

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«БЕЛГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ им. В.Г.ШУХОВА»  
(БГТУ им. В.Г. Шухова)



**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**  
**Дисциплины**

**Процессы и аппараты химической технологии**

Специальность 18.05.02. Химическая технология материалов  
современной энергетики

Специализация 18.05.02–06 Ядерная и радиационная безопасность на объектах  
использования ядерной энергии

Квалификация  
инженер

Форма обучения  
очная

Срок обучения  
5,5 года


Белгород – 2021

Рабочая программа составлена на основании требований:

- Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – специалитет по специальности 18.05.02 Химическая технология материалов современной энергетики, утвержденного приказом Министерства науки и высшего образования РФ от 07.08.20, № 913
- плана учебного процесса БГТУ им. В.Г. Шухова, введенного в действие в 2021 году.


Составитель: к.т.н., доц.  (А.В. Черкасов)

Рабочая программа согласована с выпускающей кафедрой  
Теоретической и прикладной химии:

Заведующий кафедрой: д-р техн. наук, проф.  (В.И. Павленко)

«13» мая 2021г.

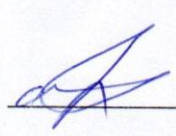
Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры «Технологии цемента и композиционных материалов»

Заведующий кафедрой: д-р техн. наук, проф.  (И.Н. Борисов)

« 14 » мая 2021 г., протокол № 19

Рабочая программа одобрена методической комиссией химико-технологического института

« 15 » мая 2021 г., протокол № 9

Председатель канд. техн. наук, доцент  (Порожнюк Л.А.)

## ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Категория (группа) компетенций	Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Наименование показателя оценивания
Общепрофессиональные компетенции	<p style="text-align: center;"><b>ОПК-2</b></p> <p>Способностью профессионально использовать современное технологическое и аналитическое оборудование, способностью к проведению научного исследования и анализу полученных результатов</p>	<p style="text-align: center;"><b>ОПК-2,1</b></p> <p>Анализирует техническую документацию, проверяет техническое состояние, организывает проверку оборудования и программных средств</p>	<p><b>Знания:</b> основных принципов организации моделирования химической технологии, конструкции типового оборудования для осуществления типовых химико-технологических процессов. Знать основные методы интенсификации, повышения эффективности и оптимизации типовых химико-технологических процессов.</p> <p><b>Умения:</b> рассчитывать технологические критерии эффективности химико-технологического процесса, применять знания законов, теорий, уравнений, методов процессов и аппаратов химической технологии при изучении и разработке химико-технологических процессов. Уметь выполнять при разработке технических проектов технологический расчёт основных аппаратов химических технологий, включая материальный, термодинамический, тепловой, массообменный расчёты.</p>

			<p><b>Навыки:</b> проведения и обработки экспериментальных данных; методами технологических расчетов типовых процессов и аппаратов химической технологии;</p> <p>навыками проектирования промышленных аппаратов и определения оптимальных технологических режимов работы оборудования.</p>
		<p>ОПК – 2,3</p> <p>Владеет основами технологических процессов и осваивает с применением базовых навыков технологическое оборудование</p>	<p><b>Знания:</b> основных законов протекания химико-технологических процессов, контроля основных технологических параметров</p> <p><b>Умения:</b> использовать приобретённые знания в области типовых процессов и аппаратов химической технологии для понимания природы более сложных физико-химических процессов и явлений, включая области нестационарных процессов, и процессов, осложнённых химическими превращениями.</p> <p><b>Навыки:</b> владеть методами выбора стандартных аппаратов направленных на минимизацию антропогенного воздействия на окружающую среду; методами оценки процессов с целью обоснованного выбора стандартных</p>

			аппаратов; основными нормами контроля по соблю- дению требований охраны труда
		<p>ОПК-2,4</p> <p>Осуществляет контроль техно- логического процесса в соответствии с регламентом и использует технические сред- ства для измерения основных параметров технологического процесса</p>	<p><b>Знания:</b> теоретические основы процессов хи- мической технологии, законы, их описываю- щие, физическую сущ- ность процессов хими- ческой технологии; конструкции аппаратов и принцип их работы; теоретические основы процессов химической технологии.</p> <p><b>Умения:</b> определять основные характери- стики процессов теп- ло- и массопередачи; рассчитывать пара- метры и выбирать ап- паратуру для кон- кретного химико- технологического процесса; обосно- ванно составлять схемы установок с целью достижения оптимального резуль- тата.</p> <p><b>Навыки:</b> владеть ме- тодами использова- ния технических средств, для измере- ния основных пара- метров технологиче- ского процесса, свойств сырья и про- дукции пользоваться справочной и научной литературой по всем разделам дисципли- ны; осуществлять  типовые гидродина- мические, тепловые, массообменные рас- чёты с использовани- ем прикладных про- грамм деловой сферы деятельности.</p>

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

### 1. Компетенция ОПК-2

Способностью профессионально использовать современное технологическое и аналитическое оборудование, способностью к проведению научного исследования и анализу полученных при его проведении результатов

Данная компетенция формируется следующими дисциплинами.

№	Наименование дисциплины (модуля)
1	Электротехника и промышленная электроника
2	Процессы и аппараты химической технологии
3	Аналитическая химия и физико-химические методы анализа
4	Общая химическая технология
5	Методы аналитического контроля в производстве материалов современной энергетики
6	Химические реакторы
7	Выполнение, подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы

## 3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 9 зач. единиц, 324 часов.

Дисциплина реализуется в рамках практической подготовки:

Форма промежуточной аттестации зачет, экзамен

Вид учебной работы	Всего часов	Семестр № 3	Семестр № 4
Общая трудоемкость дисциплины, час	324	144	180
<b>Контактная работа (аудиторные занятия), в т.ч.:</b>	144		
лекции	68	34	34
лабораторные	68	34	34
практические	-	-	-
групповые консультации в период теоретического обучения и промежуточной аттестации	8	3	5
<b>Самостоятельная работа студентов, включая индивидуальные и групповые консультации, в том числе:</b>	180	36	144
Курсовой проект	-	-	-
Курсовая работа	-	-	-
Расчетно-графическое задание	-	-	-
Индивидуальное домашнее задание	-	-	-
Самостоятельная работа на подготовку к аудиторным занятиям (лекции, практические занятия, лабораторные занятия)	108	54	54
Экзамен	36	-	36

## 4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 4.1. Наименование тем, их содержание и объем

#### Курс 2 Семестр № 3

№ п/п	Наименование раздела (краткое содержание)	Объем на тематический раздел по видам учебной нагрузки, час			
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Самостоятельная работа на подготовку к аудиторным занятиям
<b>Модуль 1: Основы гидравлики.</b>					
	Тема 1. Классификация основных процессов. Основные определения.	1		4	5,0
	Тема 2. Процессы и аппараты химической технологии как наука: история её развития. Классификация основных процессов: непрерывные, периодические, комбинированные, стационарные, нестационарные, гидромеханические, тепло- и массообменные.	1		-	0,5
	Тема 3. Принципы расчета процессов и аппаратов: материальный и тепловой балансы; движущая сила процесса, интенсивность протекания и коэффициент интенсивности	1		-	0,5
	Тема 4. Основы теории переноса количества движения, тепловой энергии, количества вещества. Конвекция и молекулярная диффузия, уравнения, их описывающие. Аналогия процессов переноса субстанции. Обобщенные уравнения переноса.	1		-	0,5
	Тема 5. Основы физического и математического моделирования. Понятие констант и инвариантов подобия: симплексы и комплексы подобия: определяющие и определяемые критерии подобия.	1		-	0,5
	Тема 6. Метод анализа размерностей.	1		-	0,5
<b>Модуль 2: Гидростатика.</b>					
	Тема 1. Гидростатика.	1		4	5,0
	Тема 2. Дифференциальное уравнение равновесия Эйлера.	1		-	0,5
	Тема 3. Основное уравнение гидростатики, закон Паскаля.	1		-	0,5
	Тема 4. Практическое применение основного уравнения гидростатики	1		-	0,5
	Тема 5. Физические свойства жидкости.	1		-	0,5
	Тема 6. Принцип сообщающихся сосудов, тяга дымовой трубы	1		-	0,5

