

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**

Направление подготовки:  
**18.03.01 Химическая технология**

Направленность программы:  
Химическая технология стекла и керамики  
Химическая технология вяжущих и композиционных материалов  
Технология и переработка полимеров

Квалификация

бакалавр

Форма обучения

очная

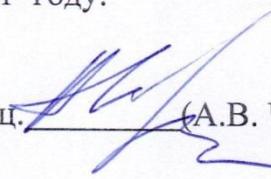
**Институт:** Химико-технологический

**Кафедра:** Технологии цемента и композиционных материалов

Белгород – 2021

Рабочая программа составлена на основании требований:

- Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования - бакалавриат по направлению подготовки 18.03.01 Химическая технология, утвержденного приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 07.08.2020 г. № 922.
- учебного плана, утвержденного ученым советом БГТУ им. В.Г. Шухова 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)

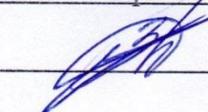
« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

Рабочая программа согласована с выпускающей кафедрой  
Технологии цемента и композиционных материалов

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

« 14 » мая 2021 г., протокол № 19

Рабочая программа согласована с выпускающей кафедрой  
Технология стекла и керамики

Заведующий кафедрой: к.т.н., доц.  (В.А. Дороганов)

Рабочая программа одобрена методической комиссией химико-технологического института

« 15 » мая 2021 г., протокол № 9

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

## 1. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Категория (группа) компетенций	Код и наименования компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Наименование показателя оценивания результата обучения по дисциплине
Общепрофессиональные компетенции	<p style="text-align: center;">ОПК-4</p> <p>Способен обеспечивать проведение технологического процесса, использовать технические средства для контроля параметров технологического процесса, свойств сырья и готовой продукции, осуществлять изменение параметров технологического процесса при изменении свойств сырья.</p>	<p style="text-align: center;">ОПК-4.1</p> <p>Выбирает способ использовать основные законы естественнонаучных и технических дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования; использовать приобретённые знания в области типовых процессов и аппаратов химической технологии.</p>	<p><b>Знания:</b> основных принципов организации моделирования химической технологии в области типовых процессов и аппаратов, конструкции типового оборудования для осуществления типовых химико-технологических процессов. Знать основные законы технических дисциплин и методы интенсификации, повышения эффективности и оптимизации типовых химико-технологических процессов.</p> <p><b>Умения:</b> рассчитывать технологические критерии эффективности химико-технологического процесса, теорий, уравнений, методов процессов и аппаратов химической технологии при изучении и разработке химико-технологических процессов. Уметь выполнять при разработке</p>

			<p>технических проектов технологический расчёт основных аппаратов химических технологий, включая материальный, термодинамический, тепловой, массообменный, гидравлический и экономический расчёты.</p> <p><b>Навыки:</b> владения методиками проведения и обработки экспериментальных данных; методами технологических расчетов типовых процессов и аппаратов химической технологии; навыками проектирования промышленных аппаратов и определения оптимальных технологических режимов работы оборудования.</p>
<p><b>Научно-исследовательская деятельность</b></p>	<p>ОПК-5 Способен осуществлять экспериментальные исследования и испытания по заданной методике, проводить наблюдения и измерения с учетом требований техники безопасности, обрабатывать и интерпретировать</p>	<p>ОПК-5.1 Формирование способности понимать физико-химическую сущность процессов и использовать основные законы протекания химико-технологических процессов в комплексной производственно-технологической деятельности, контролировать правила</p>	<p><b>Знания:</b> основных законов протекания химико-технологических процессов, контроля основных технологических параметров, нормы контроля по соблюдению требований охраны труда и техники безопасности <b>Умения:</b> анализировать</p>

	экспериментальные данные.	соблюдения требований охраны труда	<p>результаты эксперимента, производить их обработку, 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; контролировать правила соблюдения требований охраны труда</p> <p><b>Навыки:</b> владеть методиками экспериментального исследования изучаемых процессов, методами оценки процессов с целью обоснованного выбора стандартных аппаратов, основными нормами контроля по соблюдению требований охраны труда</p>
		<p>ОПК-5.2</p> <p>Готовность осуществлять технологический процесс и использовать технические средства для измерения основных параметров технологического процесса, свойств сырья и продукции; применять аналитические и</p>	<p><b>Знания:</b> теоретические основы процессов химической технологии, законы, их описывающие, физическую сущность процессов химической технологии, конструкции аппаратов и принцип их работы.</p> <p><b>Умения:</b> определять основные характеристики процессов тепло- и</p>

		<p>численные методы решения профессиональных практических задач, использовать современные информационные технологии, проводить обработку информации с использованием прикладных программ деловой сферы деятельности.</p>	<p>массопередачи; рассчитывать параметры и выбирать аппаратуру для конкретного химико-технологического процесса; обоснованно составлять схемы установок с целью достижения оптимального результата.  <b>Навыки:</b> владеть методами использования технических средств, для измерения основных параметров технологического процесса, свойств сырья и продукции пользоваться справочной и научной литературой по всем разделам дисциплины; осуществлять типовые гидродинамические, тепловые, массообменные расчёты с использованием прикладных программ деловой сферы деятельности.</p>
--	--	--	--

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

### 2.1. Компетенция ОПК-4

Способен обеспечивать проведение технологического процесса, использовать технические средства для контроля параметров технологического процесса, свойств сырья и готовой продукции, осуществлять изменение параметров технологического процесса при изменении свойств сырья.

Данная компетенция формируется следующими дисциплинами.

Стадия	Наименования дисциплины
1	Электротехника и промышленная электроника
2	Инженерная графика и основы конструкторской документации
3	Процессы и аппараты химической технологии
4	Общая химическая технология
5	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы

### 2.2. Компетенция ОПК-5

Способен осуществлять экспериментальные исследования и испытания по заданной методике, проводить наблюдения и измерения с учетом требований техники безопасности, обрабатывать и интерпретировать экспериментальные данные.

Данная компетенция формируется следующими дисциплинами.

