорта. Дополнительные средства повышения общей и профессиональной работоспособности. Влияние индивидуальных особенностей и самостоятельных занятий физической культурой и спортом на организм.

**4 Объем учебной дисциплины**

Виды учебной работы	Всего		Семестр			
			1 семестр		4 семестр	
	ЗЕ	Акад. ч.	ЗЕ	Акад. ч.	ЗЕ	Акад. ч.
Общая трудоемкость дисциплины по учебному плану	2	72	1	36	1	36
<b>Контактная работа – аудиторные занятия:</b>	<b>2</b>	<b>72</b>	<b>1</b>	<b>36</b>	<b>1</b>	<b>36</b>
Лекции (Лек)	0,2	8	0,1	4	0,1	4
Практические занятия (ПЗ)	1,8	64	0,9	32	0,9	32
<b>Вид итогового контроля:</b>			<b>Зачет</b>		<b>Зачет</b>	

Виды учебной работы	Всего		Семестр			
			1 семестр		4 семестр	
	ЗЕ	Астр.ч.	ЗЕ	Астр.ч.	ЗЕ	Астр.ч.
Общая трудоемкость дисциплины по учебному плану	2	54	1	27	1	27
<b>Контактная работа – аудиторные занятия:</b>	<b>2</b>	<b>54</b>	<b>1</b>	<b>27</b>	<b>1</b>	<b>27</b>
Лекции (Лек)	0,2	6	0,1	3	0,1	3
Практические занятия (ПЗ)	1,8	48	0,9	24	0,9	24
<b>Вид итогового контроля:</b>			<b>Зачет</b>		<b>Зачет</b>	



## **Аннотация рабочей программы дисциплины «Элективные дисциплины по физической культуре и спорту»**

**1 Цель дисциплины** – формирование физической культуры личности и способности направленного использования разнообразных средств физической культуры и спорта, туризма для сохранения и укрепления здоровья, психофизической подготовки и самоподготовки к будущей профессиональной деятельности, получении навыка в одном из выбранных видов спорта.

### **2 В результате изучения дисциплины обучающийся должен:**

*Обладать* следующими компетенциями и индикаторами их достижения:

*УК-7.1, 7.2, 7.3, 7.4*

*Знать:*

- научно-практические основы физической культуры и здорового образа жизни;
- влияние оздоровительных систем физического воспитания на укрепление здоровья, профилактику профессиональных заболеваний и вредных привычек;
- способы контроля и оценки физического развития и физической подготовленности;
- правила и способы планирования индивидуальных занятий различной целевой направленности;
- спортивные традиции МХТИ-РХТУ им. Д.И. Менделеева.

*Уметь:*

- поддерживать должный уровень физической подготовленности для обеспечения полноценной социальной и профессиональной деятельности;
- использовать основы физической культуры для осознанного выбора здоровьесберегающих технологий с учетом внешних и внутренних условий реализации профессиональной деятельности;
- самостоятельно заниматься физической культурой и спортом;
- осуществлять самоконтроль за состоянием своего организма и соблюдать правила гигиены и техники безопасности;
- выполнять индивидуально подобранные комплексы по физической культуре и различным видам спорта;
- осуществлять творческое сотрудничество в коллективных формах занятий физической культурой и спортом;
- выполнять приемы защиты и самообороны, страховки и самостраховки.

*Владеть:*

- средствами и методами укрепления здоровья, физического самосовершенствования;
- должным уровнем физической подготовленности, для обеспечения полноценной социальной и профессиональной деятельности;
- техническими и тактическими навыками в одном из видов спорта;
- использовать приобретенные знания и умения в практической деятельности и повседневной жизни

### **3 Краткое содержание дисциплины**

*Раздел 1.* Основы построения оздоровительной тренировки. Теоретическо-методические основы физической культуры и спорта. Содержательные основы оздоровительной физической культуры и спорта. Основные направления: оздоровительно-рекреативное, оздоровительно-реабилитационное, спортивно-реабилитационное, гигиеническое. Повышение функционального состояния организма и физической подготовленности. Способы регламентации нагрузки: Физкультурно-оздоровительные методики и системы. Основные фазы оздоровительной тренировки. Оценка состояния здоровья и физической подготовленности занимающихся физической культурой и спортом. Функциональные пробы (ЧСС, АД, ЖЕЛ и т.д.).

*Раздел 2.* Двигательные возможности человека – воспитание физических качеств. ВФСК ГТО. Методика организации и проведения видов испытаний ГТО. Система взаимодействия в сфере физической культуры и спорта. Воспитание физических качеств, обучающихся (отдельные качественные стороны двигательных возможностей человека).

*Раздел 3.* Методика организации и проведения спортивных соревнований и физкультурно-массовых мероприятий. Характеристика спортивных соревнований и физкультурно-массовых мероприятий. Спортивные соревнования, проводимые по общепринятым правилам. Единый

календарный план физкультурных и спортивных мероприятий). Организация спортивных мероприятий. Олимпийская хартия. Федеральные (специальные, национальные) законы в спорте. Классификация спортивных соревнований. Нравственные отношения в спорте. Fair Play («Честная игра») – как основа этичного поведения в спорте. Кодекс спортивной этики. Профилактика нарушений спортивной этики. ВАДА. Кодекс ВАДА. Международная конвенция о борьбе с допингом в спорте.

#### 4 Объем учебной дисциплины

Вид учебной работы	В академ. часах	Семестр			
		1	2	3	4
Общая трудоемкость дисциплины по учебному плану	<b>328</b>	<b>56</b>	<b>92</b>	<b>90</b>	<b>90</b>
<b>Контактная работа – аудиторные занятия</b>	<b>192</b>	<b>32</b>	<b>64</b>	<b>64</b>	<b>32</b>
Практические занятия (ПЗ)	192	32	64	64	32
<b>Самостоятельная работа (СР)</b>	<b>136</b>	<b>24</b>	<b>28</b>	<b>26</b>	<b>58</b>
Контактная самостоятельная работа	<b>0,8</b>	<b>0,2</b>	<b>0,2</b>	<b>0,2</b>	<b>0,2</b>
Самостоятельное изучение разделов дисциплины	135,2	23,8	27,8	25,8	57,8
<b>Вид итогового контроля: зачет / экзамен</b>	зачет	зачет	зачет	зачет	зачет

Вид учебной работы	В астр. часах	Семестр			
		I	II	III	IV
Общая трудоемкость дисциплины по учебному плану	<b>246</b>	<b>42</b>	<b>69</b>	<b>67,5</b>	<b>67,5</b>
<b>Контактная работа – аудиторные занятия</b>	<b>144</b>	<b>24</b>	<b>48</b>	<b>48</b>	<b>24</b>
Практические занятия (ПЗ)	144	24	48	48	24
<b>Самостоятельная работа (СР)</b>	<b>102</b>	<b>18</b>	<b>21</b>	<b>19,5</b>	<b>43,5</b>
Контактная самостоятельная работа	0,6	0,15	0,15	0,15	0,15
Самостоятельное изучение разделов дисциплины	101,4	17,85	20,85	19,35	43,35
<b>Вид итогового контроля: зачет / экзамен</b>	зачет	зачет	зачет	зачет	зачет

#### Аннотация рабочей программы модуля «Введение в информационные технологии»

**1. Цель модуля** – ознакомление студентов с теоретическими, практическими и методологическими основами современных информационных систем. В рамках изучения модуля у студентов формируются теоретические знания и практические навыки по инструментальным средствам программного обеспечения. Студенты изучают на практике виды информационных технологий.

**Задачи модуля** – приобретение студентами прочных теоретических знаний и практических навыков в области информационных технологий.

#### **2. В результате изучения модуля обучающийся должен:**

*Обладать* следующими компетенциями и индикаторами их достижения:

ОПК-2.1; ОПК-2.2; ОПК-2.3; ОПК-2.5; ОПК-2.6; ОПК-2.9; ОПК-2.10; ОПК-4.1; ОПК-4.2;  
ОПК-4.3

В результате освоения модуля студент должен:

*Знать:*

- процессы, методы поиска, сбора, хранения, обработки, представления, распространения информации и способы осуществления таких процессов и методов (информационные технологии)
- современные инструментальные среды, программно-технические платформы и программные средства, в том числе отечественного производства, используемые для решения задач профессиональной деятельности, и принципы их работы.

*Уметь:*

- выбирать и использовать современные информационно-коммуникационные и интеллектуальные технологии, инструментальные среды, программно-технические платформы и программные средства, в том числе отечественного производства, для решения задач профессиональной деятельности
- анализировать профессиональные задачи, выбирать и использовать подходящие ИТ-технологии.

*Владеть:*

- навыками работы с лежащими в основе ИТ-решений данными
- навыками применения современных информационно-коммуникационных и интеллектуальных технологий, инструментальных средств, в том числе отечественного производства, для решения задач профессиональной деятельности.

### **3. Краткое содержание модуля**

#### **1 семестр – Основы информационных технологий**

##### **Раздел 1. Введение в информационные технологии.**

1.1. Структура операционных систем, пакеты прикладных программ, Microsoft Office. Классификация программных средств. Системное и прикладное программное обеспечение ПК. Обзор операционных систем (ОС). Принципы создания и состав ОС: ядро, интерфейс, драйверы. Краткая характеристика WINDOWS, модульный принцип построения. Среда WINDOWS: окна, их элементы, работа в многооконном режиме.

1.2. Текстовый редактор WORD, редакторы математических и химических формул. Возможности создания электронных презентаций (Power point). Создание документов различных форм (стандартных и нестандартных). Создание и редактирование текстовых документов с математическими и химическими формулами.

1.3. Табличный процессор EXCEL: обзор, типы и адресация ячеек, формат ячеек, встроенные функции, форматирование таблиц. EXCEL: Возможности табличного редактора и использование его для решения информационных и инженерных задач. Построение графиков и диаграмм.

1.4. EXCEL. Операции с массивами. Разработка и реализация простейших алгоритмов с использованием возможностей редактора (нахождение максимального (минимального) элемента вектора и матрицы, нахождение суммы элементов вектора и матрицы, вычисление матричных выражений). Решение вычислительных задач с использованием таблиц. Решение СЛАУ с использованием обратной матрицы.

1.5. EXCEL Построение графиков и диаграмм. Расчет функциональных зависимостей и построение графических изображений с использованием стандартных функций EXCEL и мастера функций. Построение поверхностей с использованием мастера диаграмм. Построение линий тренда.

##### **Раздел 2. Алгоритмы и основы программирования на языке MATLAB.**

2.1. Алгоритмы, типы алгоритмов. Понятие алгоритма и его свойства. Способы записи алгоритмов. Модульный принцип построения алгоритмов и программ. Пакет компьютерной математики MATLAB. Характеристики языков программирования. Эволюция и классификация языков программирования, императивные, функциональные, логические, объектно-

ориентированные, их комбинации. Понятия трансляции, компиляции, интерпретации, их различия. Языки программирования высокого уровня. Структурное программирование, его особенности. Обзор пакетов компьютерной математики – Matlab, Mathcad, Mathematica.

2.2. Среда MATLAB. Основные структуры и принципы структурного программирования, иллюстрация. Базовые алгоритмические конструкции (следование, ветвление, повторение), их реализации. Операторы языка программирования MATLAB. Основные решатели (solvers) MATLAB для реализации вычислительных алгоритмов. Библиотека стандартных функций size, length, numel, zero, ones, linspace, sum, abs, sin, cos, exp, log, sqrt, num2str, disp, printf.

2.3. Построение графиков функции одной и двух переменных. Использование функций plot, subplot, polar, mesh, surf, polar, meshgrid, surf, contour, оформление графиков (заголовки, подписи по осям и пр.).

2.4. Операции над массивами: векторами и матрицами - сложение, умножение, транспонирование, обращение (inv), вычисление нормы (norm), ранга (rank) и определителя матрицы (det). Алгоритмы нахождения максимального, минимального элемента в массиве, алгоритмы сортировки и их реализация (например, Selection Sort).

### **Раздел 3. Численные методы. Реализация простейших алгоритмов в среде MATLAB.**

3.1. Численные методы, характеристика и их особенности, понятие сходимости метода. Элементы теории погрешностей, классификация погрешностей, абсолютная и относительная погрешность, понятие функции нормы. Введение в статистику. Алгоритмы для статистической обработки информации (вычисление точечных и интервальных оценок результатов измеряемой величины), их реализации в ПКМ MATLAB. Использование функций min, max, median, var, polyfit, polyval.

3.2. Приближение функций. Интерполяция многочленами. Кусочная интерполяция (сплайн). Оценка погрешности. Функции MATLAB для работы с многочленами poly1d, polyval, polyfit, polyder, polyint.

3.3. Вычисление определенных интегралов, алгоритмы методов прямоугольников, трапеций и Симпсона, оценка погрешности методов. Реализация алгоритмов численных методов вычисления определенных интегралов в среде MATLAB, применение стандартных функций trapz, quad, integral.

3.4. Исследование функции одной переменной. Решение нелинейного уравнения  $f(x)=0$ . Отделение корней. Алгоритмы уточнения корня (метод половинного деления, Ньютона, простой итерации). Сравнительные характеристики. Реализация алгоритмов в среде MATLAB по блок-схемам и с использованием решателей roots, fzero.

3.5. Исследование функции одной переменной. Поиск экстремума функции. Вычислительные алгоритмы нахождения локальных и глобальных экстремумов (метод деления отрезка пополам, метод золотого сечения), их реализации по блок-схемам и с использованием решателя fminbnd в среде MATLAB.

### **Раздел 4. Компьютерные сети. Базы данных.**

4.1. Компьютерные сети: топологии сетей, их характеристики. Топологии сетей: звездная, шинная, кольцевая. Сети закрытого типа: локальные и распределенные сети, корпоративные сети. Программно-техническое обеспечение: адресация, операционная система, адаптеры, драйверы, протоколы (особые языки, на которых обмениваются информацией компьютеры в сети, например, TCP, TCP/IP, UDP).

4.2. Глобальные сети различного масштаба (WAN –Wide Area Net, MS Network, Internet). Возможности сети Интернет, Система телеконференций. Электронная почта. Доступ к информационным ресурсам. Защита информации. Понятие безопасности компьютерной информации: надежность компьютера, сохранность данных, защита от внесения изменений неуполномоченными 50 лицами, сохранение тайны переписки в электронной сети. Алгоритмы защиты информации: методы защиты, компьютерные вирусы и борьба с ними. Методы реализации защиты информации: программные, аппаратные, организационные.

4.3. Информационные системы. Системы управления банками и базами данных. Реляционная модель данных. Структура записи, методы доступа к информации. Обмен данными с другими приложениями WINDOWS: текстовыми редакторами и электронными таблицами.

4.4. Реляционная база данных ACCESS. Главное окно, меню команд, панель инструментов. Создание и открытие базы данных. Ввод и редактирование данных в режиме таблицы и режиме конструктора. Формирование запросов. Запросы простые и многотабличные, запросы с условиями. Создание отчетов и форм. Технология реализации простейших задач средствами СУБД ACCESS.

## **2 семестр – Профильное программное обеспечение для решения задач профессиональной деятельности**

### **Раздел 5. ПКМ Python и особенности его реализации для решения расчетных задач в химии и химической технологии.**

5.1. Объектно-ориентированный язык программирования Python: обзор. Особенности и свойства объектно-ориентированного программирования (ООП). Создание и использование дистрибутива Anaconda. Инфраструктуры Spyder, Jupiter, структура языка. Основные структуры данных (список кортеж, объекты) и операции над ними. Алгоритмы. Основные алгоритмические конструкции (следование, ветвление, циклы) и их реализация в Python.

5.2. Введение в программирование на языке Python. Структура программы, отступы, модули, операторы, функции (именованные и анонимные), особенности. Стандартные и нестандартные функции Python (общего назначения, математические, обработка строк, ввод/вывод).

5.3. Разработка алгоритмов, программирование и отладка программ на Python (в среде Spyder). Управляющие конструкции if, for, while.

5.4. Обзор предметно-ориентированной библиотеки модулей Python для научных и инженерных вычислений SciPy (модули scipy и numpy, а также matplotlib), сравнение с MATLAB. Основная структура данных NumPy для векторных и матричных вычислений ndarray. Особенности выполнения действий над матрицами (сложение, вычитание, умножение, обращение) на языке Python. Информационные матричные функции (норма, определитель, ранг). Методы ndarray – T, copy, shape, size, ndim и др., индексирование, матричное произведение и функции модуля numpy len, shape, zeros, eye, dot, isclose, linspace, gradient, linalg.det.

5.5. Построение графиков в Python с использованием модуля matplotlib. Функции модуля matplotlib.pyplot plot, polar, plot\_surface, colorbar, contour, quiver. Установка параметров и аннотирование графиков.

### **Раздел 6. Методы вычислительной математики. Основные этапы решения задач на ЭВМ. Решение систем линейных алгебраических уравнений (СЛАУ).**

6.1. Прямые и итерационные численные методы. Элементы теории погрешностей. Понятие нормы. Особенности машинной арифметики (краткий повтор). Особенности выполнения действий над матрицами (сложение, вычитание, умножение, обращение) на языке Python, информационные матричные функции (норма, определитель, ранг).

6.2. Решение систем линейных алгебраических уравнений (СЛАУ). Постановка задачи. Погрешности. Методы с использованием обратной матрицы и метод простых итераций. Решение СЛАУ в Python с использованием модулей numpy.linalg и scipy.linalg. и функций det, rank, inv, cond, norm, solve.

6.3. Обзор методов решения СЛАУ. Вычислительная устойчивость, сходимость методов. Обусловленность системы линейных алгебраических уравнений (СЛАУ) и число обусловленности.

### **Раздел 7. Обработка результатов измерения одной величины. Приближение функции многочленами с одной независимой переменной. Решение систем нелинейных уравнений (СНУ) численными методами.**

7.1. Обработка экспериментальных данных. Точечные и интервальные оценки. Функции Python. Определение критерия Стьюдента.

7.2. Приближение функций. Методы интерполяции зависимостей с одной независимой переменной. Интерполяционный многочлен Лагранжа, реализация в Python.

7.3. Приближение функций. Методы аппроксимации зависимостей с одной независимой переменной. Метод наименьших квадратов (МНК). Использование функций Python для аппроксимации и МНК scipy.polyfit, scipy.optimize.least\_squares, scipy.optimize.lsqr\_linear.

7.4.. Алгоритмы метода простой итерации и метода Ньютона - Рафсона для решения СЧУ. Скорость сходимости, оценки погрешности. Реализация методов в Python.

7.5. Методика использования решателей в модуле `scipy.optimize`, функции `root_scalar`, `root`.

## Раздел 8. Решение задач многомерной оптимизации численными методами. Анализ и решение дифференциальных уравнений численными методами.

8.1. Классификация задач и методов оптимизации. Метод градиентного спуска. Метод деформируемого многогранника. Реализация методов в Python.

8.2. Встроенные методы SciPy. Выбор решателя в модуле `scipy.optimize` Встроенные методы SciPy, функции `minimize_scalar`, `minimize`.

8.3. Алгоритмы методов решения дифференциальных уравнений. Методы Эйлера и его модификации. Реализация методов в Python. Выбор решателя в модуле `scipy.integrate`, функции `solve_ivp`, `solve_bvp`.

### 4. Объем модуля и виды учебной работы

Вид учебной работы	Всего		Семестр			
			1 семестр		2 семестр	
	ЗЕ	Акад. ч.	ЗЕ	Акад. ч.	ЗЕ	Акад. ч.
<b>Общая трудоемкость модуля</b>	<b>6</b>	<b>216</b>	<b>4</b>	<b>144</b>	<b>2</b>	<b>72</b>
<b>Контактная работа – аудиторные занятия:</b>	<b>3,78</b>	<b>136</b>	<b>2,36</b>	<b>85</b>	<b>1,42</b>	<b>51</b>
<i>в том числе в форме практической подготовки</i>	<i>1</i>	<i>36</i>	<i>0,50</i>	<i>18</i>	<i>0,50</i>	<i>18</i>
Лекции (Л)	0,47	17	0,47	17	-	-
Практические занятия (ПЗ)	1,42	51	0,94	34	0,47	17
<i>в том числе в форме практической подготовки</i>	<i>0,50</i>	<i>18</i>	<i>0,25</i>	<i>9</i>	<i>0,25</i>	<i>9</i>
Лабораторные работы (ЛР)	1,89	68	0,94	34	0,94	34
<i>в том числе в форме практической подготовки</i>	<i>0,50</i>	<i>18</i>	<i>0,25</i>	<i>9</i>	<i>0,25</i>	<i>9</i>
<b>Самостоятельная работа (СР)</b>	<b>1,22</b>	<b>44</b>	<b>0,64</b>	<b>23</b>	<b>0,58</b>	<b>21</b>
Самостоятельное изучение разделов модуля, в том числе подготовка к практическим занятиям, лабораторным работам, подготовка к текущему контролю, другие виды самостоятельной работы	1,21	43,8	0,64	23	0,57	20,8
Контактная самостоятельная работа	0,01	0,2	-	-	0,01	0,2
<b>Виды контроля</b>						
<b>Зачет</b>			-	-	+	+
<b>Экзамен</b>			+	+	-	-
Контактная работа - промежуточная аттестация	1	0,4	1	0,4	-	-
Самостоятельно изучение разделов модуля		35,6		35,6		-
<b>Вид итогового контроля:</b>			<b>Экзамен</b>		<b>Зачет</b>	

Вид учебной работы	Всего		Семестр			
			1 семестр		2 семестр	
	ЗЕ	Астр. ч.	ЗЕ	Астр. ч.	ЗЕ	Астр. ч.

<b>Общая трудоемкость модуля</b>	<b>6</b>	<b>162</b>	<b>4</b>	<b>108</b>	<b>2</b>	<b>54</b>
<b>Контактная работа – аудиторные занятия:</b>	<b>3,78</b>	<b>102</b>	<b>2,36</b>	<b>63,75</b>	<b>1,42</b>	<b>38,25</b>
<i>в том числе в форме практической подготовки</i>	<i>1</i>	<i>27</i>	<i>0,50</i>	<i>13,5</i>	<i>0,50</i>	<i>13,5</i>
Лекции (Л)	0,47	12,75	0,47	12,75	-	-
Практические занятия (ПЗ)	1,42	38,25	0,94	25,5	0,47	12,75
<i>в том числе в форме практической подготовки</i>	<i>0,50</i>	<i>13,5</i>	<i>0,25</i>	<i>6,75</i>	<i>0,25</i>	<i>6,75</i>
Лабораторные работы (ЛР)	1,89	51	0,94	25,5	0,94	25,5
<i>в том числе в форме практической подготовки</i>	<i>0,50</i>	<i>13,5</i>	<i>0,25</i>	<i>6,75</i>	<i>0,25</i>	<i>6,75</i>
<b>Самостоятельная работа (СР)</b>	<b>1,22</b>	<b>33</b>	<b>0,64</b>	<b>17,25</b>	<b>0,58</b>	<b>15,75</b>
Самостоятельное изучение разделов модуля, в том числе подготовка к практическим занятиям, лабораторным работам, подготовка к текущему контролю, другие виды самостоятельной работы	1,21	32,85	0,64	17,25	0,57	15,6
Контактная самостоятельная работа	0,01	0,15	-	-	0,01	0,15
<b>Виды контроля</b>						
<b>Зачет</b>			-	-	+	+
<b>Экзамен</b>			+	+	-	-
Контактная работа - промежуточная аттестация	1	0,3	1	0,3	-	-
Самостоятельно изучение разделов модуля		26,7		26,7		-
<b>Вид итогового контроля:</b>			<b>Экзамен</b>		<b>Зачет</b>	

## 5.2 Дисциплины части, формируемой участниками образовательных отношений (обязательные вариативные дисциплины)

### Аннотация рабочей программы дисциплины «Лабораторный практикум по органической химии»

**1 Цель дисциплины** – приобретение студентами основных знаний и навыков для осуществления синтеза органических веществ.

**2 В результате изучения дисциплины обучающийся должен:**

*Обладать* следующими компетенциями и индикаторами их достижения: УК-1.1; УК-1.4; УК-1.5.

*Знать:*

- технику безопасности в лаборатории органической химии;
- принципы безопасного обращения с органическими соединениями;
- методы и виды хроматографии для определения состава реакционной смеси;
- теоретические основы способов выделения, очистки и идентификации органических веществ;
- экспериментальные методы проведения органических реакций, протекающих по различным механизмам;
- основные общие методики взаимной трансформации классов органических соединений.

*Уметь:*

- применять теоретические знания и экспериментальные методы исследования органической химии при решении профессиональных задач;
- сформулировать проблему и обосновать выбор приборов и экспериментальных методов исследования, поставить цели и задачи и наметить пути их достижения;
- синтезировать соединения по предложенной методике;

- провести выделение и очистку синтезированных веществ на основе теоретических знаний по органической химии;
- выбирать рациональный способ выделения и очистки органического соединения;
- представлять данные лабораторного исследования в виде грамотно оформленных методик;
- проводить анализ и критически оценивать полученные экспериментальные данные, обобщать и делать обоснованные выводы на базе проведенных опытов;
- выбрать способ идентификации органического соединения.

*Владеть:*

- комплексом современных экспериментальных методов органической химии для решения конкретных исследовательских задач;
  - экспериментальными методами проведения органических синтезов.
  - основными методами идентификации органических соединений
  - приемами обработки и выделения синтезированных веществ;
- знаниями основных законов органической химии для содержательной интерпретации полученных экспериментальных результатов.

### **3 Краткое содержание дисциплины**

#### *Раздел 1. «Правила и методы работы в лаборатории органической химии»*

##### 1.1 Правила безопасной работы в лаборатории органической химии

Безопасные приемы и правила работы в лаборатории органической химии.

##### 1.2 Методы работы в лаборатории органической химии

Общие методы работы в лаборатории органической химии. Нагревание. Охлаждение. Перемешивание.

##### 1.3 Лабораторная посуда, оборудование и приборы

Посуда, наиболее часто применяемая в лаборатории. Приборы для определения температуры плавления. Весы. Термометр. Роторный испаритель. Рефрактометр.

#### *Раздел 2. «Методы идентификации, очистки и выделения органических соединений»*

##### 1.1 Хроматография

Идентификация органических веществ посредством различных видов хроматографии (ТСХ, хроматография на бумаге, ионообменная хроматография, ВЭЖХ). Применение ТСХ для идентификации органических соединений. Адсорбенты и элюенты, используемые в ТСХ. Выбор элюента. Обнаружение веществ. Коэффициент удерживания. Коэффициент распределения. Работа с капиллярами.

##### 1.2 Методы очистки жидких веществ. Перегонка

Экстракция, для извлечения (выделения) органического вещества из воды. Экстракция с помощью делительной воронки. Высушивание экстрактов осушителем. Перегонка. Виды перегонки (фракционная, вакуумная, перегонка с паром, при атмосферном давлении). Высушивание жидкостей. Осушители. Определение температуры кипения и коэффициента преломления. Фракционная перегонка. Работа с фильтровальной бумагой. Отгонка растворителя.

##### 1.3 Методы очистки твердых веществ. Перекристаллизация

Методы очистки твердых веществ. Возгонка (сублимация). Температура возгонки и температура плавления, возгоняющегося вещества. Прибор для возгонки. Переосаждение. Перекристаллизация. Этапы перекристаллизации. Подбор растворителя. Насыщенный раствор. Горячее фильтрование, вакуумная фильтрация. Определение температуры плавления. Температура плавления смешанной пробы.

#### *Раздел 3. «Синтез органических соединений»*

##### 3.1 Синтезы

Цели и задачи эксперимента в органическом синтезе. Теоретические основы процесса. Выбор условий реакции. Расчет синтеза. Общие правила подготовки и проведения синтеза. Техника безопасности. Прибор для проведения синтеза. Проведение опыта. Контроль за ходом реакции.



Выделение, очистка и анализ продукта. Синтезы веществ различных классов органических соединений. Проведение экспериментальных методов исследования реакций.

Проведение реакций, протекающих по механизмам:

- нуклеофильного замещения – синтез галогеналканов;
- нуклеофильного присоединения – синтез сложных эфиров карбоновых кислот, амидов карбоновых кислот, азотсодержащих альдегидов и кетонов;
- электрофильного замещения в ароматическом ряду – реакции нитрования, бромирования, сульфирования;
- реакций диазотирования и азосочетания;
- реакций окисления (синтез ацетона, 1,4-бензохинона, бензойной кислоты) и восстановления.

#### 4 Объем учебной дисциплины.

Вид учебной работы	Объем дисциплины		
	ЗЕ	Акад. ч.	Астр. ч.
<b>Общая трудоемкость дисциплины</b>	<b>5</b>	<b>180</b>	<b>135</b>
<b>Контактная работа – аудиторные занятия:</b>	<b>0,89</b>	<b>32</b>	<b>24</b>
Лекции	-	-	-
Практические занятия (ПЗ)	-	-	-
Лабораторные работы (ЛР)	0,89	32	24
<b>Самостоятельная работа</b>	<b>1,11</b>	<b>148</b>	<b>111</b>
Контактная самостоятельная работа	1,11	0,2	0,15
Самостоятельное изучение разделов дисциплины		147,8	110,85
<b>Вид итогового контроля:</b>	<b>Зачёт</b>		

#### Аннотация рабочей программы дисциплины «Вычислительная математика»

1. **Цель дисциплины** – изучение методов вычислительной математики, особенностей их алгоритмизации, а также возможности выбора и использования данных методов для численного решения математических задач в области моделирования и оптимизации основных энерго- и ресурсосберегающих процессов химических производств.

2. **В результате изучения дисциплины обучающийся должен:**

*Обладать* следующими компетенциями и индикаторами их достижения:

ПК-3.1, ПК-3.2, ПК-3.3.

*Знать:*

- методы численного решения алгебраических уравнений и их систем;
- методы обработки экспериментальных данных;
- численные методы дифференцирования и интегрирования;
- численные методы оптимизации.

*Уметь:*

- оценивать погрешности численных методов;
- выбрать численный метод решения поставленной задачи;
- объяснить сходимость численного метода и полученные результаты вычислений;
- сочетать численные методы при решении различных сложных задач вычислительной математики.

*Владеть:*

- методами численного решения математических задач и задач химической технологии;
- навыками алгоритмизации численных методов.

#### 3. Краткое содержание дисциплины

**Введение.** Предмет вычислительной математики. Понятие численных методов. Цели и задачи дисциплины. Классы задач, решаемых численными методами. Основные понятия, определения,

терминология. Понятия ошибки и точности. Виды ошибок. Графическое отделение решений. Локализация и уточнение решений. Итерационные вычисления. Условия окончания вычислений. Сходимость итерационных вычислений. Инструменты вычислительной математики. Табличные процессоры и другие математические пакеты программ: общие сведения, назначение, примеры.

### **Раздел 1. Численные методы расчёта производных. Решение нелинейных алгебраических уравнений, систем линейных и нелинейных уравнений.**

Методы численного расчёта производных первого и высших порядков. Численный расчёт частных производных. Оценка ошибки численного дифференцирования.

Интервальные методы решения уравнений: метод половинного деления, метод пропорциональных частей. Преимущества и недостатки интервальных методов. Итерационные методы: метод простых итераций, метод касательных. Условия сходимости методов и возможные вычислительные проблемы.

Численные методы решения систем линейных алгебраических уравнений: прямые и итерационные. Матричный подход. Методы Крамера, обратной матрицы, Жордана–Гаусса и их алгоритмизация. Метод простых итераций для решения систем линейных уравнений и модификация Зейделя. Условия сходимости методов, приведение к сходящейся итерационной форме.

Особенности решения систем нелинейных алгебраических уравнений. Метод простых итераций и его модификации применительно к системам нелинейных уравнений. Метод Ньютона–Рафсона и его модификация.

Примеры решения задач химической технологии, требующих применения численных методов решения нелинейных алгебраических уравнений и систем уравнений.

### **Раздел 2. Обработка экспериментальных зависимостей.**

Интерполирование экспериментальных зависимостей. Понятия интерполяции и экстраполяции. Кусочно-линейное интерполирование. Интерполяционные полиномы. Графическое определение степени полинома. Понятие конечных разностей. Определение степени полинома с помощью конечных разностей. Ограничение на использование конечных разностей. Интерполяционный полином Лагранжа. Понятие разделённых разностей. Интерполяционный полином Ньютона.

Аппроксимация экспериментальных зависимостей. Метод наименьших квадратов и его критерий. Система линейных уравнений для расчёта коэффициентов аппроксимирующего полинома. Матричная форма решения задачи аппроксимации методом наименьших квадратов. Формирование характеристической матрицы. Вывод основного расчётного соотношения. Алгоритмизация обработки экспериментальных зависимостей. Особенности многофакторной и неполиномиальной аппроксимации.

Примеры решения задач химической технологии, требующих интерполирования данных и аппроксимации функций.

### **Раздел 3. Методы численного интегрирования.**

Численный расчёт определённых интегралов. Шаг интегрирования. Методы прямоугольников, трапеций, парабол. Полиномиальное описание подынтегральной функции с использованием коэффициентов Котеса. Факторы, определяющие ошибку численного интегрирования. Численный расчёт определённых интегралов методами Монте-Карло.

Численное решение обыкновенных дифференциальных уравнений и их систем. Метод Эйлера. Модифицированный метод Эйлера. Метод Эйлера–Коши. Метод Рунге–Кутты 4 порядка. Факторы, влияющие на накопление ошибки при численном решении дифференциальных уравнений и их систем. Особенности решения систем дифференциальных уравнений. Постановки задачи Коши и краевой задачи. Решение задачи Коши. Особенности решения краевой задачи.

Примеры решения задач химической технологии с использованием методов численного интегрирования.

### **Раздел 4. Численные методы одномерной и многомерной оптимизации.**

Постановка задач одномерной и многомерной оптимизации. Критерий оптимизации. Глобальные и локальные оптимумы. Классификация методов оптимизации. Одномерная оптимизация. Метод локализации оптимума. Метод золотого сечения. Сравнение методов одномерной оптимизации.

Многомерная оптимизация. Иллюстрация численных методов с помощью линий уровня. Методы детерминированного поиска. Метод поочерёдного изменения переменных. Метод Хука–Дживса. Метод сканирования. Сравнение методов детерминированного поиска. Методы градиентного поиска. Метод релаксаций. Выбор переменной и знака направления поиска на основе анализа значений частных производных. Метод градиента. Расчёт координат направления движения к оптимуму. Метод наискорейшего спуска. Сравнение градиентных методов. Методы случайного поиска. Метод случайных направлений. Метод обратного шага. Метод спуска с наказанием случайностью.

Примеры решения задач химической технологии с использованием численных методов оптимизации.

#### 4. Объём учебной дисциплины

Вид учебной работы	Объём дисциплины		
	ЗЕ	Акад. ч.	Астр. ч.
<b>Общая трудоемкость дисциплины</b>	<b>3</b>	<b>108</b>	<b>81</b>
<b>Контактная работа – аудиторные занятия:</b>	<b>1,78</b>	<b>64</b>	<b>48</b>
Лекции	0,89	32	24
Практические занятия (ПЗ)	0,89	32	24
Лабораторные работы (ЛР)	–	–	–
<b>Самостоятельная работа</b>	<b>1,22</b>	<b>44</b>	<b>33</b>
Контактная самостоятельная работа	1,22	0,4	0,3
Самостоятельное изучение разделов дисциплины		53,6	32,7
<b>Вид контроля:</b>	<b>Зачёт с оценкой</b>		

#### Аннотация рабочей программы дисциплины «Решение краевых задач и операционное исчисление»

**1. Цель дисциплины** - формирование у студентов системы основных понятий, используемых для построения важнейших математических моделей и математических методов для описания различных химико-технологических процессов.