Модуль 3: Гидродинамика.					
Тема 1. Гидродинамика. Основные характеристики движения жидкости: скорости потока, объемный и массовый расходы: динамическая и кинематическая вязкости, закон Ньютона, виды и области применения вискозиметров: режимы движения жидкости.	1		8	9,0	
Тема 2. Гидродинамические критерии подобия: основные и производственные. Уравнение расхода и неразрывности потока.	1		-	0,5	
Тема 3. Дифференциальное уравнение движения идеальных жидкостей Эйлера.	1		-	0,5	
Тема 4. Уравнения для идеальных и реальных жидкостей, их физический и энергетический смыслы. Практическое применение уравнения Бернулли; измерение скорости и расхода жидкости: истечение жидкости через отверстия.	1		-	0,5	
Тема 5. Гидродинамическая структура потока. Строение пограничного слоя по Прандтлю. Гидравлические сопротивления трубопроводов - местные и трения. Влияние режима движения на сопротивление трения. Выбор оптимального диаметра трубопроводов.	1		-	0,5	
Тема 6. Влияние режимов течения на скорость движения двухфазных потоков. Гидродинамика "кипящего" слоя. Сопротивление взвешенного слоя. Пневмо – и гидротранспорт.	1		-	0,5	
Модуль 4: Перемещение жидкостей.					
Тема 1. Насосы центробежные,	1		8	9,0	
Тема 2. Насосы поршневые, специальные виды.	1		-	0,5	
Тема 3. Параметры работы насосов. Работа насосов на сеть. Принципы их подбора.	1		-	0,5	
Тема 4. Классификация машин для перемещения жидкостей и сжатия газов.	1		-	0,5	
Тема 5. Вентиляторы и дымососы. Характеристики их работы.	1		-	0,5	
Тема 6. Расчет и выбор центробежных вентиляторов.	1		-	0,5	
Модуль 5: Разделение неоднородных систем.					
Тема 1. Классификация гетерогенных систем. Виды гидромеханических процессов разделения жидких неоднородных систем.	1		8	9,0	
Тема 2. Разделение под действием гравитационных сил. Процесс осаждения, его движущая сила. Закон Стокса. Пути интенсификации процесса осаждения. Отстойники.	1		-	0,5	
Тема 3. Центрифугирование. Центрифуги: отстойные и фильтрующие. Фактор разделения, его физический смысл. Интенсификация процессов центрифугирования. Гидроциклоны, области их применения.	1		-	0,5	
Тема 4. Процесс фильтрования, общие сведения.					



	Движущая сила процесса фильтрации, пути ее создания. Классификация и области применения фильтровальных перегородок. Уравнение Дарси. Определение констант процесса Фильтрации. Пути интенсификации процесса.	1		-	0,5
	Тема 5. Разделение газовых неоднородных систем. Степень разделения. Разделение запыленных газов методом осаждения. Пылеосадительные камеры. Разделение запыленных газов под действием центробежных сил. Жалюзийный пылеосадитель. Циклоны, устройство и принцип действия. Расчет и подбор циклонов.	1		-	0,5
	Тема 6. Очистка газов фильтрацией. Рукавные фильтры. Расчет и подбор; рукавных фильтров. Мокрая очистка запыленных газов. Электрофильтры, устройство и принцип действия. Влияние проводимости пыли на процесс разделения запыленных газов.	1		-	0,5
Модуль 6: Перемешивание в жидких средах.					
	Тема 1. Общие сведения.	1		2	3,0
	Тема 2. Механическое перемешивание.	1		-	0,5
	Тема 3. Интенсивность и эффективность процесса перемешивания.	1		-	0,5
	Тема 4. Критерии подобия. Критерий мощности. Виды и области применения мешалок. Расчет и подбор мешалок.	1		-	0,5
ВСЕГО					
		34		34	54

## Курс 2 Семестр № 4

№ п/п	Наименование раздела (краткое содержание)	Объем на тематический раздел по видам учебной нагрузки, час			
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Самостоятельная ра- бота на подготовку к аудиторным заняти- ям
Модуль 7: Основы теплопередачи в химической аппаратуре.					
	Тема 1. Общие сведения. Температурное поле, температурный градиент. Классификация теплообменных процессов. Виды и области применения теплоносителей. Тепловые балансы.	2		2	5
	Тема 2. Передача тепла теплопроводностью. Закон Фурье. Дифференциальное уравнение теплопроводности. Теплопроводность плоских и цилиндрических стенок: одно- и многослойных. Расчет тепловой изоляции.	2		2	5
	Тема 3. Тепловое излучение. Закон Стефана. Закон Кирхгофа. Взаимное излучение двух твердых тел.	2		2	5
	Тема 4. Передача тепла конвекцией (конвективный теплообмен). Закон теплоотдачи Ньютона. Дифференциальное уравнение конвективного теплообмена.	2		2	5
	Тема 5. Теплоотдача, её виды. Тепловой пограничный слой. Тепловые критерии подобия.	2		2	5
	Тема 6. Расчёт коэффициентов теплоотдачи. Значения коэффициентов теплоотдачи в промышленных теплообменных процессах.	2		2	5
	Тема 7. Расчет потерь тепла совместно конвекцией и излучением.	2		2	5
	Тема 8. Теплопередача. Аддитивность термических сопротивлений. Основное уравнение теплопередачи. Движущая сила процесса. Нагревание, охлаждение, конденсация. Общие сведения.	2		2	5
	Тема 9. Конструкции теплообменных аппаратов. Расчет теплообменных аппаратов. Нестационарный теплообмен. Выпаривание, общие сведения.	1		1	3
Модуль 8: Основы массопередачи.					

	<p>Тема 1. Виды процессов массообмена. Способы выражения состава фаз. Равновесие при массообмене. Материальный баланс. Рабочая и равновесная концентрации. Рабочая и равновесная линии. Определение направленности массопереноса. Скорость массообмена.</p> <p>Тема 2. Молекулярная диффузия. Турбулентная диффузия. Дифференциальное уравнение конвективной диффузии. Конвективный массоперенос.</p> <p>Тема 3. Механизм процесса массопереноса. Модели процессов массопереноса. Массоотдача. Основное уравнение массоотдачи. Подобие процессов переноса массы. Массообмен. Уравнение массообмена. Движущая сила процессов массообмена.</p> <p>Тема 4. Аддитивность диффузионных сопротивлений. Объемные коэффициенты массоотдачи и массообмена. Пути интенсификации массообменных процессов.</p> <p>Расчет основных размеров массообменных аппаратов.</p> <p>Тема 5. Абсорбция, основные понятия. Перегонка жидкостей, основные понятия. Ректификация, основные понятия. Экстракция, основные понятия.</p> <p>Тема 6. Сушка. Классификация сушильных процессов. Виды связи влаги с материалом. Основные параметры влажного воздуха. I-x диаграмма Рамзина. Увлажнение и сушка воздуха.</p> <p>Тема 7. Материальный и тепловой балансы сушки. Параметры влажного материала. Кинетика сушки. Кинетические кривые. Изотерма сушки. Термодиффузия. Пути интенсификации процесса сушки. Удельная производительность по влаге и ее регулирование.</p> <p>Тема 8. Варианты процессов сушки. Устройство сушильных установок (туннельные, барабанные, сушилки «кипящего слоя», распылительные, высокочастотные).</p> <p>Тема 9. Мембранные процессы. Основные мембранные методы разделения. Основное уравнение мембранных процессов, движущая сила процесса. Аппараты для обратного осмоса и ультрафильтрации. Диализ, электродиализ.</p>	2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 1		2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 1	5 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3
	Всего	34		34	54