№	Наименование дисциплины (модуля)
1	Процессы и аппараты химической технологии
2	Общая химическая технология
3	Научно – исследовательская работа
4	Производственно-технологическая (проектно-технологическая) практика
5	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы

## 3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 10 зач. единиц, 360 часов.

Дисциплина реализуется в рамках практической подготовки:

Форма промежуточной аттестации экзамен

Вид учебной работы	Всего часов	Семестр № 3	Семестр № 4
Общая трудоемкость дисциплины, час	360	144	180
<b>Контактная работа (аудиторные занятия), в т.ч.:</b>	136	85	51
лекции	68	34	34
лабораторные	68	34	34
практические	17		17
<b>Самостоятельная работа студентов, включая индивидуальные и групповые консультации, в том числе:</b>	198	69	129
Курсовой проект	-	-	-
Курсовая работа	36		36
Расчетно-графическое задания	-	-	-
Индивидуальное домашнее задание	-	-	-
Самостоятельная работа на подготовку к аудиторным занятиям (лекции, практические занятия, лабораторные занятия)	199	69	130
Форма промежуточная аттестация (зачет, 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 <sup>1</sup>
Модуль 1: Основы гидравлики.					

Тема 1. Классификация основных процессов. Основные определения.	1		4	4,5
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
Модуль 2: Гидростатика.				
Тема 1. Гидростатика.	1		4	4,5
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	8,5
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	1		-	0,5

	<p>смыслы. Практическое применение уравнения Бернулли; измерение скорости и расхода жидкости: истечение жидкости через отверстия.</p> <p>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.</p> <p>Тема 6. Влияние режимов течения на скорость движения двухфазных потоков. Гидродинамика "кипящего" слоя. Сопротивление взвешенного слоя. Пневмо – и гидротранспорт.</p>	1		-	0,5
		1		-	0,5
Модуль 4: Перемещение жидкостей.					
	Тема 1. Насосы центробежные,	1		8	8,5
	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	8,5
	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 фильтрования, пути ее создания. Классификация и области применения фильтровальных перегородок. Уравнение Дарси. Определение констант процесса Фильтрования. 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 фильтрованием. Рукавные фильтры. Расчет и подбор; рукавных фильтров.				

	Мокрая очистка запыленных газов. Электрофилльтры, 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	2,5
	Тема 2. Механическое перемешивание.				
	Тема 3. Интенсивность и эффективность процесса перемешивания.	1		-	0,5
	Тема 4. Критерии подобия. Критерий мощности.	1		-	0,5
	Виды и области применения мешалок. Расчет и подбор мешалок.	1		-	0,5
	<b>ВСЕГО</b>	<b>34</b>		<b>34</b>	<b>51</b>

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 работа на подготовку к аудиторным занятиям <sup>2</sup>
<b>Модуль 7: Основы теплопередачи в химической аппаратуре.</b>					
	Тема 1. Общие сведения. Температурное поле, температурный градиент. Классификация теплообменных процессов. Виды и области применения теплоносителей. Тепловые балансы.	2	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	2	5
	Тема 3. Тепловое излучение. Закон Стефана. Закон Кирхгофа. Взаимное излучение двух твёрдых тел.	2	2	2	5
	Тема 4. Передача тепла конвекцией (конвективный теплообмен). Закон теплоотдачи Ньютона. Дифференциальное уравнение конвективного теплообмена.	2	2	2	5
	Тема 5. Теплоотдача, её виды. Тепловой пограничный слой. Тепловые критерии подобия.	2	2	2	5
	Тема 6. Расчёт коэффициентов теплоотдачи. Значения коэффициентов теплоотдачи в промышленных теплообменных процессах.	2	2	2	5
	Тема 7. Расчет потерь тепла совместно конвекцией и излучением.	2	2	2	5
	Тема 8. Теплопередача. Аддитивность термических сопротивлений. Основное уравнение теплопередачи. Движущая сила процесса. Нагревание, охлаждение, конденсация. Общие сведения.	2	2	2	5
	Тема 9. Конструкции теплообменных аппаратов. Расчет теплообменных аппаратов. Нестационарный теплообмен. Выпаривание, общие сведения.	1	1	1	2,5
<b>Модуль 8: Основы массопередачи.</b>					

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.	2	-	2	3
Тема 2. Молекулярная диффузия. Турбулентная диффузия. Дифференциальное уравнение конвективной диффузии. Конвективный массоперенос.	2	-	2	3
Тема 3. Механизм процесса массопереноса. Модели процессов массопереноса. Массоотдача. Основное уравнение массоотдачи. Подобие процессов переноса массы. Массообмен. Уравнение массообмена.	2	-	2	3
Тема 4. Аддитивность диффузионных сопротивлений. Объемные коэффициенты массоотдачи и массообмена. Пути интенсификации массообменных процессов. Расчет основных размеров массообменных аппаратов.	2	-	2	3
Тема 5. Абсорбция, основные понятия. Перегонка жидкостей, основные понятия. Ректификация, основные понятия. Экстракция, основные понятия.	2	-	2	3
Тема 6. Сушка. Классификация сушильных процессов. Виды связи влаги с материалом. Основные параметры влажного воздуха. I-x диаграмма Рамзина. Увлажнение и сушка воздуха.	2	-	2	3
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.	2	-	2	3
Тема 8. Варианты процессов сушки. Устройство сушильных установок (туннельные, барабанные, сушилки «кипящего слоя», распылительные, высокочастотные).	2	-	2	3
Тема 9. Мембранные процессы. Основные мембранные методы разделения. Основное уравнение мембранных процессов, движущая сила процесса. Аппараты для обратного осмоса и ультрафильтрации. Диализ, электродиализ.	1	-	1	1,5
Всего				
	34	17	34	68