#### 2. В результате изучения дисциплины обучающийся должен:

*Обладать* следующими компетенциями и индикаторами их достижения:

УК-1.1; УК-1.2; УК-1.3.

*Знать:*

основы дифференциального и интегрального исчисления, дифференциальных уравнений;

- математические теории и методы, лежащие в основе построения математических моделей;
- основы применения математических моделей и методов.

*Уметь:*

- выбирать математические методы, пригодные для решения конкретной задачи;
- использовать математические понятия, методы и модели для описания различных процессов; выявлять математические закономерности, лежащие в основе конкретных процессов;
- использовать основные методы статистической обработки данных;
- применять математические знания на междисциплинарном уровне.

*Владеть:*

- основами фундаментальных математических теорий и навыками использования математического аппарата.

#### 3. Краткое содержание дисциплины

##### 1. Ряды Фурье.

Периодические функции и их свойства. Ортогональность тригонометрической системы функций на отрезке  $[-l; l]$ . Тригонометрический ряд и ряд Фурье. Ряд Фурье для непериодической функции.

Разложение в ряд Фурье четных и нечетных функций. Гармонический анализ. Преобразование Фурье.

## 2. Дифференциальные уравнения в частных производных первого порядка.

Дифференциальные уравнения в частных производных: основные понятия. Линейные дифференциальные уравнения в частных производных 1-го порядка.

## 3. Дифференциальные уравнения в частных производных второго порядка.

Классификация линейных дифференциальных уравнений 2-го порядка. Приведение уравнений к каноническому виду. Физический смысл линейных дифференциальных уравнений 2-го порядка. Основы математического моделирования природных процессов. Задача Коши для уравнения гиперболического типа. Физическая и геометрическая интерпретация метода характеристик. Смешанная задача для уравнений гиперболического и параболического типов, ее физический смысл. Метод Фурье решения смешанной задачи для уравнения гиперболического типа. Метод Фурье решения смешанной задачи для уравнения параболического типа. Уравнения эллиптического типа. Гармонические функции и их свойства. Решение краевых задач.

## 4. Объем учебной дисциплины

Вид учебной работы	Всего		Семестр	
	5			
	ЗЕ	Акад. ч.	ЗЕ	Акад. ч.
<b>Общая трудоемкость дисциплины</b>	<b>2</b>	<b>72</b>	<b>2</b>	<b>72</b>
<b>Контактная работа – аудиторные занятия:</b>	<b>0,89</b>	<b>32</b>	<b>0,89</b>	<b>32</b>
Лекции	0,44	16	0,44	16
Практические занятия (ПЗ)	0,44	16	0,44	16
<b>Самостоятельная работа</b>	<b>1,11</b>	<b>40</b>	<b>1,11</b>	<b>40</b>
Контактная самостоятельная работа	1,11	0,2	1,11	0,2
Самостоятельное изучение разделов дисциплины		39,8		39,8
<b>Вид контроля - Зачет</b>		+		+
<b>Вид итогового контроля:</b>			<b>Зачет</b>	

Вид учебной работы	Всего		Семестр	
	5			
	ЗЕ	Астр. ч.	ЗЕ	Астр. ч.
<b>Общая трудоемкость дисциплины</b>	<b>2</b>	<b>54</b>	<b>2</b>	<b>54</b>
<b>Контактная работа – аудиторные занятия:</b>	<b>0,89</b>	<b>24</b>	<b>0,89</b>	<b>24</b>
Лекции	0,44	12	0,44	12
Практические занятия (ПЗ)	0,44	12	0,44	12
<b>Самостоятельная работа</b>	<b>1,11</b>	<b>30</b>	<b>1,11</b>	<b>30</b>
Контактная самостоятельная работа	1,11	0,15	1,11	0,15
Самостоятельное изучение разделов дисциплины		29,85		29,85
<b>Вид контроля - Зачет</b>		+		+
<b>Вид итогового контроля:</b>			<b>Зачет</b>	

## Аннотация рабочей программы дисциплины «Макрокинетика химических процессов»

**1. Цель дисциплины** – научить студентов методам анализа и моделирования химических процессов, обеспечивающих резкое сокращение сроков проведения научно-технических исследований при одновременном увеличении их надежности; способам создания новых производств и интенсификации действующих.

### 2. В результате изучения дисциплины обучающийся должен:

Обладать следующими компетенциями и индикаторами их достижения:

– УК-2.3; ПК-1.5; ПК-1.6; ПК-4.1;

*Знать:*

- основные принципы системного анализа химических процессов,
- основные методы построения математических моделей – кинетической, межфазового переноса газ-жидкость, газ-твердое, химических реакторов с однофазными и многофазными потоками химических реагентов,
- математические методы решения уравнений моделей реакторов и физико-химических процессов в них протекающих,
- основные способы организации энерго-, ресурсосберегающих процессов в химических реакторах,
- способы интенсификации промышленных химических процессов,
- основные типы промышленных высокоэффективных химических реакторов и способы организации крупнотоннажных химических процессов.

*Уметь:*

- провести системный анализ новых химических процессов и интенсифицировать по целевым продуктам действующие производства,
- вывести уравнения химических инвариантов для заданной системы реагентов, установить минимальное число реагентов, измерение концентраций которых обеспечивает возможность оценки макрокинетических параметров моделей реакторов,
- осуществить по результатам лабораторного и стендового эксперимента построение кинетических и реакторных моделей,
- выбрать модель межфазового переноса тепла и массы для заданной системы газ-жидкость, оценить концентрации переходящего компонента в газе и жидкости, рассчитать коэффициент ускорения абсорбции переходящего компонента вследствие химической реакции,
- анализировать и моделировать режимы работы промышленных реакторов с трехфазными системами газ-жидкость-твердое с суспендированными и стационарными слоями катализаторов,
- произвести расчеты по установлению оптимальной конструкции реактора и режимов его эксплуатации, обеспечивающих его заданную годовую производительность по целевому продукту,
- определить способы дальнейшего повышения рентабельности работы моделируемого реактора;

*Владеть:*

- информацией по конструкциям высокопроизводительных химических реакторов, способам пуска реакторов, режимах их непрерывной эксплуатации и останова,
- методами анализа и моделирования химических процессов,
- способами расчета макрокинетических констант модели по результатам стендового и опытно-промышленного эксперимента,
- основными методами решения уравнений квазигомогенных и многофазных моделей реакторов,
- методами расчета – для заданного химического процесса - конструкции промышленного реактора и режимов его эксплуатации,
- основными способами интенсификации промышленных процессов.

**3. Краткое содержание дисциплины:**

*Введение.*

Системный анализ реакторных процессов. Иерархические уровни анализа и исследования химических процессов. Закономерности протекания сложной химической реакции в гомогенных и гетерогенных физико-химических системах. Основные подходы к построению кинетических моделей, моделей зерна катализатора и каталитического реактора и к решению проблемы моделирования одно- и многофазных химических процессов. Структурная и параметрическая идентификация моделей. Классификация математических методов моделирования промышленных процессов. Одно, двух и трехфазные химические системы и процессы. Гидродинамика однофазных и многофазных потоков. Основные закономерности протекания процессов переноса тепла и массы в

многофазных системах при протекании в них или на поверхности раздела их фаз химических реакций.

*Раздел 1. Теоретические основы. Статика и кинетика химически реагирующих систем. Построение кинетических моделей сложных многомаршрутных химических реакций.*

1.1. Определение механизма многостадийной химической реакции. Стехиометрический анализ реагирующей химической системы. Структурная и стехиометрическая матрицы. Независимые химические реакции. Стехиометрическое правило Гиббса. Базисные решения основной стехиометрической системы уравнений. Методика расчета независимых реакций.

1.2. Меры завершенности реакций. Химические варианты и инварианты. Основная система кинетических уравнений.

1.3. Типы моделей кинетики химических реакций. Закон действующих масс и закон действующих поверхностей. Медленные и быстрые стадии механизма химической реакции.

1.4. Построение кинетических моделей гетерогенно-каталитических реакций со сложным механизмом протекания. Методы Боденштейна и Хориути. Принцип квазистационарности Боденштейна–Семенова. Боденштейновские и небоденштейновские вещества. Стехиометрические числа, маршруты реакций, стехиометрические матрицы итоговых уравнений маршрутов. Правило Хориути. Кинетические модели многостадийных химических реакций и их основные свойства.

*Раздел 2. Методы моделирования химических процессов в двухфазных системах газ(жидкость)-твердое, газ-жидкость.*

2.1. Области протекания каталитических реакций в системах газ-твердое – внешнедиффузионная, внутريدиффузионная, кинетическая. Экспериментальные методы определения областей протекания реакций.

2.2. Процессы переноса массы в зерне катализатора (молекулярная, кнудсеновская, поверхностная диффузия). Пуазейлевский, стефановский потоки. Процессы переноса тепла в зерне катализатора. Нестационарные и стационарные режимы работы зерна.

2.3. Математические модели гранул катализаторов различной формы – квазигомогенные, капиллярные, глобулярные, бидисперсные.

2.4. Уравнения диффузионной стехиометрии для изотермических и неизотермических процессов. Единственность и множественность стационарных состояний работы зерна. Основные способы интенсификации его работы.

2.5. Оценка внешнего и внутреннего факторов эффективности работы зерна катализатора для реагентов и итоговых реакций по маршрутам. Уравнения инвариантов для расчета факторов эффективности для неключевых веществ и независимых реакций.

2.6. Анализ процессов тепло- и массопереноса на границе раздела фаз газ-жидкость. Гидродинамика газожидкофазных систем. Пограничные слои при движении газового пузыря в жидкости. Газовые пузыри в стоковом потоке жидкости, при умеренных и больших числах Рейнольдса. Тепло- массоперенос на границах раздела газ-жидкость.

2.7. Модели массо- теплопереноса на границе раздела фаз газ-жидкость (пленочная, Хигби, Данквертса). Расчет величин межфазовых потоков и коэффициента ускорения абсорбции вследствие химической реакции. Оценка величин скоростей массопереноса при различных гидродинамических режимах движения фаз.

*Раздел 3. Моделирование процессов в однофазных и многофазных реакторах.*

3.1. Классификация моделей каталитических реакторов с аксиальным и радиальным направлением потока реагентов. Уравнения реакторных инвариантов. Квазигомогенные и двухфазные одно- и двух параметрические модели реакторов с аксиальным и/или радиальным направлением потока реагентов.

3.2. Изотермические, адиабатические, политропические реакторы. Реакторы с горизонтальными и вертикальными слоями катализатора и различной организацией движения сплошной фазы.

3.3. Трехфазные системы газ-жидкость-твердое с суспендированными и стационарными слоями катализаторов. Режимы течения потоков в трехфазных системах. Перепад давления в трехфазных системах. Процессы переноса тепла и массы в трехфазных системах. Методы моделирования промышленных трехфазных реакторов.

3.4. Алгоритмы и численные методы решения уравнений моделей каталитических реакторов (явный и полунявный методы Рунге-Кутты, метод ортогональных коллокаций).

3.5. Стационарные и нестационарные режимы работы реакторов. Методы расчета и анализа режимов работы квазигомогенных и многофазных каталитических реакторов с целью установления энерго- и ресурсосберегающих режимов их эксплуатации.

*Раздел 4. Конструкции каталитических реакторов в нефте- и газопереработке и режимы их эксплуатации.*

4.1. Полочные реакторы со стационарными слоями катализатора в производствах синтез-газа, метанола, диметилового эфира, бутиловых спиртов.

4.2. Реакторы с радиальными слоями катализатора и реакторы с комбинированными слоями аксиально-радиального типа в производстве аммиака.

4.3. Трубчатые реакторы со стационарными слоями катализатора в производствах метанола и формальдегида.

4.4. Комбинированные реакторы с трубчатой и полочной секциями в производстве формальдегида.

4.5. Реакторы с трехфазными потоками. Реакторы со стационарными слоями катализатора и нисходящим двухфазным газожидкостным потоком. Реакторы с суспендированным слоем катализатора и восходящим газожидкостным потоком. Реакторы с восходящим газожидкостным потоком и нисходящим рециркуляционным потоком катализатора.

4.6. Реакторы с движущимся слоем катализатора получения оксидов мономеров.

4.7. Новые типы химических реакторов, перспективы их использования в различных отраслях промышленности.

*Раздел 5. Современные проблемы создания энерго- ресурсосберегающих промышленных процессов. Интенсификация работы химических реакторов.*

5.1. Основные крупнотоннажные промышленные процессы химической и нефтехимической промышленности. Тенденции их развития и основные направления их интенсификации.

5.2. Способы эффективной организации в каталитических реакторах процессов конверсии природного газа в синтез-газ, водород, метанол, диметилэфир, моторные топлива.

5.3. Новые высокоэффективные каталитические системы конверсии метана в синтез-газ, метанол, диметилэфир, моторные топлива.

5.4. Конструкции каталитических реакторов ведущих зарубежных и отечественных фирм, обеспечивающие высокоинтенсивные режимы работы реакторного оборудования.

5.5. Интенсификация работы химических реакторов на основе принципов совмещения химических и тепло-массообменных процессов, как в реакторном узле, так и в отдельном химическом реакторе.

*Заключение.*

Заключительная лекция по подведению итогов дисциплины.

#### 4 Объем учебной дисциплины

Вид учебной работы	Объем дисциплины		
	ЗЕ	Акад. ч.	Астр. ч.
<b>Общая трудоемкость дисциплины</b>	<b>3</b>	<b>108</b>	<b>81</b>
<b>Контактная работа – аудиторные занятия:</b>	<b>1,3</b>	<b>48</b>	<b>36</b>
Лекции	0,4	16	12
Практические занятия (ПЗ)	0,4	16	12
Лабораторные работы (ЛР)	0,4	16	12
<b>Самостоятельная работа</b>	<b>1,7</b>	<b>60</b>	<b>45</b>
Контактная самостоятельная работа	1,7	0,2	0,15
Самостоятельное изучение разделов дисциплины		59,8	44,85
<b>Вид итогового контроля:</b>	<b>Зачет</b>		

## Аннотация рабочей программы дисциплины «Методы кибернетики химико-технологических процессов»

**1 Цель дисциплины** – обучить студентов методам оптимизации химико-технологических процессов, обработке экспериментальных данных и планированию экстремальных экспериментов.

**2 В результате изучения дисциплины обучающийся должен:**

*Обладать* следующими компетенциями и индикаторами их достижения:

ПК-3.1; ПК-3.2; ПК-3.3

*Знать:*

- методы оптимизации сложных химико-технологических процессов;
- современные алгоритмы дисперсионного, корреляционного и регрессионного анализов;
- планы эксперимента для решения задач оптимизации химико-технологических процессов.

*Уметь:*

- выбрать метод оптимизации сложных химико-технологических процессов, адекватный постановке задачи;
- выбрать соответствующую постановке задачи стратегию при экспериментальном поиске оптимальных условий;
- выбрать план эксперимента для решения задачи оптимизации.

*Владеть:*

- методами оптимизации химико-технологических процессов и оптимизации экспериментальных исследований в области химии и химической технологии.

### **3 Краткое содержание дисциплины**

Введение.

Основные понятия и определения.

#### **Раздел 1. Основные характеристики случайных величин. Определение параметров функции распределения.**

1.1 Основные характеристики СВ. Свойства математического ожидания и дисперсии. Равномерное и нормальное распределения. Задача об абсолютном отклонении.

Случайное явление, случайное событие, случайная величина. Непрерывные и дискретные случайные величины. Аксиомы теории вероятности А.Н Колмогорова. Вероятностный ряд. Функция и плотность распределения. Моменты распределения. Математическое ожидание и дисперсия случайной величины. Равномерное и нормальное распределение. Квантили. Функция Лапласа. Задача об абсолютном отклонении.

1.2. Генеральная совокупность и случайная выборка. Метод максимального правдоподобия. Оценки.

Генеральная совокупность и случайная выборка. Выборочная функция распределения. Теорема Гливленко. Оценки. Требования к ним. Метод максимального правдоподобия. Оценки математического ожидания и дисперсии.

1.3. Классификация ошибок измерения. Определение дисперсии по текущим измерениям.

Классификация ошибок измерения. Закон сложения ошибок. Ошибки косвенных измерений. Определение дисперсии по текущим измерениям (дисперсии воспроизводимости).

1.4. Доверительные интервалы и доверительная вероятность. Статистические гипотезы. Проверка однородности результатов измерений.

Доверительные интервалы, доверительная вероятность. Статистические гипотезы. Проверка статистических гипотез. Оценки математического ожидания и дисперсии нормально распределенной случайной величины. Сравнение нескольких дисперсий. Критерии Бартлетта и Кохрена. Проверка однородности результатов измерений.

#### **Раздел 2. Методы корреляционного и регрессионного анализов.**

2.1 Метод корреляционного анализа. Коэффициенты корреляции.



Метод корреляционного анализа. Стохастическая связь. Выборочный коэффициент корреляции. Коэффициенты частной корреляции.

2.2 Приближенная регрессия. Метод наименьших квадратов. Регрессионный анализ.

Приближенная регрессия. Использование метода наименьших квадратов для регрессии. Линейная регрессия от одного параметра. Описание регрессионного анализа.

2.3. Метод множественной корреляции.

Метод множественной корреляции. Проведение регрессионного анализа в матричной форме.

### **Раздел 3. Методы планирования эксперимента.**

3.1 Основные понятия теории планирования эксперимента. Полный факторный эксперимент.

Основные понятия и определения теории планирования эксперимента. Полный факторный эксперимент. (уровни, факторы, факторное пространство, параметры оптимизации). Несмешанные и смешанные оценки.

3.2. Дробный факторный эксперимент.

Описание дробного факторного эксперимента. Понятия генерирующего соотношения и определяющего контраста. Разрешающая способность дробной реплики.

3.3. Оптимизация методом крутого восхождения по поверхности отклика.

Метод крутого восхождения по поверхности отклика. Интервал варьирования. Эффективность метода крутого восхождения.

3.4. Композиционные планы 2-го порядка Бокса-Уилсона. Ортогональные планы второго порядка.

Описание области, близкой к экстремуму. Композиционные планы 2-го порядка Бокса-Уилсона, их структура. Центральный композиционный план второго порядка. «Звездное» плечо. Ортогональные планы второго порядка.

3.5. Ротатабельные планы второго порядка Бокса-Хантера.

Ротатабельные планы второго порядка Бокса-Хантера. Эквидистантные точки. Расчет величины «звездного» плеча.

### **Раздел 4. Особенности оптимизации процессов химической технологии.**

4.1 Классификация процессов химической технологии. Характеристика параметров систем, математические модели и их роль в решении задач оптимизации.

Классификация процессов химической технологии исходя из временных и пространственных признаков. Характеристика параметров систем. Математические модели и их роль в решении задач оптимизации. Классификация математических моделей. Модели статические, динамические, с сосредоточенными параметрами, с распределенными параметрами.

4.2. Экономическая эффективность технологических процессов. Виды критериев оптимальности.

Экономическая эффективность технологических процессов. Показатели эффективности элементов химико-технологической системы. Виды критериев оптимальности: в виде функционала, аддитивный, в виде линейной функции от управляющих параметров. Экономические критерии. Выбор управляющих переменных при оптимизации.

### **Раздел 5. Аналитические методы оптимизации.**

5.1. Методы оптимизации, основанные на классическом математическом анализе.

Необходимые и достаточные условия существования экстремума функции одной и многих переменных. Оптимизация равновесных экзотермических реакций, оптимизация многосекционного адиабатического реактора. Селективность и ее исследование для выбора оптимальных условий проведения реакций.

5.2. Условный экстремум. Метод неопределенных множителей Лагранжа.

Понятие условного экстремума. Метод неопределенных множителей Лагранжа. Оптимальное распределение потоков сырья между параллельно работающими аппаратами. Оптимизация многостадийных процессов.

### **Раздел 6. Методы математического программирования.**

6.1. Метод геометрического программирования.

Геометрическое программирование, вывод общих соотношений. Общая схема решения задач методом геометрического программирования. Двойственная функция. Расчет оптимального цикла периодической фильтрации.

## 6.2. Метод линейного программирования.

Математическая формулировка метода линейного программирования. Геометрическое представление. Симплекс-метод Данцига.

## 6.3. Метод динамического программирования.

Динамическое программирование. Принцип Р. Беллмана. Метод динамического программирования сверху и метод динамического программирования снизу. Математическая формулировка принципа оптимальности. Общая схема решения задач методом динамического программирования.

### **Заключение.**

Обобщение пройденного материала; рассматривается как полученные знания могут быть применены при проведении научных исследований для постановки и обработки экспериментов, оптимизации химико-технологических процессов.

### **4 Объем учебной дисциплины.**

Вид учебной работы	Объем дисциплины		
	ЗЕ	Акад. ч.	Астр. ч.
<b>Общая трудоемкость дисциплины</b>	<b>4</b>	<b>144</b>	<b>108</b>
<b>Контактная работа – аудиторные занятия:</b>	<b>1,8</b>	<b>64</b>	<b>48</b>
Лекции	0,9	32	24
Практические занятия (ПЗ)	0,9	32	24
Лабораторные работы (ЛР)	-	-	-
<b>Самостоятельная работа</b>	<b>2,2</b>	<b>80</b>	<b>60</b>
Контактная самостоятельная работа	2,2	0,4	0,3
Самостоятельное изучение разделов дисциплины		79,6	59,7
<b>Вид контроля:</b>	<b>Зачет с оценкой</b>		

### **Аннотация рабочей программы дисциплины «Проектирование процессов и аппаратов химической технологии»**

**1. Цель дисциплины** - существенно расширить, систематизировать и использовать на практике знаний основ гидравлических, тепловых и массообменных процессов химической технологии, позволяющих выпускникам осуществлять научно- исследовательскую и практическую работу на предприятиях.

#### **2. В результате изучения дисциплины обучающийся должен:**

Обладать следующими универсальными компетенциями и индикаторами их достижения:

**УК-2** - УК-2.1; УК-2.2; УК-2.3; УК-2.5; УК-2.6; УК-2.7; УК-2.8; УК-2.10.

**УК-4** - УК-4.2.

Обладать следующими профессиональными компетенциями и индикаторами их достижения:

**ПК-1** - ПК-1.1.

#### **Знать:**

- методы расчета тепло- и массообменных аппаратов;
- основные принципы организации процессов химической технологии;
- типовые процессы химической технологии, соответствующие аппараты и методы их расчета;
- методы составления технологических схем с нанесением всех аппаратов.

#### **Уметь:**

- составлять материальные и тепловые балансы для систем газ-жидкость;
- рассчитывать параметры тепло- и массообменного оборудования и насосов;
- подбирать стандартное оборудование, используемое в химической промышленности.

#### **Владеть**

- методологией расчета основных параметров гидромеханических, тепловых и массообменных процессов;

- основами правильного подбора тепло и массообменного оборудования;
- методами составления технологических схем и графического изображения основного оборудования.

### 3. Краткое содержание дисциплины.

**Введение.** Физико-химические основы и особенности условий проведения процесса разделения жидких гомогенных смесей ректификацией. Описание принципиальной схемы ректификационной установки непрерывного действия. Сравнение и области применения насадочных и тарельчатых колонн. Построение равновесной линии на основе полученных индивидуальных заданий.

#### Раздел 1. Расчёт ректификационной колонны.

##### 1.1. Расчёт насадочной ректификационной колонны непрерывного действия (для трех размеров насадки).

Материальный баланс колонны. Расчёт минимального и рабочего флегмового числа. Построение рабочих линий. Расчёт скорости паров и диаметра колонны. Определение высоты насадки по модифицированному уравнению массообмена. Определение общего числа и высоты единиц переноса. Расчёт гидравлического сопротивления насадки.

##### 1.2. Расчёт тарельчатой ректификационной колонны непрерывного действия.

Предварительный выбор тарелок. Материальный баланс колонны. Расчёт минимального и рабочего флегмового числа. Расчет скорости паров и диаметра колонны. Построение рабочих линий. Определение высоты светлого слоя жидкости на тарелке и паросодержания барботажного слоя. Расчёт коэффициентов массообмена, общего числа единиц переноса, эффективности по Мэрффи. Расчёт высоты колонны на основе КПД по Мэрффи с построением кинетической линии. Расчёт гидравлического сопротивления колонны.

##### 1.3. Сравнение данных расчета насадочной и тарельчатой колонн. Сопоставление данных, полученных по программам компьютерных и ручных расчётов. Выбор колонны.

#### Раздел 2. Расчёт и выбор теплообменников.

Расчёт и выбор теплообменников по общей схеме: -расчет тепловой нагрузки; - определение теплового режима и средней движущей силы; - приближенная оценка коэффициентов теплоотдачи, коэффициента теплопередачи, поверхности  $F_{op}$ ; - выбор типа и нормализованного варианта конструкции; -определение параметров конструкции (например, для кожухотрубного теплообменника: числа труб и числа ходов, диаметра труб, диаметра кожуха, поверхности теплообменника  $F_{норм}$  и др.); - сопоставление ориентировочной  $F_{op}$  и  $F_{норм}$ ; - сопоставление данных, полученных по программам компьютерных и ручных расчетов; -гидравлический расчет; - выбор оптимального варианта теплообменника.

##### 2.1. Расчёт кожухотрубчатого испарителя.

##### 2.2. Расчёт конденсатора (кожухотрубчатого или пластинчатого).

##### 2.3. Расчёт подогревателя (кожухотрубчатого или пластинчатого).

##### 2.4. Расчёт холодильников дистиллята и кубового остатка (кожухотрубчатых или пластинчатых).

#### Раздел 3. Гидродинамические расчёты.

##### 3.1 Расчёт гидравлического сопротивления трубопроводов

##### 3.2. Расчёт оптимальных диаметров трубопроводов

##### 3.3. Расчёт и подбор насосов

#### Раздел 4. Графическое оформление.

Технологическая схема. Ректификационная колонна определенного типа с изображением деталей контактных элементов, рассчитанных в разделе 1.

### 4. Объем учебной дисциплины.

Вид учебной работы	Объем дисциплины		
	ЗЕ	Акад. ч.	Астр. ч.
<b>Общая трудоемкость дисциплины</b>	<b>2</b>	<b>72</b>	<b>54</b>
<b>Контактная работа – аудиторные занятия:</b>	<b>0,44</b>	<b>16</b>	<b>12</b>

Практические занятия (ПЗ)	0,44	16	12
<b>Самостоятельная работа</b>	<b>1,56</b>	<b>56</b>	<b>42</b>
Контактная самостоятельная работа	1,56	0,4	0,3
Самостоятельное изучение разделов дисциплины		55,6	41,7
<b>Вид итогового контроля:</b>	<b>Курсовой проект</b>		

## Аннотация рабочей программы дисциплины «Моделирование типовых процессов химической технологии»

**1 Цель дисциплины** – целью дисциплины является обучение студентов на конкретных примерах практическому использованию метода математического моделирования, включая постановку физико-химического эксперимента, обработку результатов эксперимента, составление математических описаний, запись алгоритмов решения возникающих задач и реализация их на ЭВМ.

**2 В результате изучения дисциплины обучающийся по программе бакалавриата должен:**

*Обладать* следующими компетенциями:

- ПК-3.1; ПК-3.2; ПК-3.3; ПК-4.3

*Знать:*

определение, структуру и блочный принцип построения математических моделей; этапы математического моделирования; взаимосвязь физического и математического моделирования; математические модели процессов абсорбции, ректификации, экстракции, сушки, теплообмена, кристаллизации, алгоритмы расчета вышеуказанных процессов.

*Уметь:*

поставить и провести физико-химический эксперимент, решать задачи составления математического описания, выбирать метод решения сформулированной системы уравнений, устанавливать адекватность математической модели объекту исследования, решать задачи оптимизации и проектирования вышеперечисленных химико-технологических процессов.

*Владеть:*

методикой проведения физико-химического эксперимента, аналитическим, эмпирическим и эмпирико-аналитическим методами составления математического описания; методами идентификации параметров математических моделей; алгоритмами расчета основных тепло-, массообменных процессов в проверочной и проектной постановках задачи.

### 3 Краткое содержание дисциплины

#### 1.1. Введение

1.2. Ознакомление с экспериментальными установками для проведения физико-химического эксперимента.

1.3. Математическое моделирование как основа системного анализа процессов химической технологии, нефтехимии и биотехнологии, методологии разработки энерго- и ресурсосберегающих производств. Классификация математических моделей, взаимосвязь математических и физических моделей.

1.4. Общая структура математического описания процессов химической технологии, нефтехимии и биотехнологии. Уравнения, отображающие основные законы сохранения массы, энергии и импульса, условия равновесия. Допущения и ограничения.

2. Метод математического моделирования при изучении химико-технологических процессов. Этапы математического моделирования. Блочный принцип разработки математических моделей. Критерии установления адекватности моделей объектам химической и нефтехимической технологии, биотехнологии. Методы идентификации параметров математических моделей

3.1. Математическое описание гидродинамики (структуры потоков) в объектах химической технологи, нефтехимии и биотехнологии. Экспериментальные методы

исследования структуры потоков в аппаратах. Внутренние и внешние функции распределения потоков по времени пребывания. Метод моментов для определения точечных оценок параметров моделей структуры потоков. Определение начальных моментов плотности распределения через передаточную функцию объекта.

3.2. Математические модели структуры потоков в аппаратах: идеального смешения, идеального вытеснения, ячеечная, диффузионная, ячеечная с обратными потоками. Комбинированные модели, учитывающие наличие в аппаратах застойных зон, потоков байпасирования и рециркуляции.

4. Математическое описание равновесия в системах «пар-жидкость», «газ-жидкость», «жидкость-жидкость» с учетом неидеальности поведения фаз. Алгоритмы расчета фазовых равновесий, совмещенных фазовых и химических равновесий.

3.3. Общие принципы математического описания массообменных и теплообменных процессов. Уравнения массо- и теплопереноса с учетом перекрестных эффектов. Движущая сила процесса переноса. Способы интенсификации массо- и теплопереноса с целью реализации энерго- и ресурсосберегающих процессов.

3.4. Математическое моделирование массообменных процессов: абсорбции, экстракции, сушки твердых веществ, многокомпонентной ректификации, массовой кристаллизации из растворов, теплообмена. Примеры конкретных задач расчета этих процессов в аппаратах периодического и непрерывного действия.

4. Определение, структура и области применения искусственных нейронных сетей в задачах системного анализа, моделирования и разработки энерго- и ресурсосберегающих процессов химической технологии, нефтехимии и биотехнологии.

#### 4. Объем учебной дисциплины

Вид учебной работы	Объем дисциплины		
	ЗЕ	Акад. ч.	Астр. ч.
<b>Общая трудоемкость дисциплины</b>	<b>3</b>	<b>108</b>	<b>72</b>
<b>Контактная работа – аудиторные занятия:</b>	<b>1,78</b>	<b>64</b>	<b>48</b>
Лабораторные занятия (ЛЗ)	1,78	64	48
<b>Самостоятельная работа</b>	<b>1,22</b>	<b>44</b>	<b>26</b>
Контактная самостоятельная работа	1,22	0,2	0,15
Самостоятельное изучение разделов дисциплины		43,8	25,85
<b>Вид итогового контроля:</b>	<b>Зачет</b>		

#### Аннотация рабочей программы дисциплины

##### «Математическое моделирование энерго- и ресурсоэффективных технологических систем»

**1. Цель дисциплины** – научить студентов применению методов математического моделирования химико-технологических систем с позиций их технологической и аппаратурной энерго- и ресурсоэффективности.

**2. В результате изучения дисциплины обучающийся должен:**

*Обладать* следующими компетенциями и индикаторами их достижения:

УК-1.1; УК-1.2; УК-1.5; ПК-1.4; ПК-1.6.

*Знать:*

– общую схему и этапы моделирования на основе системного подхода энерго- и ресурсоэффективных технологических систем, теоретические основы и практические приёмы построения их математических моделей, реализации модельного эксперимента;

Уметь:

– практически применять методы моделирования для расчёта, анализа химико-технологических систем, решения задач ресурсосбережения;

Владеть:

– современными технологиями автоматизации моделирования.

### 3. Краткое содержание дисциплины

*Раздел 1. Общая схема моделирования химико-технологических систем.*

*1.1 Классификация химико-технологических систем и их моделей.* Определение химико-технологической системы. Классификация химико-технологических систем по способу организации технологических процессов. Определение математической модели. Классификация математических моделей по отображению сторон моделируемых систем и методам исследования. Цели моделирования. Индуктивный и системный подходы к моделированию. Автоматизация моделирования.

*1.2 Общая схема и этапы моделирования.* Моделирование как многоэтапный итерационный информационный процесс. Разработка концептуальной модели и её формализация. Модельный эксперимент. Установление адекватности модели. Структурное и параметрическое корректирование. Интерпретация результатов моделирования и прогноз.

*Раздел 2. Моделирование химико-технологических систем с непрерывным режимом работы.*

*2.1 Статические модели химико-технологических систем.* Стационарный режим – основной рабочий режим систем непрерывного действия. Структура модели. Модели технологических аппаратов и модели структуры технологической системы. Структурный анализ разомкнутых систем и систем с внешними рециклами.

*2.2 Динамические модели химико-технологических систем.* Цели изучения динамических свойств систем. Функциональные операторы. Линейность. Принципы суперпозиции. Характеристические функции.

*Раздел 3. Моделирование химико-технологических систем с дискретно-непрерывным режимом работы.*

*3.1 Структура модели. Классификация процессов.* Периодический способ организации технологических процессов. Непрерывные и дискретные процессы. Функциональные состояния аппаратов и систем. События времени и состояния.

*3.2 Моделирование непрерывных процессов.* Автономные и интерактивные процессы. Виды взаимодействия технологических аппаратов. Согласование временных режимов их работы. Оптимизация объёма вспомогательных ёмкостей. Методы решения дифференциальных уравнений с разрывными функциями в правой части. Аппроксимационные экстремумы разрывных функций.

*3.3 Моделирование дискретных процессов.* Моделирование процессов смены состояний, начала и окончания коммутации аппаратов периодического действия, конфликтных ситуаций в системах. Сети Петри.

*3.4 Имитационно-аналитическое моделирование.* Системы дискретного и комбинированного моделирования. Состав, структура и функции. Языки моделирования. Алгоритмы продвижения модельного времени. Временные сети.

*3.5 Формирование расписания работы многопродуктовых систем.* Многопродуктовые технологические системы. Временные режимы работы многопродуктовых химико-технологических систем. Формирование и преобразование матриц технологических циклов. Алгоритмы вычисления логических определителей вещественнозначной логики.