**4.2. Перечень практических (семинарских) занятий.  
Их содержание и объем в часах (аудиторных).**

**4.3. Перечень лабораторных занятий и объем в часах  
Курс2 Семестр № 3**

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Тема лабораторного занятия	Кол-во часов	Самостоятельная работа на подготовку к аудиторным занятиям <sup>1</sup>
1.	Основы гидравлики. Гидростатики.	Вводное занятие. Инструктаж по технике безопасности. Основные уравнения гидростатики.	10	10
2.	Гидродинамика.	Гидравлическое сопротивление трубопроводов. Гидравлика «кипящего слоя».	8	8
3.	Перемещение жидкостей.	Режимы движения жидкости. Определение характеристик центробежного вентилятора.	8	8
4.	Разделение неоднородных систем.	Разделение суспензий в отстойной центрифуге. Разделение суспензий в процессе фильтрования.	8	8
	<b>ИТОГО</b>		<b>34</b>	<b>34</b>

**Курс 2 Семестр № 4**

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Тема лабораторного занятия	Кол-во часов	Самостоятельная работа на подготовку к аудиторным занятиям
1.	Основы теплопередачи в химической аппаратуре.	Изучение процесса теплопроводности. Исследование процесса теплопередачи.	17	17
2.	Основы массопередачи.	Изучение процесса массопередачи. Основные параметры влажного воздуха. Исследование кинетики сушки. Изучение процесса конвективной сушки.	17	17
	<b>ИТОГО</b>		<b>34</b>	<b>34</b>

**4.4. Содержание курсовой работы  
Перечень тем курсовых проектов, курсовых работ,  
их краткое содержание и объем.**

Не предусмотрено учебным планом

**4.5. Содержание расчетно-графического задания,  
индивидуальных домашних заданий**

Не предусмотрено учебным планом

**5. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕГО  
КОНТРОЛЯ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ**

**5.1. Реализация компетенций**

**1. Компетенция ОПК - 2** Способностью профессионально использовать современное технологическое и аналитическое оборудование, способностью к проведению научного исследования и анализу полученных при его проведении результатов

Наименование индикатора достижения компетенции	Используемые средства оценивания
<p align="center"><b>ОПК- 2.1</b></p> <p>Анализирует техническую документацию, проверяет техническое состояние, организывает проверку оборудования и программных средств</p>	<p align="center"><i>Защита лабораторных работ Тестирование, зачет Экзамен</i></p>
<p align="center"><b>ОПК – 2,3</b></p> <p>Владеет основами технологических процессов и осваивает с применением базовых навыков технологическое оборудование</p>	<p align="center"><i>Защита лабораторных работ Тестирование, зачет Экзамен</i></p>
<p align="center"><b>ОПК-2,4</b></p> <p>Осуществляет контроль технологического процесса в соответствии с регламентом и использует технические средства для измерения основных параметров технологического процесса</p>	<p align="center"><i>Защита лабораторных работ Тестирование, зачет Экзамен</i></p>

### 5.2.1. Перечень контрольных вопросов (типовых заданий) для зачета

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание вопросов (типовых заданий)
1	Основы гидравлики (ОПК-2)	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Основы гидравлики. Основные определения и некоторые физические свойства жидкости.</li> <li>2. Основы теории переноса количества движения, тепловой энергии, количества вещества. Конвекция и молекулярная диффузия, уравнения, их описывающие.</li> <li>3. Основы физического и математического моделирования.</li> <li>4. Понятие констант и инвариантов подобия: симплексы и комплексы подобия: определяющие и определяемые критерии подобия.</li> </ol>
2	Гидростатика (ОПК-2)	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Основное уравнение гидростатики.</li> <li>2. Практическое применение основного уравнения гидростатики.</li> </ol>
3	Гидродинамика (ОПК-2)	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Основные характеристики движения жидкости. Закон внутреннего трения Ньютона.</li> <li>2. Режимы движения жидкостей. Механизмы ламинарного и турбулентного движения. Гидродинамический пограничный слой.</li> <li>3. Уравнение расхода и неразрывности потока. Способы расчета и определения расхода жидкостей.</li> </ol>
4.	Перемещение жидкостей. (ОПК-2)	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Выбор оптимального диаметра трубопроводов.</li> <li>2. Дифференциальное уравнение движения реальной жидкости.</li> <li>3. Уравнение Бернулли для идеальных и реальных жидкостей.</li> <li>4. Практическое применение уравнения Бернулли. Истечение жидкости через отверстия.</li> <li>5. Гидравлическое сопротивление трубопроводов и аппаратов. Расчет потерь давления на местные сопротивления.</li> <li>6. Сопротивления трения. Расчет коэффициентов гидравлического трения. Влияние режимов течения и шероховатости на гидравлическое трение.</li> </ol>
5.	Разделение неоднородных систем. (ОПК-2)	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Перемещение жидкостей. Классификация машин для перемещения жидкостей. Основные параметры работы насосов.</li> <li>2. Центробежный насос, характеристики его работы. Работа насосов на сеть.</li> <li>3. Принципы подбора центробежных машин. Законы пропорциональности.</li> <li>4. Поршневые насосы. Неравномерность подачи и способы ее ликвидации. Напор поршневых насосов.</li> <li>5. Движение тел в сплошных средах. Влияние режима движения на гидродинамику двухфазных потоков.</li> <li>6. Классификация гетерогенных систем. Гидромеханические методы их разделения.</li> </ol>

		<p>7. Осаждение частиц под действием сил тяжести. Факторы, влияющие на скорость процесса. Интенсификация процессов осаждения.</p> <p>8. Разделение в поле действия центробежных сил. Гидроциклоны.</p> <p>9. Циклоны, устройство и принцип действия. Расчет и подбор циклонов.</p> <p>10. Процесс центрифугирования и способы его интенсификации.</p> <p>11. Фильтрация гетерогенных систем. Классификация фильтровальных перегородок.</p> <p>12. Скорость процесса фильтрации, способы её ускорения. Константы процесса фильтрации, метод их определения.</p>
6.	Перемешивание в жидких средах. (ОПК-2)	<p>1. Гидродинамика взвешенного слоя. Области применения и физическая сущность гидротранспорта.</p> <p>2. Перемешивание в жидких средах. Общие сведения.</p> <p>3. Механическое перемешивание. Интенсивность и эффективность процесса перемешивания. Критерии подобия. Критерий мощности. Виды и области применения мешалок. Расчет и подбор мешалок.</p>
7.	Основы теплопередачи в химической аппаратуре. (ОПК-2)	<p>1. Основы теплопередачи в химической аппаратуре. Общие сведения. Температурное поле, температурный градиент.</p> <p>2. Классификация теплообменных процессов. Виды и области применения теплоносителей.</p> <p>3. Тепловые балансы теплообменников.</p> <p>4. Передача тепла теплопроводностью. Закон Фурье. Дифференциальное уравнение теплопроводности.</p> <p>5. Теплопроводность плоских и цилиндрических стенок: одно- и многослойных. Расчет тепловой изоляции.</p> <p>6. Тепловое излучение. Закон Стефана. Закон Кирхгофа. Взаимное излучение двух твердых тел.</p> <p>7. Передача тепла конвекцией (конвективный теплообмен). Закон теплоотдачи Ньютона.</p> <p>8. Дифференциальное уравнение конвективного теплообмена.</p> <p>9. Теплоотдача, её виды. Тепловой пограничный слой.</p> <p>10. Тепловые критерии подобия.</p> <p>11. Расчет коэффициентов теплоотдачи. Значения коэффициентов теплоотдачи в промышленных теплообменных процессах.</p> <p>12. Расчет потерь тепла совместно конвекцией и излучением.</p> <p>13. Теплопередача. Основное уравнение теплопередачи. Движущая сила процесса.</p> <p>14. Аддитивность термических сопротивлений. Расчет теплообменных аппаратов.</p> <p>15. Нестационарный теплообмен.</p>
8.	Основы массопередачи. (ОПК-2)	<p>1. Основы массопередачи. Общие сведения. Виды процессов массопередачи.</p> <p>2. Способы выражения состава фаз. Равновесие при мас-</p>