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

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Тема практического (семинарского) занятия	К-во лекц. часов	Самостоятельная работа на подготовку к аудиторным занятиям
семестр № 4				
1	Уравнение расхода и неразрывности потока.	Расчёт расходов, скоростей.	2	12
2	Режимы движения жидкостей.	Эквивалентный диаметр и гидравлический радиус.	2	12
3	Уравнение Бернулли.	Уравнение Бернулли. Гидравлические сопротивления.	2	12
4.	Насосы, вентиляторы дымососы.	Расчёт полных гидравлических сопротивлений сети, подбор вентиляторов и дымососов	2	12
5.	Разделение гетерогенных систем.	Расчёт и подбор циклонов.	2	12
6.	Разделение неоднородных систем	Расчет и подбор рукавных фильтров.	2	12
7.	Тепловой баланс теплообменников.	Теплообмен. Теплопроводность. Теплоотдача. Теплопередача. Промышленные способы передачи тепла	2	12
8.	Сушка. тепловой баланс.	I-х диаграмма Рамзина. Сушка	2	12
9.	Основы теплопередачи	Расчет потерь тепла совместно конвекцией и излучением.	1	5
ИТОГО:			17	101

### 4.3. Перечень лабораторных занятий и объем в часах

#### Курс 2 Семестр № 3

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Тема лабораторного занятия	Кол-во часов	Самостоятельная работа на подготовку к аудиторным занятиям <sup>3</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
	ИТОГО		34	34

#### 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
	ИТОГО		34	34

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

Расчетная часть включает в себя: введение, где необходимо указать достоинства и недостатки данного сушильного аппарата, объяснить выбранную схему подачи высушиваемого материала и сушильного агента, описать технологическую схему сушильной установки; материальный и тепловой балансы сушилки; построение процесса сушки на I-X диаграмме для летних и зимних условий; расчет и подбор вспомогательного оборудования; список используемой литературы.

Построенная I-X диаграмма обязательно подшивается в расчетно-пояснительную записку. Схема сушилки выполняется на листе Формата А-О или А-3.

Тема: Рассчитать и спроектировать барабанную сушилку

Варианты 00-09

Рассчитать и спроектировать барабанную сушилку для сушки кускового мела производительностью  $G_1$  (по влажному материалу). Мел высушивается от  $U_1$  до  $U_2$  (считая на общую массу). В сушилке осуществляется нормальный сушильный вариант. Температура воздуха на входе в сушилку  $t_1$ , на выходе –  $t_2$ . Давление пара в калорифере  $P$ . Исходные данные приведены в табл. 1.

Таблица 1

№ п/п	Место строительства	$G_1$ , т/ч	$U_1$ , %	$U_2$ , %	$t_1$ , °C	$t_2$ , °C	$P$ , кгс/см <sub>2</sub>
00.	Архангельск	0,5	8	0,8	105	40	1,5
01.	Брянск	0,6	9	0,9	110	40	1,7
02.	Вологда	0,7	10	1,0	115	40	1,9
03.	Воронеж	0,8	11	1,1	120	45	2,5
04.	Иваново	0,9	12	1,2	125	50	3,0
05.	Вятка (Киров)	1,0	13	1,3	130	55	3,5
06.	Курск	1,1	14	1,4	135	60	4,0
07.	Орел	1,2	15	1,5	140	65	4,5
08.	Тамбов	1,3	16	1,6	145	70	5,0
09.	Харьков	1,4	17	1,7	150	75	5,5

Тема: Рассчитать и спроектировать сушилку "кипящего слоя"

Варианты 10-19

Рассчитать и спроектировать сушилку "кипящего слоя" для сушки каменной соли производительностью  $G_1$  (по высушенному материалу). Соль высушивается от  $U_1$  до  $U_2$  (считая на общую массу). Температура разбавленного воздухом топочных газов (продукт сгорания топлива - выбор по месту строительства) –  $t_1$ , температура отходящих газов –  $t_2$ . Исходные данные приведены в табл.2.

Таблица 2

№ п/п	Место строительства	G <sub>1</sub> , т/ч	U <sub>1</sub> , %	U <sub>2</sub> , %	t <sub>1</sub> , °C	t <sub>2</sub> , °C
10.	Астрахань	15	7	0,4	700	115
11.	Баку	16	8	0,5	725	120
12.	Владивосток	17	9	0,6	750	125
13.	Казань	18	10	0,7	775	130
14.	Красноводск	19	11	0,8	800	130
15.	Николаев	20	12	0,9	825	135
16.	Одесса	21	13	0,8	800	125
17.	Пермь	22	14	0,7	775	120
18.	Ростов-на-Дону	23	15	0,6	750	115
19.	Томск	24	16	0,5	725	110

#### 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-4** Способен обеспечивать проведение технологического процесса, использовать технические средства для контроля параметров технологического процесса, свойств сырья и готовой продукции, осуществлять изменение параметров технологического процесса при изменении свойств сырья.

Наименование индикатора достижения компетенции	Используемые средства оценивания
<p>ОПК-4.1</p> <p>Выбирает способ использовать основные законы естественнонаучных и технических дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования; использовать приобретённые знания в области типовых процессов и аппаратов химической технологии для понимания природы более сложных физико-химических процессов и явлений.</p>	<p>Экзамен, защита курсовой работы, защита лабораторных работ, разно-уровневые задачи, собеседование, зачет</p>

**2. Компетенция ОПК-5** Способен осуществлять экспериментальные исследования и испытания по заданной методике, проводить наблюдения и измерения с учетом требований техники безопасности, обрабатывать и интерпретировать экспериментальные данные.

Наименование индикатора достижения компетенции	Используемые средства оценивания
<p>ОПК-5.1 Формирование способности понимать физико-химическую сущность процессов и использовать основные законы протекания химико-технологических процессов в комплексной производственно-технологической деятельности.</p>	<p>Экзамен, защита лабораторных работ, разноуровневые задачи, собеседование</p>
<p>ОПК-5.2 Готовность осуществлять технологический процесс и использовать технические средства для измерения основных параметров технологического процесса, свойств сырья и продукции; применять аналитические и численные методы решения профессиональных практических задач, использовать современные информационные технологии, проводить обработку информации с использованием прикладных программ деловой сферы деятельности.</p>	<p>Экзамен, защита лабораторных работ, разноуровневые задачи, собеседование, зачет.</p>

## 5.2. Типовые контрольные задания для промежуточной аттестации

### Общая процедура и сроки проведения оценочных мероприятий

Оценивание результатов обучения студентов по дисциплине осуществляется по регламентам текущего контроля и промежуточной аттестации.