### 4. Объём учебной дисциплины

Виды учебной работы	Объём дисциплины		
	ЗЕ	Акад. ч.	Астр. ч.
<b>Общая трудоёмкость дисциплины</b>	<b>3</b>	<b>108</b>	<b>81</b>
<b>Контактная работа – аудиторные занятия:</b>	<b>1,34</b>	<b>48</b>	<b>36</b>
Лекции	0,67	24	18
Практические занятия (ПЗ)	0,67	24	18

<b>Самостоятельная работа</b>	<b>1,66</b>	<b>60</b>	<b>45</b>
Контактная самостоятельная работа	1,66	0,4	0,3
Самостоятельное изучение разделов дисциплины		59,6	44,7
<b>Вид итогового контроля:</b>		<b>Зачёт с оценкой</b>	

### **Аннотация рабочей программы дисциплины «Современные технологии автоматизации химико-технологических процессов»**

**1 Цель дисциплины** – формирование у обучающегося системы знаний, навыков и умений, необходимых для осуществления профессиональной деятельности, связанной с эксплуатацией и разработкой автоматизированных систем управления химико-технологическими процессами.

**2 В результате изучения дисциплины обучающийся должен:**

*Обладать* следующими компетенциями и индикаторами их достижения:

*ПК-1.7; ПК-1.8; ПК-1.9; ПК-5.1; ПК-5.2; ПК-5.3.*

*Знать:*

- структуру и функции современных автоматизированных систем управления технологическими процессами (АСУ ТП);
- технические средства современных АСУ ТП;
- основные классы программного обеспечения АСУ ТП;
- технологии, используемые для создания систем усовершенствованного управления технологическими процессами;
- программное обеспечение для структурно-параметрического синтеза систем управления химико-технологическими процессами (ХТП), оптимизации и планирования работы химических производств.

*Уметь:*

- использовать программное обеспечение для настройки технологических измерителей-регуляторов;
- разрабатывать программы для управления технологическими процессами;
- разрабатывать и моделировать автоматические системы регулирования.

*Владеть:*

- одним из языков программирования контроллеров стандарта МЭК 61131-3;
- навыками использования среды MATLAB/Simulink для решения задач разработки и моделирования автоматических систем регулирования.

**3 Краткое содержание дисциплины**

*Раздел 1. Системная интеграция и информационно-коммуникационные технологии реализации современных систем автоматизации ХТП.*

1.1. Введение в автоматизацию технологических процессов и производств.

1.2. Иерархическая структура и функциональные возможности информационно-коммуникационных систем автоматизации.

1.3. Системы усовершенствованного управления (СУУ) ХТП.

1.4. Промышленный интернет вещей, технологии Big Data и облачные технологии в АСУ ТП.

1.5. Технологии виртуального проектирования АСУ ТП.

*Раздел 2. Распределенные программно-аппаратные комплексы для мониторинга и управления химическими производствами.*

2.1. Структура и функциональные возможности современных АСУ ТП. Информационное, аппаратное, математическое, программное, метрологическое, эргономическое и организационное обеспечение АСУ ТП.

2.2. Беспроводные системы передачи данных в АСУ ТП.

2.3. Виртуальные анализаторы: типы и функциональные возможности.

2.4. Современные программируемые логические контроллеры (ПЛК) и ПЛК MICRO, микропроцессорные измерители-регуляторы

2.5. Структура и функциональные возможности баз данных реального времени (БД РВ) в АСУ ТП.

2.6. Общее программное обеспечение АСУ ТП: операционные системы, SCADA-системы, средства программирования контроллеров.

2.7. Специальное программное обеспечение: программы для ПЛК, реализующие функции СУУ, программы оптимизации и управления технологическими и производственными процессами.

*Раздел 3. Пакеты прикладных программ для структурно-параметрического синтеза систем управления ХТП, оптимизации и планирования работы химических производств.*

3.1. Программная среда MATLAB/Simulink для решения задач разработки и моделирования автоматических систем регулирования. Среды программирования ПЛК. Стандарт языков программирования МЭК61131-3.

3.2. Программные среды для календарного планирования: СПРУТ-ОКП и системы APS (Advanced Planning & Scheduling – усовершенствованного планирования) компании AspenTech.

#### 4 Объем учебной дисциплины.

Вид учебной работы	Объем дисциплины		
	ЗЕ	Акад. ч.	Астр. ч.
<b>Общая трудоемкость дисциплины</b>	<b>3</b>	<b>108</b>	<b>81</b>
<b>Контактная работа – аудиторные занятия:</b>	<b>1,33</b>	<b>48</b>	<b>36</b>
Лекции	0,44	16	12
Практические занятия (ПЗ)	0,44	16	12
Лабораторные работы (ЛР)	0,44	16	12
<b>Самостоятельная работа</b>	<b>1,67</b>	<b>60</b>	<b>45</b>
Контактная самостоятельная работа	1,67	0,2	0,15
Самостоятельное изучение разделов дисциплины		59,8	44,85
<b>Вид итогового контроля:</b>	<b>Зачет</b>		

#### 5.3 Дисциплины части, формируемой участниками образовательных отношений (дисциплины по выбору)

##### Аннотация рабочей программы дисциплины «Вычислительный эксперимент в задачах химической технологии»

**1 Цель дисциплины** – изучить методы и приёмы проведения вычислительного эксперимента на математических моделях некоторых объектов химической технологии.

**2 В результате изучения дисциплины обучающийся должен:**

*Обладать* следующими компетенциями и индикаторами их достижения:

*ПК-3.1, ПК-3.2, ПК-3.3, ПК-4.3.*

*Знать:*

- подходы к методам математического моделирования различных объектов химической технологии;
- основные алгоритмы и методы численного решения математических и химико-технологических задач в стационарном состоянии и в детерминированной постановке;
- основные приёмы работы в визуальной среде Borland Delphi операционной системы Microsoft Windows;

*Уметь:*

- формулировать расчётные задачи вычислительного эксперимента в области химической технологии;
- использовать численные методы для решения таких задач;



*Владеть:*

- методами численного эксперимента и решения задач в области химической технологии.

### **3 Краткое содержание дисциплины**

*Введение. Вычислительный эксперимент и математическое моделирование. Цель и основные задачи.*

Преимущества вычислительного эксперимента и математического моделирования в сравнении с натурным экспериментом. Причины, по которым применяют вычислительный эксперимент. Методы познания мира и моделирование. Преимущества и недостатки вычислительного эксперимента.

*Раздел 1. Разработка математических моделей расчета кожухотрубчатых теплообменных аппаратов без изменения агрегатного состояния сред.*

Общие сведения. Определение поверхности теплообмена. Различные схемы взаимного тока теплоносителей.

Поверочный и проектный расчёт. Определение теплопередающей поверхности. Учёт направления потоков. Учёт изменения температуры потоков и стенки и как следствие изменение свойств, участвующих в теплообмене сред.

Проведение численных экспериментов на разработанных программах с использованием изученных моделей.

Гидравлический расчёт теплообменных аппаратов в однофазных и двухфазных средах.

Математическое моделирование теплообмена в однофазных и двухфазных средах. Уравнение Навье-Стокса. Режимы течения. Расчёт гидравлического сопротивления однофазных и двухфазных потоков с учётом различных эффектов.

Математическое моделирование теплообмена в однофазных средах. Проведение численных экспериментов на разработанных программах с использованием изученных моделей.

*Раздел 2. Математическое моделирование теплообмена с изменением агрегатного состояния фаз.*

Процессы кипения и конденсации. Термодинамические основы процессов.

Математическое моделирование теплообмена при конденсации чистых паров и парогазовых смесей.

Различные типы конденсации пара из объёма и на поверхности. Учет режимов течения плёнки конденсата. Влияние различных факторов на режимы течения плёнки конденсата. Методы расчёта конденсаторов парогазовых смесей.

Проведение численных экспериментов на разработанных программах с использованием изученных моделей.

Математическое моделирование теплообмена при кипении.

Проведение численных экспериментов на разработанных программах с использованием изученных моделей. Режимы кипения. Кипение в объёме и на поверхности, в каналах при организованном движении жидкости.

*Раздел 3. Основы математического моделирования процессов тепло- и массопередачи в ректификационных колоннах.*

Общие сведения и основные понятия ректификации. Подходы к описанию процессов ректификации. Различные методы расчёта.

Упрощенные математические модели для расчета процесса ректификации в простых колоннах.

Составление материального – покомпонентного, теплового баланса. Концепции: теоретической ступени разделения, равновесной тарелки, к.п.д. тарелки и колонны. Упрощенный расчёт ректификационной колонны. Соотношения Фенске и Андервуда.

Разработка программы расчета ректификационной колонны методом независимого определения концентраций с переменными потоками жидкости и пара по высоте колонны.

Совместное решение уравнений покомпонентного материального и теплового балансов и паро-жидкостного равновесия (методика Тиле–Геддеса). Обеспечение и ускорение сходимости методом  $\theta$ -коррекции. Проведение численных экспериментов на разработанных программах с использованием изученных моделей. Подходы к учёту неидеальности жидкой и паровой фаз.

### **4 Объем учебной дисциплины**

Вид учебной работы	Объем дисциплины		
	ЗЕ	Акад. ч.	Астр. ч.
<b>Общая трудоемкость дисциплины</b>	<b>3</b>	<b>108</b>	<b>81</b>
<b>Контактная работа – аудиторные занятия:</b>	<b>1,3</b>	<b>48</b>	<b>36</b>
Лекции	0,4	16	12
Практические занятия (ПЗ)	-	-	-
Лабораторные работы (ЛР)	0,9	32	24
<b>Самостоятельная работа</b>	<b>1,7</b>	<b>60</b>	<b>45</b>
Контактная самостоятельная работа	1,7	0,2	0,15
Самостоятельное изучение разделов дисциплины		59,8	44,85
<b>Вид контроля:</b>	<b>Зачет</b>		

### Аннотация рабочей программы дисциплины «Языки и среды программирования»

**1. Цель дисциплины** – получение студентами знаний о существующих интегрированных средах разработки программных приложений и навыков самостоятельной разработки программных продуктов с использованием этих сред.

**2. В результате изучения дисциплины обучающийся должен:**

*Обладать* следующими компетенциями и индикаторами их достижения:

ПК-3.2, ПК-3.3, ПК-4.3.

*Знать:*

– основные этапы эволюции языков программирования, тенденции развития современных языков и сред программирования;

– правила построения блок-схем алгоритмов в соответствии с действующими стандартами и нормативно-методическими документами;

– этапы жизненного цикла программного обеспечения;

*Уметь:*

– проектировать графический интерфейс пользователя программного приложения;

– оптимизировать программный код с целью эффективной организации программы;

*Владеть:*

– основными процедурами, функциями и операторами языка программирования интегрированной среды разработки приложений;

– навыками решения прикладных задач программирования с использованием интегрированных сред разработки приложений.

**3. Краткое содержание дисциплины:**

*Раздел 1. Общие сведения о языках и средах программирования и разработке программных приложений.*

1.1. Эволюция языков и сред программирования.

Машинный язык, языки низкого и высокого уровней. Современные языки и среды программирования: языки для быстрой разработки приложений, языки и среды специального назначения.

1.2. Алгоритмизация программ и процедур.

Принципы разработки алгоритмов программ и процедур. Правила оформления блок-схем алгоритмов на основе действующих стандартов и нормативно-методических документов.

1.3. Этапы жизненного цикла программного обеспечения.

Циклы разработки, сопровождения и обновления программного обеспечения: этапы, проблемы и противоречия между разработчиком и пользователем программного обеспечения.

1.4. Проектирования интерфейса пользователя.

Понятия графического и дружественного пользователю интерфейса. Основные элементы интерфейса. Стандарты интерфейса windows-приложений.

1.5. Оптимизация программного кода.

Основные направления оптимизации программного кода. Проблемы скорости работы программы, компактности программного кода, функциональности и удобства для пользователя. Способы достижения оптимальности программного кода.

## *Раздел 2. Интегрированная среда разработки приложений.*

### 2.1. Основные инструменты разработчика.

Палитра компонентов. Инспектор объектов. Проектировщик формы. Редактор программного кода.

### 2.2. Основные компоненты.

Основные визуальные компоненты, их свойства и методы: формы, панели, разделители, подписи, поля редактирования (ввода), текстовые поля, выпадающие списки, опции и группы опций, кнопки, таблицы. Компонент для представления данных в графическом виде. Компоненты для работы с приложением и экраном. Невизуальные диалоговые компоненты.

### 2.3. Язык программирования среды.

Описание переменных, массивов, записей, множеств, констант, меток. Базовые типы переменных. Объявление новых типов переменных. Глобальные и локальные переменные. Процедуры и функции, определяемые пользователем. Создание новых модулей процедур и функций. Операторы и команды управления ходом выполнения программы. Процедуры и функции для работы с массивами и текстовыми файлами. Математические процедуры и функции. Операции со строками. Взаимные преобразования строк и чисел. Использование диалоговых функций.

## *Раздел 3. Решение прикладных задач программирования.*

### 3.1. Решение задач на закрепление навыков работы с основными компонентами.

Задачи на проектирование интерфейса. Изучение свойств и методов работы с компонентами.

### 3.2. Решение задач на закрепление навыков работы с основными процедурами и функциями.

Задачи, требующие взаимного преобразования строковых и числовых переменных. Работа со статическими и динамическими массивами.

### 3.3. Решение задач на закрепление навыков работы с файлами.

Чтение информации из файла и запись в файл. Сохранение и загрузка исходных данных в приложениях.

### 3.4. Решение вычислительных задач.

Задачи, требующие выполнения матричных операций. Вычислительные процедуры и функции, определяемые пользователем. Представление результатов вычислений в форме таблиц, диаграмм и графиков.

## **4. Объем учебной дисциплины**

Вид учебной работы	Объем дисциплины		
	ЗЕ	Акад. ч.	Астр. ч.
<b>Общая трудоемкость дисциплины</b>	<b>3</b>	<b>108</b>	<b>81</b>
<b>Контактная работа – аудиторные занятия:</b>	<b>1,3</b>	<b>48</b>	<b>36</b>
Лекции	0,4	16	12
Лабораторные работы (ЛР)	0,9	32	24
<b>Самостоятельная работа</b>	<b>1,7</b>	<b>60</b>	<b>45</b>
Контактная самостоятельная работа	1,7	0,2	0,15
Самостоятельное изучение разделов дисциплины		59,8	44,85
<b>Вид итогового контроля:</b>	<b>зачёт</b>		

## **Аннотация рабочей программы дисциплины «Информационные системы хранения и обработки данных»**

**1 Цель дисциплины** – обеспечить получение студентами знаний о способах нахождения, обработки и хранения данных; основах проектирования современных информационных и интеллектуальных систем и их использования в различных областях промышленности.

### **2 В результате изучения дисциплины обучающийся должен:**

*Обладать* следующими компетенциями и индикаторами их достижения:

ПК-4.1, ПК-4.2, ПК-4.3.

*Знать:*

- основные способы нахождения, обработки и хранения данных;
- основные особенности создания информационных приложений;
- основы проектирования современных информационных и интеллектуальных систем;
- основные современные пакеты прикладных программ для промышленного проектирования химико-технологических, фармацевтических, нефтеперерабатывающих производств;
- основные способы решения типовых прикладных задач химико-технологических, фармацевтических, нефтеперерабатывающих производств с использованием современных информационных систем хранения и обработки данных.

*Уметь:*

- правильно осуществлять выбор наиболее подходящего способа нахождения, обработки и хранения данных;
- создавать информационные приложения для решения математических, технологических и исследовательских задач;
- работать в качестве пользователя персонального компьютера, решая типовые прикладные задачи химико-технологических, фармацевтических, нефтеперерабатывающих производств с использованием современных информационных систем хранения и обработки данных.

*Владеть:*

- основными способами нахождения, обработки и хранения данных;
- стандартными пакетами прикладных программ для решения математических, типовых технологических и исследовательских задач химико-технологических, фармацевтических, нефтеперерабатывающих производств;
- основами проектирования современных информационных и интеллектуальных систем.

### **3 Краткое содержание дисциплины**

**Введение.** Предмет и методы изучаемой дисциплины. Цели и задачи дисциплины. Описание основных разделов дисциплины. Структура дисциплины и правила рейтинговой системы. Введение в предметную область. Основные понятия, определения, терминология.

#### **Раздел 1. Систематизация данных, способы хранения данных.**

1.1 История и тенденции развития и применения информационных технологий в области химии, фармацевтических и биопроцессов.

Обзор современных информационных технологий хранения и обработки информации, истории их создания, применения в области химии, химической, фармацевтической и биотехнологии. Важнейшие технологические решения в области информационных технологий. Примеры внедрения различных информационных технологий. Экономический эффект. Решение задач управления качеством с помощью информационных технологий.

1.2 Систематизация интеллектуальных систем.

Системный анализ интеллектуальных систем (ИС), их составляющих: базы данных, экспертные системы, расчетные алгоритмы. Технологии проектирования баз данных. Примеры ИС, нацеленные на разные задачи: моделирование физико-химических процессов и явлений (ASPEN PLUS), моделирование отдельных аппаратов (DRYINF), моделирование технологических схем (ASPEN, ChemCad).

1.3 БД и информационные системы.

БД – как компьютерные хранилища информации. Рассмотрение принципов и примеров построения баз данных: иерархические, сетевые, реляционные. Таблицы, сущности, взаимосвязи. Компьютерные среды для построения БД. Особенности картографических, текстовых БД. Алгоритмы поиска в них информации. Примеры БД для поиска информации в области химической технологии (Science Direct, Dechema, БД ВИНТИ и другие).

#### **Раздел 2. Методы обработки данных. Программное обеспечение.**

## 2.1 Методы интеллектуального анализа данных.

Структура интеллектуального анализа данных (ИАД, в английской терминологии Data Mining). ИАД как процесс аналитического исследования больших массивов информации с целью выявления определенных закономерностей и систематических взаимосвязей между переменными, которые затем можно применить к новым совокупностям данных. Автоматизированная обработка и обобщение накопленных сведений, превращение их в информацию и знания. Общая информация по основным компьютерным методам обработки информации: пакетные, транзакции, ИАД. Общая информация по основным математическим методам обработки массивов данных: системы рассуждения на основе аналогичных случаев; алгоритмы вычисления оценок; нечеткая логика; нейронные сети; алгоритмы определения ассоциаций и последовательностей; анализ с избирательным действием; логическая регрессия; деревья решений; эволюционное программирование; генетические алгоритмы; визуализация данных. Характеристика, область применения каждого метода ИАД.

## 2.2 Технологии создания информационных систем.

CALS-технология как технология комплексной компьютеризации сфер промышленного производства. Понятие жизненного цикла производства или изделий. CALS как «Computer Acquisition and Lifecycle Support – компьютерное сопровождение и поддержка жизненного цикла изделий». Проектная, технологическая, производственная, маркетинговая, эксплуатационная документация. Хранение, обработка и передача информации в компьютерных средах CALS-систем, оперативный доступ к данным в нужное время и в нужном месте. Примеры использования. CASE (Computer Aided Software Engineering) – технология создания и сопровождения информационных систем. Программно-технологические CASE-средства для автоматизации проектирования и разработки информационных систем. Состав CASE- средств: анализ и формулировка требований, проектирование баз данных и приложений, генерация кода, тестирование, обеспечение качества, управление конфигурацией и проектом. CASE-система. Примеры использования.

## 2.3 Современный информационный подход к контролю и обеспечению качества.

Информационная платформа для обеспечения качества продукции: от контроля процессов в отдельном аппарате до решения логистических задач предприятия. Документы, нацеленные на обеспечение качества: ГОСТ, ISO-9001, GMP-стандарт (английская аббревиатура сохраняется в русском языке «good manufacturing practice»), PAT («process analytical technology») инициативы. Иерархия управления. Существующие пакеты прикладных программ для контроля и обеспечения качества.

## 2.4 Лабораторные информационные системы.

Лабораторно-информационные системы или системами управления лабораторной информацией LIMS-системы. LIMS- системы (Laboratory Information Management System) для хранения, обработки информации аналитического оборудования и оценка качества химических, биологических и фармацевтических средств. План-модель аналитической лаборатории. Основные принципы, алгоритмы и составные части LIMS систем. Принципы сбора, анализа, сортировки информации, поступающей с различных аналитических приборов и установок.

## 2.5 Технология создания виртуальных лабораторий.

Виртуальные лаборатории (ВЛ). Цели создания ВЛ. Программные продукты для создания ВЛ. Существующие технические приемы и компьютерные технологии. Lab VIEW как один из примеров коммерческого программного обеспечения. Lab VIEW — графическая система программирования на уровне функциональных блок-диаграмм.

## **Раздел 3. Примеры хранения и обработки данных для химических, нефтеперерабатывающих и фармацевтических предприятий.**

### 3.1 Типы автоматизированных систем для предприятий.

ERP (Enterprise-Resource Planning – планирование ресурсов предприятия) – компьютерные системы управления предприятием. Алгоритмы и методы интеграции всех отделов и функций компании в единую компьютерную систему. БД в ERP. Особенности создания единого хранилища данных.

### 3.2 Информационные системы для управления и контроля качества.

SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition System) - система сбора данных и оперативного диспетчерского управления, функционирующее в составе автоматизированных систем управления конкретного объекта. Функции SCADA-систем: сбор данных о контролируемом технологическом процессе; управление технологическим процессом. Алгоритмы реализации этих функций. Обзор существующих SCADA-систем. Примеры. PAT (process analytical technology) – технология контроля и мониторинга фармацевтических предприятий. Контроль отдельных процессов, мониторинг сырья, полуфабрикатов, готовой продукции, контроль хранения на складах. Логистические операции. Алгоритмы построения компьютерных PAT-систем. Примеры их использования.

### 3.3 Программные пакеты для проектирования химико-технологических систем (ASPEN).

Пакеты ASPEN как пример коммерческих пакетов для проектирования химико-технологических, фармацевтических, нефтеперерабатывающих производств. Состав пакетов ASPEN. БД, способы обработки и хранения информации. Проектирование технологических схем. HYSYS – как один из пакетов ASPEN. Примеры задач моделирования и проектирования химико-технологических процессов и схем.

### 3.4 Использование ИТ для фармацевтических задач.

Применение информационных технологий в решении таких задач как: разработка новых лекарственных форм; уменьшение времени внедрения инноваций в производство; автоматизация контроля за оборудованием и ускорение процесса проектирования производств; контроль качества и минимизация брака. Практические примеры применения на отечественных и зарубежных фармацевтических предприятиях.

**Заключение.** Перспективы развития информационных систем и обработки данных. Подведение итогов дисциплины.

## 4 Объем учебной дисциплины.

Вид учебной работы	Объем дисциплины		
	ЗЕ	Акад. ч.	Астр. ч.
<b>Общая трудоемкость дисциплины</b>	<b>4</b>	<b>144</b>	<b>108</b>
<b>Контактная работа – аудиторные занятия:</b>	<b>1,8</b>	<b>64</b>	<b>48</b>
Лекции	0,44	16	12
Практические занятия (ПЗ)	0,44	16	12
Лабораторные работы (ЛР)	0,9	32	24
<b>Самостоятельная работа</b>	<b>2,2</b>	<b>80</b>	<b>60</b>
Контактная самостоятельная работа	2,2	0.4	0.3
Самостоятельное изучение разделов дисциплины		79.6	59.7
<b>Вид итогового контроля:</b>	<b>Зачет с оценкой</b>		

## Аннотация рабочей программы дисциплины «Универсальные программные средства решения математических задач»

**1 Цель дисциплины** – научить студентов теоретическим основам, практическим умениям и навыкам эффективного использования современных универсальных программных средств для проведения численных, аналитических расчётов, обработки и визуализации данных, планирования и моделирования эксперимента, а также для решения широкого круга вычислительных задач учебного, прикладного, инженерного и научного характера.

### 2 В результате изучения дисциплины обучающийся должен:

*Обладать* следующими компетенциями и индикаторами их достижения:

ПК-3.2, ПК-3.3, ПК-4.2, ПК-4.3.

*Знать:*

- классификацию, структуру, функциональные и математические возможности существующих универсальных программных средств решения математических задач;
- методики выполнения обработки, визуализации данных, проведения численных и символьных вычислений с использованием современных программных средств;
- языки программирования (управления вычислениями), применяемые в современных программных средствах решения математических задач;

*Уметь:*

- выбирать пакет прикладных программ для решения конкретных вычислительных задач;
- использовать универсальные программные средства для решения математических задач;

*Владеть:*

- навыками решения прикладных, учебных, инженерных, научных задач с использованием современной компьютерной техники и программных средств;
- навыками использования современных прикладных программных средств для математических вычислений;
- навыками документирования расчетов, проведенных с использованием современных программных средств.

### **3 Краткое содержание дисциплины**

*Введение.* Краткий исторический очерк. Основные цели и задачи курса, состав курса, информационные источники.

*Раздел 1. Введение в теорию алгоритмов и структур данных*

1.1. Основные понятия – классификация математических задач и методов их решения, понятие алгоритма.

1.2. Характеристики алгоритмов – численные и символьные вычисления, точные и приближённые вычисления, итеративные алгоритмы, вычислительная сложность задач, сходимость, достоверность, адекватность модели.

1.3. Математические величины и компьютерные типы данных для их представления – целые числа, рациональные и иррациональные дроби, комплексные числа, бесконечность, неопределённость, мнимая единица, скаляр, вектор, матрица; целочисленные типы данных, дробные типы с плавающей и фиксированной запятой, массивы, представление особых значений.

*Раздел 2. Общие сведения о программном обеспечении (ПО) для решения математических задач*

2.1. Моделирующие программные средства и средства автоматизации инженерных расчетов – классификация существующего ПО.

2.2. Обзор функциональных и математических возможностей и сравнительный анализ программных средств компьютерной алгебры – достоинства и недостатки, сферы применения; преимущества и недостатки свободно распространяемых программных средств.

2.3. Современные тенденции в решении вычислительных задач – массовый параллелизм, облачные вычисления, распределённые вычислительные сети, системы с веб-интерфейсом.

*Раздел 3. Система компьютерной алгебры Mathcad*

3.1. Mathcad – общие сведения о структуре приложения, функциональном наполнении и возможностях системы, особенности, преимущества и недостатки по сравнению с другими программными продуктами.

3.2. Основы выполнения расчётов в среде Mathcad – лексика и синтаксис записи расчётных соотношений, переменные, возможности и ограничения встроенных типов данных.

3.3. Обзор интерфейса пользователя – меню, панели инструментов, клавиатурные последовательности для эффективной работы;

3.4. Визуализация зависимостей – построение графиков функций и диаграмм, настройка графического отображения.

3.5. Символьный вычислитель Mathcad – упрощение выражений, разложение на множители, подстановка переменных, символьное дифференцирование, интегрирование, разложение в ряды, нахождение корней.

3.6. Использование системы Mathcad для решения конкретных задач – обзор семейства встроенных функций: статистическая обработка данных, оптимизация, интегрирование и дифференцирование, регрессия, комплексные исчисления, поиск корней.

*Раздел 4. Пакет прикладных программ для решения задач технических вычислений MATLAB (Matrix Laboratory)*

4.1. MATLAB – концепция системы, структура пакета программ, функциональных возможностей системы и пакетов расширения Toolboxes.

4.2. Интерфейс пользователя MATLAB, рабочие окна системы, командная строка, устройство справочной подсистемы MATLAB.

4.3. Командный язык MATLAB – лексемы, операторы, функции, выражения и управляющие конструкции, типы данных. Оперирование переменными типа "матрица".

4.4. Использование пакета MATLAB для решения математических задач:

Аппроксимация экспериментальных данных кривыми, регрессия, подбор параметров уравнений кривых – Curve Fitting Tool (инструмент настройки кривой);

Полиномиальная аппроксимация – Spline Toolbox (инструмент сплайн-аппроксимации);

Функции и графические интерфейсы для анализа и моделирования данных, а также разработки статистических алгоритмов – Statistics Toolbox (инструмент статистической разработки). Методы линейного программирования и оптимизации – Optimization Toolbox (инструмент оптимизации);

Пакет моделирования для решения систем нелинейных дифференциальных уравнений в частных производных.

*Раздел 5. Использование альтернативных программных средств для математических вычислений*

5.1. Пакет прикладных программ Mathematica. Интерфейс программы. Палитры математических функций. Ввод данных. Отображение данных. Ядро и интерфейсный процессор – базовые компоненты Mathematica.

5.2. Пакет прикладных программ Maple. Особенности интерфейса программы. Особенности работы с программой. Символьные преобразования с использованием текстового процессора Maple.

5.3. Пакет прикладных программ GNU Octave. Различия интерфейса для систем Linux и Windows NT. Основные сходства и различия с пакетом прикладных программ и языком программирования MATLAB.

5.4. Язык программирования R – для статистической обработки данных и визуализации результатов на графиках. Оболочки для работы с языком R.

#### **4 Объем учебной дисциплины**

Вид учебной работы	Объем дисциплины		
	ЗЕ	Акад. ч.	Астр. ч.
<b>Общая трудоемкость дисциплины</b>	<b>4</b>	<b>144</b>	<b>135</b>
<b>Контактная работа – аудиторные занятия:</b>	<b>1,8</b>	<b>64</b>	<b>48</b>
Лекции	0,45	16	12
Практические занятия (ПЗ)	0,45	16	12
Лабораторные работы (ЛР)	0,9	32	24
<b>Самостоятельная работа</b>	<b>2,2</b>	<b>80</b>	<b>60</b>
Контактная самостоятельная работа	2,2	0.4	0.3
Самостоятельное изучение разделов дисциплины		79.6	59.7
<b>Вид контроля:</b>	<b>Зачет с оценкой</b>		

**Аннотация рабочей программы дисциплины  
«Численные методы решения уравнений математических моделей  
химико-технологических процессов»**



**1. Цель дисциплины** – изучить теоретические основы и сформировать у студентов навыки численного решения дифференциальных уравнений, на основе которых строятся математические модели процессов химической технологии, нефтехимии и биотехнологии.

**2. Изучение дисциплины направлено на приобретение следующих компетенций и индикаторов их достижения:**

ПК-3.1; ПК-3.2; ПК-3.3; ПК-4.3

*Знать:*

– основные типы дифференциальных уравнений математических моделей ХТП и подходы к их численному решению;

– основные положения теории разностных схем;

– правила составления различных разностных схем.

*Уметь:*

– правильно выбирать метод численного решения для заданной системы дифференциальных уравнений;

– записывать заданную разностную схему для заданного дифференциального уравнения;

– выполнять преобразования, необходимые для решения разностных схем;

– разрабатывать расчётные модули для решения разностных схем;

– оценивать точность полученных результатов.

*Владеть:*

– методами и практическими навыками численного решения уравнений математических моделей ХТП;

– практическими навыками разработки модулей для решения сложных расчётных задач.

### **3. Краткое содержание дисциплины**

*Раздел 1. Постановка задачи численного решения уравнений математических моделей ХТП.*

1.1. Классификация дифференциальных уравнений. Начальные и граничные условия.

Классификация дифференциальных уравнений математических моделей ХТП. Понятие начальных и граничных условий. Необходимость задания начальных и граничных условий. Виды граничных условий. Конкретные примеры уравнений математических моделей ХТП с позиции их классификации.

1.2. Приведение уравнений математических моделей ХТП к безразмерному виду.

Необходимость приведения дифференциальной задачи к безразмерному виду. Методика приведения к безразмерному виду уравнений математических моделей ХТП на конкретных примерах.

1.3. Разработка тестовых задач для численного решения уравнений математических моделей ХТП.

Понятие тестовой задачи. Цели использования тестовой задачи. Методика составления тестовой задачи. Методика оценки точности численного решения тестовой задачи.

*Раздел 2. Численное решение уравнения модели идеального вытеснения*

2.1. Аппроксимация уравнения модели идеального вытеснения.

Методика преобразования дифференциальной задачи в разностную. Виды разностной аппроксимации производной 1-го порядка. Понятия порядка аппроксимации и ошибки аппроксимации. Методика оценки ошибки аппроксимации производной 1-го порядка. Понятия разностной сетки, разностной схемы и разностного шаблона. Явные и неявные разностные схемы. Методика определения порядка аппроксимации разностной схемы. Разностная аппроксимация начальных и граничных условий.

2.2. Устойчивость разностных схем.

Понятие устойчивости разностных схем. Методика анализа устойчивости разностных схем (метод гармоник). Анализ устойчивости явных и неявных разностных схем, аппроксимирующих одномерные дифференциальные уравнения в частных производных 1-го порядка (уравнения модели идеального вытеснения). Правило выбора конечной разности для аппроксимации производной по координате в зависимости от знака коэффициента при этой производной. Принцип замороженных коэффициентов для уравнений с непостоянными коэффициентами при производных.

2.3. Разностные схемы «явный уголок» и «неявный уголок».

Методика записи схем. Характеристики схем. Методика численного решения схем. Методика построения расчётных модулей в EXCEL для реализации численного решения схем. Блок-схемы для программной реализации численного решения схем. Демонстрация и анализ причин накопления расчётной ошибки в схеме «явный уголок». Методика оценки точности численного решения, полученного с помощью устойчивой схемы.

#### 2.4. Разностные схемы «подкова», «z-схема» и «кабаре».

Методика записи схем. Характеристики и особенности схем. Методика численного решения схем. Методика построения расчётных модулей в EXCEL для реализации численного решения схем. Блок-схемы для программной реализации численного решения схем. Анализ причин ситуаций, в которых схема «подкова» не позволяет получить более точного решения по сравнению со схемой «неявный уголок». Анализ причин ситуаций, в которых схема «z-схема» не позволяет получить более точного решения по сравнению со схемой «подкова».

#### 2.5. Метод тестовых задач и оценка точности численного решения реальной модели ХТП.

Примеры составления тестовых задач. Методика оценки точности численного решения тестовой задачи. Методика выявления факторов, влияющих на точность численного решения тестовой задачи. Влияние наличия информации об истинном решении дифференциального уравнения на интерпретацию результатов численного решения, полученных с помощью различных разностных схем. Методика выбора оптимальной схемы для численного решения модели идеального вытеснения, описывающей реальный химико-технологический процесс.

### *Раздел 3. Численное решение уравнения диффузионной модели.*

#### 3.1. Аппроксимация уравнения диффузионной модели.

Разностная аппроксимация производной 2-го порядка. Оценка ошибки аппроксимации производной 2-го порядка. Разностные схемы, аппроксимирующие одномерные дифференциальные уравнения параболического типа (уравнения диффузионной модели).

#### 3.2. Явная разностная схема.

Методика записи схемы. Порядок аппроксимации схемы. Анализ устойчивости схемы. Методика численного решения схемы. Методика построения расчётного модуля в EXCEL для реализации численного решения схемы. Блок-схема для программной реализации численного решения схемы. Демонстрация влияния выбора шага по времени на накопление расчётной ошибки в данной разностной схеме.

#### 3.3. Неявная разностная схема.

Методика записи схемы. Порядок аппроксимации схемы. Анализ устойчивости схемы. Метод прогонки (метод численного решения неявной разностной схемы). Математические преобразования, необходимые для решения неявной схемы методом прогонки. Условие сходимости прогонки. Методика определения начальных прогоночных коэффициентов в зависимости от типа граничных условий. Алгоритм решения метода прогонки. Блок-схема для программной реализации метода прогонки. Методика построения расчётного модуля в EXCEL для численного решения неявной схемы методом прогонки.

#### 3.4. Разностная схема Кранка–Николсона.

Методика записи схемы. Порядок аппроксимации схемы. Анализ устойчивости схемы. Численное решение схемы Кранка–Николсона методом прогонки. Анализ причин ситуаций, в которых схема Кранка–Николсона не позволяет получить более точного решения по сравнению с неявной схемой.