		<p>соопердаче. Материальный баланс.</p> <p>5. Рабочая и равновесная концентрации. Рабочая и равновесная линии. Определение направленности массопереноса. Скорость массопереноса. Молекулярная диффузия. Турбулентная диффузия. Конвективный массоперенос.</p> <p>6. Дифференциальное уравнение конвективной диффузии.</p> <p>7. Механизм процесса массопереноса. Модели процессов массопереноса.</p> <p>8. Массоотдача. Основное уравнение массоотдачи.</p> <p>9. Подобие процессов переноса массы.</p> <p>10. Массоперенос. Уравнение массопереноса. Движущая сила процессов массопереноса. Аддитивность диффузионных сопротивлений.</p> <p>11. Расчёт основных размеров массообменных аппаратов. Объёмные коэффициенты массоотдачи и массопереноса. Пути интенсификации массообменных процессов.</p> <p>12. Абсорбция, основные понятия.</p> <p>13. Перегонка жидкостей, основные понятия.</p> <p>14. Ректификация, основные понятия.</p> <p>15. Экстракция, основные понятия.</p> <p>16. Сушка. Классификация сушильных процессов. Виды связи влаги с материалом.</p> <p>17. Основные параметры влажного воздуха. I-x диаграмма Рамзина.</p> <p>18. Увлажнение и сушка воздуха.</p> <p>19. Материальный и тепловой балансы сушки.</p> <p>20. Параметры влажного материала. Кинетика сушки. Кинетические кривые.</p> <p>21. Изотерма сушки. Термодиффузия.</p> <p>22. Пути интенсификации процесса сушки. Удельная производительность по влаге и ее регулирование.</p> <p>23. Варианты процессов сушки.</p> <p>24. Устройство сушильных установок (туннельные, барабанные, сушилки «кипящего слоя», распылительные, высокочастотные).</p> <p>25. Основные мембранные методы разделения. Основное уравнение мембранных процессов, движущая сила процесса.</p> <p>26. Аппараты для обратного осмоса и ультрафильтрации.</p> <p>27. Диализ, электродиализ.</p>
--	--	---

**5.2.2. Перечень контрольных материалов  
для защиты курсового проекта/ курсовой работы**

Не предусмотрены учебным планом.



### 5.3. Перечень индивидуальных домашних заданий, расчетно-графических заданий.

Не предусмотрено планом

### 5.3. Перечень индивидуальных домашних заданий, расчетно-графических заданий.

Не предусмотрено планом

Текущий контроль осуществляется в течение семестра в форме выполнения и защиты лабораторных работ.

**Лабораторные работы.** Защита лабораторных работ возможна после проверки правильности выполнения задания и оформления отчета. Защита лабораторной работы производится по каждой работе в отдельности в виде индивидуального собеседования с каждым студентом. На защите даются вопросы по теоретической и практической частям выполненной работы, по данным и результатам оформленного отчета, а также задачи по теме работы. Защита лабораторной работы производится в устной форме. Примерный перечень типовых заданий для защиты лабораторных работ представлен в таблице

	Наименование раздела дисциплины	Компетенция	Содержание вопросов (типовых контрольных заданий)
1	Гидродинамика. Перемещение жидкостей.	ОПК-2	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Расход и скорость жидкости. Эпюры распределения скоростей по сечению каналов.</li> <li>2. Вязкость капельных и упругих жидкостей. Факторы, влияющие на вязкость.</li> <li>3. Понятие гидродинамического пограничного слоя, его строение.</li> <li>4. Какое течение называют ламинарным?</li> <li>5. По какому закону меняется скорость потока в поперечном сечении трубопровода при ламинарном течении?</li> <li>6. Как определить среднюю скорость потока, движущегося ламинарно?</li> <li>7. Какое течение называют турбулентным?</li> <li>8. Какие величины характеризуют режим течения потока?</li> <li>9. Какого соотношение между средней и максимальной скоростями потока при турбулентном течении?</li> <li>10. Что такое критерий Рейнольдса? Каков его физический смысл?</li> <li>11. Назовите критическое значение числа Рейнольдса для прямых труб, для змеевиков.</li> <li>12. При каком значении числа Рейнольдса наблюдают развитый турбулентный режим потока?</li> <li>13. Что такое эквивалентный диаметр и гидравлический радиус?</li> <li>14. Какая скорость потока входит в критерий Рейнольдса?</li> <li>15. В каком интервале чисел Рейнольдса наблюдают «переходную» область турбулентного режима течения?</li> </ol>

			16. От каких параметров зависит значение $Re_{кр}$ для змеевиков.
		ОПК-2	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Уравнение Бернулли, его физический и энергетический смыслы.</li> <li>2. Устройство и принцип действия центробежного вентилятора.</li> <li>3. Назовите аппараты для перемещения больших количеств газа.</li> <li>4. Приведите сравнительную характеристику осевого и центробежного вентиляторов.</li> <li>5. Разность каких давлений показывает дифманометр, присоединенный к трубке Пито?</li> <li>6. Чем общее давление отличается от статического?</li> <li>7. Способы определения и расчета расхода жидкости.</li> <li>8. Устройства для определения скорости и расхода жидкости в трубопроводе, принцип их действия.</li> <li>9. Характеристики работы центробежного вентилятора, работа центробежных вентиляторов на сеть.</li> </ol>
2	Разделение неоднородных систем.	ОПК-2	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Методы разделения неоднородных систем.</li> <li>2. Процесс центрифугирования. Фактор разделения.</li> <li>3. Отстойные и фильтрующие центрифуги.</li> <li>4. Какую роль выполняет центробежная сила в фильтрующей и отстойной центрифуге?</li> <li>5. Факторы, влияющие на скорость процесса центрифугирования.</li> <li>6. Можно ли разделить в центрифуге суспензию, состоящую из жидкости и твердых частиц, если жидкость и частицы имеют одинаковую плотность?</li> <li>7. Методика расчета отстойных центрифуг.</li> <li>8. Использование процесса центрифугирования в производстве строительных материалов.</li> </ol>
3	Гидродинамика.	ОПК-2	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Уравнение Бернулли для идеальных и реальных жидкостей.</li> <li>2. Гидравлические сопротивления трубопроводов. Формула Дарси.</li> <li>3. Сопротивление трения в гладких и шероховатых трубах.</li> <li>4. На определение каких потерь затрачивается энергия при движении жидкостей по трубопроводам?</li> <li>5. В какую форму переходит механическая энергия потока, теряемая при движении?</li> <li>6. Что такое средняя скорость потока?</li> <li>7. Какую шероховатость называют эквивалентной?</li> <li>8. Как влияет шероховатость на потери энергии потока?</li> <li>9. Как определить эквивалентную шероховатость трубы?</li> <li>10. Физический смысл критериев Эйлера и Рейнольдса.</li> <li>11. Какова общая форма зависимости коэффициента трения от критерия Рейнольдса?</li> </ol>
4	Основы теплопередачи в химической аппаратуре.	ОПК-2	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Физическая сущность процесса теплопроводности.</li> <li>2. Основной закон теплопроводности.</li> <li>3. Коэффициент теплопроводности и факторы, влияющие на его величину.</li> <li>4. Теплопроводность теплоизоляционных материалов.</li> </ol>