Текущий контроль в семестре проводится с целью обеспечения своевременной обратной связи, для коррекции обучения, активизации самостоятельной работы студентов. Объектом текущего контроля являются конкретизированные результаты обучения (учебные достижения) по дисциплине.

Текущий контроль предусматривает проведение следующих мероприятий:

- допуск к лабораторным работам, защита лабораторных работ;
- проверка выполнения заданий, выносимых на практические занятия;
- контрольные работы;

- подготовка рефератов, презентаций по темам, выносимым на самостоятельное изучение.

- тестирование

Текущий контроль осуществляется в течении семестра.

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

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание вопросов (типовых заданий)
1	Основы гидравлики (ОПК-4)	<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-4)	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Основное уравнение гидростатики.</li> <li>2. Практическое применение основного уравнения гидростатики.</li> </ol>
3	Гидродинамика (ОПК-4)	<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-4)	<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-4)	<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.</li> </ol>

		<p>Работа насосов на сеть.</p> <ol style="list-style-type: none"> <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> <li>7. Осаждение частиц под действием сил тяжести. Факторы, влияющие на скорость процесса. Интенсификация процессов осаждения.</li> <li>8. Разделение в поле действия центробежных сил. Гидроциклоны.</li> <li>9. Циклоны, устройство и принцип действия. Расчет и подбор циклонов.</li> <li>10. Процесс центрифугирования и способы его интенсификации.</li> <li>11. Фильтрация гетерогенных систем. Классификация фильтровальных перегородок.</li> <li>12. Скорость процесса фильтрации, способы её ускорения. Константы процесса фильтрации, метод их определения.</li> </ol>
6.	Перемешивание в жидких средах. (ОПК-4)	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Гидродинамика взвешенного слоя. Области применения и физическая сущность гидротранспорта.</li> <li>2. Перемешивание в жидких средах. Общие сведения.</li> <li>3. Механическое перемешивание. Интенсивность и эффективность процесса перемешивания. Критерии подобия. Критерий мощности.</li> </ol> <p>Виды и области применения мешалок. Расчет и подбор мешалок.</p>
7.	Основы теплопередачи в химической аппаратуре. (ОПК-4)	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Основы теплопередачи в химической аппаратуре. Общие сведения. Температурное поле, температурный градиент.</li> <li>2. Классификация теплообменных процессов. Виды и области применения теплоносителей.</li> <li>3. Тепловые балансы теплообменников.</li> <li>4. Передача тепла теплопроводностью. Закон Фурье. Дифференциальное уравнение теплопроводности.</li> <li>5. Теплопроводность плоских и цилиндрических стенок: одно- и многослойных. Расчет тепловой изоляции.</li> <li>6. Тепловое излучение. Закон Стефана. Закон Кирхгофа. Взаимное излучение двух твёрдых тел.</li> <li>7. Передача тепла конвекцией (конвективный теплообмен). Закон теплоотдачи Ньютона.</li> <li>8. Дифференциальное уравнение конвективного теплообмена.</li> <li>9. Теплоотдача, её виды. Тепловой пограничный слой.</li> <li>10. Тепловые критерии подобия.</li> <li>11. Расчёт коэффициентов теплоотдачи. Значения</li> </ol>

		<p>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-4)	<p>1. Основы массопередачи. Общие сведения. Виды процессов массопередачи.</p> <p>2. Способы выражения состава фаз. Равновесие при массопередаче. Материальный баланс.</p> <p>5. Рабочая и равновесная концентрации. Рабочая и равновесная линии. Определение направленности массопереноса. Скорость массопередачи. 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. Подobie процессов переноса массы.</p> <p>10. Массопередача. Уравнение массопередачи. Движущая сила процессов массопередачи. Аддитивность диффузионных сопротивлений.</p> <p>11. Расчёт основных размеров массообменных аппаратов. Объемные коэффициенты массоотдачи и массопередачи. 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 курсовой работы

№ п/ п	Тема КР	Содержание вопросов (типовых заданий)
1.	<p>Рассчитать и спроектировать барабанную сушилку для сушки кускового мела производительностью <math>G_1</math> (по влажному материалу).</p> <p>Материальный расчет сушилки. Внутренний баланс сушильной камеры. Построение на диаграмме I-x процесса сушки воздухом. Расчет расходов сушильного агента. Расчет рабочего объема сушилки. Расчет параметров барабанной сушилки. Расчет гидравлического сопротивления сушильной установки.</p> <p>Компетенция: ОПК-5</p>	<p>1. Как влияет выбор сырья и его влажность на технологическую схему процесса?</p> <p>2. Какие существуют способы сушильных установок?</p> <p>3. В чем преимущества барабанных сушилок при проведении процесса сушки перед другими типами аппаратов?</p> <p>4. Как рассчитать интенсивность работы сушильного аппарата?</p> <p>5. Объясните принцип работы прямоточного аппарата и противоточного, какая схема позволяет интенсифицировать теплообмен?</p> <p>Ответ обоснуйте.</p>
2.	<p>Вспомогательные и дополнительные расчеты. Расчет плотности влажного воздуха. Расчет потери теплоты в окружающую среду. Расчет калорифера при сушке воздухом. Расчет питателей и затворов. Выбор и расчет пылеуловителей. Выбор вентиляторов и дымососов.</p> <p>Компетенция: ОПК-5</p>	<p>1. Приведите общую схему технологического производства сушки сырьевых материалов?</p> <p>2. Какое топливо используется для получения сушильного агента?</p> <p>3. Приведите в виде схемы последовательность операций при сушке сырьевых материалов?</p>

### 5.3. Типовые контрольные задания (материалы) для текущего контроля в семестре

Текущий контроль осуществляется в течение семестра в форме защиты лабораторных работ, выполнения заданий для самоподготовки, выполнение и защита задания по курсовой работе, решение разно-уровневых задач. Собеседование предполагает специальную беседу с обучающимся и позволяет оценить объем его **знаний и умений** по определенному разделу дисциплины «Процессы и аппараты химической технологии».