3.5. Численное решение уравнения диффузионной модели для проточного трубчатого реактора.

Влияние наличия производной 1-го порядка по координате на методику записи и характеристики разностных схем, аппроксимирующих одномерные дифференциальные уравнения параболического типа. Разностные схемы с аппроксимацией первой производной по координате центральной конечной разностью (характеристика схем, изменение вида прогоночных коэффициентов и доказательство выполнения условия сходимости прогонки для неявной схемы).

*Раздел 4. Численные методы решения многомерных дифференциальных уравнений в частных производных.*

#### 4.1. Решение многомерных дифференциальных уравнений параболического типа.

Примеры химико-технологических процессов, описываемых многомерными дифференциальными уравнениями. Разностная сетка для двумерных и трёхмерных задач. Явная разностная схема: методика записи, характеристики, блок-схема для программной реализации численного решения. Неявная разностная схема: методика записи, характеристики, доказательство невозможности численного решения без дополнительных преобразований. Метод дробных шагов для численного решения неявной схемы. Разностные схемы, основанные на методе дробных шагов: схема расщепления и схема предиктор-корректор (методика записи, характеристики, блок-схемы для программной реализации численного решения).

4.2. Решение многомерных дифференциальных уравнений в частных производных 1-го порядка.

Явные разностные схемы, исследование их устойчивости и методика решения. Неявные разностные схемы, основанные на методе дробных шагов: схема расщепления и схема предиктор-корректор (методика записи, характеристики, блок-схемы для программной реализации численного решения).

4.3. Решение многомерных дифференциальных задач, описывающих процессы диффузии и теплопроводности.

Решение многомерных дифференциальных уравнений параболического типа, содержащих первые производные по координатам. Составление разностных схем на основе метода дробных шагов для многомерных дифференциальных уравнений, содержащих определённый набор производных 1-го и 2-го порядка по координатам  $x, y, z$ ; выбор граничных условий, необходимых для численного решения таких уравнений. Построение алгоритмов для решения многомерных задач диффузии и теплопроводности с учётом конвективных явлений.

*Раздел 5. Численные методы решения математических моделей, описывающих стационарные режимы.*

5.1. Решение одномерных стационарных задач.

Анализ возможности использования метода прогонки для решения разностных схем, аппроксимирующих обыкновенные дифференциальные уравнения (ОДУ) 2-го порядка. Метод установления – преобразование стационарной задачи в нестационарную. Оценка целесообразности использования разностных схем, аппроксимирующих одномерные дифференциальные уравнения параболического типа, совместно с методом установления. Методика оценки момента окончания расчётов. Методика построения расчётного модуля в EXCEL и блок-схема для программной реализации метода установления совместно с неявной разностной схемой.

5.2. Решение многомерных стационарных задач.

Использование метода установления для решения дифференциальных уравнений эллиптического типа совместно с явной разностной схемой, схемой расщепления, схемой предиктор-корректор. Построение алгоритмов для решения задач расчёта стационарных концентрационных и тепловых профилей в проточных трубчатых реакторах.

#### 4. Объем учебной дисциплины

Вид учебной работы	Объем дисциплины		
	ЗЕ	Акад. ч.	Астр.ч.
<b>Общая трудоемкость дисциплины</b>	<b>4</b>	<b>144</b>	<b>108</b>
<b>Контактная работа – аудиторные занятия:</b>	<b>2,22</b>	<b>80</b>	<b>60</b>
Лекции	0,89	32	24
Практические занятия (ПЗ)	0,44	16	12
Лабораторные работы (ЛР)	0,89	32	24
<b>Самостоятельная работа</b>	<b>1,78</b>	<b>64</b>	<b>48</b>
Контактная самостоятельная работа	1,78	0,4	0,3
Самостоятельное изучение разделов дисциплины		63,6	47,7
<b>Вид итогового контроля:</b>	<b>зачёт с оценкой</b>		

## Аннотация рабочей программы дисциплины «Программирование и численные методы в задачах химической технологии»

**1. Цели дисциплины** – научить студентов использовать численные методы для обработки экспериментальных данных, решения линейных и нелинейных алгебраических, дифференциальных уравнений и их систем, вычисления определённых интегралов, оптимизации функций одной и нескольких переменных при решении задач химической технологии с помощью программно-алгоритмического обеспечения, написанного на языках и в средах разработки приложений высокого уровня.

**2. В результате изучения дисциплины обучающийся должен:**

*Обладать* следующими компетенциями и индикаторами их достижения:

ПК-3.1, ПК-3.2, ПК-3.3, ПК-4.3.

*Знать:*

- технические и программные средства разработки программно-алгоритмического обеспечения для решения задач химической технологии;
- основные алгоритмы численных методов решения математических задач с использованием языков и сред программирования высокого уровня;

*Уметь:*

- использовать языки и системы программирования для решения профессиональных задач;
- формулировать и представлять в виде алгоритма решения задачи химической технологии, требующие применения численных методов;

*Владеть:*

- приёмами программирования численных методов при решении математических, технологических и исследовательских задач;
- методами разработки математических моделей и методами содержательной интерпретации полученных результатов.

**3. Краткое содержание дисциплины**

*Раздел 1. Общие принципы разработки программно-алгоритмического обеспечения для решения задач химии и химической технологии.*

**1.1. Основные этапы разработки.**

Жизненный цикл программного обеспечения, модели жизненного цикла. Этапы разработки программного обеспечения.

**1.2. Разработка специализированных библиотек процедур и функций.**

Процедуры и функции, определяемые пользователем, их хранение и использование в специализированных библиотеках. Оформление программного кода процедур и функций в специализированных библиотеках.

*Раздел 2. Программно-алгоритмическая реализация численных методов интерполирования экспериментальных данных.*

**2.1. Алгоритмизация методов интерполирования экспериментальных данных.**

Постановка задачи интерполирования. Определение типов исходных данных и результатов расчёта при интерполировании.

**2.2. Проектирование интерфейса пользователя и алгоритмизация основных процедур и функций.**

Определение требуемых визуальных элементов управления, перечня необходимых процедур и функций. Проектирование интерфейса пользователя. Особенности алгоритмизации основных вычислительных процедур для интерполирования экспериментальных данных.

**2.3. Программирование основных процедур и функций.**

Программирование процедур ручного и автоматизированного ввода исходных данных. Организация и оформление программного кода основных вычислительных процедур. Программирование процедур представления результатов интерполирования экспериментальных данных на экране и сохранения в файл.

*Раздел 3. Программно-алгоритмическая реализация численных методов аппроксимации экспериментальных данных.*

3.1. Алгоритмизация методов аппроксимации экспериментальных данных.

Постановка задачи аппроксимации. Определение типов исходных данных и результатов расчёта при интерполировании.

3.2. Проектирование интерфейса пользователя и алгоритмизация основных процедур и функций.

Визуальные компоненты для ввода и вывода данных. Структура и свойства интерфейса пользователя. Особенности алгоритмизации основных вычислительных процедур для аппроксимации экспериментальных данных.

3.3. Программирование основных процедур и функций.

Программирование процедур ручного и автоматизированного ввода исходных данных. Организация и оформление программного кода основных вычислительных процедур. Использование специализированных библиотек процедур и функций для решения задачи аппроксимации в матричной форме. Программирование процедур представления результатов аппроксимации экспериментальных данных на экране и сохранения в файл.

*Раздел 4. Программно-алгоритмическая реализация численных методов решения нелинейных алгебраических уравнений в задачах химии и химической технологии.*

4.1. Алгоритмизация методов решения нелинейных алгебраических уравнений в задачах химической технологии.

Численные методы решения нелинейных алгебраических уравнений. Примеры использования при решении задач химической технологии.

4.2. Проектирование интерфейса пользователя и алгоритмизация основных процедур и функций.

Определение состава визуальных элементов управления, формирование перечня необходимых процедур и функций. Вопросы организации пользовательского интерфейса. Особенности алгоритмизации основных вычислительных процедур для решения нелинейных алгебраических уравнений.

4.3. Программирование основных процедур и функций для решения уравнений численными методами.

Программирование процедур ввода исходных данных. Организация и оформление программного кода численных методов решения нелинейных алгебраических уравнений. Программирование процедур представления результатов. Исследование влияния настроек численных методов на скорость решения.

*Раздел 5. Программно-алгоритмическая реализация численных методов решения систем алгебраических уравнений в задачах химии и химической технологии.*

5.1. Алгоритмизация методов решения систем линейных и нелинейных уравнений в задачах химической технологии.

Численные методы решения систем линейных и нелинейных алгебраических уравнений. Примеры использования при решении задач химической технологии.

5.2. Проектирование интерфейса пользователя и алгоритмизация основных процедур и функций.

Визуализация элементов графического интерфейса для ввода и вывода данных, определение состава процедур и функций для обработки данных. Особенности алгоритмизации численных методов решения систем линейных и нелинейных алгебраических уравнений.

5.3. Программирование основных процедур и функций для решения систем уравнений численными методами.

Программирование процедур ручного и автоматизированного ввода исходных данных. Организация и оформление программного кода вычислительных процедур для различных численных методов. Использование специализированных библиотек процедур и функций для решения систем уравнений в матричной форме. Программирование процедур представления результатов.

*Раздел 6. Программно-алгоритмическая реализация численных методов интегрального и дифференциального исчисления в задачах химии и химической технологии.*

6.1. Алгоритмизация методов интегрального и дифференциального исчисления в задачах химической технологии.

Численные методы решения дифференциальных уравнений и их систем. Примеры использования в задачах химической технологии.

6.2. Проектирование интерфейса пользователя и алгоритмизация основных процедур и функций.

Выбор стандартных компонентов графического интерфейса, объявление входных и выходных переменных процедур и функций. Разработка интерфейса пользователя. Особенности алгоритмизации численных методов решения дифференциальных уравнений и их систем.

6.3. Особенности программных реализаций задачи Коши и краевой задачи.

Программная реализация задачи Коши. Отличительные особенности алгоритмизации и программной реализации краевой задачи.

6.4. Программирование основных процедур и функций для решения систем дифференциальных уравнений.

Программирование процедур ввода исходных данных. Организация и оформление программного кода численных методов решения дифференциальных уравнений и их систем. Программирование процедур представления результатов на экране монитора в табличной и графической формах и сохранения результатов в файл. Исследование влияния настроек численных методов на скорость и точность решения.

6.5. Программирование методов вычисления определённых интегралов.

Вычисление определённых интегралов в задачах химической технологии. Особенности программно-алгоритмической реализации численных методов вычисления определённых интегралов. Программирование основных процедур и функций ввода исходных данных, вычисления и представления результатов. Исследование влияния настроек численных методов на скорость и точность решения.

*Раздел 7. Программно-алгоритмическая реализация численных методов оптимизации функций одной и нескольких переменных.*

7.1. Алгоритмизация решения задач оптимизации функций одной и нескольких переменных в химической технологии.

Численные методы оптимизации решения задач одномерной и многомерной оптимизации. Определение типов исходных данных и результатов расчёта при оптимизации. Задание настроек для различных методов.

7.2. Проектирование интерфейса пользователя и алгоритмизация основных процедур и функций.

Определение стандартных графических элементов управления программным приложением, формирование перечня необходимых для алгоритмизации процедур и функций. Особенности алгоритмизации численных методов оптимизации функций одной и нескольких переменных.

### 7.3. Программирование методов оптимизации функций одной и нескольких переменных.

Программирование процедур ввода исходных данных. Организация и оформление программного кода численных методов одномерной и многомерной оптимизации. Программирование процедур представления результатов. Исследование влияния настроек численных методов на скорость решения.

## 4. Объем учебной дисциплины

Вид учебной работы	Объем дисциплины		
	ЗЕ	Акад. ч.	Астр. ч.
<b>Общая трудоемкость дисциплины</b>	<b>4</b>	<b>144</b>	<b>108</b>
<b>Контактная работа – аудиторные занятия:</b>	<b>2,22</b>	<b>80</b>	<b>60</b>
Лекции	0,89	32	24
Практические занятия (ПЗ)	0,44	16	12
Лабораторные работы (ЛР)	0,89	32	24
<b>Самостоятельная работа</b>	<b>1,78</b>	<b>64</b>	<b>48</b>
Контактная самостоятельная работа	1,78	0,4	0,3
Самостоятельное изучение разделов дисциплины		63,6	47,7
<b>Вид итогового контроля:</b>	<b>зачёт с оценкой</b>		

### Аннотация рабочей программы дисциплины «Теория информации для процессов химической технологии»

**1 Цель дисциплины** – обучить студентов способам численной оценки количества дискретной и непрерывной информации, ее хранения, преобразования и передачи.

#### **2 В результате изучения дисциплины обучающийся должен:**

*Обладать* следующими компетенциями и индикаторами их достижения:

ПК-4.1; ПК-4.2; ПК-4.3

*Знать:*

- вероятностный подход к оценке количества дискретной и непрерывной информации;
- энтропийный подход к измерению средней информации и свободы выбора в сообщениях;
- методы преобразования непрерывных сигналов в дискретные;
- особенности систем передачи информации и критерии их качества;
- алгоритмы кодирования при передаче по дискретному каналу без помех и помехозащитного кодирования;
- понятие модуляции, способы модуляции и шумоподавления;
- алгоритмы сжатия информации;
- основы теории защиты информации;

*Уметь:*

- рассчитывать количество информации, энтропию системы;
- преобразовывать непрерывные сигналы в дискретные;
- численно рассчитывать пропускную способность канала и скорость передачи информации;

*Владеть:*

- способами и приемами кодирования при передаче по дискретному каналу без помех и помехозащитного кодирования;

- приемами сжатия информации, ее защиты.

### 3 Краткое содержание дисциплины

**Введение.** Теория информации как учебная дисциплина. Виды информации.

**Раздел 1. Понятие непрерывной и дискретной информации и математический аппарат для ее описания, оценки и преобразования.**

#### 1.1 Дискретная информация.

Вероятностный подход к математическому определению дискретной информации экспоненциальный закон количества сообщений; коды с вероятностным ограничением, языки (взаимные связи между символами, понятие эргодического сообщения); энтропия дискретной информации (теорема Шеннона); избыточность информации; шум и отрицательная информация.

#### 1.2 Непрерывная информация.

Математическое определение непрерывной информации, теорема отсчетов во временном представлении (теорема Котельникова); теорема отсчетов в частотном представлении; преобразование связей во времени в связи по частоте; распределение вероятностей для непрерывных величин; эргодические ансамбли функций; когерентность, энтропия непрерывных распределений.

#### 1.3 Методы преобразования непрерывных сигналов в дискретные.

Методы дискретизации посредством выборок; равномерная дискретизация; дискретизация по критерию наибольшего отклонения; адаптивная дискретизация; квантование сигналов.

**Раздел 2. Системы передачи информации, кодирование, модуляция и шумоподавление.**

#### 2.1 Системы передачи информации.

Системы передачи информации; общие определения; скорость передачи дискретной информации и пропускная способность канала; подавление шумов и надежность; передача информации непрерывными сигналами по каналам с ограниченной полосой частот; скорость передачи информации; случайный шум; законы суперпозиции для случайного шума; классификация помех и искажений; предсказание, сглаживание, фильтрация; критерии качества систем передачи информации).

#### 2.2 Кодирование информации.

Кодирование информации при передаче по дискретному каналу без помех – алгоритмы сжатия информации (простейшие алгоритмы сжатия информации (арифметическое кодирование); адаптивные алгоритмы сжатия (кодирование Хаффмена); адаптивное арифметическое кодирование; подстановочные или словарно ориентированные алгоритмы сжатия информации (методы Лемпел-Зива). Помехозащитное кодирование: коды с обнаружением ошибок и корректирующие коды (блочные и непрерывные).

#### 2.3 Модуляция и подавление шумов.

Основные понятия, ограничения, накладываемые на систему; амплитудная модуляция с двумя боковыми полосами; амплитудная модуляция с одной боковой полосой; частотная модуляция; кодово-импульсная модуляция; помехоустойчивость систем.

**Раздел 3. Методы сжатия информации. Изучение основ теории защиты информации.**

#### 3.1 Обзор методов сжатия изображений, аудиосигналов и видео.

#### 3.2 Основы теории защиты информации.

Криптография; криптосистема без передачи ключей; криптосистема с открытым ключом; электронная подпись и стандарт шифрования данных.

### 4 Объем учебной дисциплины.

Вид учебной работы	Объем дисциплины		
	ЗЕ	Акад. ч.	Астр. ч.
<b>Общая трудоемкость дисциплины</b>	<b>3</b>	<b>108</b>	<b>81</b>
<b>Контактная работа – аудиторные занятия:</b>	<b>1,8</b>	<b>64</b>	<b>48</b>
Лекции	0,45	16	12
Практические занятия (ПЗ)	0,45	16	12
Лабораторные работы (ЛР)	0,9	32	24



<b>Самостоятельная работа</b>	<b>1,2</b>	<b>44</b>	<b>33</b>
Контактная самостоятельная работа	1,2	0,4	0,3
Самостоятельное изучение разделов дисциплины		43,6	32,7
<b>Вид итогового контроля:</b>	<b>Зачёт с оценкой</b>		

**Аннотация рабочей программы дисциплины  
«Основы информационных и интернет-технологий»**

**1. Цели дисциплины** – изучение студентами современных подходов к построению информационных систем (ИС) широкого профиля с использованием существующих информационных и интернет-технологий (ИТ).

**2. В результате изучения дисциплины бакалавр должен:**

*обладать* следующими компетенциями:

– ПК-4.1; ПК-4.2; ПК-4.3;

**Знать:**

– основные понятия, назначение и место, занимаемое информационными технологиями в современном обществе;

– цели, методы и принципы построения современных информационных систем с использованием интернет-технологий;

– преимущества и результаты, которые даёт применение информационных технологий в учебной, научной, инженерной, хозяйственной, производственной и прочих областях деятельности человека;

**Уметь:**

– эффективно использовать глобальную сеть Интернет для безопасного поиска и публикации информации;

– осуществлять поиск и выбор оптимального программного и аппаратного обеспечения, доступных информационных систем и технологий;

**Владеть:**

– навыками применения современных информационных и интернет-технологий на практике.

**3. Краткое содержание дисциплины:**

Краткий исторический очерк развития информационных технологий. Основные цели и задачи курса, состав курса, информационные источники.

**Раздел 1. Информационные системы: классификация, цели создания, функции, архитектура**

**Основные понятия, классификация, функции и цели создания информационных систем.** Понятия: сбор, хранение, поиск, обработка, анализ, презентация информации. Функции: управление, обеспечение взаимодействия с пользователем;

**Требования, предъявляемые к информационным системам** – открытость, модульность, гибкость, масштабируемость, доступность, надежность, эргономичность, и т.п.;

**Архитектура информационных систем** – понятие, классификация и критерии выбора архитектуры информационной систем. Среды, в которых существуют информационные технологии и создаются информационные системы.

**Раздел 2. Аппаратная среда информационных систем**

**Основные понятия и классификация аппаратных средств, архитектура фон-Неймана построения вычислительных систем.** Понятия активного и пассивного оборудования, сервера и рабочей станции, масштабы аппаратных комплексов.

**Обзор технологий современных аппаратных средств** – современные процессоры, многопроцессорные конфигурации, сегментирование и кластеризация, физические хранилища информации, периферийное оборудование, и т.п.

**Раздел 3. Программная среда информационных систем и информационные технологии**

Многоуровневая организация программной среды – микрокод/BIOS, операционные системы, системное программное обеспечение, прикладное программное обеспечение. Функциональный состав каждого уровня;

Технологии поиска и сбора информации – источники информации, базы данных;

Технологии обработки и хранения информации – системы управления базами данных, специализированное программное обеспечение;

Технологии презентации информации и организации взаимодействия с пользователем – форматы данных, человеко-машинные интерфейсы.

#### **Раздел 4. Сетевая среда информационных систем и интернет-технологии**

Преимущества и недостатки глобальной сети Интернет;

Технические аспекты организации глобальной сети Интернет;

Физическая структура, топологическая структура, логическая структура сети;

Интернет как сетевая среда информационных систем: понятие сервиса, основные сервисы и адресация ресурсов;

Технологии подключения к глобальной сети;

Основные интернет-технологии:

Технологии поиска информации в сети – поисковые машины, тематические индексы, специализированные ресурсы; Технологии публикации и обмена информацией в сети – протоколы передачи файлов, децентрализованные сети обмена файлами, системы управления контентом и системы для совместной работы с текстом; Технологии коммуникации между людьми в сети – обмен мгновенными сообщениями, электронная почта, блоги, форумы, IP-телефония, и т.п.;

Распределённые глобальные вычисления в сети; Безопасность в сети Интернет – «сетевой этикет», персональные данные, доверие в сети Интернет.

#### **Раздел 5. Жизненный цикл информационных систем**

Этапы жизненного цикла ИС – создание (проектирование, разработка, тестирование), эксплуатация (развёртывание, адаптация, рабочий режим), поддержка (модернизация, обновление) информационных систем; Технологии и технические средства поддержки жизненного цикла информационных систем – среды проектирования и разработки программного обеспечения; Понятие проекта разработки информационной системы – ресурсы, роли участников, управление проектом; Информационные системы для задач химико-технологического профиля – примеры архитектуры информационных систем построенных на основе интернет-технологий для решения задач химико-технологического профиля.

#### **4. Объем учебной дисциплины**

Вид учебной работы	Объем дисциплины		
	ЗЕ	Акад. ч.	Астр. ч.
<b>Общая трудоемкость дисциплины</b>	<b>3</b>	<b>108</b>	<b>81</b>
<b>Контактная работа – аудиторные занятия:</b>	<b>1,8</b>	<b>64</b>	<b>48</b>
Лекции	0,45	16	12
Практические занятия (ПЗ)	0,45	16	12
Лабораторные работы (ЛР)	0,9	32	24
<b>Самостоятельная работа</b>	<b>1,2</b>	<b>44</b>	<b>33</b>
Контактная самостоятельная работа	1,2	0,4	0,3
Самостоятельное изучение разделов дисциплины		43,6	32,7
<b>Вид итогового контроля:</b>	<b>Зачёт с оценкой</b>		

#### **Аннотация рабочей программы дисциплины «Основы кибернетики и системного анализа химико-технологических процессов»**

**1. Цель дисциплины** – формирование общекультурных и профессиональных компетенций:

- владение широкой общей подготовкой для решения практических задач в области анализа и синтеза химико-технологических систем;

- способность применять методы и средства системного анализа при анализе экспериментальных данных, моделировании и управлении химико-технологическими процессами, оптимизации, прогнозировании свойств химико-технологических систем, создании новых технологий и технологических аппаратов.

**2. В результате изучения дисциплины обучающийся по программе бакалавриата должен:**

обладать следующими компетенциями:

- УК-1.1, УК-1.2, УК-1.3, УК-1.4, ПК-3.1, ПК-3.2

**Знать:**

основные разделы кибернетики и системного анализа химико-технологических процессов такие как:

- основные понятия кибернетики;
- системный подход и общесистемные свойства и закономерности;
- общая классификация систем;
- стратегия анализа и синтеза химико-технологических систем;
- методы и средства интенсификации химико-технологических процессов, агрегатов и комплексов.

**Уметь:**

- системно подходить к исследованию процессов химической технологии на базе общесистемных закономерностей;
- методически правильно ставить задачи исследования отдельного химико-технологического процесса как сложной физико-химической системы, а химико-технологического агрегата – как большой химико-технологической системы.

**Владеть:**

- методами качественного и количественного анализа химико-технологических процессов, методами оптимального синтеза структуры исследуемого объекта,
- методами идентификации параметров математических моделей химико-технологических процессов, методами интенсификации химико-технологических процессов.

**3. Краткое содержание дисциплины:**

Краткое введение в историю развития системных представлений. Возникновение и развитие системных представлений. Системный подход и общесистемные свойства и закономерности. Общее понятие системы и ее свойства: целостности и членимости; связности; эмерджентности, организованности, существования жизненного цикла. Структура и функции системы. Системология. Эпистемология. Классификация систем. Иерархия эпистемологических уровней систем. Исходные системы. Системы данных. Порождающие системы. Структурированные системы. Метасистемы. Универсальный решатель системных задач. Физико-химические системы (ФХС). Качественное определение ФХС. Диаграмма связи ФХС с микромиром и макромиром. Классификация агрегатных состояний вещества и физико-химических превращений. Понятия элемента, связи, структуры ФХС. Математическая формализация ФХС. Технологический, функциональный и модульный оператор ФХС. Таблица примеров различных типов операторов ФХС. Химико-технологические системы (ХТС). Уровни иерархии структуры ХТС. Декомпозиция по горизонтали и по вертикали структуры ХТС. Методы качественного анализа химико-технологических систем. Диаграммы взаимных влияний физико-химических явлений: явления 1 - 8 – го уровней иерархии ФХС. Детерминированные и стохастические методы математического описания ФХС. Методы синтеза структуры функционального оператора ФХС. Методы синтеза типа «черного ящика». Дедуктивные методы синтеза. Блочный принцип синтеза структуры функционального оператора ФХС. Идентификация параметров функционального оператора ФХС. Методы интенсификации химико-технологических процессов. Режимно-технологические методы интенсификации. Аппаратурно-конструктивные методы интенсификации ХТС. Примеры интенсификации теплообменного аппарата, массообменного аппарата, газожидкостного реактора. Организация рециклов для интенсификации ХТС. Акустические методы интенсификации. Электромагнитные методы интенсификации. Самовозбуждение

резонансных вибраций в газожидкостных средах. Использование оптических воздействий, ионизирующих излучений, вихревого слоя ферромагнитных частиц. Программно-целевые системы принятия решений. Цель, лицо, принимающее решение, альтернативные варианты решения, критерий выбора, математическая модель целевой системы принятия решений. Принятие решений в условиях определенности, риска, неопределенности. Гипотеза антагонизма в принятии решений в условиях неопределенности. Блок - схема системного анализа ФХС как взаимодействие двух систем: при чинно - следственной системы и программно-целевой системы принятия решений. Диссипативные структуры и системы самоорганизации. Обобщенная диссипативная функция физико-химической системы. Классификация движущих сил и потоков ФХС. Принцип Кюри и Онзагера в линейной термодинамике необратимых процессов. Законы нелинейной динамики необратимых процессов. Синергетика и законы самоорганизации.

#### 4. Объем учебной дисциплины

Вид учебной работы	Объем дисциплины		
	ЗЕ	Акад. ч.	Астр. ч.
<b>Общая трудоемкость дисциплины</b>	<b>3</b>	<b>108</b>	<b>81</b>
<b>Контактная работа – аудиторные занятия:</b>	<b>1,35</b>	<b>48</b>	<b>36</b>
Лекции	0,45	16	12
Практические занятия (ПЗ)	0,9	32	24
Лабораторные работы (ЛР)	-	-	-
<b>Самостоятельная работа</b>	<b>1,75</b>	<b>60</b>	<b>45</b>
Контактная самостоятельная работа	1,75	0,4	0,3
Самостоятельное изучение разделов дисциплины		59,6	44,7
<b>Вид итогового контроля:</b>	<b>Зачёт с оценкой</b>		

#### Аннотация рабочей программы дисциплины «Теоретические основы энерго- и ресурсосберегающих процессов»

##### 1. Цель дисциплины

- подготовка студентов в области теории и методологии рационального использования материальных и энергетических ресурсов химической технологии, нефтехимии и биотехнологии;
- обучение студентов приемам самостоятельной работы при решении задач термодинамического анализа и оптимизации сложных химико-технологических систем (ХТС), используя теоретические основы энерго- и ресурсосбережения;
- формирование у студентов научного и инженерного подхода к вопросам рационального использования энерго- и материальных ресурсов, в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии.

2. В результате изучения дисциплины обучающийся по программе бакалавриата должен:

*обладать* следующими компетенциями и индикаторами их достижения:

ПК-1.4; ПК-1.5; ПК-1.6; ПК-3.1; ПК-3.2; ПК-3.3;

*знать:*

– основные понятия теории энерго – и ресурсосбережения и ресурсосберегающих технологий; способы построения энерго- и ресурсосберегающих химико-технологических систем (ХТС); структуру химико-технологических систем, типовые химико-технологические процессы и вопросы взаимодействия химических технологий и окружающей среды;

– теоретические основы и основные положения термодинамического методов анализа химико-технологических систем: эксергетического, термоэкономического, информационно-термодинамического; методы расчета различных видов эксергии, эксергетических к.п.д.; термоэкономических критериев; количества информации и информационных критериев совершенства химико-технологических процессов и систем;

– основы методов математического программирования энерго – и ресурсосберегающих производств, применяемых при оценке эффективности и создании энерго- и ресурсосберегающих систем (ЭРС);

– тенденции и перспективы развития современных энерго– и ресурсосберегающих систем (ЭРС) химической технологии, нефтехимии и биотехнологии;

**уметь:**

– составлять потоковые материальные, энергетические и эксергетические балансы процессов и систем;

– выполнять термодинамический (эксергетический), термоэкономический, информационно-термодинамический анализ химико-технологических процессов (ХТП) и систем (ХТС) с использованием справочных данных и ЭВМ;

– выполнять оценку энерго- и ресурсопотребления альтернативных вариантов ЭРС технологических схем;

– обоснованно использовать методы оптимизации при анализе энерго – и ресурсосберегающих химических производств;

– интерпретировать и анализировать результаты построения ресурсосберегающих систем;

**владеть:**

– методами, способами, приемами и навыками решения практических задач в области энерго-ресурсосберегающих технологий; методами расчета различных видов и составляющих эксергии, эксергетических к.п.д., термоэкономических критериев, количества информации и информационных критериев совершенства; методами анализа эффективности функционирования химических, нефтехимических и биохимических производств с позиций термодинамического - эксергетического, термоэкономического и информационно-термодинамического принципов при использовании методов оптимизации;

– профессиональной терминологией в области энерго– и ресурсосбережения.

### **3. Краткое содержание дисциплины:**

#### **Введение.**

Структура курса. Краткий исторический обзор. Химическая технология – это наука о наиболее экономичных и экологически обоснованных методах химической переработки сырых природных материалов. Энерго- и ресурсосбережение - основа устойчивого развития. Система, химико-технологическая система – ХТС, ее особенности и свойства. Энергия, эксергия, трансформируемость видов энергии, сырья, продуктов и услуг. Энергосбережение. Ресурсы и ресурсосбережение.

Термодинамика и ее метод.

Теоретические основы для решения задач оптимизации химико-технологических систем (ХТС), создания энерго- и ресурсосберегающих производств.

#### **Раздел1.**

***Общие принципы организации химического производства. Химико-технологическая система как термодинамическая система.***

***Понятие о химическом производстве как о энерго-технологическом комплексе. Сырьевые и энергетические ресурсы.***

Химическое производство - энерго-технологический комплекс, сложная химико-технологическая система (ХТС). Химическая технология как научная основа химической промышленности. Системный анализ - метод исследования химико-технологической системы. Топология химико-технологических систем. Структура, состав, основные элементы и связи ХТС. Свойства ХТС как системы.

Проблемы энерго- и ресурсосбережения в химической технологии, нефтехимии, биотехнологии: энергоемкость существующих технологических процессов в химической и нефтехимической технологии, биотехнологии; пути энерго- и ресурсосбережения на различных иерархических уровнях; роль термодинамического подхода в решении задач энерго- и ресурсосбережения в химическом производстве. Цель энерго- и ресурсосбережения.

Сырьевые и энергетические ресурсы химического производства. Классификация сырья в химической промышленности. Источники сырьевых ресурсов для химической промышленности: природные материалы, полупродукты и вторичное сырье. Топливно-энергетическая база химической

промышленности. Структура энергокомплекса ХТС. Энергоресурсы и потребность ХТС в энергии. Ресурсосбережение, ресурсосберегающая технология. Роль и значение энерго- и ресурсосбережения. Закон Онзагера - «принцип экономии энергии». Получение тепловой энергии.

Первичные и вторичные энергоресурсы в промышленности. Вторичные энергоресурсы (ВЭР). Возобновляемая энергия. Виды и источники вторичных энергоресурсов - топливные, тепловые, избыточного давления.

Основные направления энерго- и ресурсосбережения в химической промышленности. Теоретические и методологические основы энерго- и ресурсосбережения. Принципы создания безотходных, энерго- и ресурсосберегающих технологий.

***Основы термодинамического анализа. Термодинамические принципы. Производство энтропии. Причины и следствия увеличения энтропии систем.***

Термодинамика и ее метод. Система и ее окружение. ХТС как термодинамическая система. Алгоритм применения термодинамики при решении практических задач. Основные принципы термодинамики, концептуальное значение законов термодинамики, их значение для понимания проблемы энерго- и ресурсосбережения.

Энтропия. Изменение энтропии в необратимых процессах. Энтропия и термодинамическая вероятность. Обратимость и производство работы. Потребление энергии, «потерянная» работа и производство энтропии. Потери полезной работы систем. Зависимость фактора Карно от подведенной теплоты. Причины и следствия увеличения энтропии систем. Скорость производства энтропии как функция потока теплоты и термодинамическая оптимизация процессов, обеспечивающая равномерное распределение движущей силы процесса с целью наиболее эффективного действия при заданных ограничениях. Уравнение Гюи-Стодолы.

Термодинамический анализ теплообменника. Оптимальный поток теплоты.

Теплотрансформаторы. Области использования трансформаторов тепла. Принцип работы тепловых насосов, использование низкотемпературного тепла. Оценка эффективности теплового насоса.

## **Раздел 2.**

***Оценка эффективности функционирования ХТС на основе термодинамических принципов анализа.***

***Эксергия. Эксергетический анализ энергоэффективности функционирования ХТС.***

Эксергия как мера работоспособности. Неравноценность различных форм энергии. Анергия и энтропия как меры неупорядочности или потерь. Экономия истинная и мнимая. Эксергетические потери. Следствия закона Гюи-Стодолы.

Виды и составляющие эксергии: эксергия вещества в замкнутом объеме; эксергия давления; эксергия потока рабочего тела; эксергия смешения; физическая составляющая эксергии; эксергия теплового потока; термическая эксергия; эксергия влажного воздуха; эксергия излучения; химическая составляющая эксергии; стандартная химическая эксергия; химическая составляющая топлив. Примеры расчета составляющих эксергии.

Эксергетический принцип анализа энерготехнологии. Значения эксергии элементов системы и системы в целом; способы и методики расчета эксергии. Уравнения баланса массы, энергии и энтропии. Энергетический и эксергетический баланс ХТС. Эксергетические диаграммы Грассмана и Шаргута - диаграммы потока эксергии. Энергетические и смешанные диаграммы. Примеры энергетических, эксергетических и смешанных диаграмм химико-технологических процессов и систем. Эксергетический анализ. Основные задачи эксергетического анализа. Алгоритм энергетического и эксергетического анализов.

Эксергетические характеристики технологических потоков. Эксергетические коэффициенты полезного действия – КПД химико-технологических процессов – КПД ХТП. Примеры эксергетической оценки ХТП и расчета эксергетического КПД: процессов смешения и разделения потоков, теплообмена, сушки, горения топлива, трубчатой печи, химического реактора. Эксергетический КПД ХТС. Топологический метод эксергетического анализа ХТС. Эксергетический метод в системном анализе ХТС, оценка альтернатив на основе анализа структуры энергозатрат. Рекомендации по применению эксергетического анализа при решении инженерных химико-технологических задач.