			<p>5. Перечислите и охарактеризуйте основные понятия, которыми описываются тепловые процессы.</p> <p>6. Типы теплообменников, области их применения.</p> <p>7. Формулы для расчёта теплоотдачи, теплопроводности, теплопередачи. Коэффициенты теплопередачи, теплопроводности, теплоотдачи, их размерность.</p> <p>8. Термическое сопротивление, его расчёт.</p> <p>9. Влияние толщины изоляции на теплопотери.</p> <p>10. Тепловой пограничный слой.</p> <p>11. Влияние скорости движения теплоносителя на коэффициент теплоотдачи.</p>
5	Основы массопередачи.	ОПК-2	<p>1. <i>I-x</i> диаграмма состояния влажного воздуха.</p> <p>2. Абсолютная и относительная влажность воздуха.</p> <p>3. Влагосодержание.</p> <p>4. Энтальпия.</p> <p>5. Температуры сухого и мокрого термометров.</p> <p>6. Температура точки росы</p> <p>7. Парциальное давление влаги и абсолютно сухого воздуха.</p> <p>8. Приборы для определения параметров влажного воздуха.</p> <p>9. Определение параметров отходящих газов.</p>
		ОПК-2	<p>1. Классификация массообменных процессов.</p> <p>2. Сущность конвективного и диффузионного переноса количества вещества.</p> <p>3. Что является движущей силой массообмена?</p> <p>4. Как рассчитать среднюю движущую силу процесса?</p> <p>5. Понятие рабочей и равновесной линии. Определение направленности массообменных процессов.</p> <p>6. Понятие о числе единиц переноса и коэффициенте извлечения с точки зрения характеристик массообменного аппарата.</p> <p>7. Применение критериев подобия в оценке процессов массообмена.</p> <p>8. Модели процессов массопереноса.</p> <p>9. Понятие о массопроводности при массопередаче с твёрдой фазой.</p> <p>10. Классификация массообменных процессов.</p>

**Тестирование** осуществляется после прохождения каждого из разделов дисциплины. На тестирование отводится 30 минут. Тестовое задание состоит из 15 вопросов.

### Перечень типовых тестовых заданий

<b>ОПК-2</b>	
Способностью профессионально использовать современное технологическое и аналитическое оборудование, способностью к проведению научного исследования и анализу полученных при его проведении результатов	
1	<p>В зависимости от основных законов, определяющих скорость протекания процессов, различают:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Гидродинамические.</li> <li>2. Периодические.</li> <li>3. Стационарные.</li> <li>4. Тепловые.</li> </ol>

	5. Массообменные.
2	В зависимости от изменения параметров процесса во времени, различают: <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Стационарные.</li> <li>2. Периодические.</li> <li>3. Массообменные.</li> <li>4. Нестационарные.</li> </ol>
3	Перенос импульса массы описывается уравнением: <ol style="list-style-type: none"> <li>1. <math>q = -\lambda \frac{dT}{dn}</math></li> <li>2. <math>f = -\mu \frac{d\vartheta}{dn}</math></li> <li>3. <math>m = -D \frac{dC}{dn}</math></li> <li>4. <math>i = -\chi \frac{dU}{dn}</math></li> </ol>
4	Физическое моделирование основывается на: <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Математической аналогии.</li> <li>2. Составлении систем дифференциальных уравнений.</li> <li>3. Теории подобия.</li> <li>4. Построении алгоритма расчетов исходя из математического описания законов природы, влияющих на протекание рассматриваемого процесса.</li> </ol>
5	Критерий подобия это: <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Отношение безразмерного комплекса разнородных величин.</li> <li>2. Отношение однородных величин.</li> </ol>
6	...- раздел гидромеханики, в котором изучаются равновесие и воздействие жидкости на погруженные в нее тела.
7	Укажите основное уравнение гидростатики: <ol style="list-style-type: none"> <li>1. <math>z_1 + \frac{p_1}{\rho g} = z_2 + \frac{p_2}{\rho g}</math></li> <li>2. <math>z_1 + \frac{p_1}{\rho g} + \frac{\omega_1^2}{2g} = z_2 + \frac{p_2}{\rho g} + \frac{\omega_2^2}{2g}</math></li> <li>3. <math>h_{\text{тр}} = \frac{64}{\text{Re}} \cdot \frac{l}{d} \cdot \frac{\omega^2}{2g}</math></li> </ol>
8	Определить абсолютное давление в аппарате, если показания манометра 0,2 ат: <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 1,2 ат.</li> <li>2. 3 ат.</li> <li>3. 0.8 ат.</li> </ol>
9	Измерение давления в аппаратах, принцип сообщающихся сосудов, воздушный подъемник (газлифт), расчет дымовой трубы, работа гидравлического пресса основаны на: <ol style="list-style-type: none"> <li>1. основном уравнении гидростатики</li> <li>2. уравнении Бернулли.</li> <li>3. уравнении Дарси.</li> </ol>
10	К основным характеристикам движения жидкости относятся: <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Давление.</li> <li>2. Средняя скорость</li> <li>3. Массовый расход.</li> <li>4. Эквивалентный диаметр.</li> <li>5. Вязкость.</li> </ol>

11	... – свойство жидкости оказывать сопротивление взаимному перемещению частиц или слоев вследствие обмена между ними количества движения
12	Закон внутреннего трения Ньютона описывается уравнением: 1. $q = -\lambda \frac{dT}{dn}$ 2. $f = -\mu \frac{d\vartheta}{dn}$ 3. $m = -D \frac{dC}{dn}$ 4. $i = -\chi \frac{dU}{dn}$
13	Ламинарному режиму движения жидкости соответствует численное значение критерия Рейнольдса: 1. $Re = 10\ 000$ 2. $Re < 2320$ 3. $Re = 5000$
14	Значение критерия Рейнольдса равное 100000 соответствует ... режиму.
15	Отношение сил инерции к силам вязкости показывает критерий: 1. Фруда 2. Эйлера 3. Рейнольдса 4. Архимеда.

### Компетенция ОПК-2

Способностью профессионально использовать современное технологическое и аналитическое оборудование, способностью к проведению научного исследования и анализу полученных при его проведении результатов

1	Средняя скорость при турбулентном движении жидкости по трубопроводу определяется соотношением: 1. $\omega_{cp} = 0,5 \omega_{max}$ 2. $\omega_{cp} = 0,3 \omega_{max}$ 3. $\omega_{cp} = 0,8 - 0,95 \omega_{max}$
2	Укажите уравнение постоянства расхода жидкости. 1. $z + \frac{p}{\rho g} = const$ 2. $z + \frac{p}{\rho g} + \frac{\omega^2}{2g} = const$ 3. $\rho \omega S = const$
3	Укажите основное уравнение гидродинамики для идеальной жидкости: 1. $Z_1 + \frac{p_1}{\rho g} = z + \frac{p_2}{\rho g}$ 2. $Z_1 + \frac{p_1}{\rho g} + \frac{\omega_1^2}{2g} = Z_2 + \frac{p_2}{\rho g} + \frac{\omega_2^2}{2g}$ 3. $h_{тр} = \frac{64}{Re} \cdot \frac{l}{d} \cdot \frac{\omega^2}{2g}$
4	С помощью трубки Пито-Прандтля определяют: 1. Местную скорость 2. Среднюю скорость.