Текущий контроль изучения теоретического материала возможен с применением тестирования. Контрольные задания построены по принципу от простого к сложному.

#### Темы и типовые контрольные вопросы текущего контроля

#### Перечень практических (семинарских) занятий, их краткое содержание.

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Тема практического (семинарского) занятия
семестр № 4		
1	Уравнение расхода и неразрывности потока.	Расчёт расходов, скоростей.
2	Режимы движения жидкостей.	Эквивалентный диаметр и гидравлический радиус.
3	Уравнение Бернулли.	Уравнение Бернулли. Гидравлические сопротивления.
4.	Насосы, вентиляторы дымососы.	Расчёт полных гидравлических сопротивлений сети, подбор вентиляторов и дымососов
5.	Разделение гетерогенных систем.	Расчёт и подбор циклонов.
6.	Разделение неоднородных систем	Расчет и подбор рукавных фильтров.
7.	Тепловой баланс теплообменников.	Теплообмен. Теплопроводность. Теплоотдача. Теплопередача. Промышленные способы передачи тепла
8.	Сушка. тепловой баланс.	I-х диаграмма Рамзина. Сушка.
9.	Основы теплопередачи	Расчет потерь тепла совместно конвекцией и излучением.

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)
I	Гидродинамика. Перемещение жидкостей.	ОПК-4	<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> <li>16. От каких параметров зависит значение <math>Re_{кр}</math> для змеевиков.</li> </ol>
		ОПК-5	<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-4	<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-4	<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-4	<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> <li>5. Перечислите и охарактеризуйте основные понятия, которыми описываются тепловые процессы.</li> <li>6. Типы теплообменников, области их применения.</li> <li>7. Формулы для расчёта теплоотдачи, теплопроводности, теплопередачи. Коэффициенты теплопередачи, теплопроводности, теплоотдачи, их размерность.</li> <li>8. Термическое сопротивление, его расчёт.</li> <li>9. Влияние толщины изоляции на теплопотери.</li> <li>10. Тепловой пограничный слой.</li> <li>11. Влияние скорости движения теплоносителя на коэффициент теплоотдачи.</li> </ol>
5	Основы массопередачи.	ОПК-4	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. <i>I-x</i> диаграмма состояния влажного воздуха.</li> <li>2. Абсолютная и относительная влажность воздуха.</li> <li>3. Влагосодержание.</li> <li>4. Энтальпия.</li> <li>5. Температуры сухого и мокрого термометров.</li> <li>6. Температура точки росы</li> <li>7. Парциальное давление влаги и абсолютно сухого воздуха.</li> <li>8. Приборы для определения параметров влажного воздуха.</li> <li>9. Определение параметров отходящих газов.</li> </ol>

	ОПК-5	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Классификация массообменных процессов.</li> <li>2. Сущность конвективного и диффузионного переноса количества вещества.</li> <li>3. Что является движущей силой массообмена?</li> <li>4. Как рассчитать среднюю движущую силу процесса?</li> <li>5. Понятие рабочей и равновесной линии. Определение направленности массообменных процессов.</li> <li>6. Понятие о числе единиц переноса и коэффициенте извлечения с точки зрения характеристик массообменного аппарата.</li> <li>7. Применение критериев подобия в оценке процессов массообмена.</li> <li>8. Модели процессов массопереноса.</li> <li>9. Понятие о массопроводности при массопередаче с твёрдой фазой.</li> <li>10. Классификация массообменных процессов.</li> </ol>
--	-------	--

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

### Перечень типовых тестовых заданий

<b>Компетенция ОПК-4</b>	
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> <li>5. Массообменные.</li> </ol>
2	<p>В зависимости от изменения параметров процесса во времени, различают:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Стационарные.</li> <li>2. Периодические.</li> <li>3. Массообменные.</li> <li>4. Нестационарные.</li> </ol>
3	<p>Перенос импульса массы описывается уравнением:</p> <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	<p>Физическое моделирование основывается на:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Математической аналогии.</li> <li>2. Составлении систем дифференциальных уравнений.</li> <li>3. Теории подобия.</li> </ol>

	4. Построении алгоритма расчетов исходя из математического описания законов природы, влияющих на протекание рассматриваемого процесса.
5	Критерий подобия это: 1. Отношение безразмерного комплекса разнородных величин. 2. Отношение однородных величин.
6	...- раздел гидромеханики, в котором изучаются равновесие и воздействие жидкости на погруженные в нее тела.
7	Укажите основное уравнение гидростатики: 1. $z_1 + \frac{p_1}{\rho g} = z_2 + \frac{p_2}{\rho g}$ 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. $h_{тр} = \frac{64}{Re} \cdot \frac{l}{d} \cdot \frac{\omega^2}{2g}$
8	Определить абсолютное давление в аппарате, если показания манометра 0,2 ат: 1. 1,2 ат. 2. 3 ат. 3. 0.8 ат.
9	Измерение давления в аппаратах, принцип сообщающихся сосудов, воздушный подъемник (газлифт), расчет дымовой трубы, работа гидравлического прессы основаны на: 1. основном уравнении гидростатики 2. уравнении Бернулли. 3. уравнении Дарси.
10	К основным характеристикам движения жидкости относятся: 1. Давление. 2. Средняя скорость 3. Массовый расход. 4. Эквивалентный диаметр. 5. Вязкость.
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:

	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Фруда</li> <li>2. Эйлера</li> <li>3. Рейнольдса</li> <li>4. Архимеда.</li> </ol>
--	--