**Термоэкономический анализ ХТС.**

Показатели эффективности функционирования современных химических производств. Технологические и экономические критерии оптимизации.

Термоэкономический принцип анализа энерготехнологии и оптимизации ХТС. Термоэкономические критерии оптимизации. Методика эксергетической технико-экономической оптимизации.

### **Основы анализа и оптимизации энерготехнологических процессов химической технологии на базе информационно-термодинамического принципа анализа.**

Информация и процесс её переработки. Основные определения, понятия и теоретические положения. Основные положения информационно-термодинамического метода анализа ХТС. Этапы преобразования технологического потока, характеристики информационного процесса. Информационный КПД.

Анализ типовых процессов химической технологии. Информационный КПД типовых химико-технологических процессов. Расчет информационных характеристик.

Анализ химико-технологических систем на базе информационно-термодинамического принципа анализа. Информационный КПД системы – критерий структурной организованности ХТС.

### **Раздел 3.**

#### ***Методы математического программирования энерго- и ресурсосберегающих химико-технологических систем.***

Постановка задачи. Выбор оптимизирующих параметров. Организация оптимальной стратегии решения задачи оптимизации ХТС. Выбор метода и оптимальный расчет.

#### ***Методы нелинейного программирования.***

Общая задача нелинейного программирования. Основные понятия и определения, обозначения и терминология теории оптимизации. Классификация методов оптимизации ХТС. Основные этапы оптимизации ХТС. Общий анализ задачи оптимизации. Общая методика оптимизационных процедур. Определение критерия оптимизации. Необходимые и достаточные условия оптимальности решения.

Эффективные методы одномерной оптимизации.

Методы многомерной безусловной оптимизации ХТС, не использующие производные. Характеристика методов нулевого порядка, их преимущества и недостатки.

Методы случайного поиска.

Методы многомерной безусловной оптимизации ХТС, использующие производные. Общая характеристика методов первого и второго порядка. Достоинства и недостатки.

Методы многомерной оптимизации ХТС при наличии ограничений. Классификация методов условной оптимизации. Методы штрафных функций. Проективные методы. Методы возможных направлений.

#### ***Многокритериальная оптимизация.***

Постановка задачи многокритериальной оптимизации. Множество Парето. Метод главного критерия. Метод весовых коэффициентов. Метод справедливого компромисса. Метод приближения к идеальному решению. Метод последовательных уступок.

#### ***Декомпозиционные методы и методы структурной оптимизации ХТС.***

### **Заключение**

Общая методология решения задач энерго- и ресурсосбережения. Обзор основных программных модулей и продуктов, применяемых при анализе, расчете, синтезе, проектировании и оптимизации ХТС -энерго- и ресурсосберегающих производств.

## **4. Объем учебной дисциплины**

Виды учебной работы	ЗЕ	В академ. часах	В астроном. часах
<b>Общая трудоемкость дисциплины по учебному плану</b>	<b>3</b>	<b>108</b>	<b>81</b>
<b>Контактная работа – аудиторные занятия:</b>	<b>1,3</b>	<b>48</b>	<b>36</b>

Лекции (Лек)	0,4	16	12
Практические занятия (ПЗ)	0,9	32	24
Лабораторные работы (Лаб)	-	-	-
<b>Самостоятельная работа (СР):</b>	<b>1,7</b>	<b>60</b>	<b>45</b>
Самостоятельное изучение разделов дисциплины	1,7	<b>59.6</b>	<b>44.7</b>
Контактная самостоятельная работа		0.4	0.3
<b>Вид контроля:</b>	<b>Зачет с оценкой</b>		

### **Аннотация рабочей программы дисциплины «Мембраны. Моделирование и применение»**

**1 Цель дисциплины** – изучение основных процессов разделения на мембранах для жидких и газовых систем, находящих применение в химической, фармацевтической, нефтехимической и биотехнологической отраслях промышленности; освоение теоретических основ различных мембранных процессов (баромембранных, диффузионно-мембранных, термомембранных и электромембранных), на основе позиций системного анализа изучение основных подходов к моделированию отдельных мембранных и/ или интегрированных мембранных процессов, в том числе с использованием прикладных программных пакетов, и к проектированию мембранных схем разделения.

**2 В результате изучения дисциплины обучающийся должен:**

*Обладать* следующими компетенциями и индикаторами их достижения:

ПК-1.1, ПК-3.1, ПК-3.2, ПК-3.3, ПК-4.2

*Знать:*

- основные процессы разделения на мембранах для жидких и газовых смесей;
- основные теоретические основы различных мембранных процессов (баромембранных, диффузионно-мембранных, термомембранных и электромембранных);
- принципы и подходы к моделированию этих процессов с позиций системного анализа.

*Уметь:*

- рассчитывать движущие силы и основные параметры процессов мембранного разделения;
- проводить расчеты по подбору схем мембранного разделения в программных пакетах;

*Владеть:*

- основными принципами и подходами к моделированию основных процессов мембранного разделения;
- программными пакетами для расчетов и подбора отдельных мембранных аппаратов и/ или интегрированных мембранных процессов.

### **3 Краткое содержание дисциплины**

**Введение.** Основные понятия и определения.

#### **Раздел 1. Введение в мембранные процессы. Основные классификации.**

1.1 Основные классификации мембран, мембранных процессов, материалов для получения мембран. Основные типы мембранных элементов, их преимущества и недостатки. Области применения.

#### **Раздел 2. Баромембранные процессы.**

2.1 Классификация баромембранных процессов.

Классификация баромембранных процессов, их движущая сила. Основные факторы, влияющие на баромембранные процессы: рабочее давление, температура, гидродинамические



условия, концентрации компонентов, электрические и магнитные поля, природа и состав растворенных веществ. Поляризационные явления и отложения на поверхности мембраны, концентрационная поляризация.

#### 2.2 Процессы микрофльтрации (м/ф).

Описание процессов микрофльтрации (м/ф). Методы исследования микрофльтрационных мембран. Подходы к моделированию процесса микрофльтрации. Основные мембранные элементы для микрофльтрации. Основные области применения.

#### 2.3 Процессы ультрафльтрации.

Описание процессов ультрафльтрации (у/ф). Методы исследования ультрафльтрационных мембран. Подходы к моделированию процесса ультрафльтрации. Основные мембранные элементы для ультрафльтрации. Основные области применения. Диафльтрация.

#### 2.4. Процессы обратного осмоса.

Описание процессов обратного осмоса (о/о). Методы исследования обратноосмотических мембран. Подходы к моделированию процесса обратного осмоса. Основные гипотезы разделения. Капиллярно-фльтрационная модель. Основные мембранные элементы для обратного осмоса. Основные области применения.

### **3. Раздел 3. Диффузионно-мембранные процессы.**

#### 3.1 Классификация диффузионно-мембранных процессов.

Классификация диффузионно-мембранных процессов (газоразделение, первапорация, диализ, процессы с использованием жидких мембран). Движущая сила.

#### 3.2. Процессы мембранного газоразделения.

Описание процессов мембранного газоразделения (г/р). Механизмы газоразделения. Коэффициент проницаемости и растворимости. Выбор материала мембраны. Основные мембранные элементы для процессов мембранного газоразделения. Основные области применения

#### 3.3. Процесс испарения через мембрану (первапорация).

Описание процесса первапорации. Схемы организации процесса. Влияние различных факторов на процесс первапорации (гидродинамика, температура, давление, природа разделяемых компонентов смеси). Выбор материала мембраны. Описание механизма проницания при первапорации. Основные мембранные элементы Основные области применения.

#### 3.4. Процессы диализа и с использованием жидких мембран.

Описание процесса диализа, особенности. Механизм проницания при диализе. Основные мембранные элементы Основные области применения. Гемодиализ. Описание процессов с использованием жидких мембран. Особенности механизма (присутствие переносчика. Основные области применения.

### **4. Раздел 4. Электромембранные и термомембранные процессы.**

#### 4.1 Электромембранные процессы.

Электромембранные процессы (электродиализ, электродеионизация). Основные аспекты электромембранных процессов. Ионообменные мембраны. Конструкции электродиализных аппаратов. Основные параметры процесса электродиализа, расчет. Особенности электродеионизации. Основные области применения.

#### 4.2. Термомембранные процессы.

Процесс мембранной дистилляции. Влияние свойств материала мембраны на процесс разделения (смачиваемость, поверхностное натяжение, поверхностная энергия полимера). Подходы к моделированию. Основные области применения.

### **5. Раздел 5. Интегрированные мембранные процессы. Мембранные реакторы и биореакторы.**

Классификация. Процессы, протекающие в мембранных биореакторах. Типы мембранных биореакторов. Кинетические зависимости роста биомассы, продуктов и расхода субстрата. Математическое моделирование и расчет. Основные области применения.

### **6. Раздел 6. Проектирование мембранных схем разделения.**

Основные режимы работы мембранных модулей. Однопроходная схема и схема с рециркуляцией. Каскадные схемы. Примеры.

**Заключение.** Обобщение пройденного материала; рассматривается как полученные знания могут быть применены при проведении научных исследований для постановки и обработки экспериментов, оптимизации химико-технологических процессов.

#### 4 Объем учебной дисциплины.

Вид учебной работы	Объем дисциплины		
	ЗЕ	Акад. ч.	Астр. ч.
<b>Общая трудоемкость дисциплины</b>	<b>3</b>	<b>108</b>	<b>81</b>
<b>Контактная работа – аудиторные занятия:</b>	<b>1,35</b>	<b>48</b>	<b>36</b>
Лекции	0,45	16	12
Практические занятия (ПЗ)	0,45	16	12
Лабораторные работы (ЛР)	0,45	16	12
<b>Самостоятельная работа</b>	<b>1,65</b>	<b>60</b>	<b>45</b>
Контактная самостоятельная работа	1,65	0,2	0,15
Самостоятельное изучение разделов дисциплины		59,8	44,85
<b>Вид итогового контроля:</b>	<b>Зачёт</b>		

#### Аннотация рабочей программы дисциплины «Математическое моделирование и методы синтеза гибких химических производств»

**1 Цель дисциплины** – научить студентов теоретическим основам составления математических моделей гибких химических производств как сложных иерархических систем с использованием методов декомпозиции на отдельные подсистемы, блоки, модули и практическим навыкам использования математических моделей химико-технологических процессов и систем для исследования поведения объекта в различных условиях ведения процессов и функционирования гибких автоматизированных производственных систем с использованием средств компьютерной техники.

**2 В результате изучения дисциплины обучающийся должен:**

*Обладать* следующими компетенциями и индикаторами их достижения:

ПК-1.1; ПК-3.1; ПК-3.2; ПК-3.3; ПК-4.2; ПК-4.3.

**Знать:**

- основные понятия и определения в области создания гибких автоматизированных производственных систем в химической технологии (понятия технологического и аппаратурного модуля, блока, технологической и организационной структур гибких химико-технологических систем);

- модели основных и вспомогательных операций и стадий в аппаратурных модулях периодического действия;

- способы организации выпуска многоассортиментной химической продукции на оборудовании совмещенной и гибкой ХТС (последовательно, циклически, группами);

- модели индивидуальных, совмещенных и гибких химико-технологических систем с различными способами организации выпуска многоассортиментной продукции и модели размещения продуктов дополнительного ассортимента на оборудовании действующей ХТС;

- основные методы и алгоритмы решения задач синтеза индивидуальных, совмещенных и гибких химико-технологических систем в детерминированных условиях;

- основные методы классификации ассортимента продукции на группы совместного выпуска на гибкой химико-технологической системе.

**Уметь:**

- проводить расчеты по моделированию типовых процессов в аппаратурных модулях периодического действия;

- строить временные диаграммы функционирования аппаратурных модулей, блоков, индивидуальных, совмещенных и гибких химико-технологических систем при различных способах наработки продуктов ассортимента;
- решать типовые задачи моделирования и синтеза индивидуальных, совмещенных и гибких химико-технологических систем в детерминированных условиях и размещения дополнительного ассортимента на оборудовании синтезированной или действующей ХТС;
- проводить классификацию продуктов ассортимента на возможные группы совместного выпуска с использованием теоретико-множественных и матричных методов.

#### **Владеть:**

- навыками использования блочно-модульного подхода к формированию принципиальных структур индивидуальных, совмещенных и гибких химико-технологических систем;
- навыками использования специализированного программного обеспечения для решения задач моделирования и синтеза индивидуальных, совмещенных, гибких химико-технологических систем и размещения продуктов дополнительного ассортимента для действующих, реконструируемых и модернизируемых предприятий малотоннажной химической и смежных отраслей промышленности.

### **3 Краткое содержание дисциплины**

**Введение.** Краткий исторический очерк развития отечественных и зарубежных гибких автоматизированных производственных систем (ГАПС) в химической и смежной отраслях промышленности: их особенности и области применения. Современные тенденции развития малотоннажной химии в России и за рубежом. Цели и задачи дисциплины. Основные понятия и определения.

#### **Раздел 1. Подходы к созданию гибких химических производств**

**1.1. Способы организации гибких химических производств:** периодические, полунепрерывные. Классификация химико-технологических систем. Специфика периодических процессов, их отличия от непрерывных. Понятие технологической операции, технологической стадии, модуля, блока, ХТС. Многоассортиментные химико-технологические системы: индивидуальные, совмещенные, гибкие.

**1.2. Типовая структура ГАПС в химической технологии.** Основные подсистемы ГАПС: химико-технологическая, транспортная, складская, информационно-управляющая. Модульный принцип организации аппаратурного оформления ГАПС.

#### **Раздел 2. Теоретические основы моделирования гибких химических производств модульного типа**

**2.1. Гибкая ХТС как объект моделирования.** Виды математических моделей, методы моделирования дискретно-непрерывных систем. Иерархическая структура моделей гибкой ХТС.

**2.2. Моделирование типовых операций и одностадийных периодических процессов, реализуемых в емкостном оборудовании.** Основные и вспомогательные технологические операции. Модели вспомогательных операций в аппаратурных модулях периодического действия: загрузки и выгрузки реагентов и перемещения реакционной массы. Моделирование операций нагревания (охлаждения) при постоянной и переменной температуре теплоносителя. Моделирование процессов перемешивания в гомогенных средах. Модели химических реакций с использованием уравнений формальной кинетики и тепловых процессов в периодических реакторах.

**2.3. Моделирование одностадийных химико-технологических процессов в аппаратурных модулях периодического действия в индивидуальных, совмещенных и гибких ХТС.** Задача о назначении технологических стадий и их аппаратурного оформления с учетом специфики создания совмещенных и гибких химических производств. Методы совмещения химико-технологических процессов. Формирование составов типовых технологических и аппаратурных модулей для реализации выпуска многоассортиментной продукции. Определение длительностей технологических циклов и построение временных диаграмм. Расчеты размеров основного и вспомогательного оборудования в аппаратурных модулях и выбор общего оборудования для реализации технологических стадий. Исследование изменения длительностей технологических циклов от размеров партий (порций) продуктов, перерабатываемых в модулях периодического действия.

**2.4. Подходы, методы и модели формирования блочно-модульных структур гибких ХТС.** Методы формирования аппаратурно-технологических блоков, формирования принципиальных структур ХТС. Особенности организации взаимодействия блоков.

**Раздел 3. Математическое моделирование индивидуальных, совмещенных и гибких химических производств.**

**3.1. Математические постановки задач расчета индивидуальных, совмещенных и гибких схем:** определение размеров оборудования ХТС заданной структуры, исследование технологических структур ХТС, соотношения для расчета согласующих емкостей в ХТС блочно-модульного типа.

**3.2. Определение времени выпуска многоассортиметной продукции при различных способах наработки ассортимента:** для схем, состоящих из аппаратов периодического действия с непосредственным взаимодействием стадий; для структур с параллельными аппаратами на стадиях; для схем с промежуточными согласующими емкостями, циклического выпуска ассортимента.

**Раздел 4. Синтез индивидуальных и гибких химико-технологических систем в условиях полной определенности информации**

**4.1. Структурный и структурно-параметрический синтез. Обобщенный подход к синтезу многоассортиментных ХТС:** основные этапы, задачи, результаты.

**4.2. Постановки задач синтеза индивидуальной химико-технологической системы как задач оптимизации,** включающей аппараты периодического и полунепрерывного действия и согласующие емкости, при ограничении на срок выпуска.

**4.3. Постановки задач синтеза квазиоптимальных структур совмещенных и гибких химико-технологических систем:** критерии оптимизации, ограничения. Алгоритмы решения задач структурного синтеза ХТС с согласующими ёмкостями и параллельными аппаратами.

**4.4. Синтез гибких ХТС при выпуске ассортимента группами.** Постановки задач классификации ассортимента на группы выпуска и методы их решения: теоретико-множественный, матричный. Сетевые модели выпуска ассортимента группами и формирование ограничений на срок выпуска продуктов группами. Постановки задач синтеза гибких ХТС при выпуске ассортимента группами постоянного состава как задач оптимизации.

**4.5. Постановка задачи размещения выпуска дополнительного ассортимента на оборудовании действующей ХТС и алгоритмы ее решения.**

**Раздел 5. Методы и алгоритмы решения задач моделирования и синтеза гибких химико-технологических систем**

**5.1. Методы синтеза сложных химико-технологических систем:** декомпозиционный, эвристический, эволюционный.

**5.2. Алгоритмы решения дискретно-непрерывных нелинейных задач синтеза гибких ХТС и организации выпуска ассортимента:** метод полного перебора, методы локального поиска, эвристические методы.

#### **4 Объем учебной дисциплины**

Вид учебной работы	Объем дисциплины		
	ЗЕ	Акад. ч.	Астр. ч.
<b>Общая трудоемкость дисциплины</b>	<b>3</b>	<b>108</b>	<b>81</b>
<b>Контактная работа – аудиторные занятия:</b>	<b>1,339</b>	<b>48</b>	<b>36</b>
Лекции	0,445	16	12
Практические занятия (ПЗ)	0,445	16	12
Лабораторные работы (ЛР)	0,445	16	12
<b>Самостоятельная работа</b>	<b>1,661</b>	<b>60</b>	<b>45</b>
Контактная самостоятельная работа	1,661	0,2	0,15
Самостоятельное изучение разделов дисциплины		59,8	44,85

**Аннотация рабочей программы дисциплины  
«Гетерогенный катализ и каталитические процессы»**

**1. Цель дисциплины** – научить студентов понимать физико-химическую сущность фундаментальных основ различных теорий катализа, методологии направленного подбора и приготовления катализаторов, методам определения каталитической активности, методам исследования каталитических процессов и построения их моделей.

**2. В результате изучения дисциплины обучающийся должен:**

*Обладать* следующими компетенциями и индикаторами их достижения:

– УК-2.3; ПК-1.5; ПК-1.6; ПК-4.1;

*Знать:*

- основные положения теорий гетерогенного катализа,
- закономерности протекания каталитических и адсорбционных процессов в системах газ-твердое, жидкость-твердое,
- методы построения кинетических моделей химических реакций, моделей адсорбционных процессов на гетерогенных катализаторах,
- методы решения уравнений кинетики химических реакций и моделей динамики адсорбции на энергетически однородных и неоднородных поверхностях гетерогенных катализаторов, уравнений кинетики дезактивации гетерогенных катализаторов,
- методы построения и решения уравнений модели зерна катализатора и расчета факторов эффективности его работы,
- научные основы подбора и приготовления катализаторов,
- методы измерения каталитической активности,
- физико-химические свойства катализаторов-металлов, полупроводников и диэлектриков и природу их каталитической активности,
- основные крупнотоннажные производства и промышленные катализаторы переработки нефти и газа.

*Уметь:*

- определять физико-химические свойства гетерогенных катализаторов и основные характеристики их активной поверхности,
- определять каталитическую активность гетерогенных катализаторов,
- осуществлять направленный подбор катализаторов для проведения конкретных химических реакций,
- определять тип математической модели поровой структуры зерна катализатора, тип динамических моделей адсорбции и изотерм адсорбции,
- решать уравнения кинетики химических реакций и модели динамики адсорбции на энергетически однородных и неоднородных поверхностях гетерогенных катализаторов,
- численно решать уравнения модели зерна катализатора,
- оценивать константы скоростей адсорбции, константы адсорбционно-десорбционного равновесия, коэффициенты диффузии, коэффициенты массоотдачи для реагентов,
- объяснять физико-химическую сущность каталитического действия катализаторов - металлов, полупроводников, диэлектриков.

*Владеть:*

- методами определения каталитической активности,
- методами направленного подбора и приготовления катализаторов,
- основами теории каталитического действия катализаторов - металлов, полупроводников, диэлектриков,
- методами построения кинетических моделей, моделей зерна катализатора и моделей адсорбции на энергетически однородных и неоднородных поверхностях гетерогенных катализаторов,

- методами решения уравнений кинетических моделей, моделей зерна катализатора, моделей процессов адсорбции на гетерогенных катализаторах и определения их параметров,
- основами стратегии анализа, исследования и моделирования основных крупнотоннажных процессов в области переработки нефти и газа.

### 3. Краткое содержание дисциплины:

#### *Введение.*

Общие сведения о катализе и катализаторах. История развития катализа. Физико-химическая сущность катализа. Активность, селективность и стабильность эксплуатации катализаторов. Компенсационный эффект в катализе. Нестационарный катализ и его роль в промышленности. Промышленные способы производства катализаторов. Становление каталитической индустрии. Роль катализа и катализаторов при организации новых производств и интенсификации действующих.

*Раздел 1. Физическая и химическая адсорбция. Адсорбция на энергетически однородных и неоднородных поверхностях катализатора.*

1.1. Физическая и химическая адсорбция. Адсорбция на энергетически однородной поверхности.

1.2. Адсорбция на энергетически неоднородной поверхности. Адсорбция с учетом отталкивания частиц в адсорбированном слое.

1.3. Теория граничного слоя. Образование заряженного адсорбционного слоя на полупроводниках различного типа.

*Раздел 2. Теории катализа, кинетика многостадийных каталитических реакций.*

2.1. Теории катализа - промежуточных соединений, пересыщения Рогинского, абсолютных скоростей реакций Эйринга, мультиплетная теория катализа Баландина, каталитически активных ансамблей Кобозева, формирования каталитически активной поверхности под воздействием реакционной среды Борескова.

2.2. Кинетика сложных каталитических реакций. Промежуточные соединения в гетерогенном катализе. Экспериментальные методы изучения хемосорбционного слоя.

2.3. Численные решения уравнений кинетики каталитических реакций и моделей динамики адсорбции на энергетически однородных и неоднородных поверхностях гетерогенных катализаторов, уравнений кинетики дезактивации катализаторов.

*Раздел 3. Промышленные катализаторы, их тип, способы приготовления, области применения, методы моделирования.*

3.1. Методы приготовления катализаторов. Активация и дезактивация катализаторов. Методы измерения каталитической активности. Методы выявления доминирующих эффектов факторов, определяющих активность катализатора. Ранжирование катализаторов по каталитической активности с использованием статистики  $T^2$ -Хотеллинга.

3.2. Основные типы катализаторов: катализаторы-металлы, катализаторы-полупроводники, катализаторы-диэлектрики.

3.3. Гетерогенные промышленные катализаторы: теория и методы моделирования. Численные методы решения уравнений моделей зерна катализатора (конечно-разностные и коллокационные).

*Раздел 4. Гетерогенно-каталитические процессы.*

4.1. Катализ в переработке природного газа.

4.2. Катализ в переработке нефти и газоконденсата.

*Заключение.*

Обзорная лекция по основам промышленного катализа и его применению в химии и химической технологии.

### 4 Объем учебной дисциплины

Вид учебной работы	Объем дисциплины		
	ЗЕ	Акад. ч.	Астр. ч.
<b>Общая трудоемкость дисциплины</b>	<b>4</b>	<b>144</b>	<b>108</b>
<b>Контактная работа – аудиторные занятия:</b>	<b>1,7</b>	<b>64</b>	<b>48</b>

Лекции	0,4	16	12
Практические занятия (ПЗ)	0,9	32	24
Лабораторные работы (ЛР)	0,4	16	12
<b>Самостоятельная работа</b>	<b>2,3</b>	<b>80</b>	<b>60</b>
Контактная самостоятельная работа	2,3	79,6	59,7
Самостоятельное изучение разделов дисциплины		0,4	0,3
<b>Вид итогового контроля:</b>	<b>Зачет с оценкой</b>		

### Аннотация рабочей программы дисциплины

#### «Методы синтеза многоассортиментных экологически чистых химических производств»

**1 Цель дисциплины** – научить студентов теоретическим знаниям создания многоассортиментных ресурсосберегающих экологически чистых химических производств, гибких схем очистки стоков и выбросов химических предприятий, методам анализа и оценки экологического риска и негативных воздействий предприятий химической и смежных отраслей промышленности.

**2 В результате изучения дисциплины обучающийся должен:**

*Обладать* следующими компетенциями и индикаторами их достижения:

УК-1.1; УК-1.4; ПК-3.1; ПК-3.2; ПК-3.3; ПК-4.1; ПК-4.2; ПК-4.3; ПК-6.1; ПК-6.2; ПК-6.3.

**Знать:**

- нормативно-методические основы обеспечения экологической безопасности химических производств;

- теоретические основы технологического проектирования экологически чистых производств в химической и смежных отраслях промышленности: методы совмещения выпуска многоассортиментной продукции по гибкой технологии с учетом требований экологической безопасности, информационно-признаковые и информационно-логические модели выбора методов и оборудования для очистки стоков и выбросов;

- существующие подходы, методы и алгоритмы синтеза гибких блочно-модульных схем очистки стоков, регенерации растворителей и гибких систем очистки выбросов в атмосферный воздух многоассортиментных производств химической и смежных отраслей промышленности;

- методы и модели прогнозирования загрязнения атмосферного воздуха источниками выбросов промышленных предприятий;

- подходы, методы и модели анализа и оценки экологического риска различных классов химически опасных объектов.

**Уметь:**

- проводить анализ химического производства как источника экологической опасности;

- строить логико-графические модели анализа риска различных классов химически опасных объектов;

- решать задачи оценки риска в результате аварий на химически опасных объектах;

- решать задачи прогнозирования загрязнения атмосферного воздуха источниками выбросов промышленных предприятий и оценки ущербов окружающей среде;

- использовать информационно-признаковые и информационно-логические модели для выбора методов и оборудования для создания гибких схем очистки стоков и выбросов.

**Владеть:**

- навыками использования блочно-модульного подхода к формированию принципиальных структур гибких схем очистки стоков, регенерации растворителей и гибких систем очистки выбросов в атмосферный воздух многоассортиментных производств химической и смежных отраслей промышленности;

- навыками использования специализированного программного обеспечения для решения задач анализа и оценки экологического риска в результате аварии с выбросом опасных химических веществ; прогнозирования загрязнения атмосферного воздуха источниками выбросов промышленных предприятий химической и смежных отраслей промышленности и оценке ущербов окружающей среде.

### **3 Краткое содержание дисциплины**

**Введение.** Цель и задачи дисциплины. Краткий исторический очерк создания экологически чистых производств в химической и смежных отраслях промышленности. Основные понятия, определения, терминология.

#### **Раздел 1. Теоретические основы создания экологически чистых производств в химической и смежных отраслях промышленности**

**1.1. Химическое производство как источник экологической опасности.** Анализ динамики загрязнения окружающей среды источниками выбросов, сбросов и образования отходов химических предприятий. Современные тенденции в области отнесения предприятий к источникам негативных воздействий и внедрению наилучших доступных технологий.

**1.2. Нормативно-методические основы обеспечения экологической безопасности химических производств.** Основные нормативные документы, регламентирующие деятельность химических производств: ФЗ «Об экологической экспертизе», ФЗ «Об охране атмосферного воздуха», ФЗ «Об охране окружающей среды» и другие.

**1.3. Классификация источников выбросов, сбросов, отходов промышленных предприятий, химической продукции.** Выбор классификационных признаков для классификации стационарных и потенциальных аварийных источников промышленных предприятий. Приоритетные загрязнители, сравнительный анализ отечественных и зарубежных перечней приоритетных загрязнителей и рекомендаций по выбору классификационных признаков. Нормирование показателей качества окружающей среды. Классификация отходов и химической продукции. Методики оценки ущербов окружающей среде при авариях на технологическом оборудовании.

**1.4. Основы обеспечения экологической безопасности химических производств с использованием методов анализа риска.**

Риск: терминология, классификация, подходы к нормированию.

Основные этапы анализа и оценки экологического риска на территориях, прилегающих к химическим предприятиям.

Методы и модели анализа и оценки экологического риска: классификации, основные расчетные соотношения.

Логико-графические, логические и вероятностные модели анализа и оценки риска периодических химических производств, технологического оборудования с опасными химическими веществами, расположенного на территории предприятий, многоассортиментных химических производств.

**1.5. Модели и методы прогнозирования загрязнения атмосферного воздуха источниками выбросов промышленных предприятий.** Основные направления в моделировании загрязнения воздушного бассейна: особенности выбора параметров источника, граничных условий и параметров среды распространения примесей. Подходы к рассеянию примесей легких, нейтральных и тяжелых газов. Модели переноса загрязняющих веществ в атмосферном воздухе: диффузионные, дисперсионные, комбинированные: основные допущения и расчетные соотношения. Рекомендации по выбору методов прогнозирования в зависимости от оперативности прогноза. Основные расчетные соотношения методики расчета концентраций в атмосферном воздухе, содержащихся в выбросах



предприятий и методов расчетов рассеивания выбросов вредных (загрязняющих) веществ в атмосферном воздухе. Их сравнительный анализ, допущения, области применения, рекомендации для использования.

## **Раздел 2. Синтез гибких блочно-модульных схем очистки стоков и регенерации растворителей многоассортиментных химических производств**

**2.1. Основные этапы синтеза гибких химико-технологических систем в блочно-модульном исполнении и гибких схем очистки стоков и регенерации растворителей.** Использование декомпозиционного метода к синтезу структур ХТС. Общие подходы и специфические особенности формирования блочно-модульных принципиальных структур ХТС. Взаимосвязи решаемых задач по материальным, энергетическим и информационным потокам.

**2.2. Методы совмещения выпуска многоассортиментной продукции по гибкой технологии с учетом требований экологической безопасности при синтезе схем очистки стоков.** Выбор показателей очистки сточных вод с учетом требований гигиенических нормативов к качеству окружающей среды (воды, почвы), предъявляемым к системам локальной очистки стоков, направляемых в промышленную канализацию, показатели острой и хронической токсичности веществ для водной среды и водоемов (в том числе рыбохозяйственного назначения). Анализ стоков по составу примесей и обоснование технологической, экономической и экологической необходимости объединения стоков в многоассортиментных производствах. Информационно-признаковые, информационно-логические модели технологических стадий и аппаратного оформления гибких блочно-модульных ХТС очистки стоков и регенерации растворителей. Меры сходства составов стоков в пространстве физических, химических, гигиенических и экологических признаков. Классификации стоков химических производств. Методы формализации задач классификации при синтезе гибких схем очистки стоков. Использование евклидова расстояния и других метрик для классификации стоков.

**2.3. Задачи выбора методов очистки сточных вод и оборудования для реализации гибких блочно-модульных химико-технологических систем.**

**2.4. Структурный синтез гибких схем очистки сточных вод.** Способы формирования структур гибких схем очистки стоков и регенерации растворителей. Особенности функционирования системы согласующих емкостей. Построение временных диаграмм работы гибких ХТС совместно с гибкими схемами очистки стоков и регенерации растворителей. Модели расчета согласующих емкостей при синтезе гибких схем очистки стоков.

**2.5. Модели и алгоритмы структурно-параметрического синтеза гибких схем очистки стоков.** Постановки задач структурно-параметрического синтеза гибких схем очистки стоков как задач оптимизации: критерии, ограничения, допущения моделей. Декомпозиционный метод исследования и решения задач. Координирующие соотношения.

## **Раздел 3. Синтез гибких систем очистки выбросов в атмосферный воздух многоассортиментных производств в химической и смежных отраслях промышленности.**

**3.1. Основные этапы синтеза гибких химико-технологических систем и схем очистки выбросов.**

**3.2. Методы совмещения технологий выпуска многоассортиментной продукции на универсальных технологических модулях с учетом требований экологической безопасности при проектировании гибких схем очистки выбросов:** по источникам образования отходящих газов и их характеристикам, по возможности использования тепла отходящих газов в сырьевых теплообменниках и другом оборудовании (вращающихся печах, сушилках и т.п.), по источникам выбросов и по эффективности системы очистки.

**3.3. Методы и алгоритмы расчета и выбора оборудования при создании гибких схем очистки выбросов.** Расчетные соотношения для определения основных конструктивных параметров циклонов, электрофильтров для очистки газовых выбросов от пыли в многоассортиментных производствах. Расчеты концентраций загрязняющих веществ для выбранных систем очистки с использованием рекомендуемых методик и установление предельно допустимых выбросов.

**3.4. Модели и алгоритмы структурно-параметрического синтеза гибких экологически чистых производств в химической и смежных отраслях промышленности.** Выбор критериев (капитальные затраты, приведенные затраты, ущербы окружающей среде от выбросов стационарных источников) для анализа эффективности решения задач синтеза гибких экологически чистых химических производств.

#### 4 Объем учебной дисциплины

Вид учебной работы	Объем дисциплины		
	ЗЕ	Акад. ч.	Астр. ч.
<b>Общая трудоемкость дисциплины</b>	<b>4</b>	<b>144</b>	<b>108</b>
<b>Контактная работа – аудиторные занятия:</b>	<b>1,78</b>	<b>64</b>	<b>48</b>
Лекции	0,445	16	12
Практические занятия (ПЗ)	0,89	32	24
Лабораторные работы (ЛР)	0,445	16	12
<b>Самостоятельная работа</b>	<b>2,22</b>	<b>80</b>	<b>60</b>
Контактная самостоятельная работа	2.22	0,4	0,3
Самостоятельное изучение разделов дисциплины		79.6	59.7
<b>Вид контроля:</b>	<b>Зачет с оценкой</b>		

#### Аннотация рабочей программы дисциплины «Автоматизированные системы управления химико-технологическими процессами и системами»

**1 Цель дисциплины** – формирование у обучающегося системы знаний, навыков и умений, необходимых для осуществления профессиональной деятельности, связанной с эксплуатацией и проектированием автоматизированных систем управления химико-технологическими процессами и системами (АСУ ХТП и С).

**2 В результате изучения дисциплины обучающийся должен:**

*Обладать* следующими компетенциями и индикаторами их достижения:

ПК-1.2; ПК-1.7; ПК-1.8; ПК-1.9; ПК-5.1; ПК-5.2; ПК-5.3.