3. Фиктивную скорость.	
5	<p>Укажите формулу для определения эквивалентного диаметра кольцевого сечения трубопровода:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li><math>d_3 = a^2</math>.</li> <li><math>d_3 = D-d</math></li> <li><math>d_3 = \frac{2ab}{a+b}</math></li> <li><math>d_3 = \frac{D^2 - n \cdot d^2}{D + n \cdot d}</math></li> </ol>
6	... – гидравлические машины, которые преобразуют механическую энергию двигателя в энергию перемещаемой жидкости, повышая её давление.
7	<p>К динамическим насосам относятся:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Центробежные.</li> <li>Осевые.</li> <li>Поршневые.</li> <li>Пластинчатые.</li> </ol>
8	<p>Коэффициент сопротивления среды для турбулентной области осаждения частицы в жидкой среде равен:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li><math>\xi = \frac{24}{Re}</math></li> <li><math>\xi = \frac{18.5}{Re^{0.6}}</math></li> <li><math>\xi = const = 0.44</math></li> </ol>
9	<p>. При расчете гидравлического сопротивления зернистого слоя используется зависимость:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li><math>\Delta p = \lambda \frac{L}{d_3} \cdot \frac{\rho \omega^2}{2}</math></li> <li><math>\Delta p = \frac{3 \cdot (1 - \varepsilon)}{2 \varepsilon^3 \Phi} \lambda \frac{H}{d_3} \cdot \frac{\rho \omega_0^2}{2}</math></li> <li><math>\Delta p = \left( \lambda \frac{l}{d_3} + \sum \xi_i \right) \frac{\rho \omega^2}{2}</math></li> </ol>
10	<p>Укажите уравнение Стокса, описывающее процесс ламинарного осаждения твердой шарообразной частицы.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li><math>\omega_{oc} = \frac{d^2 g (\rho_m - \rho)}{18 \mu}</math></li> <li><math>\omega_{oc} = \sqrt[3]{Ly \cdot \mu (\rho_m - \rho) g / \rho^2}</math></li> <li><math>\omega_{oc} = \frac{Re \cdot \omega}{\rho \cdot d}</math></li> </ol>
11	... – перенос тепла вследствие беспорядочного (теплового) движения микрочастиц, непосредственно соприкасающихся друг с другом.
12	<p>Скорость процесса фильтрования описывается уравнением Дарси:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li><math>\Delta p = \lambda \frac{L}{d_3} \cdot \frac{\rho \omega^2}{2}</math></li> <li><math>\frac{dV}{S d\tau} = \frac{\Delta P}{\mu (r_0 \cdot x_0 \cdot h + R_{ф.н.})}</math></li> <li><math>\omega = \frac{d^2 g (\rho_m - \rho)}{18 \mu}</math></li> </ol>
13	<p>Закон Фурье описывается уравнением:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li><math>Q = K \cdot \Delta T_{cp} \cdot S</math></li> </ol>

	$2. dQ = -\lambda \frac{dt}{dn} dS d\tau$ $3. dQ = \alpha \cdot (t_1 - t_2) \cdot dS d\tau$
14	<p>Закон Стефана-Больцмана для серых тел имеет вид:</p> $1. \frac{E_1}{A_1} = \frac{E_2}{A_2} = \frac{E_0}{A_0} = E_0$ $2. E = \varepsilon \cdot C_0 \left( \frac{T}{100} \right)^4$ $3. Q = C_{1-2} \left[ \left( \frac{T_1}{100} \right)^4 - \left( \frac{T_2}{100} \right)^4 \right] F \tau \varphi$
15	<p>Молекулярная диффузия описывается законом Фика:</p> $1. dM = -D \frac{dC}{dn} dS d\tau$ $2. dQ = -\lambda \frac{dt}{dn} dS d\tau$ $3. dM_m = -E_0 \frac{dC}{dn} dS d\tau$

#### 5.4. Описание критериев оценивания компетенций и шкалы оценивания

При промежуточной аттестации в форме зачета используется следующая шкала оценивания: зачтено, не зачтено.

Критериями оценивания достижений показателей являются:

<i>Показатель оценивания</i>	<i>Критерий оценивания</i>
<i>Знания</i>	<p>Знать принципы и уметь разрабатывать конструкции типового оборудования для осуществления типовых химико-технологических процессов.</p> <p>Знать основные методы интенсификации, повышения эффективности и оптимизации типовых химико-технологических процессов.</p>
<i>Умения</i>	<p>Уметь применять знания законов, теорий, уравнений, методов процессов и аппаратов химической технологии при изучении и разработке химико-технологических процессов.</p> <p>Уметь выполнять при разработке технических проектов технологический расчёт основных аппаратов химических технологий, включая материальный, термодинамический, тепловой, массообменный, гидравлический расчёты.</p> <p>Умение выбирать методы, обоснованно составлять схемы установок с целью достижения оптимального результата.</p>
<i>Навыки</i>	<p>Владеть навыками проектирования промышленных аппаратов и определения оптимальных технологических режимов работы оборудования.</p>

#### 5.4.1. Критерии оценивания лабораторной работы.

Оценка	Критерии оценивания
5	Работа выполнена полностью. Студент владеет теоретическим материалом, отсутствуют ошибки при описании теории, формулирует собственные, самостоятельные, обоснованные, аргументированные суждения, представляет полные и развернутые ответы на дополнительные вопросы.
4	Работа выполнена полностью. Студент владеет теоретическим материалом, отсутствуют ошибки при описании теории, формулирует собственные, самостоятельные, обоснованные, аргументированные суждения, допуская незначительные ошибки на дополнительные вопросы.
3	Работа выполнена полностью. Студент владеет теоретическим материалом на минимально допустимом уровне, присутствуют незначительные ошибки при описании теории, испытывает затруднения в формулировке собственных обоснованных и аргументированных суждений, допуская незначительные ошибки на дополнительные вопросы.
2	Работа выполнена не полностью. Студент практически не владеет теоретическим материалом, допуская ошибки по существу рассматриваемых (обсуждаемых) вопросов, испытывает затруднения в формулировке собственных обоснованных и аргументированных суждений, допускает ошибки при ответе на дополнительные вопросы.

**5.4.2. Промежуточная аттестация** осуществляется в конце после завершения изучения дисциплины в форме экзамена.

Экзамен включает: теоретическую часть (2 вопроса). Для подготовки к ответу на вопросы и задания билета, который студент вытаскивает случайным образом, отводится время в пределах 30 минут. После ответа на теоретические вопросы билета, преподаватель задает дополнительные вопросы.

Распределение вопросов и заданий по билетам находится в закрытом для студентов доступе. Ежегодно по дисциплине на заседании кафедры утверждается комплект билетов для проведения экзамена по дисциплине. Экзамен является наиболее значимым оценочным средством и решающим в итоговой отметке учебных достижений студента.

#### *Перечень вопросов для подготовки к экзамену*

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание вопросов (типовых заданий)
1	Основы гидравлики (ОПК-2)	1. Основы гидравлики. Основные определения и некоторые физические свойства жидкости. 2. Основы теории переноса количества движения, тепловой энергии, количества вещества. Конвекция и молекулярная диффузия, уравнения, их описывающие.
2	Гидростатика (ОПК-2)	3. Основное уравнение гидростатики. 4. Практическое применение основного уравнения гидростатики.
3	Гидродинамика (ОПК-2)	5. Основные характеристики движения жидкости. Закон внутреннего трения Ньютона.