<b>Компетенция ОПК-5</b>	
1	<p>Средняя скорость при турбулентном движении жидкости по трубопроводу определяется соотношением:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. <math>\omega_{cp} = 0,5 \omega_{max}</math></li> <li>2. <math>\omega_{cp} = 0,3 \omega_{max}</math></li> <li>3. <math>\omega_{cp} = 0,8 - 0,95 \omega_{max}</math></li> </ol>
2	<p>Укажите уравнение постоянства расхода жидкости.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. <math>z + \frac{p}{\rho g} = const</math></li> <li>2. <math>z + \frac{p}{\rho g} + \frac{\omega^2}{2g} = const</math></li> <li>3. <math>\rho \omega S = const</math></li> </ol>
3	<p>Укажите основное уравнение гидродинамики для идеальной жидкости:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. <math>Z_1 + \frac{p_1}{\rho g} = z + \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_{тр} = \frac{64}{Re} \cdot \frac{l}{d} \cdot \frac{\omega^2}{2g}</math></li> </ol>
4	<p>С помощью трубки Пито-Прандтля определяют:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Местную скорость</li> <li>2. Среднюю скорость.</li> <li>3. Фиктивную скорость.</li> </ol>
5	<p>Укажите формулу для определения эквивалентного диаметра кольцевого сечения трубопровода:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. <math>d_3 = a^2</math>.</li> <li>2. <math>d_3 = D - d</math></li> <li>3. <math>d_3 = \frac{2ab}{a + b}</math></li> <li>4. <math>d_3 = \frac{D^2 - n \cdot d^2}{D + n \cdot d}</math></li> </ol>
6	<p>... – гидравлические машины, которые преобразуют механическую энергию двигателя в энергию перемещаемой жидкости, повышая её давление.</p>
7	<p>К динамическим насосам относятся:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Центробежные.</li> <li>2. Осевые.</li> <li>3. Поршневые.</li> <li>4. 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>1. <math>\xi = \frac{24}{Re}</math></li> <li>2. <math>\xi = \frac{18.5}{Re^{0.6}}</math></li> <li>3. <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>1. <math>\Delta p = \lambda \frac{L}{d_s} \cdot \frac{\rho \omega^2}{2}</math></li> <li>2. <math>\Delta p = \frac{3 \cdot (1 - \varepsilon)}{2 \varepsilon^3 \Phi} \lambda \frac{H}{d_s} \cdot \frac{\rho \omega_0^2}{2}</math></li> <li>3. <math>\Delta p = \left( \lambda \frac{l}{d_s} + \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>1. <math>\omega_{oc} = \frac{d^2 g (\rho_m - \rho)}{18 \mu}</math></li> <li>2. <math>\omega_{oc} = \sqrt[3]{Ly \cdot \mu (\rho_m - \rho) g / \rho^2}</math></li> <li>3. <math>\omega_{oc} = \frac{Re \cdot \omega}{\rho \cdot d}</math></li> </ol>
11	<p>... – перенос тепла вследствие беспорядочного (теплого) движения микрочастиц, непосредственно соприкасающихся друг с другом.</p>
12	<p>Скорость процесса фильтрования описывается уравнением Дарси:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. <math>\Delta p = \lambda \frac{L}{d_s} \cdot \frac{\rho \omega^2}{2}</math></li> <li>2. <math>\frac{dV}{S d\tau} = \frac{\Delta P}{\mu (r_0 \cdot x_0 \cdot h + R_{\phi.n.})}</math></li> <li>3. <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>1. <math>Q = K \cdot \Delta T_{cp} \cdot S</math></li> <li>2. <math>dQ = -\lambda \frac{dt}{dn} dS d\tau</math></li> <li>3. <math>dQ = \alpha \cdot (t_1 - t_2) \cdot dS d\tau</math></li> </ol>
14	<p>Закон Стефана-Больцмана для серых тел имеет вид:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. <math>\frac{E_1}{A_1} = \frac{E_2}{A_2} = \frac{E_0}{A_0} = E_0</math></li> <li>2. <math>E = \varepsilon \cdot C_0 \left( \frac{T}{100} \right)^4</math></li> <li>3. <math>Q = C_{1-2} \left[ \left( \frac{T_1}{100} \right)^4 - \left( \frac{T_2}{100} \right)^4 \right] F \tau \varphi</math></li> </ol>
15	<p>Молекулярная диффузия описывается законом Фика:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. <math>dM = -D \frac{dC}{dn} dS d\tau</math></li> <li>2. <math>dQ = -\lambda \frac{dt}{dn} dS d\tau</math></li> <li>3. <math>dM_m = -E_\delta \frac{dC}{dn} dS d\tau</math></li> </ol>

## 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>	<i>Знание терминов, определений, понятий</i>
	<i>Знание объема содержания курса</i>
	<i>Четкость изложения и интерпретации знаний</i>
<i>Умения</i>	<i>Умение правильно применять на практике основные характеристики процессов тепло- и массопередачи; рассчитывать параметры и выбирать аппаратуру для конкретного химико-технологического процесса</i>
	<i>Умение выбирать методы, обоснованно составлять схемы установок с целью достижения оптимального результата.</i>
<i>Навыки</i>	<i>Владение навыками практического проектирования промышленных аппаратов и определения оптимальных технологических режимов работы оборудования.</i>
	<i>Владение навыками и методами проведения и обработки экспериментальных данных; методами технологических расчетов типовых процессов и аппаратов химической технологии</i>

### 5.4.1. Критерии оценивания лабораторной работы.

<i>Оценка</i>	<i>Критерии оценивания</i>
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 две части: теоретическую (2 вопроса) и практическую (1 задача). 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	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	3. Основное уравнение гидростатики. 4. Практическое применение основного уравнения гидростатики.
3	Гидродинамика	5. Основные характеристики движения жидкости. Закон внутреннего трения Ньютона. 6. Режимы движения жидкостей. Механизмы ламинарного и турбулентного движения. Гидродинамический пограничный слой. Способы расчета и определения расхода жидкостей.
4.	Перемещение жидкостей.	7. Выбор оптимального диаметра трубопроводов. 8. Уравнение Бернулли для идеальных и реальных жидкостей. 9. Практическое применение уравнения Бернулли. Истечение жидкости через отверстия. 10. Гидравлическое сопротивление трубопроводов и аппаратов. Расчет потерь давления на местные сопротивления. 11. Сопротивления трения. Расчет коэффициентов гидравлического трения. Влияние режимов течения и шероховатости на гидравлическое трение.
5.	Разделение неоднородных систем.	12. Перемещение жидкостей. Классификация машин для перемещения жидкостей. Основные параметры работы насосов.