*Знать:*

- структуру и функции АСУ ТП;
- технические средства современных АСУ ТП;
- алгоритмы сбора и обработки информации, расчета технико-экономических показателей;
- алгоритмы управления;
- основы теории управления с предсказанием;
- принципы разработки систем усовершенствованного управления (СУУТП);
- основные классы программного обеспечения АСУ;
- типовые решения по автоматизации основных технологических процессов

(гидромеханических, тепловых, тепломассообменных, химических) химических, нефтехимических и биотехнологических производств;

*Уметь:*

- составлять структурные параметрические модели ХТП и ХТС;

- классифицировать технологические параметры объекта управления;
  - синтезировать принципиальные схемы управления ХТП и ХТС;
  - выбирать средства КИП и А (датчики, измерительные приборы, исполнительные устройства, регуляторы, контроллеры, модули ввода-вывода);
  - находить параметры настройки цифровых регуляторов;
  - использовать программное обеспечение для настройки цифровых регуляторов и программирования контроллеров;
  - оценивать эффективность работы систем управления (в том числе СУУТП);
  - читать и самостоятельно разрабатывать функциональные схемы автоматизации;
- Владеть:*
- языками программирования контроллеров и навыками разработки программного обеспечения для управления непрерывными и периодическими процессами;
  - базовыми навыками проектирования АСУ ХТП и С.

### **3 Краткое содержание дисциплины**

#### *Раздел 1. Основы проектирования АСУ ХТП и С. Техническое обеспечение АСУ ХТП и С.*

Классификация и иерархия автоматизированных систем управления (АСУ). Основные принципы проектирования АСУ. Стадии и этапы создания АСУ. Разработка функциональных схем автоматизации. Принципы разработки систем усовершенствованного управления (СУУТП).

Техническое обеспечение АСУ ТП. Структура современных АСУ ТП. Технические средства АСУ ТП: измерительные приборы, датчики, исполнительные устройства, измерители-регуляторы, программируемые логические контроллеры (ПЛК), панели оператора, автоматизированные рабочие места, сети и шины передачи данных. Входные и выходные устройства ПЛК, модули ввода-вывода, понятие о распределенных системах управления. Обзор контроллеров СУУТП ведущих производителей.

Передача информации в АСУ ТП. Сигналы и каналы передачи. Полевые шины, основные интерфейсы и протоколы передачи данных.

Информационно-измерительные каналы (ИИК). Структура ИИК. Преобразования сигналов в ИИК. Квантование по времени. Квантование по уровню. Кодирование сигналов. Преобразователи аналоговых и цифровых сигналов.

#### *Раздел 2. Программное и математическое обеспечение АСУ ТП.*

Программное обеспечение АСУ ТП и компьютерных тренажеров операторов технологического процесса. SCADA-пакеты и системы, технология OPC. Основные принципы разработки, отладки и ввода в действие ПО АСУ ТП. Имитационное моделирование в АСУ ТП, базовые принципы создания компьютерных тренажеров операторов АСУ ТП.

Разработка программного обеспечения (ПО) для управления технологическими объектами в среде программирования контроллеров (ПЛК). Рабочий цикл ПЛК. Структура проекта ПО, компоненты организации программ. Приемы разработки программ реального времени. Особенности разработки ПО для управления непрерывными и периодическими процессами.

Первичная обработка измерительной информации. Оценка измеряемой величины по показаниям датчика. Фильтрация измеряемых величин. Основные алгоритмы цифрового управления: позиционное регулирование, импульсное регулирование, цифровой ПИД-регулятор. Адаптивное управление на примере алгоритма адаптивного трехпозиционного регулирования.

Управление с прогнозирующей моделью как основа СУУТП. Основы теории управления с предсказанием. Классификация и принципы построения прогнозирующих моделей. Структура регулятора с прогнозирующей моделью. Классификация переменных СУУТП. Использование виртуальных анализаторов. Способы оценки эффективности СУУТП.

#### *Раздел 3. Типовые решения по автоматизированному управлению ХТП и ХТС.*

Управление гидромеханическими процессами. Управление системами перемещения сырья и материалов. Особенности управления центробежными и объемными насосами. Системы перемещения полупродуктов и продуктов между технологическими аппаратами. Системы управления длительностью пребывания в цепочке последовательно соединенных аппаратов.

Управление теплообменными процессами. Теплообменники смешения и поверхностные теплообменники как объекты управления: балансовые уравнения, параметрическая схема процесса

теплообмена, статические и динамические характеристики теплообменников. Варианты схем автоматического управления. Управление теплообменниками при изменении фазового состояния теплоносителей.

Управление тепло-массообменными процессами. Управление процессами выпаривания. Математическая модель процесса выпаривания. Показатель эффективности и цель управления. Параметрическая схема процесса выпаривания. Методы измерения концентрации упаренного раствора. Сравнительный анализ типовых схем управления процессом выпаривания. Прямое и перекрестное регулирование выпарного аппарата. Схема регулирования давления.

Управление процессами ректификации. Ректификационная колонна и её вспомогательное оборудование. Показатель эффективности и цель управления. Материальный баланс ректификационной установки. Параметрическая схема процесса ректификации. Регулирование состава дистиллята. Регулирование состава кубового продукта. Каскадные АСР и схемы регулирования соотношения расходов с коррекцией по составу дистиллята и кубового продукта. Применение СУУТП на примере управления процессом ректификации.

Управление процессами абсорбции. Показатель эффективности и цель управления. Основные уравнения массопередачи и теплотеплопередачи. Параметрическая схема процесса абсорбции. Одноконтурные схемы регулирования процесса абсорбции. Комбинированные схемы регулирования процесса абсорбции. Трехимпульсная схема регулирования процесса абсорбции. Комбинированная схема регулирования процессов абсорбции с двухточечной подачей абсорбента в середину и верх абсорбера для улучшения разделительной способности колонны. Принципиальная схема регулирования двух последовательно соединенных абсорберов. Сочетание процесса абсорбции с процессом десорбции.

Управление процессами сушки. Показатель эффективности и цель управления процессами сушки. Сушка в аппаратах с большим временем пребывания (более 1 часа). Одноконтурная и каскадная схемы регулирования барабанной сушилки. Сушилки с малым временем пребывания: распылительные сушилки и сушилка с кипящим слоем (КС).

Принципиальные схемы систем управления. Примеры параметрических схем процессов сушки. Показатель эффективности, цель управления процессами сушки, параметрическая схема.

Управление процессами экстракции. Принципиальные схемы систем управления экстракционной колонной.

Управление химическими процессами. Управление жидкофазными реакторами. Одноемкостный реактор смешения: одноконтурная, каскадная и комбинированная системы автоматического регулирования концентрации смеси, схема регулирования температуры. Системы автоматизации очистки сточных вод. Примеры систем управления газофазными реакторами. Управление процессом пиролиза. Печи пиролиза как объект управления. Показатель эффективности и цель управления. Параметрическая схема для печи пиролиза. Экономический критерий оптимизации процесса пиролиза. Системы стабилизации температурного режима: одноконтурные, каскадные, комбинированные.

#### 4 Объем учебной дисциплины

Вид учебной работы	Объем дисциплины		
	ЗЕ	Акад. ч.	Астр. ч.
<b>Общая трудоемкость дисциплины</b>	<b>6</b>	<b>216</b>	<b>162</b>
<b>Контактная работа – аудиторные занятия:</b>	<b>2,67</b>	<b>96</b>	<b>72</b>
Лекции	0,444	16	12
Практические занятия (ПЗ)	1,333	48	36
Лабораторные работы (ЛР)	0,889	32	24
<b>Самостоятельная работа</b>	<b>2,33</b>	<b>84</b>	<b>63</b>
Контактная самостоятельная работа	2,33	0,4	0,3
Самостоятельное изучение разделов дисциплины		83,6	62,7

<b>Вид контроля:</b>			
<b>Экзамен</b>	<b>1</b>	<b>36</b>	<b>27</b>
Контактная работа – промежуточная аттестация	1	35,6	26,7
Подготовка к экзамену.		0,4	0,3
<b>Вид итогового контроля:</b>	<b>Экзамен Курсовая работа</b>		

## Аннотация рабочей программы дисциплины «Интегрированные системы управления химическими производствами»

**1 Цель дисциплины** – научить студентов теоретическим знаниям в области создания автоматизированных систем управления производственными и технологическими процессами, теоретическим основам составления математических моделей и методов решения задач технико-экономического и календарного планирования.

### **2 В результате изучения дисциплины обучающийся должен:**

*Обладать* следующими компетенциями и индикаторами их достижения:

ПК-1.2, ПК-1.7, ПК-1.8, ПК-1.9, ПК-5.1, ПК-5.2, ПК-5.3

*Знать:*

- основные понятия в области создания и функционирования интегрированных систем управления химическими производствами;
- математические модели и методы решения задач технико-экономического и календарного планирования;
- основные функциональные возможности, программные средства SCADA-систем.

*Уметь:*

- решать задачи технико-экономического и календарного планирования с использованием аналитических методов и программных средств;
- разрабатывать проекты АСУ ТП в среде SCADA-систем.

*Владеть:*

- навыками использования методов и средств линейного программирования для решения задач технико-экономического и календарного планирования;
- навыками использования инструментальных программных средств SCADA-систем для проектирования систем управления.

### **3 Краткое содержание дисциплины**

*Введение.* Цели и задачи курса. Краткий исторический очерк создания. Основные понятия, определения, терминология.

*Раздел 1. Структура и функциональные возможности интегрированных систем управления химическими производствами*

1.1. Иерархическая структура интегрированных систем управления химическими производствами. Структура и функциональные возможности интегрированных систем управления крупнотоннажными непрерывными и многоассортиментными гибкими химическими производствами.

1.2. Автоматизированные системы управления производственными процессами (АСУ ПП). Основные функциональные возможности АСУ ПП. Сбор и хранение данных; управление производственными процессами, ресурсами и фондами; оперативное планирование; управление качеством продукции и др. Примеры реализации АСУ ПП в химической промышленности.

1.3. Автоматизированные системы управления технологическими процессами (АСУ ТП). Этапы развития. Архитектура, функции, режимы работы. Технические средства АСУ ТП: классификация, функциональные, технологические, метрологические и конструктивные требования к выбору. Контроллеры ввода/вывода: структура, назначение модулей аналогового и дискретного ввода/вывода. Программируемые логические контроллеры (ПЛК): функции, обобщенная

архитектура, классификация; языки программирования, основные производители. Промышленные сети передачи данных: понятие, виды, сравнительная характеристика основных топологий, протоколы обмена информацией, уровни организации взаимодействия, стандарты промышленных сетей. Промышленные компьютеры: особенности исполнения, функции, используемые операционные системы, основные производители. Реализация функций АСУ ТП с использованием веб-технологий.

*Раздел 2. Модели и методы решения задач планирования производственных процессов*

2.1. Математическая постановка задач технико-экономического и календарного планирования.

Классификация задач планирования. Основные уровни и задачи планирования работы химических производств: долгосрочный (прогнозирование и технико-экономическое планирование), среднесрочный (оптимальное календарное планирование). Словесная формулировка и математическая постановка задач технико-экономического и календарного планирования химических производств. Экономико-математические модели.

2.2. Методы решения задач технико-экономического и календарного планирования.

Расчет оптимальной производственной программы – задача линейного программирования. Графический, аналитический и численные методы решения задач технико-экономического планирования. Методы решения задач линейного программирования при одном критерии оптимизации, в условиях неопределенности и в многокритериальной постановке.

*Раздел 3. Системы сбора данных и оперативного диспетчерского управления – SCADA-системы*

3.1. Основные функциональные возможности SCADA-систем. SCADA-системы: определение и основные функции. Человекомашинный интерфейс: понятие, особенности и этапы разработки, маркировка и обозначения органов управления и контрольных устройств, правила кодирования информации. Мнемосхема технологического объекта: общие эргономические требования. Технические и эксплуатационные характеристики для оценки функциональности SCADA-систем.

3.2. Программные средства и использование SCADA-систем для проектирования АСУ ТП. Основные этапы проектирования АСУ ТП с использованием SCADA-систем. Управление через сеть Интернет. Обзор наиболее распространенных отечественных и зарубежных SCADA-систем.

3.3. Система сбора данных и диспетчерского управления TRACE MODE 6. Интегрированная информационная система для управления промышленным производством TRACE MODE 6. Основные понятия. Функциональная структура. Основные характеристики, состав и назначение отдельных модулей. Опыт использования в различных областях промышленности. Структура проекта в TRACE MODE 6. Компоненты проекта: узел, канал, атрибут. Аргументы. Создание каналов в узлах проекта, связь с источниками/приемниками данных. Автопостроение. Математический аппарат TRACE MODE 6: языки программирования алгоритмов управления, особенности применения. Редактор программ. Редактор аргументов. Переменные, константы, функции. Типы данных. Редактор графических экранов TRACE MODE 6: экраны, слои, графические элементы, графические объекты.

#### 4 Объем учебной дисциплины

Вид учебной работы	Объем дисциплины		
	ЗЕ	Акад. ч.	Астр. ч.
<b>Общая трудоемкость дисциплины</b>	<b>6</b>	<b>216</b>	<b>162</b>
<b>Контактная работа – аудиторные занятия:</b>	<b>2,7</b>	<b>96</b>	<b>72</b>
Лекции	0,45	16	12
Практические занятия (ПЗ)	0,45	16	12
Лабораторные работы (ЛР)	0,9	32	24
Курсовая работа (практические занятия)	0,9	32	24
<b>Самостоятельная работа</b>	<b>2,3</b>	<b>84</b>	<b>63</b>
Контактная самостоятельная работа	2,3	0.4	0.3

Самостоятельное изучение разделов дисциплины		83.6	62.7
<b>Вид контроля:</b>	<b>Курсовая работа</b>		
<b>Экзамен</b>	<b>1</b>	<b>36</b>	<b>27</b>
Контактная работа – промежуточная аттестация	1	0.4	0.3
Подготовка к экзамену.		35.6	26.7
<b>Вид итогового контроля:</b>	<b>Экзамен</b>		

## 5.4 Практика

### **Аннотация рабочей программы Учебной практики: ознакомительной практики**

**1 Цель практики** – получение студентами общих представлений об основных аппаратах химических производств и методах химической кибернетики, знакомство с основными видами деятельности учебных и научных подразделений университета, а также получение первичных профессиональных умений и навыков путем самостоятельного творческого выполнения задач, поставленных программой практики.

#### **2 В результате прохождения практики обучающийся должен:**

*Обладать* следующими компетенциями и индикаторами их достижения:

ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3, ОПК-1.4, ОПК-1.5, ОПК-1.6, ОПК-1.7, ОПК-1.8, ОПК-1.9, ОПК-1.10, ОПК-1.11, ОПК-2.1, ОПК-2.2, ОПК-2.3, ОПК-2.4, ОПК-2.5, ОПК-2.6, ОПК-2.7, ОПК-2.8, ОПК-2.9, ОПК-2.10, ОПК-2.11, ОПК-3.1, ОПК-3.2, ОПК-3.3, ОПК-3.4, ОПК-3.5, ОПК-3.6, ОПК-3.7, ОПК-3.8, ОПК-3.9, ОПК-3.10, ОПК-3.11, ОПК-3.12, ОПК-3.13, ОПК-3.14, ОПК-3.15, ОПК-3.16, ОПК-3.17, ОПК-3.18, ОПК-4.1, ОПК-4.2, ОПК-4.3

*Знать:*

- особенности организации учебной и научной деятельности в лабораториях, кафедрах и подразделениях РХТУ;

- основные виды лабораторного и технологического оборудования, контрольно-измерительных приборов, области их использования;

- основные технологические параметры химико-технологических процессов, способы их контроля и управления;

- основные математические методы обработки экспериментальных данных и их использование в учебном процессе;

*Уметь:*

- проводить поиск информации с использованием открытых баз данных и информационных систем по выбранному направлению исследований и сравнение их с экспериментальными данными;

- применять теоретические методы анализа и обработки исходных данных с лабораторных установок с использованием стандартного программного обеспечения;

*Владеть:*

- навыками использования стандартных компьютерных программ для обработки экспериментальных данных;

- навыками изложения полученных знаний в виде отчета о прохождении практики, описания исходных материалов, лабораторного оборудования, и измерения параметров процессов.

### **3 Краткое содержание практики**

Учебная практика: ознакомительная практика проводится в 4 семестре в форме теоретических занятий и экскурсий.

1. Ознакомление с историей и направлениями деятельности учебных и научных подразделений кафедры кибернетики химико-технологических процессов (КХТП) факультета цифровых технологий и химического инжиниринга (ЦиТХин), центра коллективного пользования и других мест проведения практики.

2. Посещение и ознакомление с лабораториями подразделений.

2.1. Посещение лабораторий центра коллективного пользования РХТУ им. Д.И. Менделеева: электронной микроскопии (ЭМ), атомно-абсорбционной спектроскопии (ААС), молекулярной оптической спектроскопии (МОС).

2.2. Посещение кафедры кибернетики химико-технологических процессов:

- лаборатории моделирования химико-технологических процессов, оснащенной установками типовых химико-технологических процессов (теплообменных, массообменных, реакционных);

- лаборатории управления химико-технологическими процессами и системами, оснащенной современными системами цифрового управления;

- химической лаборатории, оснащенной химическими столами, вытяжными шкафами, оборудованием и приборами для проведения химических экспериментов;

- лаборатории современных средств автоматизации, оснащенной 4 компьютерами, демонстрационным стендом по законам регулирования, роботизированным манипулятором – для проведения лабораторных научно-исследовательских работ и организации практики;

- лаборатории инновационных образовательных технологий для организации научно-исследовательской работы, включающей компьютерное оборудование и средства оргтехники, объединенные в локальную вычислительную сеть с выходом в сеть Интернет.

2.3. Посещение учебных и научных подразделений факультета и университета. Ознакомление с функциональным назначением, принципами работы лабораторного оборудования, установок и аналитических приборов и высокопроизводительного сверхмощного компьютера (производительностью 4 TFlops) для компьютерного моделирования.

3. Подготовка отчета о прохождении учебной практики: ознакомительной практики.

Требования, предъявляемые к написанию и представлению отчета.

Конкретное содержание учебной практики: ознакомительной практики определяется индивидуальным заданием обучающегося с учётом интересов и возможностей кафедры или организации, где она проводится. Индивидуальное задание разрабатывается по профилю изучаемой программы бакалавриата.

Подготовка отчета включает описание и систематизацию результатов, полученных при посещении подразделений и выполнении индивидуального задания подгруппой студентов из 2-3-х человек по тематике исследования кафедр.

#### 4 Объем практики

Вид учебной работы	Объем практики		
	ЗЕ	Акад. ч.	Астр. ч.
<b>Общая трудоемкость практики</b>	<b>3</b>	<b>108</b>	<b>81</b>
<b>Контактная работа – аудиторные занятия:</b>	-	-	-
<b>Самостоятельная работа</b>	<b>3</b>	<b>108</b>	<b>81</b>
в том числе в форме практической подготовки:	<b>3</b>	<b>108</b>	<b>81</b>
Контактная самостоятельная работа	3	0.4	0.3
Самостоятельное изучение разделов практики		107.6	80.7
<b>Вид контроля:</b>	<b>зачет с оценкой</b>		

#### Аннотация рабочей программы **Производственной практики: технологической (проектно-технологической) практики**

**1 Цель практики** – получение профессиональных умений и опыта профессиональной деятельности путем самостоятельного творческого выполнения задач, поставленных программой практики, связанных с практическим изучением технологических циклов производств различных видов химической продукции, структуры предприятия, методов и особенностей управления производственным процессом. Формирование у обучающегося способности осуществлять энерго- и



ресурсосберегающий технологический процесс производства различных видов химической продукции.

## **2 В результате прохождения практики обучающийся должен:**

*Обладать* следующими компетенциями и индикаторами их достижения:

УК-2.1, УК-2.3, УК-2.6, УК-2.8, ПК-1.1, ПК-1.2, ПК-1.3, ПК-1.4, ПК-1.5, ПК-2.1, ПК-2.2, ПК-2.3, ПК-3.1, ПК-3.2, ПК-3.3, ПК-4.1, ПК-4.2, ПК-4.3, ПК-5.1, ПК-5.2, ПК-5.3, ПК-6.1, ПК-6.2, ПК-6.3

*Знать:*

– технологические процессы и основное технологическое оборудование, используемое в химико-технологических производствах;

– основные принципы, методы и формы контроля технологического процесса и качества продукции;

– основные нормативные документы по стандартизации и сертификации продукции химических предприятий;

– правила техники безопасности и производственной санитарии; организационную структуру предприятия;

*Уметь:*

- проводить анализ технологических процессов, технологического оборудования, химико-технологических систем как объектов моделирования, проектирования, оптимизации и управления;

- применять на практике теоретические знания в области математического моделирования энерго- и ресурсосберегающих химико-технологических процессов;

– анализировать техническую документацию, реализовывать на практике требования нормативной документации в области создания энерго- и ресурсосберегающих процессов в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии.

*Владеть:*

– методами проектирования технологических линий и подбора технологического оборудования, методами управления технологическими процессами и выбора программно-аппаратных средств контроля и управления технологическими процессами;

- методами проведения вычислительных экспериментов с использованием стандартного и специализированного программного обеспечения;

– способностью и готовностью осуществлять технологический процесс в соответствии с регламентом.

## **3 Краткое содержание практики**

Производственная практика: технологическая (проектно-технологическая) практика направлена на закрепление теоретических знаний, полученных обучающимися при изучении программы бакалавриата, и развитие у обучающихся навыков научно-исследовательской деятельности.

Производственная практика: технологическая (проектно-технологическая) практика состоит из двух этапов:

– ознакомление с технологией производства и местом производственной практики;

– практическое освоение технологических процессов и методов их контроля на предприятиях химической промышленности на основе изучения технологических регламентов производств, проведение моделирования химико-технологических процессов с использованием стандартного программного обеспечения (индивидуальное задание).

1. Ознакомление с технологией производства осуществляется в виде экскурсий на предприятия соответствующего профиля. А также путем изучения технологических и технических документов, предоставляемых организациями – местами производственной практики. При посещении предприятия (организации) и ознакомления с деятельностью объекта исследования обучающийся должен собрать материал, необходимый для подготовки отчета по практике.

Отчет по практике включает:

- историческую справку о предприятии;

- номенклатуру выпускаемой продукции;

- виды и нормы расхода сырьевых материалов;

- описание основных технологических процессов производства;
- методы контроля технологических параметров процессов;
- мероприятия по устранению отклонений (нарушений) режимных параметров работы оборудования и технологических процессов;
- методы безопасного ведения технологических процессов;
- характеристики источников выбросов, сбросов и образования отходов на предприятии;
- методы и средства защиты от вредных негативных факторов на предприятии;
- описание средств автоматизации и управления производством и характеристики технических и др.

2. Практическое освоение технологических процессов на конкретном предприятии обучающийся осуществляет в соответствии с индивидуальным заданием по практике, которое включает:

- изучение ассортимента выпускаемой продукции, их видов и марок;
- требования ГОСТ Р и другой нормативной документации к качеству выпускаемой продукции;
- изучение сырьевых материалов и методов входного контроля качества;
- методы и методики проведения испытаний и контроля качества химической продукции и различных видов ее опасностей;
- изучение параметров технологического процесса, предусмотренных в регламенте, и методов его контроля;
- подробное описание вида и типа оборудования для осуществления конкретного технологического процесса;
- изучение методов контроля и диагностики неисправностей и отказов оборудования, контрольно-измерительных приборов и др.;
- действия обслуживающего персонала при чрезвычайных ситуациях на основе изучения технологических регламентов и планов локализации и ликвидации чрезвычайных ситуаций;
- изучение функциональных возможностей специализированного программного обеспечения для решения задач моделирования, оптимизации, проектирования и управления химико-технологическими процессами и системами и приобретение практических навыков работы с использованием одного или нескольких программных средств.

При выполнении индивидуального задания студент должен собрать материалы по структуре предприятия, методам управления, системе сбыта готовой продукции, методам контроля и управления качеством окружающей среды на предприятии, возможным технологическим нарушениям и отклонениям и др.

#### 4 Объем практики

Вид учебной работы	Объем практики		
	ЗЕ	Акад. ч.	Астр. ч.
<b>Общая трудоемкость практики</b>	<b>3</b>	<b>108</b>	<b>81</b>
<b>Контактная работа – аудиторные занятия:</b>	-	-	-
<b>Самостоятельная работа</b>	<b>3</b>	<b>108</b>	<b>81</b>
в том числе в форме практической подготовки:	<b>3</b>	<b>108</b>	<b>81</b>
Контактная самостоятельная работа	3	0.4	0.3
Самостоятельное изучение разделов практики		107.6	80.7
<b>Вид контроля:</b>	<b>зачет с оценкой</b>		

Аннотация рабочей программы Производственной практики: научно-исследовательской работы

**1 Цель практики** - формирование необходимых компетенций для осуществления научно-исследовательской деятельности по направлению подготовки 18.03.02 Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии посредством планирования и осуществления экспериментальной деятельности на основании изученных дисциплин, в том числе специальных, и самостоятельно изученной информации.

**2 В результате прохождения практики обучающийся должен:**

УК-1.1, УК-1.2, УК-1.3, УК-1.4, УК-1.5, УК-4.2, ПК-1.1, ПК-1.2, ПК-1.3, ПК-1.4, ПК-1.5, ПК-1.6, ПК-1.9, ПК-2.1, ПК-2.2, ПК-2.3, ПК-3.1, ПК-3.2, ПК-3.3, ПК-4.1, ПК-4.2, ПК-4.3, ПК-5.1, ПК-5.2, ПК-5.3, ПК-6.1, ПК-6.2, ПК-6.3

*Знать:*

порядок организации, планирования и проведения научно-исследовательских работ с использованием последних научно-технических достижений в данной области;

– теоретические основы и методы математического моделирования химико-технологических процессов и систем, анализа и обработки информации и применять эти знания на практике;

– свойства химических элементов, соединений и материалов на их основе для решения научно-исследовательских задач;

*Уметь:*

– осуществлять поиск, обработку и анализ научно-технической информации по профилю выполняемой работы, в том числе с применением современных технологий;

– работать на современном лабораторном и компьютерном оборудовании, организовывать проведение экспериментов и испытаний, проводить их обработку и анализировать результаты;

– применять теоретические знания, полученные при изучении естественно- научных дисциплин и методы математического моделирования для анализа экспериментальных данных;

*Владеть:*

способностью решать поставленные задачи, используя умения и навыки в организации научно-исследовательских и технологических работ;

– способностью изучать научно-техническую информацию, отечественный и зарубежный опыт по тематике исследования.

*Подготовить и представить к защите* научно-исследовательскую работу (НИР), выполненную на современном уровне развития науки и техники и соответствующую выбранному направлению подготовки и программе обучения. В представленной к защите НИР должны получить развитие знания и навыки, полученные обучающимся при освоении программы бакалавриата, в том числе при изучении специальных дисциплин. Представленная к защите НИР должна содержать основные теоретические положения, экспериментальные результаты, практические достижения и выводы из работы.

**3 Краткое содержание практики**

Выполнение и представление результатов научных исследований.

Выполнение научных исследований.

Составление программы исследования. Структура и содержание основных разделов отчета о научно-исследовательской работе.

Формулирование целей и задач исследования; составление аналитического обзора по теме исследования; выбор эффективных методов и методик достижения желаемых результатов исследования.

Проведение соответствующих экспериментов для получения практических результатов; анализ, интерпретация и обобщение результатов исследования; формулировка выводов; написание отчета.

Подготовка научного доклада и презентации.

**4 Объем практики**

Вид учебной работы	Объем практики
--------------------	----------------

	ЗЕ	Акад. ч.	Астр. ч.
<b>Общая трудоемкость практики</b>	<b>6</b>	<b>216</b>	<b>162</b>
<b>Контактная работа – аудиторные занятия:</b>	<b>2.67</b>	<b>96</b>	<b>72</b>
<b>в том числе в форме практической подготовки:</b>	<b>2.67</b>	<b>96</b>	<b>72</b>
Вид контактной работы – Практические занятия:	2.67	96	72
в том числе в форме практической подготовки:	2.67	96	72
<b>Самостоятельная работа</b>	<b>3.33</b>	<b>120</b>	<b>90</b>
в том числе в форме практической подготовки:	<b>3.33</b>	<b>120</b>	<b>90</b>
Контактная самостоятельная работа	3.33	0.4	0.3
Самостоятельное изучение разделов практики		119.6	89.7
<b>Вид контроля:</b>	<b>Зачет с оценкой</b>		

### **Аннотация рабочей программы Производственной практики: преддипломной практики**

**1 Цель практики** – закрепление теоретических знаний и практических навыков, полученных в процессе обучения по программе бакалавриата; приобретение практического опыта работы с источниками научно-технической информации, опыта постановки и выполнения научно-исследовательских и расчетно-практических задач; овладение методологией и методами компьютерного моделирования и обработки результатов исследования; сбор, подготовка и анализ материалов по тематике выпускной квалификационной работы.

#### **2 В результате прохождения практики обучающийся должен:**

*Обладать* следующими компетенциями и индикаторами их достижения:

УК-1.1, УК-1.2, УК-1.3, УК-1.4, УК-1.5, УК-2.3, УК-2.4, УК-2.5, УК-2.6, УК-2.7, УК-4.2, ПК-1.1, ПК-1.2, ПК-1.3, ПК-1.4, ПК-1.5, ПК-1.6, ПК-1.7, ПК-1.8, ПК-1.9, ПК-2.1, ПК-2.2, ПК-2.3, ПК-3.1, ПК-3.2, ПК-3.3, ПК-4.1, ПК-4.2, ПК-4.3, ПК-5.1, ПК-5.2, ПК-5.3, ПК-6.1, ПК-6.2, ПК-6.3

*Знать:*

- основы теоретического исследования и изучения объектов практических исследований – технологических процессов, оборудования, установок химических, нефтехимических и биотехнологических производств;

- современные научные концепции в области создания энерго- и ресурсосберегающих процессов в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии;

- структуру и методы управления современным производством химической и смежных областей промышленности;

- методы математического моделирования для решения задач оптимизации, проектирования и управления энерго- и ресурсосберегающими химико-технологическими процессами и системами;

- методы и средства контроля и управления качеством окружающей среды;

- методы анализа технологических процессов как объектов моделирования, оптимизации и управления;

- современные нормативные документы по контролю качества химической продукции и безопасного ведения технологических процессов;

*Уметь:*

- работать с технологической и технической документацией, пользоваться информационно-справочным аппаратом, в том числе с использованием электронных библиотечных систем, информационно-образовательных порталов для поиска свойств веществ и характеристик технологического оборудования, оформлять результаты научно-практических исследований;

- использовать полученные теоретические знания для моделирования, синтеза и управления технологическими процессами, оборудования и химико-технологическими системами в химической, нефтехимической и биотехнологической промышленности;

- применять методы поиска исходных данных с использованием информационных систем по тематике выпускной квалификационной работы для подготовки их и проведения вычислительных экспериментов;
- использовать современные пакеты программ для решения задач моделирования, оптимизации и управления энерго- и ресурсосберегающими процессами в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии;

*Владеть:*

навыками самостоятельной работы с источниками научной информации, реферирования научных публикаций, обобщения передового опыта и лучших практик применительно к объекту исследования выпускной квалификационной работы;

– методами проектирования основных и вспомогательных цехов предприятия химической промышленности, способами расчета технологического оборудования;

- навыками систематизации, обработки и обобщения результатов компьютерных экспериментов

### 3 Краткое содержание практики

Тематика преддипломной практики студентов бакалавриата определяется тематикой их выпускной квалификационной работы. Практика направлена на сбор и подготовку материалов для выполнения выпускной квалификационной работы.

Преддипломная практика проходит в лабораториях и компьютерных классах на выпускающей кафедре КХТП и других научных лабораториях, технологических подразделениях, информационных центрах РХТУ им. Д. И. Менделеева. Студенты знакомятся с научной работой кафедр и в отдельных случаях привлекаются в качестве исполнителей к решению отдельных задач в рамках выполняемых НИР и грантов, осваивают методы компьютерного моделирования, оптимизации, управления химико-технологическими процессами и системами; приобретают навыки поиска и подготовки информации, в том числе с использованием специализированных баз данных, для проведения расчетов по тематике выпускной квалификационной работы, участвуют в обработке результатов исследования и подготовки их к публикации.

Во время прохождения преддипломной практики студенты собирают материалы по тематике выпускной квалификационной работы, анализируют их, намечают основные направления и задачи работы, вырабатывают методологию решения этих задач.

### 4 Объем практики

Вид учебной работы	Объем практики		
	ЗЕ	Акад. ч.	Астр. ч.
<b>Общая трудоемкость практики</b>	<b>9</b>	<b>324</b>	<b>243</b>
<b>Контактная работа – аудиторные занятия:</b>	-	-	-
<b>Самостоятельная работа</b>	<b>9</b>	<b>324</b>	<b>243</b>
в том числе в форме практической подготовки:	<b>9</b>	<b>324</b>	<b>243</b>
Контактная самостоятельная работа	9	0.4	0.3
Самостоятельное изучение разделов практики		323.6	242.7
<b>Вид контроля:</b>	<b>Зачет с оценкой</b>		

### 5.5 Государственная итоговая аттестация: выполнение, подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы

**1 Цель государственной итоговой аттестации: выполнения, подготовки к процедуре защиты и защиты выпускной квалификационной работы** – выявление уровня теоретической и практической подготовленности выпускника вуза к выполнению профессиональных задач и соответствия его подготовки требованиям ФГОС ВО по направлению подготовки 18.03.02 Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии.

**2 В результате прохождения государственной итоговой аттестации: выполнения, подготовки к процедуре защиты и защиты выпускной квалификационной работы у студента проверяется сформированность следующих компетенций, а также следующих знаний, умений и навыков, позволяющих оценить степень готовности обучающихся к дальнейшей профессиональной деятельности.**

Выпускник, освоивший программу бакалавриата, должен обладать следующими компетенциями:

УК-1.1, УК-1.2, УК-1.3, УК-1.4, УК-1.5, УК-2.1, УК-2.2, УК-2.3, УК-2.4, УК-2.5, УК-2.6, УК-2.7, УК-2.8, УК-2.9, УК-3.1, УК-3.2, УК-3.3, УК-3.4, УК-3.5, УК-3.6, УК-4.1, УК-4.2, УК-4.3, УК-4.4, УК-4.5, УК-4.6, УК-4.7, УК-4.8, УК-4.9, УК-5.1, УК-5.2, УК-5.3, УК-5.4, УК-5.5, УК-5.6, УК-5.7, УК-5.8, УК-5.9, УК-5.10, УК-5.11, УК-5.12, УК-5.13, УК-5.14, УК-6.1, УК-6.2, УК-6.3, УК-6.4, УК-6.5, УК-6.6, УК-7.1, УК-7.2, УК-7.3, УК-7.4, УК-8.1, УК-8.2, УК-8.3, УК-8.4, УК-8.5, УК-8.6, УК-8.7, УК-8.8, УК-8.9, УК-9.1, УК-9.2, УК-9.3, УК-10.1, УК-10.2, УК-10.3, УК-11.1, УК-11.2, УК-11.3,

ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3, ОПК-1.4, ОПК-1.5, ОПК-1.6, ОПК-1.7, ОПК-1.8, ОПК-1.9, ОПК-1.10, ОПК-1.11, ОПК-2.1, ОПК-2.2, ОПК-2.3, ОПК-2.4, ОПК-2.5, ОПК-2.6, ОПК-2.7, ОПК-2.8, ОПК-2.9, ОПК-2.10, ОПК-2.11, ОПК-3.1, ОПК-3.2, ОПК-3.3, ОПК-3.4, ОПК-3.5, ОПК-3.6, ОПК-3.7, ОПК-3.8, ОПК-3.9, ОПК-3.10, ОПК-3.11, ОПК-3.12, ОПК-3.13, ОПК-3.14, ОПК-3.15, ОПК-3.16, ОПК-3.17, ОПК-3.18, ОПК-4.1, ОПК-4.2, ОПК-4.3,

ПК-1.1, ПК-1.2, ПК-1.3, ПК-1.4, ПК-1.5, ПК-1.6, ПК-1.7, ПК-1.8, ПК-1.9, ПК-2.1, ПК-2.2, ПК-2.3, ПК-3.1, ПК-3.2, ПК-3.3, ПК-4.1, ПК-4.2, ПК-4.3, ПК-5.1, ПК-5.2, ПК-5.3, ПК-6.1, ПК-6.2, ПК-6.3

*Знать:*

– порядок организации, планирования и проведения научно-исследовательских работ с использованием последних научно-технических достижений в данной области;

– теоретические основы моделирования, оптимизации и управления энерго- и ресурсосберегающими химико-технологическими процессами и системами и применять эти знания на практике;

– численные методы решения математических задач для исследования процессов химической технологии по теме выпускной квалификационной работы и комплексы программ, реализующие данные методы;

– основные требования к представлению результатов проведенного исследования в виде научного отчета, статьи или доклада;

*Уметь:*

– самостоятельно выявлять перспективные направления научных исследований, обосновывать актуальность, теоретическую и практическую значимость проблемы, проводить расчетно-экспериментальные исследования с использованием прикладного программного обеспечения, анализировать и интерпретировать полученные результаты;

– осуществлять поиск, обработку и анализ научно-технической информации по теме выполняемой работы, в том числе с применением современных информационных технологий;

– работать на современных приборах, оборудовании, средствах компьютерной техники, организовывать проведение лабораторных и вычислительных экспериментов, проводить их обработку и анализировать результаты;

*Владеть:*

– методологией и методикой проведения научных исследований; навыками самостоятельной научной и исследовательской работы;

– навыками работы в коллективе, планировать и организовывать коллективные научные исследования; овладевать современными методами исследования и анализа поставленных проблем;

– способностью решать поставленные задачи, используя умения и навыки в организации научно-исследовательских и технологических работ.