		<p>6. Режимы движения жидкостей. Механизмы ламинарного и турбулентного движения. Гидродинамический пограничный слой.</p> <p>Способы расчета и определения расхода жидкостей.</p>
4.	Перемещение жидкостей. (ОПК-2)	<p>7. Выбор оптимального диаметра трубопроводов.</p> <p>8. Уравнение Бернулли для идеальных и реальных жидкостей.</p> <p>9. Практическое применение уравнения Бернулли. Истечение жидкости через отверстия.</p> <p>10. Гидравлическое сопротивление трубопроводов и аппаратов. Расчет потерь давления на местные сопротивления.</p> <p>11. Сопротивления трения. Расчет коэффициентов гидравлического трения. Влияние режимов течения и шероховатости на гидравлическое трение.</p>
5.	Разделение неоднородных систем. (ОПК-2)	<p>12. Перемещение жидкостей. Классификация машин для перемещения жидкостей. Основные параметры работы насосов.</p> <p>13. Центробежный насос, характеристики его работы. Работа насосов на сеть.</p> <p>14. Принципы подбора центробежных машин. Законы пропорциональности.</p> <p>15. Поршневые насосы. Неравномерность подачи и способы ее ликвидации. Напор поршневых насосов.</p> <p>16. Движение тел в сплошных средах. Влияние режима движения на гидродинамику двухфазных потоков.</p> <p>17. Классификация гетерогенных систем. Гидромеханические методы их разделения.</p> <p>18. Осаждение частиц под действием сил тяжести. Факторы, влияющие на скорость процесса. Интенсификация процессов осаждения.</p> <p>19. Разделение в поле действия центробежных сил. Гидроциклоны.</p> <p>20. Циклоны, устройство и принцип действия. Расчет и подбор циклонов.</p> <p>21. Процесс центрифугирования и способы его интенсификации.</p> <p>22. Фильтрование гетерогенных систем. Классификация фильтровальных перегородок.</p> <p>23. Скорость процесса фильтрования, способы её ускорения. Константы процесса фильтрования, метод их определения.</p>
6.	Перемешивание в жидких средах. (ОПК-2)	<p>24. Гидродинамика взвешенного слоя. Области применения и физическая сущность гидротранспорта.</p> <p>25. Перемешивание в жидких средах. Общие сведения.</p> <p>26. Механическое перемешивание. Интенсивность и эффективность процесса перемешивания. Критерии подобия. Критерий мощности.</p> <p>Виды и области применения мешалок. Расчет и подбор</p>

		мешалок.
7.	Основы теплопередачи в химической аппаратуре. (ОПК-2)	<p>27. Основы теплопередачи в химической аппаратуре. Общие сведения. Температурное поле, температурный градиент.</p> <p>28. Классификация теплообменных процессов. Виды и области применения теплоносителей.</p> <p>29. Тепловые балансы теплообменников.</p> <p>30. Передача тепла теплопроводностью. Закон Фурье. Дифференциальное уравнение теплопроводности.</p> <p>31. Теплопроводность плоских и цилиндрических стенок: одно- и многослойных. Расчет тепловой изоляции.</p> <p>32. Тепловое излучение. Закон Стефана. Закон Кирхгофа. Взаимное излучение двух твердых тел.</p> <p>33. Передача тепла конвекцией (конвективный теплообмен). Закон теплоотдачи Ньютона.</p> <p>34. Дифференциальное уравнение конвективного теплообмена.</p> <p>35. Теплоотдача, её виды. Тепловой пограничный слой.</p> <p>36. Тепловые критерии подобия.</p> <p>37. Расчет коэффициентов теплоотдачи. Значения коэффициентов теплоотдачи в промышленных теплообменных процессах.</p> <p>38. Расчет потерь тепла совместно конвекцией и излучением.</p> <p>39. Теплопередача. Основное уравнение теплопередачи. Движущая сила процесса.</p> <p>40. Аддитивность термических сопротивлений. Расчет теплообменных аппаратов.</p>
8.	Основы массопередачи. (ОПК-2)	<p>41. Основы массопередачи. Общие сведения. Виды процессов массопередачи.</p> <p>42. Способы выражения состава фаз. Равновесие при массопередаче. Материальный баланс.</p> <p>43. Скорость массопередачи. Молекулярная диффузия. Турбулентная диффузия. Конвективный массоперенос.</p> <p>44. Дифференциальное уравнение конвективной диффузии.</p> <p>45. Механизм процесса массопереноса. Модели процессов массопереноса.</p> <p>46. Массоотдача. Основное уравнение массоотдачи.</p> <p>47. Подобие процессов переноса массы.</p> <p>48. Массопередача. Уравнение массопередачи. Движущая сила процессов массопередачи. Аддитивность диффузионных сопротивлений.</p> <p>49. Расчет основных размеров массообменных аппаратов. Объемные коэффициенты массоотдачи и массопередачи. Пути интенсификации массообменных процессов.</p> <p>50. Абсорбция, основные понятия.</p> <p>51. Перегонка жидкостей, основные понятия.</p> <p>52. Ректификация, основные понятия.</p> <p>53. Экстракция, основные понятия.</p> <p>54. Сушка. Классификация сушильных процессов. Ви-</p>

	<p>ды связи влаги с материалом.</p> <p>55. Основные параметры влажного воздуха. I-х диаграмма Рамзина.</p> <p>56. Увлажнение и сушка воздуха.</p> <p>57. Материальный и тепловой балансы сушки.</p> <p>58. Параметры влажного материала. Кинетика сушки. Кинетические кривые.</p> <p>59. Изотерма сушки. Термодиффузия.</p> <p>60. Пути интенсификации процесса сушки. Удельная производительность по влаге и ее регулирование.</p> <p>61. Варианты процессов сушки.</p> <p>62. Устройство сушильных установок (туннельные, барабанные, сушилки «кипящего слоя», распылительные, высокочастотные).</p> <p>63. Основные мембранные методы разделения. Основное уравнение мембранных процессов, движущая сила процесса.</p> <p>64. Аппараты для обратного осмоса и ультрафильтрации.</p> <p>65. Диализ, электродиализ.</p>
--	--

### Критерии оценивания экзамена.

Оценка преподавателем выставляется интегрально по всем показателям и критериям оценивания.

Компетенция ОПК-2 Способностью профессионально использовать современное технологическое и аналитическое оборудование, способностью к проведению научного исследования и анализу полученных при его проведении результатов

Оценка сформированности компетенций по показателю **Знания**.

Критерий	Уровень освоения и оценка			
	2	3	4	5
Знание теоретического содержания курса	Не знает теоретического содержания курса	Теоретическое содержание курса освоено частично, но пробелы не носят существенного характера. Обучающийся излагает материал неполно и допускает неточности в определении понятий или формулировке правил.	Знает достаточно хорошо содержание курса, приемы первой помощи, методы защиты от чрезвычайных ситуаций.	Полностью знает содержание курса без пробелов; основные приемы первой помощи, методы защиты от чрезвычайных ситуаций.
Знание основных закономерностей, соотношений, принципов	Не знает основные закономерности и соотношения, принципы построения знаний	Знает основные закономерности, соотношения, принципы построения знаний	Знает основные закономерности, соотношения, принципы построения знаний, их интерпретирует и использует	Знает основные закономерности, соотношения, принципы построения знаний, может самостоятельно их получить и использовать

Объем освоенного материала	Не знает значительной части материала дисциплины	Знает только основную материал дисциплины, не усвоил его деталей	Знает материал дисциплины в достаточном объеме	Обладает твердым и полным знанием материала дисциплины, владеет дополнительными знаниями
Полнота ответов на вопросы	Не дает ответы на большинство вопросов	Дает неполные ответы на все вопросы	Дает ответы на вопросы, но не все - полные	Дает полные, развернутые ответы на поставленные вопросы
Четкость изложения и интерпретации знаний	Излагает знания без логической последовательности	Излагает знания с нарушениями в логической последовательности	Излагает знания без нарушений в логической последовательности	Излагает знания в логической последовательности, самостоятельно их интерпретируя и анализируя
	Не иллюстрирует изложение поясняющими схемами, рисунками и примерами	Выполняет поясняющие схемы и рисунки небрежно и с ошибками	Выполняет поясняющие рисунки и схемы корректно и понятно	Выполняет поясняющие рисунки и схемы точно и аккуратно, раскрывая полноту усвоенных знаний
	Неверно излагает и интерпретирует знания	Допускает неточности в изложении и интерпретации знаний	Грамотно и по существу излагает знания	Грамотно и точно излагает знания, делает самостоятельные выводы

Оценка сформированности компетенций по показателю **Умения**.