		<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. Фильтрация гетерогенных систем. Классификация фильтровальных перегородок.</p> <p>23. Скорость процесса фильтрации, способы её ускорения. Константы процесса фильтрации, метод их определения.</p>
6.	Перемешивание в жидких средах.	<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. Виды и области применения мешалок. Расчет и подбор мешалок.</p>
7.	Основы теплопередачи в химической аппаратуре.	<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 твёрдых 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. Расчёт 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.	<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. Расчёт 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. Виды связи влаги с материалом.</p> <p>55. Основные параметры влажного воздуха. I-x 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>

		61. Варианты процессов сушки. 62. Устройство сушильных установок (туннельные, барабанные, сушилки «кипящего слоя», распылительные, высокочастотные). 63. Основные мембранные методы разделения. Основное уравнение мембранных процессов, движущая сила процесса. 64. Аппараты для обратного осмоса и ультрафильтрации. 65. Диализ, электродиализ.
--	--	---

### Типовые задачи к экзамену

#### ЗАДАЧА 1

По трубопроводу, состоящему из двух труб разного диаметра  $d_1$  и  $d_2$ , протекает жидкость, скорость потока которой  $v_1=0,8$  м/с. Определить скорость потока  $v_2$  и его расход (рис. 1).

Исходные данные	Вариант				
	№1	№2	№3	№4	№5
$d_1$ , м	0,9	1,0	1,2	1,3	1,5
$d_2$ , м	0,6	0,7	0,9	0,9	1,1

#### ЗАДАЧА 2

Вода из одной емкости поступает в другую по трубопроводу диаметром  $d$  и расходом  $Q$ . Определить число Рейнольдса, если кинематическая вязкость воды  $\nu=1,307$  м<sup>2</sup>/с.

Исходные данные	Вариант				
	№1	№2	№3	№4	№5
$d$ , мм	40	43	46	47	50
$Q$ , л/с	6	6,5	7	7	9

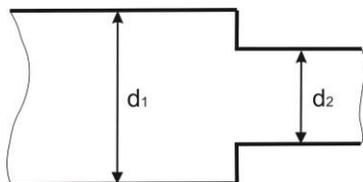


Рис. 1

#### ЗАДАЧА 3

При сжатии воды в цилиндре под поршнем давление в ней увеличилось на значение  $P$ . Необходимо определить конечный объем воды в цилиндре, если ее первоначальный объем составлял  $V_1$ , коэффициент объемного сжатия воды  $\beta_w=4,75 \times 10^{-10}$  1/Па.

Исходные данные	Вариант				
	№1	№2	№3	№4	№5
P, кПа	3	4,2	5	6,1	7
V <sub>1</sub> , л	2,6	2,8	3,3	3,4	5

### Критерии оценивания экзамена.

#### Критерии оценивания достижений в соответствии с компетенцией

**ОПК 4.** Способен обеспечивать проведение технологического процесса, использовать технические средства для контроля параметров технологического процесса, свойств сырья и готовой продукции, осуществлять изменение параметров технологического процесса при изменении свойств сырья.

Оценка преподавателем выставляется интегрально по всем показателям и критериям оценивания.

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, основные принципы организации химического производства	Полностью знает содержание курса без пробелов; основные принципы организации химического производства
Знание компонентов химической технологии и критериев выбора сырья.	Не знает компоненты химической технологии, критерии выбора сырья, общие.	Знает частично компоненты химической технологии, критерии выбора сырья.	Знает компоненты химической технологии и критерии выбора сырья, но допускает неточности при ответе.	Знает все компоненты химической технологии и критерии выбора сырья. общие
Знание общих закономерностей химических процессов и	Не знает общие закономерности химических процессов и	Знает частично общие закономерности химических процессов и	Знает общие закономерности химических процессов и	Знает все закономерности химических процессов и

методов оценки их эффективности и	методы оценки их эффективности.	процессов и методы оценки их эффективности. основы теории химических реакторов, принципы составления материальных и тепловых балансов и при этом допускает большое количество неточностей	методы оценки их эффективности, но допускает неточности. основы теории химических реакторов, принципы составления материальных и тепловых балансов, но допускает неточности	методы оценки их эффективности. основы теории химических реакторов, принципы составления материальных и тепловых балансов и отвечает на дополнительные вопросы
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 и, 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 полностью 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	Не умеет правильно применять на практике основные характеристики процессов тепло- и массопередачи; рассчитывать параметры и	Умеет правильно применять на практике основные характеристики процессов тепло- и массопередачи; рассчитывать параметры и выбирать	Умеет правильно применять на практике основные характеристики процессов тепло- и массопередачи; рассчитывать параметры и	Умеет правильно применять на практике основные характеристики процессов тепло- и массопередачи; рассчитывать параметры и

выбирать аппаратуру для конкретного химико-технологического процесса	выбирать аппаратуру для конкретного химико-технологического процесса	аппаратуру для конкретного химико-технологического процесса	выбирать аппаратуру для конкретного химико-технологического процесса	выбирать аппаратуру для конкретного химико-технологического процесса
Умение определять параметры наилучшей организации процесса.	Не умеет определять параметры наилучшей организации процесса.	Умеет определять параметры наилучшей организации процесса ,но допускает значительное количество ошибок.	Умеет определять параметры наилучшей организации процесса с незначительными неточностями.	Умеет уверенно определять параметры наилучшей организации 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
Владеть навыками расчета и анализа процессов в химическом реакторе	Не владеет навыками расчета и анализа процессов в химическом реакторе	Владеет навыками расчета и анализа процессов в химическом реакторе ,но допускает грубые ошибки.	Владеет навыками расчета и анализа процессов в химическом реакторе, допуская неточности.	Владеет навыками расчета и анализа процессов в химическом реакторе. Уверенно отвечает на дополнительные вопросы.