**3 Краткое содержание государственной итоговой аттестации: выполнения, подготовки к процедуре защиты и защиты выпускной квалификационной работы**

Государственная итоговая аттестация: выполнение, подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы проходит в 8 семестре на базе знаний, умений и навыков, полученных студентами при изучении дисциплин направления 18.03.02 Энерго- и

ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии и прохождения практик.

Государственная итоговая аттестация: выполнение, подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы проводится государственной экзаменационной комиссией.

Контроль уровня сформированности компетенций обучающихся, приобретенных при освоении ООП, осуществляется путем проведения защиты выпускной квалификационной работы (ВКР) и присвоения квалификации «бакалавр».

#### **4 Объем государственной итоговой аттестации: выполнения, подготовки к процедуре защиты и защиты выпускной квалификационной работы**

Программа относится к обязательной части учебного плана, к блоку 3 «Государственная итоговая аттестация» и рассчитана на сосредоточенное прохождение в 8 семестре (4 курс) обучения в объеме 216 ч (6 ЗЕТ). Программа предполагает, что обучающиеся имеют теоретическую и практическую подготовку в области неорганической, органической, физической химии, процессов и аппаратов химической технологии (раздел гидродинамики), математического моделирования химико-технологических процессов, методов оптимизации и планирования эксперимента.

Виды учебной работы	В зачетных единицах	В академ. часах
<b>Общая трудоемкость ГИА по учебному плану</b>	<b>6</b>	<b>216</b>
<b>Контактная работа (КР):</b>	-	-
<b>Самостоятельная работа (СР):</b>	<b>6</b>	<b>216</b>
Контактная работа – итоговая аттестация	0.02	0.67
Выполнение, написание и оформление ВКР	5.98	215.33
<b>Вид контроля:</b>	<b>защита ВКР</b>	

Виды учебной работы	В зачетных единицах	В астроном. часах
<b>Общая трудоемкость ГИА по учебному плану</b>	<b>6</b>	<b>162</b>
<b>Контактная работа (КР):</b>	-	-
<b>Самостоятельная работа (СР):</b>	<b>6</b>	<b>162</b>
Контактная работа – итоговая аттестация	0.02	0.5
Выполнение, написание и оформление ВКР	5.98	161.5
<b>Вид контроля:</b>	<b>защита ВКР</b>	

### **Факультативы**

#### **Аннотация рабочей программы дисциплины «Гражданская защита в чрезвычайных ситуациях»**

**1. Цель дисциплины** -- подготовить студента к осмысленным практическим действиям по обеспечению своей безопасности и защиты в условиях возникновения чрезвычайной ситуации природного, техногенного и военного характера.

Основной задачей дисциплины является формирование умений и навыков, позволяющих на основе изучения опасных и поражающих факторов чрезвычайных ситуаций природного, техногенного и военного характера, других опасностей умело решать вопросы своей безопасности с использованием средств системы гражданской защиты.

#### **2. В результате освоения дисциплины студент должен:**

*Обладать* следующими компетенциями и индикаторами их достижения: УК-8.1, УК-8.5, УК-8.7.

*Знать:*

- характеристики природных бедствий, техногенных аварий и катастроф на радиационно, химически и биологически опасных объектах, поражающие факторы других опасностей;

- основы воздействия опасных факторов чрезвычайных ситуаций на человека и природную среду, допустимые предельные критерии негативного воздействия;
- меры безопасного поведения при пребывании в районах (зонах) пожаров, радиоактивного, химического и биологического загрязнения;
- способы и средства защиты человека от воздействия поражающих факторов чрезвычайных ситуаций природного, техногенного и военного характера.

*Уметь:*

- использовать средства защиты органов дыхания и кожи, медицинские для самозащиты и оказания помощи другим людям;
- применять первичные средства пожаротушения для локализации и тушения пожара, возникшего в аудитории (лаборатории);
- оказывать себе и другим пострадавшим медицинскую помощь с использованием табельных и подручных медицинских средств.

*Владеть:*

- приёмами проведения частичной санитарной обработки при выходе из района (зоны) радиоактивного, химического и биологического загрязнения (заражения);
- способами и технологиями защиты в чрезвычайных ситуациях.

### **3. Краткое содержание дисциплины.**

*Раздел 1. Опасности природного характера.*

Стихийные бедствия, явления природы разрушительной силы - землетрясения, наводнения, селевые потоки, оползни, снежные заносы, извержение вулканов, обвалы, засухи, ураганы, бури, пожары.

*Раздел 2. Опасности техногенного характера.*

Аварии и катастрофы на радиационно опасном объекте, химически опасном объекте, биологически опасном объекте; на транспорте (железнодорожном, автомобильном, речном, авиационном); на гидросооружениях; на коммунальных системах жизнеобеспечения.

*Раздел 3. Опасности военного характера.*

Применение оружия массового поражения (ядерного, химического, биологического), обычных средств с зажигательным наполнением, новых видов оружия. Зоны заражения от средств поражения и их воздействие на население и окружающую природную среду.

*Раздел 4. Пожарная безопасность.*

Пожарная опасность. Пожарная охрана. Классификация пожаров в зданиях и помещениях. Стадии развития пожаров. Локализация и тушение пожаров. Первичные средства пожаротушения (огнетушители ОП -8, ОУ-2, ОВП-5, внутренний пожарный водопровод) и правила пользования ими. Автоматические системы пожаротушения – принклерные и дренчерные. Огнетушащие вещества – вода, пены, негорючие газы и разбавители, порошковые составы, галогензамещенные углеводороды.

*Раздел 5. Комплекс мероприятий гражданской защиты населения.*

- Оповещение и информирование населения об опасности. Принятие населением сигналов оповещения («Внимание всем!», «Воздушная тревога», «Радиационная опасность», «Химическая тревога», «Отбой опасности») и порядок действия по ним. Эвакуация населения из зоны опасности. Способы эвакуации Экстренная эвакуация студентов из аудитории при возникновении пожара.

- Средства индивидуальной защиты органов дыхания (ГП-7, ГП-9, Р-2, У-2К, РПА-1, РПГ-67М, РУ-60М, «Феникс», ГДЗК, ДПГ, ДПГ-3, ПЗУ-К, ИП-4М, ИП-5, ИП-6, КИП-8), кожи (Л-1, ОЗК) человека. Медицинские средства защиты .

- Средства коллективной защиты населения. Назначение, защитные свойства убежищ. Противорадиационные укрытия (ПРУ, подземные пешеходные переходы, заглубленные станции метрополитена), простейшие укрытия (траншеи, окопы, перекрытые щели). Правила занятия убежища.

*Раздел 6. Оказание первой помощи.*

Оказание первой помощи при ожогах, ранениях, заражениях. Проведение частичной санитарной обработки кожных покровов человека при выходе из зон радиоактивного, химического и биологического заражения (загрязнения), из зон пожаров.

*Раздел 7. Ликвидация последствий чрезвычайной ситуации.*



Аварийно-спасательные работы. Экстренная эвакуация из аудитории (лаборатории) в условиях пожара, радиационного, химического, биологического загрязнения территории с использованием простейших средств защиты («Феникс», ГДЗК, противогаза ГП-7 с ДПГ-3).

#### 4. Объем учебной дисциплины

Вид учебной работы	Объем дисциплины		
	ЗЕ	Академ.ч	Астрон.ч
<b>Общая трудоемкость дисциплины</b>	<b>1</b>	<b>36</b>	<b>27</b>
<b>Контактная работа – аудиторные занятия:</b>	<b>0,44</b>	<b>16</b>	<b>12</b>
Лекции	0,44	16	12
Практические занятия	-	-	-
Лабораторные работы	-	-	-
<b>Самостоятельная работа</b>	<b>0,56</b>	<b>20</b>	<b>15</b>
Самостоятельное изучение разделов дисциплины	0,56	19,8	14,85
Контактная самостоятельная работа		0,2	0,15
<b>Вид итогового контроля:</b>	<b>зачет</b>		

#### Аннотация рабочей программы дисциплины «Процессы и аппараты для получения аэрогелей»

##### Аннотация рабочей программы дисциплины «Процессы и аппараты для получения аэрогелей»

**1 Цель дисциплины** – изучение основных процессов и аппаратов для получения аэрогелей различного типа и состава, а также композиций на их основе, которые могут быть использованы во многих отраслях современной промышленности.

**2 В результате изучения дисциплины обучающийся должен:**

*Обладать* следующими компетенциями и индикаторами их достижения:

ПК-1.1, ПК-1.2, ПК-1.3, ПК-2.1, ПК-2.2, ПК-2.3.

*Знать:*

- основные типы, характеристики и свойства аэрогелей, а также аналитические методы их исследования;
- свойства сверхкритических флюидов и области их применения;
- основные процессы и аппараты для проведения процесса сверхкритической сушки;
- основы процессов получения аэрогелей различного типа и состава;
- основы процессов получения композиций на основе аэрогелей и аналитические методы их исследования;
- основные процессы и аппараты для проведения процесса сверхкритической адсорбции.

*Уметь:*

- выбирать параметры проведения процессов получения аэрогелей различного типа и состава;
- использовать современные аналитические методы для исследования свойств и характеристик аэрогелей;
- выбирать оборудование и параметры его работы для проведения процесса сверхкритической сушки;
- выбирать параметры проведения процессов получения композиций на основе аэрогелей;
- выбирать оборудование и параметры его работы для проведения процесса сверхкритической адсорбции.

*Владеть:*

- основами процессов получения аэрогелей различного типа и состава, а также композиций на их основе;
- современными аналитическими методами исследования свойств и характеристик аэрогелей;
- современными знаниями в области сверхкритических флюидов и современных аппаратов для получения аэрогелей и композиций на их основе.

### 3 Краткое содержание дисциплины

#### Раздел 1. Аэрогели. Основные термины и определения. Сверхкритическое состояние вещества. Процесс сверхкритической сушки.

1.1 Определение понятия «аэрогель». Основные типы аэрогелей. Неорганические аэрогели. Органические аэрогели. Гибридные аэрогели. Области применения аэрогелей в современной промышленности. Аэрогели как изоляционные материалы. Сорбенты на основе аэрогелей. Аэрогели в качестве систем доставки лекарств. Аэрогели для использования в медицине. Другие области использования аэрогелей. Примеры использования аэрогелей в современной промышленности.

1.2 Что такое сверхкритическое состояние вещества. Фазовые диаграммы. Критическая точка. Свойства сверхкритических флюидов. Вещества, применяемые в качестве сверхкритических растворителей. Примеры использования сверхкритических флюидов. Сверхкритическая экстракция, сверхкритическая хроматография, сверхкритическая сушка и адсорбция.

1.3 Основные стадии процесса сверхкритической сушки. Параметры проведения процесса сверхкритической сушки. Аппараты для проведения процесса сверхкритической сушки. Промышленное оборудование для получения аэрогелей.

#### Раздел 2. Процессы и аппараты для получения аэрогелей различного типа и состава.

2.1 Процессы и аппараты для получения неорганических аэрогелей на основе металлов и их оксидов. Золь-гель технология. Процессы и аппараты для получения аэрогелей на основе полисахаридов (альгинаты, хитозан, крахмал, пектин). Процессы получения аэрогелей на основе белков (молочный, яичный, шелковый и др.).

2.2 Различные способы проведения стадии гелеобразования в ходе процесса получения аэрогелей. Способы проведения стадии замены растворителя. Современное аналитическое оборудование, методы исследования свойств и характеристик аэрогелей.

#### Раздел 3. Процессы и аппараты для получения композиций на основе аэрогелей.

3.1 Способы внедрения различных веществ в аэрогели. Внедрение веществ на стадии гелеобразования. Внедрение веществ на стадии замены растворителя. Внедрение веществ с использованием сверхкритической адсорбции.

3.2 Требования, предъявляемые к веществам, которые могут быть использованы для сверхкритической адсорбции. Факторы, влияющие на величину массовой загрузки веществ в аэрогель. Аморфизация активных веществ с использованием сверхкритической адсорбции.

3.3 Современное оборудование и методы аналитических исследований композиций на основе аэрогелей. Примеры и использования композиций на основе аэрогелей.

### 4 Объем учебной дисциплины.

Вид учебной работы	Объем дисциплины		
	ЗЕ	Акад. ч.	Астр. ч.
<b>Общая трудоемкость дисциплины</b>	<b>3</b>	<b>108</b>	<b>81</b>
<b>Контактная работа – аудиторные занятия:</b>	<b>1,3</b>	<b>48</b>	<b>36</b>
Лекции	0,44	16	12
Практические занятия (ПЗ)	0,44	16	12
Лабораторные работы (ЛР)	0,44	16	12
<b>Самостоятельная работа</b>	<b>1,7</b>	<b>60</b>	<b>45</b>
Контактная самостоятельная работа	1,7	0,2	0,15
Самостоятельное изучение разделов дисциплины		59,8	44,85
<b>Вид итогового контроля:</b>	<b>Зачёт</b>		

**Аннотация рабочей программы дисциплины  
«Материаловедение для энерго- и ресурсосберегающих процессов химической  
технологии»**

**1. Цель дисциплины** – приобретение студентами знаний, необходимых для самостоятельного решения вопросов, связанных с выбором материалов для оборудования химических производств с учетом условий эксплуатации, а также с позиций энерго- и ресурсосбережения.

**2. В результате изучения дисциплины обучающийся по программе бакалавриата должен:**

*Обладать* следующими компетенциями:

УК-2.1; УК-2.2; УК-2.4; ПК-1.4; ПК-1.5; ПК-1.6.

*Знать:*

-классификацию, структуру, состав и свойства материалов, используемых в основных процессах химических производств;

-маркировку материалов, используемых в основных процессах химических производств, по российским и международным стандартам;

-основы коррозии металлов, принципы и методы защиты от коррозии;

-основные конструкционные и функциональные материалы, используемые в основных процессах химических производств, контроль материалов с позиций энерго- и ресурсосбережения при их переработке;

*Уметь:*

-анализировать физико-химические и механические свойства материалов, используемых в основных процессах химических производств, их коррозионную стойкость и технологичность;

- рационально подобрать конструкционный материал для химико-технологического процесса с учетом методов защиты от возможного воздействия технологической среды.

*Владеть:*

-простейшими операциями определения свойств материалов, используемых в основных процессах химических производств.

### **3. Краткое содержание дисциплины**

#### **Раздел 1. Введение. Физико-химические основы материаловедения**

Материаловедение как наука: цели, задачи и значение дисциплины. Общие требования, предъявляемые к материалам в зависимости от условий использования или эксплуатации. Развитие науки о материалах. Роль русских ученых в развитии науки. Достижения в области создания новых материалов, технико-экономическая эффективность их применения. Значение материалов в развитии химико-технологических процессов и обеспечении их безопасности.

Основные понятия о строении, структуре и свойствах материалов. Методы изучения структуры и свойств материалов.

Строение материалов. Основные типы кристаллических решеток. Классификация кристаллов по типам связи. Анизотропия свойств кристаллов. Строение реальных кристаллов. Дефекты реальных кристаллов и их влияние на свойства металлов и сплавов. Свойства дислокаций. Диаграмма «плотность дефектов-прочность». Кристаллизация металлов и сплавов. Самопроизвольная кристаллизация. Несамостоятельная кристаллизация. Аморфные материалы. Аллотропические превращения металлов.

Свойства материалов. Показатели свойств. Классификация свойств. Механические, физические, химические, эксплуатационные и технологические свойства материалов. Показатели механических свойств, определяемые при статических испытаниях на растяжение и изгиб. Методы определения твердости материалов. Показатели механических свойств, определяемые при динамических и циклических испытаниях.

Основы теории сплавов. Диаграммы состояния сплавов. Термины и определения. Диаграммы – «состав-свойство». Фазовый состав сплавов. Зависимость между свойствами сплавов и типом диаграммы состояния. Правило Н.С. Курнакова.

#### **Раздел 2. Металлические материалы**

Железо и сплавы на его основе. Стали и чугуны. Железоуглеродистые сплавы. Структуры сплавов железо-углерод. Диаграммы состояния железо-цементит. Компоненты, фазы и структурные составляющие сталей и белых чугунов.

Конструкционные металлические материалы. Углеродистые и легированные стали. Классификация сталей, определение понятия качества стали (требования к качеству). Влияние углерода и постоянных (технологических) примесей на качество стали, методы улучшения качества стали (повышение ее конструкционной прочности). Влияние легирующих элементов на свойства стали. Конструкционные стали. Инструментальные стали. Классификация углеродистых и легированных сталей. Маркировка сталей Чугуны и твердые сплавы. Свойства и назначение чугуна. Процесс графитизации. Чугуны серые, белые, ковкие, высокопрочные, их свойства, область применения, маркировка.

Термическая обработка. Теория и практика термической и химико-термической обработки металлов и сплавов. Природа, механизм и условия протекания структурных превращений в стали. Виды термической обработки стали: отжиг I и II рода, полный и неполный отжиг, нормализация, закалка, отпуск. Закаливаемость и прокаливаемость сталей. Влияние термической обработки на механические свойства стали. Физические основы химико-термической обработки. Диффузионное насыщение поверхности стали неметаллами. Виды и способы цементации. Азотирование стали. Диффузионная металлизация. Ионная химико-термическая обработка.

Цветные металлы и сплавы на их основе. Общая характеристика и классификация медных сплавов. Латунь, бронзы, медно-никелевые сплавы. Общая характеристика алюминиевых сплавов. Деформируемые алюминиевые сплавы, литейные алюминиевые сплавы. Общая характеристика магниевых сплавов. Деформируемые магниевые сплавы. Литейные магниевые сплавы. Титан и сплавы на основе титана. Влияние легирующих элементов на структуру и свойства титановых сплавов. Бериллий и сплавы на его основе. Тугоплавкие металлы и сплавы на их основе.

Порошковые металлические материалы. Материалы с особыми электрическими свойствами.

### **Раздел 3. Основы коррозии металлов. Принципы и методы защиты от коррозии.**

Основные причины коррозии металлов. Показатели коррозии. Классификация коррозионных процессов. Химическая коррозия. Газовая коррозия. Коррозия в жидкостях – неэлектролитах. Электрохимическая коррозия. Кинетика электрохимической коррозии. Коррозия металлов в условиях технологических сред химических производств.

Принципы и методы защиты от коррозии. Коррозионностойкие металлические и неметаллические материалы. Методы защиты машин и аппаратов химических производств от коррозии. Ингибиторы коррозии. Электрохимическая защита. Защитные покрытия.

### **Раздел 4. Неметаллические материалы**

Материалы на основе высокомолекулярных соединений. Строение и свойства полимеров. Термореактивные и термопластичные полимеры. Строение и свойства пластмасс. Основные разновидности промышленных полимеров и пластмасс. Газонаполненные пластмассы.

Особенности строения, свойства резиновых материалов. Резины общего назначения, специальные резины и области их применения.

Лакокрасочные материалы (ЛКМ). Основные виды ЛКМ. Краски, лаки, грунтовка, шпатлевка.

Керамические материалы. Конструкционная, инструментальная и техническая керамика. Неорганическое стекло. Классификация стекол по назначению и области применения. Ситаллы. Графит. Асбест. Свойства и области применения.

Смазочные масла, пластические смазки, твердые смазочные материалы. Смазочно-охлаждающие жидкости.

Древесные конструкционные материалы.

Антифрикционные металлические и неметаллические материалы.

Композиционные материалы (КМ). Общая характеристика композиционных материалов. Дисперсно-упроченные КМ, слоистые КМ, волокнистые КМ. Композиционные материалы на металлической и неметаллической основе. САП (спеченные алюминиевые порошки). Армированные полимерные материалы. Керамические композиционные материалы. Углеродные композиционные материалы.

Понятия о нанотехнологиях, наноматериалах.

### **Раздел 5. Экономически обоснованный выбор материалов.**

Выбор конструкционных материалов для конкретного технологического процесса. Выбор материалов для оборудования химических производств. Критерии и алгоритм выбора конструкционных материалов. Экологические и экономические аспекты материаловедения и защиты материалов от коррозии.

#### 4. Объем учебной дисциплины

Виды учебной работы	Объем дисциплины		
	ЗЕ	Акад.ч.	Астр.ч.
<b>Общая трудоемкость дисциплины по учебному плану</b>	<b>3</b>	<b>108</b>	<b>81</b>
<b>Контактная работа - аудиторные занятия:</b>	<b>1,3</b>	<b>48</b>	<b>36</b>
Лекции (Лек)	0,9	32	24
Практические занятия (ПЗ)	0,4	16	12
<b>Самостоятельная работа (СР):</b>	<b>1,7</b>	<b>60</b>	<b>45</b>
Контактная самостоятельная работа	1,1	0,2	0,15
Самостоятельное изучение разделов дисциплины		59,8	44,85
<b>Вид контроля:</b>	<b>Зачет</b>		

## 6. ТРЕБОВАНИЯ К УСЛОВИЯМ РЕАЛИЗАЦИИ ПРОГРАММЫ БАКАЛАВРИАТА

### 6.1 Общесистемные требования к реализации ООП бакалавриата

Университет располагает на праве собственности или ином законном основании материально-техническим обеспечением образовательной деятельности (помещениями и оборудованием) для реализации ООП бакалавриата.

Каждый обучающийся в течение всего периода обучения обеспечивается индивидуальным неограниченным доступом к электронной информационно-образовательной среде университета. Электронная информационно-образовательная среда обеспечивает возможность доступа обучающегося из любой точки, в которой имеется доступ к информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», как на территории университета, так и вне ее.

Электронная информационно-образовательная среда университета обеспечивает:

- доступ к учебным планам, рабочим программам дисциплин (модулей), практик, электронным учебным изданиям и электронным образовательным ресурсам, указанным в рабочих программах дисциплин (модулей), практик;
- формирование электронного портфолио обучающегося, в том числе сохранение его работ и оценок за эти работы;
- фиксацию хода образовательного процесса, результатов промежуточной аттестации и результатов освоения ООП бакалавриата;
- проведение учебных занятий, процедур оценки результатов обучения, реализация которых предусмотрена с применением электронного обучения, дистанционных образовательных технологий;
- взаимодействие между участниками образовательного процесса, в том числе синхронное и (или) асинхронное взаимодействия посредством сети «Интернет».

Функционирование электронной информационно-образовательной среды обеспечивается соответствующими средствами информационно-коммуникационных технологий и квалификацией работников, ее использующих и поддерживающих. Функционирование электронной информационно-образовательной среды соответствует законодательству Российской Федерации.

### 6.2 Требования к материально-техническому обеспечению

Материально-техническая база университета соответствует действующим противопожарным правилам и нормам и обеспечивает проведение всех видов дисциплинарной и междисциплинарной подготовки, практической и научно-исследовательской работы обучающихся, предусмотренных учебным планом.

Перечень материально-технического обеспечения включает: лекционные учебные аудитории (оборудованные видеопроекторным оборудованием для презентаций, средствами звуковоспроизведения, экраном, и имеющие выход в Интернет), помещения для проведения

семинарских и практических занятий (оборудованные учебной мебелью), библиотеку (имеющую рабочие компьютерные места для обучающихся по программе бакалавриата, оснащенные компьютерами с доступом к базам данных и выходом в Интернет), лаборатории, оснащенные современным оборудованием для выполнения научно-исследовательской работы, компьютерные классы. При использовании электронных изданий университет обеспечивает каждого обучающегося во время самостоятельной подготовки рабочим местом в компьютерном классе с выходом в Интернет в соответствии с трудоемкостью изучаемых дисциплин.

Помещения представляют собой учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных программой бакалавриата, оснащенные оборудованием и техническими средствами обучения, состав которых определяется в рабочих программах дисциплин (модулей).

Материально-техническое обеспечение ООП бакалавриата включает:

### **6.2.1 Оборудование, необходимое в образовательном процессе**

Кафедра кибернетики располагает 94 персональными компьютерами, из которых 54 компьютеров используются в образовательном процессе. При этом число компьютеров, объединенных в локальные сети и имеющих выход в интернет 94. Все персональные компьютеры современные с процессорами Pentium II и выше.

Кафедра кибернетики располагает компьютерными классами на 15 посадочных мест (ауд. 243а), 16 посадочных мест (ауд. 247), на 8 посадочных мест (ауд.112), 9 посадочных мест (ауд.111), 3 учебно-научными лабораториями: лабораторией современных средств автоматизации, лабораторией математического моделирования и лабораторией гетерогенного катализа (физико-химическая лаборатория). Все лаборатории оснащены необходимыми приборами и аппаратами.

Лаборатория современных средств автоматизации (ауд. 244) оснащена: 1) двухпозиционной системой управления калорифером на базе ТРМ-2, 2) двухпозиционной системой регулирования температуры жидкости в емкости с мешалкой на базе 2ТРМ1 3) трёхпозиционной системой регулирования температуры жидкости в ёмкости с мешалкой на базе ИРТ5920, 4) переносной трёхпозиционной системой регулирования температуры воздуха на базе ИРТ5920Н, 5) системой непосредственного цифрового управления калорифером с использованием БУСТ, 6) импульсной системой управления калорифером с использованием широтно-импульсной модуляции на базе ТРМ12-РiС, 7) микропроцессорной одноконтурной системой регулирования температуры на выходе из калорифера на базе ТРМ101, 8) микропроцессорной одноконтурной системой регулирования температуры жидкости в ёмкости на базе ТРМ101, 9) каскадной автоматической системой регулирования уровня на базе контроллера СуВго2, 10) микропроцессорной системой управления объектом периодического действия на базе программируемого логического контроллера ПЛК150, 11) микропроцессорной системой управления калорифером на базе программируемого логического контроллера ПЛК150, 12) микропроцессорной системой управления климатической камерой КК-350 ТХВ на базе программируемого логического контроллера ПЛК150. Каждая установка имеет автоматизированное рабочее место, основу которого составляет ПК с системным блоком, напрямую соединённым через СОМ-порт с базовыми микропроцессорными устройствами. Все 12 ПК объединены в единую лабораторную сеть, имеют необходимое программное обеспечение и доступ в Интернет.

Лаборатория математического моделирования (ауд. 243) оснащена установками теплообмена, ректификации, абсорбции, кристаллизации, фазового равновесия, сушки, химическим реактором, мембранной установкой, аэротенком. Для занятий используются 2 ПК с предустановленным программным обеспечением.

Лаборатория гетерогенного катализа (физико-химическая лаборатория, ауд. 207) оснащена каталитической установкой для проведения химических реакций, насадочной ректификационной установкой Луммарк, газоанализатором ГИАМ-310-02-2-2, газовым хроматографом 3700 с двумя капиллярными и четырьмя насадочными колонками, ПИД регулятором одноканальным ТРМ-101-СС.

Удельный вес стоимости оборудования (не старше 5 лет) в общей стоимости оборудования 20,3 %

В целом можно сделать следующее заключение: кафедра обладает хорошей материально-технической базой для проведения необходимых практических занятий аспирантов. Материально-

техническая база постоянно обновляется, причем IBM PC-совместимые компьютеры, используемые в учебном процессе, обновляются наиболее часто.

На кафедре КХТП имеется учебная аудитория, оборудованная электронными средствами демонстрации (компьютер со средствами звуковоспроизведения, проектор, экран) и учебной мебелью; учебные аудитории для проведения текущего контроля выполнения выпускной квалификационной работы, оборудованные электронными средствами демонстрации; компьютерные классы с предустановленным программным обеспечением для самостоятельного выполнения расчетно-практических частей ВКР; библиотека, имеющая рабочие компьютерные места, оснащенные компьютерами с доступом к базам данных и выходом в Интернет для организации самостоятельной работы и выполнения индивидуальных заданий.

### **6.2.2 Учебно-наглядные пособия:**

Большинство дисциплин, преподаваемых в бакалавриате, хорошо обеспечены учебно-наглядными материалами, в том числе доступными через сеть Интернет.

По ряду дисциплин реализованы образовательные и учебно-методические ресурсы на образовательном портале РХТУ Moodle.muctr.ru, широко используемые в учебном процессе.

Доступны также учебные материалы, размещенные на сайте междисциплинарной автоматизированной системы обучения <http://cis.muctr.ru/alk/>. Организован доступ к свободно распространяемым образовательным порталам и сайтам для использования информационно-справочных ресурсов.

### **6.2.3 Компьютеры, информационно-телекоммуникационные сети, аппаратно-программные и аудиовизуальные средства:**

На кафедре КХТП, реализующей основную профессиональную образовательную программу по направлению 18.03.02 Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии, профиль «Основные процессы химических производств и химическая кибернетика», имеются в достаточном количестве персональные компьютеры, укомплектованные проигрывателями CD и DVD, USB-портами, принтерами, многофункциональными устройствами и программными средствами; мультимедийное проекционное оборудование; веб-камеры; цифровой фотоаппарат; копировальные аппараты; локальная сеть с выходом в Интернет; беспроводная точка доступа в локальную сеть и сеть Интернет.

При необходимости использования аудиовизуального материала при проведении обсуждения материалов выполнения научно-исследовательской работы магистрантов, выпускной квалификационной работы в виде презентации и защите отчетов по всем видам практик на кафедре имеются проекторы, настенные и переносные экраны, а также звуковые колонки.

Все компьютеры объединены в единую локальную сеть и имеют доступ к глобальной сети Интернет.

### **6.2.4 Печатные и электронные образовательные и информационные ресурсы:**

Для реализации ООП бакалавриата по направлению подготовки 18.03.02 профилю «Основные процессы химических производств и химическая кибернетика» на кафедре КХТП используются информационно-методические материалы: учебные пособия по дисциплинам; методические рекомендации к практическим занятиям; электронные учебные пособия по дисциплинам; кафедральные библиотеки электронных изданий по дисциплинам вариативной части; электронные презентации к разделам лекционных курсов; учебно-методические разработки кафедр в электронном виде; видеоуроки к разделам дисциплин.

Широко используются электронные образовательные ресурсы: междисциплинарная автоматизированная система обучения на основе сетевых технологий для подготовки химиков-технологов; инновационный учебно-методический комплекс по проблемам химической безопасности и биологической безопасности; специализированное программное обеспечение; базы данных

специализированного назначения, используемые при проведении научных исследований бакалаврами и при изучении соответствующих разделов отдельных дисциплин.

Информационно-образовательные, информационно-методические, учебно-исследовательские ресурсы; банки тестовых заданий для самоконтроля, промежуточного и рубежного контроля знаний по дисциплинам вариативной части программы представлены на образовательном сайте междисциплинарной АСО <http://cis.muctr.ru/alk/>, разработанном на кафедре.

Обеспеченность современными учебными пособиями, выпущенными преподавателями кафедры КХТП для магистрантов, высокая. Ко всем научным изданиям и учебным пособиям, выпущенным через РИО РХТУ им. Д.И. Менделеева имеется доступ через фонды информационно-библиотечного фонда. Кроме того, большинство дисциплин, преподаваемых на кафедре, имеют развернутую информационно-образовательную и информационно-методическую поддержку, к ресурсам в сети Интернет.

Информационно-образовательные, информационно-методические, учебно-исследовательские ресурсы представлены на сайте кафедры <http://khttp.muctr.ru>

Обучающимся обеспечен доступ (удаленный доступ), в том числе в случае применения электронного обучения, дистанционных образовательных технологий, к современным профессиональным базам данных и информационным справочным системам, состав которых определяется в рабочих программах дисциплин (модулей) и подлежит ежегодному обновлению.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечены доступом в электронную информационно-образовательную среду университета.

Университет обеспечен необходимым комплектом лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения, **в том числе отечественного производства** (состав определяется в рабочих программах дисциплин (модулей) **и подлежит обновлению при необходимости**).

При использовании в образовательном процессе печатных изданий, в университете сформирован библиотечный фонд, укомплектованный печатными изданиями из расчета не менее 0,25 экземпляра каждого из изданий, указанных в рабочих программах дисциплин (модулей), программах практик, на одного обучающегося из числа лиц, одновременно осваивающих соответствующую дисциплину (модуль), проходящих соответствующую практику.

Обучающимся обеспечен доступ (удаленный доступ), **в том числе в случае применения электронного обучения, дистанционных образовательных технологий**, к современным профессиональным базам данных и информационным справочным системам, состав которых определяется в рабочих программах дисциплин (модулей) и подлежит обновлению (при необходимости).

Обучающиеся из числа инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья обеспечиваются печатными и (или) электронными образовательными ресурсами в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья.

Для реализации основной образовательной программы подготовки бакалавров используются фонды учебной, учебно-методической, научной, периодической научно-технической литературы Информационно-библиотечного центра (ИБЦ) РХТУ им. Д.И. Менделеева и кафедр, участвующих в реализации программы.

Информационно-библиотечный центр РХТУ им. Д.И. Менделеева обеспечивает информационную поддержку реализации программы, содействует подготовке высококвалифицированных специалистов, совершенствованию учебного процесса, научно-исследовательской работы, способствует развитию профессиональной культуры будущего специалиста.

ИБЦ университета обеспечивает обучающихся основной учебной, учебно-методической и научной литературой, необходимой для реализации и качественного освоения обучающимися по программе бакалавриата образовательного процесса по всем дисциплинам, практикам и ГИА основной образовательной программы подготовки бакалавров.

Общий объем многоотраслевого фонда ИБЦ на 01.01.2022 составляет 1 719 785 экз.