Критерий	Уровень освоения и оценка			
	2	3	4	5
Умение правильно применять на практике основные характеристики процессов тепло- и массопередачи; рассчитывать параметры и выбирать аппаратуру для конкретного химико-технологического процесса	Не умеет правильно применять на практике основные характеристики процессов тепло- и массопередачи; рассчитывать параметры и выбирать аппаратуру для конкретного химико-технологического процесса	Умеет правильно применять на практике основные характеристики процессов тепло- и массопередачи; рассчитывать параметры и выбирать аппаратуру для конкретного химико-технологического процесса	Умеет правильно применять на практике основные характеристики процессов тепло- и массопередачи; рассчитывать параметры и выбирать аппаратуру для конкретного химико-технологического процесса	Умеет правильно применять на практике основные характеристики процессов тепло- и массопередачи; рассчитывать параметры и выбирать аппаратуру для конкретного химико-технологического процесса

Оценка сформированности компетенций по показателю **Навыки**.

Критерий	Уровень освоения и оценка			
	2	3	4	5

Владение навыками и методами проведения и обработки экспериментальных данных; методами технологических расчетов типовых процессов и аппаратов химической технологии	Не владеет навыками и методами проведения и обработки экспериментальных данных; методами технологических расчетов типовых процессов и аппаратов химической технологии	Владеет навыками и методами проведения и обработки экспериментальных данных; методами технологических расчетов типовых процессов и аппаратов химической технологии	Владеет навыками и методами проведения и обработки экспериментальных данных; методами технологических расчетов типовых процессов и аппаратов химической технологии	Владеет навыками и методами проведения и обработки экспериментальных данных; методами технологических расчетов типовых процессов и аппаратов химической технологии
---	---	--	--	--

## 6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

### 6.1. Материально-техническое обеспечение

№	Наименование специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы
1	Зал курсового, дипломного проектирования и учебная лаборатория для проведения лекционных занятий, консультаций, текущего контроля, промежуточной аттестации	Специализированная мебель; мультимедийный проектор, переносной экран, ноутбук
2	Специализированная учебная лаборатория дисциплины «Процессы и аппараты химической технологии» оборудованная в соответствии с требованиями, предъявляемыми к учебным химическим лабораториям.	<p>В лаборатории имеются приборы и оборудование:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- весы аналитические ВЛТК-500;</li> <li>- центрифуга;</li> <li>- установка для определения режима движения жидкости (напорный бак, ёмкость с красителем, расходомер, термометр);</li> <li>- установка для определения гидравлических сопротивлений трубопроводов (вентиль, поворот, расширение - сужение, змеевик, газовый счетчик, дифференциальный манометр, лабораторный трансформатор, вентилятор);</li> <li>- установка для изучения гидравлики псевдооживленного слоя (прозрачный вертикальный цилиндрический корпус, газовый счетчик, дифференциальный манометр, лабораторный трансформатор, вентилятор);</li> <li>- установка для определения характери-</li> </ul>

		<p>стик центробежного вентилятора (центробежный вентилятор, ваттметр, трубка Пито, дифференциальный манометр);</p> <p>-установка для фильтрации суспензий под вакуумом (фильтр, вакуум-насос, мешалка, сборник фильтрата, вакуумметр, влагоотделитель, термометр); -установка для исследования влагосодержания материала и скорости процесса сушки (сушильный шкаф, смонтированные в шкаф весы);</p> <p>- установка для изучения процесса конвективной сушки (сушильная камера, вентилятор, калорифер, трансформатор, расходомер, цифровой термометр, гигрометр гигрометр, установка компрессорная УК-25-16м);</p> <p>- установка для изучения процесса массопередачи (массообменный аппарат, термостат, влагоотделитель, вентилятор, расходомер, термометр, цифровой гигрометр);</p> <p>-установка для определения теплопроводности материалов (экспериментальный блок) с компьютерным программным обеспечением;</p> <p>-трансформатор, переключатель температуры;</p> <p>-установка для изучения процесса теплопередачи (теплообменный аппарат типа «труба в трубе», термостат, ротаметр) с компьютерным программным обеспечением.</p>
3	Зал курсового и дипломного проектирования для проведения самостоятельной работы	Специализированная мебель; мультимедийный проектор, переносной экран, ноутбук, компьютеры
4	Читальный зал библиотеки для проведения самостоятельной работы	Специализированная мебель; компьютерная техника, подключенная к сети «Интернет», имеющая доступ в электронную информационно-образовательную среду

## 6.2. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение

№	Перечень лицензионного программного обеспечения.	Реквизиты подтверждающего документа
1	Microsoft Windows 10 Корпоративная	Соглашение Microsoft Open Value Subscription V6328633. Соглашение действительно с 02.10.2017 по 31.10.2023). Договор поставки ПО 0326100004117000038-0003147-01 от 06.10.2017
2	Microsoft Office Professional Plus 2016	Соглашение Microsoft Open Value Subscription V6328633. Соглашение действит-

		тельно с 02.10.2017 по 31.10.2023
3	Kaspersky Endpoint Security «Стандартный Russian Edition»	Сублицензионный договор № 102 от 24.05.2018. Срок действия лицензии до 19.08.2020 Гражданско-правовой Договор (Контракт) № 27782 «Поставка продления права пользования (лицензии) Kaspersky Endpoint Security от 03.06.2020. Срок действия лицензии 19.08.2023г.
4	Google Chrome	Свободно распространяемое ПО согласно условиям лицензионного соглашения
5	Mozilla Firefox	Свободно распространяемое ПО согласно условиям лицензионного соглашения

### 6.3. Перечень учебных изданий и учебно-методических материалов

1. *Касаткин А.Г.* Основные процессы и аппараты химической технологии. М.: Альянс. – 2004. – 750 с.
2. Дытнерский, Ю.И. Процессы и аппараты химической технологии: В двух томах / Ю.И. Дытнерский. - М.: Альянс, 2015. - 368 с.
3. *Смаль Д.В., Черкасов А.В., Осипов Ю.М.* Процессы и аппараты химической технологии. (Учебное пособие к выполнению лабораторных работ по направлению 18.03.01 «Химическая технология»). - Белгород: Изд-во БГТУ, 2016. – Ч. 1.-77с.
4. *Смаль Д.В., Черкасов А.В., Осипов Ю.М., Коновалов В.М.* Процессы и аппараты химической технологии. (Учебное пособие к выполнению лабораторных работ по направлению 18.03.01 «Химическая технология»). - Белгород: Изд-во БГТУ, 2017. – Ч. 2.- 114с.
5. Черкасов А.В., Смаль Д.В. Гидромеханические и гидростатические процессы: (методические указания к выполнению практических работ по направлению 18.03.01 «Химическая технология»). – Белгород: Изд-во БГТУ, 2014.- 18с.
6. Черкасов А.В., Смаль Д.В. Тепловые и массообменные процессы: (методические указания к выполнению практических работ по направлению 18.03.01 «Химическая технология»). – Белгород: Изд-во БГТУ, 2014.-16с.
7. Черкасов А.В., Смаль Д.В., Ковалев С.В. Расчёт и проектирование сушильных установок (Учебное пособие) по направлениям подготовки 18.03.01 - Химическая технология, 18.03.02 Энерго - и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии. – Белгород: Изд-во БГТУ, 2020. – 111 с.

#### **6.4. Перечень интернет ресурсов, профессиональных баз данных, информационно-справочных систем**

1. Сборник нормативных документов «СтройКонсультант» [www.snip.ru](http://www.snip.ru) - Доступ осуществляется в зале электронных ресурсов НТБ (к.302).
2. <http://www.knigafund.ru/>
3. <http://www.ustu.ru/study/high/bachelor-specialist/khtf/resource/hf-res-prof/>
4. <http://paht.ruz.net/materials.htm>
5. <http://www.elibrary.ru/defaultx.asp>
6. Электронно-библиотечная система «Консультант студента» <http://www.studentlibrary.ru/>
7. Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU: <http://elibrary.ru/>
8. Национальная электронная библиотека: <http://xn--90ax2c.xn--p1ai/>
9. Электронная библиотечная система «Юрайт»: <https://biblio-online.ru/>
10. Электронная библиотека НИУ БелГУ: <http://library-mp.bsu.edu.ru/MegaPro/Web>