## Критерии оценивания достижений в соответствии с компетенцией

**ОПК 5** Способен осуществлять экспериментальные исследования и испытания по заданной методике, проводить наблюдения и измерения с учетом требований техники безопасности, обрабатывать и интерпретировать экспериментальные данные

Наименование показателя оценивания результата обучения по дисциплине	Критерий оценивания
Знания	Знание методологии исследования взаимодействия процессов химических превращений и явлений переноса на всех масштабных уровнях. Знание методов и средств диагностики и контроля основных технологических параметров. Знание правил по технике безопасности.
Умения	Умение анализировать результаты эксперимента, производить их обработку. Умение представлять результаты эксперимента в виде обобщающих выводов.
Навыки	Владеть методиками экспериментального исследования, изучаемых процессов Владеть навыками работы на экспериментальных установках.

### Оценка сформированности компетенций по показателю **Знания**.

Критерий	Уровень освоения и оценка			
	2	3	4	5
Знание методологии исследования взаимодействия процессов химических превращений и явлений переноса на всех масштабных уровнях	Не знает методологию исследования взаимодействия процессов химических превращений и явлений переноса на всех масштабных уровнях,	Знает, методологию исследования взаимодействия процессов химических превращений и явлений переноса на всех масштабных уровнях, но допускает при изложении материала ошибки и не отвечает на дополнительные вопросы	Знает, методологию исследования взаимодействия процессов химических превращений и явлений переноса на всех масштабных уровнях, но неуверенно отвечает на дополнительные вопросы	Знает методологию исследования взаимодействия процессов химических превращений и явлений переноса на всех масштабных уровнях при изложении материала использует дополнительную литературу, отвечает на дополнительные вопросы
Знание методов и средств	Не знает методы и	Знает частично некоторые	Знает методы и средства	Знает методы и средства

диагностики и контроля основных технологических параметров.	средства диагностики и контроля основных технологических параметров;	методы и средства диагностики и контроля основных технологических параметров.	диагностики и контроля основных технологических параметров; но неуверенно отвечает на дополнительные вопросы	диагностики и контроля основных технологических параметров; при изложении материала использует дополнительную литературу, отвечает на дополнительные вопросы
Знание правил по технике безопасности.	Не знает правила по технике безопасности и не отвечает на дополнительные вопросы	Знает некоторые правила по технике безопасности, не отвечает на дополнительные вопросы	Знает правила по технике безопасности, но неуверенно отвечает на дополнительные вопросы	Знает правила по технике безопасности и отвечает на дополнительные вопросы.

**Оценка сформированности компетенций по показателю Умения.**

Критерий	Уровень освоения и оценка			
	2	3	4	5
Умение анализировать результаты эксперимента, производить их обработку.	Не может анализировать результаты эксперимента, производить их обработку.	Способен анализировать результаты эксперимента, производить их обработку, допуская неточности.	Способен анализировать результаты эксперимента, производить их обработку.	Способен анализировать результаты эксперимента, производить их обработку и отвечать на дополнительные вопросы.
Умение представлять результаты эксперимента в виде обобщающих выводов	Не может представлять результаты эксперимента в виде обобщающих выводов.	Может представлять результаты эксперимента в виде обобщающих выводов, допуская неточности.	Может представлять результаты эксперимента в виде обобщающих выводов, но не уверенно отвечает на дополнительные вопросы, допуская неточности	Может представлять результаты эксперимента в виде обобщающих выводов и грамотно их обосновывает.

## Оценка сформированности компетенций по показателю **Навыки**.

Критерий	Уровень освоения и оценка			
	2	3	4	5
Владеть методиками экспериментального исследования, изучаемых процессов	Не владеет методиками экспериментального исследования, изучаемых процессов	Владеет, методиками экспериментального исследования, изучаемых процессов но допускает грубые ошибки	Владеет методиками экспериментального исследования, изучаемых процессов, но допускает при этом неточности.	Владеет безошибочно методиками экспериментального исследования, изучаемых процессов.
Владеть навыками работы на экспериментальных установках	Не владеет навыками работы на экспериментальных установках	Владеет, навыками работы на экспериментальных установках, но допуская при этом грубые ошибки.	Владеет, навыками работы на экспериментальных установках но допускает при этом неточности	Владеет безошибочно навыками работы на экспериментальных установках.

## 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.	В лаборатории имеются приборы и оборудование: - весы аналитические ВЛТК-500; - центрифуга; - установка для определения режима движения жидкости (напорный бак, ёмкость с красителем, расходомер, термометр); - установка для определения гидравлических сопротивлений трубопроводов (вентиль, поворот, расширение - сужение, змеевик, газовый

		<p>счетчик, дифференциальный манометр, лабораторный трансформатор, вентилятор);</p> <p>-установка для изучения гидравлики псевдооживленного слоя (прозрачный вертикальный цилиндрический корпус, газовый счетчик, дифференциальный манометр, лабораторный трансформатор, вентилятор);</p> <p>- установка для определения характеристик 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);</p> <p>- 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	<p>Специализированная мебель; мультимедийный проектор, переносной экран, ноутбук, компьютеры</p>

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 Pro Корпоративная.	Соглашение Microsoft Open Value Subscription V6328633 действительно с 02.10.2017 по 31.10.2023
2	Microsoft Office Professional Plus 2016.	Соглашение Microsoft Open Value Subscription V6328633 действительно с 02.10.2017 по 31.10.2023
3	Eplan Software&Service	Лицензия EPL0UB6460
4	MozillaFirefox	Свободно распространяемое ПО согласно условиям лицензионного соглашения
5	Google Chrome	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/htf-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>