Фонд учебной и учебно-методической литературы укомплектован печатными изданиями из расчета не менее 0.25 экземпляров каждого из изданий основной литературы, перечисленной в рабочих программах дисциплин (модулей), практик, и не менее 0.25 экземпляров дополнительной литературы на 0.25 обучающихся.

Фонд дополнительной литературы включает помимо учебной литературы официальные, справочно-библиографические, специализированные отечественные и зарубежные периодические и информационные издания.

Информационно-библиотечный центр обеспечивает самостоятельную работу обучающихся в читальных залах, предоставляя широкий выбор литературы по актуальным направлениям, а также обеспечивает доступ к профессиональным базам данных, информационным, справочным и поисковым системам.

Каждый обучающийся обеспечен свободным доступом из любой точки, в которой имеется доступ к сети Интернет, к электронно-библиотечной системе (ЭБС) Университета, которая содержит различные издания по основным изучаемым дисциплинам и сформирована по согласованию с правообладателями учебной и учебно-методической литературы.

Для более полного и оперативного справочно-библиографического и информационного обслуживания в ИБЦ реализована технология электронной доставки документов.

№	Электронный ресурс	Реквизиты договора (номер, дата заключения, срок действия), ссылка на сайт ЭБС, сумма договора, количество ключей	Характеристика библиотечного фонда, доступ к которому предоставляется договором
1	Электронно-библиотечная система (ЭБС) «ЛАНЬ»	<p>Принадлежность – сторонняя</p> <p>Реквизиты договора – ООО «Издательство «Лань»</p> <p>Договор от 26.09.2020 № 33.03-Р-3.1-2173/2020</p> <p>Сумма договора – 747 661-28</p> <p>С 26.09.2020 по 25.09.2021</p> <p>Договор от 26.09.2021 №33.03-Р-3.1-3824/2021</p> <p>С 26.09.2021 по 25.09.2022</p> <p>Ссылка на сайт ЭБС – <a href="http://e.lanbook.com">http://e.lanbook.com</a></p> <p>Количество ключей – доступ для зарегистрированных пользователей РХТУ с любого компьютера.</p> <p>Удаленный доступ после персональной регистрации на сайте ЭБС.</p>	<p>Коллекции: «Химия» - изд-ва НОТ, «Химия» - изд-ва Лаборатория знаний, «Химия» - изд-ва «ЛАНЬ», «Химия»-КНИТУ (Казанский национальный исследовательский технологический университет), «Химия» - изд-ва ФИЗМАТЛИТ», «Информатика» - изд-ва «ЛАНЬ», «Информатика»-Национальный Открытый Университет «ИНТУИТ», «Инженерно-технические науки» - изд-ва «ЛАНЬ», «Теоретическая механика» - изд-ва «ЛАНЬ», Экономика и менеджмент» - изд-ва Дашков и К., а также отдельные издания в соответствии с Договором.</p>

		<p>Принадлежность – сторонняя Реквизиты договора – ООО «Издательство «Лань» Договор от 26.09.2021 № 33.03-Р-3.1-3824/2021</p> <p>Сумма договора – 498445-10</p> <p>С 26.09.2021 по 25.09.2022</p> <p>Ссылка на сайт ЭБС – <a href="http://e.lanbook.com">http://e.lanbook.com</a></p> <p>Количество ключей – доступ для зарегистрированных пользователей РХТУ с любого компьютера. Удаленный доступ после персональной регистрации на сайте ЭБС.</p>	<p>Коллекции: «Химия» - изд-ва НОТ, «Химия» - изд-ва Лаборатория знаний, «Химия» - КНИТУ (Казанский национальный исследовательский технологический университет), «Химия» - изд-ва ФИЗМАТЛИТ», «Информатика» - Национальный Открытый Университет «ИНТУИТ», Экономика и менеджмент» - изд-ва Дашков и К., а также отдельные издания из коллекций других издательств в соответствии с Договором.</p>
		<p>Принадлежность – сторонняя Реквизиты договора – ООО «Издательство «Лань» Договор от 26.09.2021 № 33.03-Р-3.1-3825/2021</p> <p>Сумма договора – 283744-98</p> <p>С 26.09.2021 по 25.09.2022</p> <p>Ссылка на сайт ЭБС – <a href="http://e.lanbook.com">http://e.lanbook.com</a></p> <p>Количество ключей – доступ для зарегистрированных пользователей РХТУ с любого компьютера. Удаленный доступ после персональной регистрации на сайте ЭБС.</p>	<p>«Химия» - изд-ва «ЛАНЬ», «Информатика» - изд-ва «ЛАНЬ», «Инженерно-технические науки» - изд-ва «ЛАНЬ», «Теоретическая механика» - изд-ва «ЛАНЬ», «Физика» - изд-ва «ЛАНЬ», а также отдельные издания из других коллекций издательства «ЛАНЬ» в соответствии с Договором.</p>
2	<p>Электронно - библиотечная система ИБЦ РХТУ им. Д.И. Менделеева (на базе АИБС «Ирбис»)</p>	<p>Принадлежность – собственная РХТУ.</p> <p>Ссылка на сайт ЭБС – <a href="http://lib.muotr.ru/">http://lib.muotr.ru/</a></p> <p>Доступ для пользователей РХТУ с любого компьютера</p>	<p>Электронные версии учебных и научных изданий авторов РХТУ по всем ООП.</p>
3	<p>Информационно-справочная система «ТЕХЭКСПЕРТ» «Нормы, правила,</p>	<p>Принадлежность сторонняя. Реквизиты контракта – ООО «ИНФОРМПРОЕКТ-Центр» Контракт от 24.12.2021 216-277ЭА/2021</p>	<p>Электронная библиотека нормативно-технических изданий. Содержит более 40000 национальных стандартов и др. НТД</p>

	стандарты России».	Сумма договора – 887 604-00 С 01.01.2022 по 31.12.2022 Ссылка на сайт ЭБС – <a href="http://reforma.kodeks.ru/reforma/">http://reforma.kodeks.ru/reforma/</a> Количество ключей – 10 лицензий + локальный доступ с компьютеров ИБЦ.	
4	Электронная библиотека диссертаций (ЭБД РГБ)	Принадлежность – сторонняя Реквизиты договора – ФГБУ РГБ Договор от 23.04.2021 № 33.03-Р-2.0-23269/2021 Сумма договора – 398 840-00 С 23.04.2021 по 22.04.2022 Ссылка на сайт ЭБС – <a href="http://diss.rsl.ru">http://diss.rsl.ru</a> Количество ключей – 10 лицензий + распечатка в ИБЦ.	В ЭБД доступны электронные версии диссертаций Российской Государственной библиотеки: с 1998 года – по специальностям: «Экономические науки», «Юридические науки», «Педагогические науки» и «Психологические науки»; с 2004 года - по всем специальностям, кроме медицины и фармации; с 2007 года - по всем специальностям, включая работы по медицине и фармации.
5	БД ВИНТИ РАН	Принадлежность – сторонняя Реквизиты договора- ВИНТИ РАН Договор от 20.04.2022 № 33.03-Р-3.1-4426/2022 Сумма договора - 100 000-00 С 20.04.2022 по 19.04.2023 Ссылка на сайт – <a href="http://www.viniti.ru/">http://www.viniti.ru/</a> Количество ключей – локальный доступ для пользователей РХТУ в ИБЦ РХТУ.	Крупнейшая в России баз данных по естественным, точным и техническим наукам. Включает материалы РЖ (Реферативного журнала) ВИНТИ с 1981 г. Общий объем БД – более 28 млн. документов
6	Научно-электронная библиотека «eLibrary.ru»	Принадлежность – сторонняя Реквизиты договора – ООО Научная электронная библиотека, Договор от 24.12.2021 № SU-364/2021/33.03-Р-3.1-4085/2021 Сумма договора – 1 309 275-00 С 01.01.2022 по 31.12.2022	Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU – это крупнейший российский информационно-аналитический портал в области науки, технологии, медицины и образования, содержащий рефераты и полные тексты более 29 млн научных статей и публикаций, в том числе электронные версии более 5600 российских научно-технических журналов.

		<p>Ссылка на сайт – <a href="http://elibrary.ru">http://elibrary.ru</a></p> <p>Количество ключей – доступ для пользователей РХТУ по IP-адресам неограничен. Удаленный доступ после персональной регистрации на сайте НЭБ.</p>	
7	Справочно-правовая система «Гарант»	<p>Принадлежность – сторонняя Контракт от 27.12.2021 № 215-274ЭА/2021</p> <p>Сумма контракта 680 580-00</p> <p>С 01.01.2022 по 31.12.2022</p> <p>Ссылка на сайт – <a href="http://www.garant.ru/">http://www.garant.ru/</a></p> <p>Количество ключей – доступ для пользователей РХТУ по IP-адресам неограничен</p>	Гарант – справочно-правовая система по законодательству Российской Федерации.
8	Электронно-библиотечная система издательства «ЮРАЙТ»	<p>Принадлежность – сторонняя «Электронное издательство ЮРАЙТ» Договор от 16.03.2022 № 33.03-Л-3.1-4377/2022</p> <p>Сумма договора – 478 304.00</p> <p>С 16.03.2022 по 15.03.2023</p> <p>Ссылка на сайт – <a href="https://bibli-online.ru/">https://bibli-online.ru/</a></p> <p>Количество ключей – доступ для зарегистрированных пользователей РХТУ с любого компьютера. Удаленный доступ после персональной регистрации на сайте ЭБС.</p>	Электронная библиотека включает более 5000 наименований учебников и учебных пособий по всем отраслям знаний для всех уровней профессионального образования от ведущих научных школ с соблюдением требований новых ФГОСов.
9	Электронно-библиотечная система «Консультант студента»	<p>Принадлежность – сторонняя ООО «Политехресурс» Договор от 16.03.2022 № 33.03-Р-3.1-4375/2022</p> <p>Сумма договора – 258 488 - 00</p> <p>С 16.03.2022 по 15.03.2023</p> <p>Ссылка на сайт –</p>	Комплект изданий, входящих в базу данных «Электронная библиотека технического ВУЗа».

		<a href="http://www.studentlibrary.ru">http://www.studentlibrary.ru</a>  Количество ключей – доступ для зарегистрированных пользователей РХТУ с любого компьютера. Удаленный доступ после персональной регистрации на сайте ЭБС.	
10	Электронно-библиотечная система «ZNANIUM.COM»	Принадлежность – сторонняя ООО «ЗНАНИУМ», Договор от 06.04.2022 № 48 эбс/33.03-Р-3.1-4378/2022  Сумма договора – 31 500-00  С 06.04.2022 по 05.04.2023  Ссылка на сайт – <a href="https://znanium.com/">https://znanium.com/</a>  Количество ключей - доступ для зарегистрированных пользователей РХТУ с любого компьютера.	Коллекция изданий учебников и учебных пособий по различным отраслям знаний для всех уровней профессионального образования.
11	Информационно-аналитическая система Science Index	Принадлежность – сторонняя ООО «Научная электронная библиотека»  Договор от 11.04.2022 № 33.03-Л-3.1-4376/2022  Сумма договора – 108 000-00  С 11.04.2022 по 10.04.2023  Ссылка на сайт – <a href="http://elibrary.ru">http://elibrary.ru</a>  Количество ключей – локальный доступ для сотрудников ИБЦ.	Систематизация, корректировка профилей ученых РХТУ и университета в целом. Анализ публикационной активности сотрудников университета.

Бесплатные архивные коллекции, приобретенные Минобрнауки для вузов.

[Архив Издательства American Association for the Advancement of Science. Пакет «Science Classic» 1880-1996](#)

[Архив Издательства Annual Reviews. Пакет «Full Collection» 1932-2005](#)

[Архив издательства Института физики \(Великобритания\). Пакет «Historical Archive 1874-1999» с первого выпуска каждого журнала по 1999, 1874-1999](#)

[Архив издательства Nature Publishing Group. Пакет «Nature» с первого выпуска первого номера по 2010, 1869-2010](#)

[Архив издательства Oxford University Press. Пакет «Archive Complete» с первого выпуска каждого журнала по 1995, 1849-1995](#)

[Архив издательства Sage. Пакет «2010 SAGE Deep Backfile Package» с первого выпуска каждого журнала по 1998, 1890-1998](#)

[Архив издательства Taylor & Francis. Full Online Journal Archives. с первого выпуска каждого журнала по 1996, 1798-1997](#)

[Архив издательства Cambridge University Press. Пакет «Cambridge Journals Digital Archive \(CJDA\)» с первого выпуска каждого журнала по 2011, 1827-2011](#)

[Архив журналов Королевского химического общества\(RSC\). 1841-2007](#)

[Архив коллекции журналов Американского геофизического союза \(AGU\), предоставляемый издательством Wiley Subscription Services, Inc. 1896-1996](#)

Бесплатные официальные открытые ресурсы Интернет:

1. Directory of Open Access Journals (DOAJ) <http://doaj.org/>

Ресурс объединяет более 10000 научных журналов по различным отраслям знаний (около 2 миллионов статей) из 134 стран мира.

2. Directory of Open Access Books (DOAB) <https://www.doabooks.org/>

В базе размещено более 3000 книг по различным отраслям знаний, предоставленных 122 научными издательствами.

3. BioMed Central <https://www.biomedcentral.com/>

База данных включает более 300 рецензируемых журналов по биомедицине, медицине и естественным наукам. Все статьи, размещенные в базе, находятся в свободном доступе.

4. Электронный ресурс arXiv <https://arxiv.org/>

Крупнейшим бесплатный архив электронных научных публикаций по разделам физики, математики, информатики, механики, астрономии и биологии. Имеется подробный тематический каталог и возможность поиска статей по множеству критериев.

5. Коллекция журналов MDPI AG <http://www.mdpi.com/>

Многодисциплинарный цифровой издательский ресурс, является платформой для рецензируемых научных журналов открытого доступа, издающихся MDPI AG (Базель, Швейцария). Издательство выпускает более 120 разнообразных электронных журналов, находящихся в открытом доступе.

6. Издательство с открытым доступом InTech <http://www.intechopen.com/>

Первое и крупнейшее в мире издательство, публикующее книги в открытом доступе, около 2500 научных изданий. Основная тематическая направленность - физические и технические науки, технологии, медицинские науки, науки о жизни.

7. База данных химических соединений ChemSpider <http://www.chemspider.com/>

ChemSpider – это бесплатная химическая база данных, предоставляющая быстрый доступ к более чем 28 миллионам структур, свойств и соответственной информации. Ресурс принадлежит Королевскому химическому обществу Великобритании (Royal Society of Chemistry).

8. Коллекция журналов PLOS ONE <http://journals.plos.org/plosone/>

PLOS ONE – коллекция журналов, в которых публикуются отчеты о новых исследованиях в области естественных наук и медицины. Все журналы размещены в свободном доступе (Open Access), все статьи проходят строгое научное рецензирование.

9. US Patent and Trademark Office (USPTO) <http://www.uspto.gov/>

Ведомство по патентам и товарным знакам США — USPTO — предоставляет свободный доступ к американским патентам, опубликованным с 1976 г. По настоящее время.

10. Espacenet - European Patent Office (EPO) <http://worldwide.espacenet.com/>

Патенты (либо патентные заявки) более 50 национальных и нескольких международных патентных бюро, в том числе полные тексты патентов США, России, Франции, Японии и др.

11. Федеральный институт промышленной собственности (ФИПС)

[http://www1.fips.ru/wps/wcm/connect/content\\_ru/ru](http://www1.fips.ru/wps/wcm/connect/content_ru/ru)

Информационные ресурсы ФИПС свободного доступа:

- Электронные бюллетени. Изобретения. Полезные модели.
- Открытые реестры российских изобретений и заявок на изобретения.
- Рефераты российских патентных документов за 1994–2016 гг.
- Полные тексты российских патентных документов из последнего официального бюллетеня.

### **6.3 Требования к кадровым условиям реализации ООП бакалавриата**

Реализация ООП бакалавриата обеспечивается педагогическими работниками университета, а также лицами, привлекаемыми к реализации ООП бакалавриата на иных условиях.

Квалификация педагогических работников университета соответствует квалификационным требованиям, указанным в квалификационных справочниках и (или) профессиональных стандартах.

**Не менее 60 процентов** численности педагогических работников университета, участвующих в реализации ООП бакалавриата, и лиц, привлекаемых университетом к реализации ООП бакалавриата на иных условиях (исходя из количества замещаемых ставок, приведенного к целочисленным значениям), ведут научную, учебно-методическую и (или) практическую работу, соответствующую профилю преподаваемой дисциплины (модуля).

**Не менее 5 процентов** численности педагогических работников университета, участвующих в реализации ООП бакалавриата, и лиц, привлекаемых университетом к реализации ООП бакалавриата на иных условиях (исходя из количества замещаемых ставок, приведенного к целочисленным значениям), являются руководителями и (или) работниками иных организаций, осуществляющими трудовую деятельность в профессиональной сфере, соответствующей профессиональной деятельности, к которой готовятся выпускники (имеют стаж работы в данной профессиональной сфере не менее 3 лет).

**Не менее 60 процентов** численности педагогических работников университета и лиц, привлекаемых к образовательной деятельности университета на иных условиях (исходя из количества замещаемых ставок, приведенного к целочисленным значениям), имеют ученую степень (в том числе ученую степень, полученную в иностранном государстве и признаваемую в Российской Федерации) и (или) ученое звание (в том числе ученое звание, полученное в иностранном государстве и признаваемое в Российской Федерации).

### **6.4 Требования к финансовым условиям реализации ООП бакалавриата**

Финансовое обеспечение реализации ООП бакалавриата осуществляется в объеме не ниже значений базовых нормативных затрат на оказание государственных услуг по реализации образовательных программ высшего образования – программ бакалавриата и значений корректирующих коэффициентов к базовым нормативам затрат, определяемых Министерством науки и высшего образования Российской Федерации.

### **6.5 Требования к применяемым механизмам оценки качества образовательной деятельности и подготовки обучающихся по ООП бакалавриата**

Качество образовательной деятельности и подготовки обучающихся ООП бакалавриата определяется в рамках системы внутренней оценки, а также системы внешней оценки, в которой университет принимает участие на добровольной основе.

В целях совершенствования ООП бакалавриата при проведении регулярной внутренней оценки качества образовательной деятельности и подготовки обучающихся по ООП бакалавриата привлекает работодателей и (или) их объединения, иных юридических и (или) физических лиц, включая педагогических работников университета.

В рамках внутренней системы оценки качества образовательной деятельности по ООП бакалавриата обучающимся предоставляется возможность оценивания условий, содержания, организации и качества образовательного процесса в целом и отдельных дисциплин (модулей) и

практик.

Внешняя оценка качества образовательной деятельности по программе бакалавриата в рамках процедуры государственной аккредитации осуществляется с целью подтверждения соответствия образовательной деятельности по программе бакалавриата требованиям ФГОС ВО.

Внешняя оценка качества образовательной деятельности и подготовки обучающихся по ООП бакалавриата может осуществляться в рамках профессионально-общественной аккредитации, проводимой работодателями, их объединениями, а также уполномоченными ими организациями, в том числе иностранными организациями, либо авторизованными национальными профессионально-общественными организациями, входящими в международные структуры, с целью признания качества и уровня подготовки выпускников отвечающими требованиям профессиональных стандартов (при наличии) и (или) требованиям рынка труда к специалистам соответствующего профиля.

## **7 НОРМАТИВНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ СИСТЕМЫ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ОСВОЕНИЯ ОБУЧАЮЩИМИСЯ ПРОГРАММЫ БАКАЛАВРИАТА**

В соответствии с ФГОС ВО 3++ по направлению подготовки **18.03.02 Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии** оценка качества освоения обучающимися ООП бакалавриата включает текущий контроль успеваемости, промежуточную аттестацию и ГИА обучающихся.

Нормативно-методическое обеспечение текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации и ГИА обучающихся по ООП бакалавриата осуществляется в соответствии с ФГОС ВО 3++ и локальными нормативными актами университета.

*Текущий контроль, промежуточная аттестация и аттестационные испытания итоговой (государственной итоговой) аттестации выпускников ООП бакалавриата*

Текущий контроль и промежуточная аттестация по всем видам учебной деятельности обучающихся осуществляется в соответствии с требованиями Положения о рейтинговой системе оценки качества учебной работы студентов в РХТУ им. Д.И. Менделеева, принятого решением Ученого совета РХТУ им. Д.И. Менделеева от 26.02.2020, протокол № 8, введенного в действие приказом ректора РХТУ им. Д.И. Менделеева от 20.03.2020 № 27 ОД.

Текущий контроль успеваемости обучающихся обеспечивает оценку уровня освоения дисциплин, прохождения практик, выполнения ВКР и проводится преподавателем на любом из видов учебных занятий. **Обязательной составляющей текущего контроля успеваемости является учет преподавателями посещаемости учебных занятий обучающимися.** По результатам текущего контроля успеваемости три раза в семестр для всех курсов по всем дисциплинам проводится аттестация обучающихся.

Промежуточная аттестация проводится в форме экзаменов, зачетов с оценкой и зачетов для всех курсов по дисциплинам и практикам, предусмотренным учебным планом. Результаты сдачи зачетов оцениваются на «зачтено», «не зачтено»; зачетов с оценкой и экзаменов – на «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

При освоении настоящей ООП бакалавриата изучение части дисциплин может быть заменено на онлайн-курсы, при условии, что в результате освоения онлайн-курса формируются те же компетенции (части компетенций), что и в рамках указанных дисциплин. Онлайн-курс должен быть выбран и реализован в соответствии с Положением о зачете результатов освоения открытых онлайн-курсов, реализуемых образовательными организациями, в РХТУ им. Д.И. Менделеева, принятого решением Ученого совета РХТУ им. Д.И. Менделеева от 27.03.2020, протокол № 9, введенного в действие приказом ректора РХТУ им. Д.И. Менделеева от 27.03.2020 № 29 ОД.

ГИА осуществляется в соответствии с требованиями Положения о порядке проведения государственной итоговой аттестации по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры в РХТУ им. Д.И. Менделеева, принятого решением Ученого совета РХТУ им. Д.И. Менделеева от 30.10.2019, протокол № 3, введенного в действие приказом ректора РХТУ им. Д.И. Менделеева от 14.11.2019 № 646А; Положения о выпускной квалификационной работе для обучающихся по образовательным



программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры в РХТУ им. Д.И. Менделеева, принятого решением Ученого совета РХТУ им. Д.И. Менделеева от 30.10.2019, протокол № 3, введенного в действие приказом ректора РХТУ им. Д.И. Менделеева от 14.11.2019 № 646А.

К ГИА допускаются обучающиеся, не имеющие академической задолженности и в полном объеме выполнившие учебный план по ООП бакалавриата в соответствии с ФГОС ВО 3++ по направлению подготовки **18.03.02 Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии**. Для проведения ГИА в университете ежегодно формируются государственные экзаменационные комиссии (ГЭК) и апелляционные комиссии. Темы ВКР отражают актуальные проблемы, связанные с направлением подготовки **18.03.02 Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии**. Университет утверждает перечень тем выпускных квалификационных работ, предлагаемых обучающимся (далее – перечень тем), и доводит его до сведения обучающихся не позднее чем за 6 месяцев до даты начала государственной итоговой аттестации.

Тема ВКР персонально для каждого обучающегося утверждается приказом проректора по университету перед началом выполнения выпускной квалификационной работы. Данным приказом утверждается также руководитель ВКР. Перед началом выполнения ВКР обучающийся совместно с руководителем составляет индивидуальный план подготовки и выполнения ВКР, предусматривающий очередность и сроки выполнения отдельных частей работы. Текст пояснительной записки ВКР проверяется на наличие неправомерных заимствований. Проверка осуществляется в соответствии с Положением о порядке проверки выпускных квалификационных работ и научных докладов об основных результатах подготовленных научно-квалификационных работ (диссертаций) на объем заимствования и их размещения в электронно-библиотечной системе РХТУ им. Д.И. Менделеева, принятым решением Ученого совета РХТУ им. Д.И. Менделеева от 30.10.2019, протокол № 3, введенным в действие приказом ректора РХТУ им. Д.И. Менделеева от 14.11.2019 № 646А.

Защита ВКР проводится на открытых заседаниях ГЭК с участием не менее двух третей ее состава. График защиты ВКР составляется по согласованию с обучающимися и доводится до сведения обучающихся не позднее, чем за 30 дней до начала работы ГЭК. Результаты работы ГЭК определяются оценками «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно» и объявляются в тот же день после оформления в установленном порядке протоколов заседаний комиссий. По окончании работы председатель ГЭК составляет отчет о проделанной работе.

Для обучающихся из числа инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья ГИА проводится с учетом особенностей их психофизического развития, индивидуальных возможностей и состояния здоровья.

## **8 РАБОЧИЕ ПРОГРАММЫ ДИСЦИПЛИН, ПРАКТИК И ГИА**

Рабочие программы дисциплин, практик и ГИА (перечисление дисциплин, практик и ГИА из учебного плана):

1. Иностранный язык
2. История (История России, всеобщая история)
3. Правоведение
4. Философия
5. Основы экономики и управления предприятием
6. Социально-психологические основы развития личности
7. Общая и неорганическая химия
8. Органическая химия
9. Аналитическая химия
10. Физическая химия
11. Коллоидная химия
12. Математика
13. Физика

14. Экология
15. Безопасность жизнедеятельности
16. Инженерная и компьютерная графика
17. Прикладная механика
18. Процессы и аппараты химической технологии
19. Общая химическая технология
20. Системы управления химико-технологическими процессами
21. Моделирование энерго- и ресурсосберегающих процессов
22. Физическая культура и спорт
23. Элективные дисциплины по физической культуре и спорту
24. Введение в информационные технологии
- 24.01. Основы информационных технологий
- 24.02. Профильное программное обеспечение для решения задач профессиональной деятельности
25. Лабораторный практикум по органической химии
26. Вычислительная математика
27. Решение краевых задач и операционное исчисление
28. Макрокинетика химических процессов
29. Методы кибернетики химико-технологических процессов
30. Проектирование процессов и аппаратов химической технологии
31. Моделирование типовых процессов химической технологии
32. Математическое моделирование энерго- и ресурсоэффективных технологических систем
33. Современные технологии автоматизации химико-технологических процессов
34. Вычислительный эксперимент в задачах химической технологии
35. Языки и среды программирования
36. Информационные системы хранения и обработки данных
37. Универсальные программные средства решения математических задач
38. Численные методы решения уравнений математических моделей химико-технологических процессов
39. Программирование и численные методы в задачах химической технологии
40. Теория информации для процессов химической технологии
41. Основы информационных и интернет-технологий
42. Основы кибернетики и системного анализа химико-технологических процессов
43. Теоретические основы энерго- и ресурсосберегающих процессов
44. Мембраны. Моделирование и применение
45. Математическое моделирование и методы синтеза гибких химических производств
46. Гетерогенный катализ и каталитические процессы
47. Методы синтеза многоассортиментных экологически чистых химических производств
48. Автоматизированные системы управления химико-технологическими процессами и системами
49. Интегрированные системы управления химическими производствами
50. Учебная практика: ознакомительная практика
51. Производственная практика: технологическая (проектно-технологическая) практика
52. Производственная практика: научно-исследовательская работа
53. Производственная практика: преддипломная практика
54. Государственная итоговая аттестация: выполнение, подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы
- Факультативы
55. Гражданская защита в чрезвычайных ситуациях
56. Процессы и аппараты для получения аэрогелей
57. Материаловедение для энерго- и ресурсосберегающих процессов химической технологии,

входящих в ООП по направлению подготовки **18.03.02 Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии**, профиль «**Основные процессы химических производств и химическая кибернетика**» выполнены в виде отдельных документов, являющихся неотъемлемой частью данной ООП.

## 9 ФОНДЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ И ГИА ОБУЧАЮЩИХСЯ ООП БАКАЛАВРИАТА

В соответствии с ФГОС ВО 3++ по направлению подготовки **18.03.02 Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии** для аттестации обучающихся на соответствие их персональных достижений поэтапным требованиям ООП бакалавриата разработаны ФОС по каждой дисциплине, практике, ГИА, включающие типовые задания, контрольные работы, тесты, ситуационные задания, кейс-задачи, вопросы к зачетам и экзаменам, средства и методы оценки, позволяющие оценить знания, умения, навыки и уровень приобретенных компетенций.

ФОС по дисциплинам, практикам, ГИА разрабатываются в соответствии с Порядком разработки и утверждения образовательных программ, утвержденным решением Ученого совета РХТУ им. Д.И. Менделеева от 25.06.2020, протокол № 12, введенным в действие приказом ректора РХТУ им. Д.И. Менделеева от 29.06.2020 № 48-ОД.

ФОС по дисциплинам, практикам и ГИА (перечень дисциплин, практик и ГИА из учебного плана):

1. Иностранный язык
2. История (История России, всеобщая история)
3. Правоведение
4. Философия
5. Основы экономики и управления предприятием
6. Социально-психологические основы развития личности
7. Общая и неорганическая химия
8. Органическая химия
9. Аналитическая химия
10. Физическая химия
11. Коллоидная химия
12. Математика
13. Физика
14. Экология
15. Безопасность жизнедеятельности
16. Инженерная и компьютерная графика
17. Прикладная механика
18. Процессы и аппараты химической технологии
19. Общая химическая технология
20. Системы управления химико-технологическими процессами
21. Моделирование энерго- и ресурсосберегающих процессов
22. Физическая культура и спорт
23. Элективные дисциплины по физической культуре и спорту
24. Введение в информационные технологии
- 24.01. Основы информационных технологий
- 24.02. Профильное программное обеспечение для решения задач профессиональной деятельности
25. Лабораторный практикум по органической химии
26. Вычислительная математика
27. Решение краевых задач и операционное исчисление
28. Макрокинетика химических процессов
29. Методы кибернетики химико-технологических процессов
30. Проектирование процессов и аппаратов химической технологии
31. Моделирование типовых процессов химической технологии
32. Математическое моделирование энерго- и ресурсоэффективных технологических систем
33. Современные технологии автоматизации химико-технологических процессов

34. Вычислительный эксперимент в задачах химической технологии
  35. Языки и среды программирования
  36. Информационные системы хранения и обработки данных
  37. Универсальные программные средства решения математических задач
  38. Численные методы решения уравнений математических моделей химико-технологических процессов
  39. Программирование и численные методы в задачах химической технологии
  40. Теория информации для процессов химической технологии
  41. Основы информационных и интернет-технологий
  42. Основы кибернетики и системного анализа химико-технологических процессов
  43. Теоретические основы энерго- и ресурсосберегающих процессов
  44. Мембраны. Моделирование и применение
  45. Математическое моделирование и методы синтеза гибких химических производств
  46. Гетерогенный катализ и каталитические процессы
  47. Методы синтеза многоассортиментных экологически чистых химических производств
  48. Автоматизированные системы управления химико-технологическими процессами и системами
  49. Интегрированные системы управления химическими производствами
  50. Учебная практика: ознакомительная практика
  51. Производственная практика: технологическая (проектно-технологическая) практика
  52. Производственная практика: научно-исследовательская работа
  53. Производственная практика: преддипломная практика
  54. Государственная итоговая аттестация: выполнение, подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы
- Факультативы
55. Гражданская защита в чрезвычайных ситуациях
  56. Процессы и аппараты для получения аэрогелей
  57. Материаловедение для энерго- и ресурсосберегающих процессов химической технологии,

входящих в ООП по направлению подготовки **18.03.02 Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии**, профиль «**Основные процессы химических производств и химическая кибернетика**», выполнены в виде отдельных документов, являющихся неотъемлемой частью данной ООП.

## **10 МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНАМ, ПРАКТИКАМ И ГИА**

Методические материалы по дисциплинам, практикам и ГИА (перечень дисциплин, практик и ГИА из учебного плана):

1. Иностранный язык
2. История (История России, всеобщая история)
3. Правоведение
4. Философия
5. Основы экономики и управления предприятием
6. Социально-психологические основы развития личности
7. Общая и неорганическая химия
8. Органическая химия
9. Аналитическая химия
10. Физическая химия
11. Коллоидная химия
12. Математика
13. Физика
14. Экология
15. Безопасность жизнедеятельности
16. Инженерная и компьютерная графика
17. Прикладная механика

18. Процессы и аппараты химической технологии
  19. Общая химическая технология
  20. Системы управления химико-технологическими процессами
  21. Моделирование энерго- и ресурсосберегающих процессов
  22. Физическая культура и спорт
  23. Элективные дисциплины по физической культуре и спорту
  24. Введение в информационные технологии
  - 24.01. Основы информационных технологий
  - 24.02. Профильное программное обеспечение для решения задач профессиональной деятельности
  25. Лабораторный практикум по органической химии
  26. Вычислительная математика
  
  27. Решение краевых задач и операционное исчисление
  28. Макрокинетика химических процессов
  29. Методы кибернетики химико-технологических процессов
  30. Проектирование процессов и аппаратов химической технологии
  31. Моделирование типовых процессов химической технологии
  32. Математическое моделирование энерго- и ресурсоэффективных технологических систем
  33. Современные технологии автоматизации химико-технологических процессов
  34. Вычислительный эксперимент в задачах химической технологии
  35. Языки и среды программирования
  36. Информационные системы хранения и обработки данных
  37. Универсальные программные средства решения математических задач
  38. Численные методы решения уравнений математических моделей химико-технологических процессов
  39. Программирование и численные методы в задачах химической технологии
  40. Теория информации для процессов химической технологии
  41. Основы информационных и интернет-технологий
  42. Основы кибернетики и системного анализа химико-технологических процессов
  43. Теоретические основы энерго- и ресурсосберегающих процессов
  44. Мембраны. Моделирование и применение
  45. Математическое моделирование и методы синтеза гибких химических производств
  46. Гетерогенный катализ и каталитические процессы
  47. Методы синтеза многоассортиментных экологически чистых химических производств
  48. Автоматизированные системы управления химико-технологическими процессами и системами
  49. Интегрированные системы управления химическими производствами
  50. Учебная практика: ознакомительная практика
  51. Производственная практика: технологическая (проектно-технологическая) практика
  52. Производственная практика: научно-исследовательская работа
  53. Производственная практика: преддипломная практика
  54. Государственная итоговая аттестация: выполнение, подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы
- Факультативы
55. Гражданская защита в чрезвычайных ситуациях
  56. Процессы и аппараты для получения аэрогелей
  57. Материаловедение для энерго- и ресурсосберегающих процессов химической технологии,

входящих в ООП по направлению подготовки **18.03.02 Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии**, профиль «**Основные процессы химических производств и химическая кибернетика**», выполнены в виде отдельных документов, являющихся неотъемлемой частью данной ООП.

## **11 РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ВОСПИТАНИЯ**

Рабочая программа воспитания, входящая в ООП по направлению подготовки **18.03.02 Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии**, профиль «**Основные процессы химических производств и химическая кибернетика**», выполнена в виде отдельного документа, являющегося неотъемлемой частью данной ООП.

## **12 КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН ВОСПИТАТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ**

Календарный план воспитательной работы, входящий в ООП по направлению подготовки **18.03.02 Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии**, профиль «**Основные процессы химических производств и химическая кибернетика**», выполнен в виде отдельного документа, являющегося неотъемлемой частью данной ООП.