

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИНЖЕНЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ»**

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе

_____ Василенко В.Н.
(подпись) (Ф.И.О.)

"_25_" _____05_____2023 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА
ДИСЦИПЛИНЫ**

Процессы и аппараты химических производств

Специальность

**18.05.02 Химическая технология материалов
современной энергетики**

специализация

**"Технология теплоносителей и радиозэкология ядерных
энергетических установок"**

Квалификация выпускника

Инженер

1. Цели и задачи дисциплины

Целью освоения дисциплины является формирование компетенций обучающегося в области профессиональной деятельности и сфере профессиональной деятельности:

- 26 Химическое, химико-технологическое производство (в сферах: химической технологии материалов ядерного топливного цикла; химической технологии разделения и применения изотопов; химической технологии теплоносителей и радиозкологии ядерных энергетических установок; радиационной химии и радиационного материаловедения; ядерной и радиационной безопасности на объектах использования ядерной энергии; химической технологии наноматериалов в области ядерной энергетики; химической технологии редких и редкоземельных металлов, химической технологии радиофармпрепаратов).

Дисциплина направлена на решение задач профессиональной деятельности следующих типов: научно-исследовательский; технологический; организационно-управленческий; проектный.

Программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по специальности 18.05.02 Химическая технология материалов современной энергетики

2. Перечень планируемых результатов обучения, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

№ п/п	Код компетенции	Формулировка компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции
1	ПКв-3	Способен применять естественнонаучные и общеинженерные знания, методы математического анализа и моделирования в профессиональной деятельности	ИД1 _{ПКв-3} – Демонстрирует способность осуществлять технологический процесс в соответствии с регламентом, с учетом норм выработки и технологических нормативов расходования сырья, материалов и энергетических затрат
			ИД2 _{ПКв-3} – Использует технические средства для измерения основных параметров технологического процесса, свойств сырья и продукции; анализирует технологический процесс, выявляет его недостатки с учетом эффективности использования оборудования, сырья и вспомогательных материалов

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Результаты обучения (показатели оценивания)
ИД1 _{ПКв-3} – Демонстрирует способность осуществлять технологический процесс в соответствии с регламентом, с учетом норм выработки и технологических нормативов расходования сырья, материалов и энергетических затрат	Знает: <i>технологические процессы химических производств, оборудование для их реализации, параметры и методы расчета</i>
	Умеет: <i>осуществлять технологический процесс в соответствии с регламентом, проводить расчеты основных процессов и аппаратов химической технологии</i>
	Владеет: <i>методами проектирования основных процессов и аппаратов химической технологии</i>
ИД2 _{ПКв-3} – Использует технические средства для измерения основных параметров технологического процесса, свойств сырья и продукции; анализирует технологический процесс, выявляет его недостатки с учетом эффективности использования оборудования, сырья и вспомогательных материалов	Знает: <i>технологические процессы, основные показатели их интенсивности и эффективности при выпуске продукции</i>
	Умеет: <i>оценивать интенсивность и эффективность технологических процессов, параметры работы оборудования при выпуске продукции</i>
	Владеет: <i>навыками выявления недостатков технологических процессов, их интенсивности и эффективности, работы оборудования при выпуске продукции</i>

3. Место дисциплины в структуре образовательной программы ВО

Дисциплина относится к *обязательной части* Блока 1 ООП. Дисциплина является обязательной к изучению.

Изучение дисциплины основано на знаниях, умениях и навыках, полученных при изучении обучающимися дисциплин *Общая химическая технология, Катализаторы и сорбенты*.

Дисциплина является предшествующей для *изучения Химическая технология редких и редкоземельных элементов, Системы управления химико-технологическими процессами, Ядерные реакторы, Комплексное использование сырья, Планирование и организация эксперимента, Производственная практика (технологическая (проектно-технологическая) практика), Производственная практика (преддипломная практика)*.

4. Объем дисциплины и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет **10** зачетных единиц.

Виды учебной работы	Всего часов	Семестр	
		6	7
	акад	акад	акад
Общая трудоемкость дисциплины (модуля)	360	180	180
Контактная работа, в т.ч. аудиторные занятия:	141,85	91,9	49,95
Лекции	51	36	15
<i>в том числе в форме практической подготовки</i>	-	-	-
Лабораторные работы (ЛР)	66	36	30
<i>в том числе в форме практической подготовки</i>	66	36	30
Практические занятия (ПЗ)	18	18	
<i>в том числе в форме практической подготовки</i>	18	18	
Консультации текущие	2,55	1,8	0,75
Консультирование и прием курсового проекта	2		2
Проведение консультаций перед экзаменом	2		2
Виды аттестации (зачет, экзамен)	0,3	0,1	0,2
Самостоятельная работа:	184,35	88,1	96,25
Проработка материалов по конспекту лекций (собеседование, тестирование, решение кейс-заданий, задач)	25,5	18	7,5
Проработка материалов по учебнику (собеседование, тестирование, решение кейс-заданий)	76,75	43,1	33,75
Подготовка к защите лабораторных работ и практическим занятиям (собеседование, тестирование, решение кейс-заданий)	42	27	15
Курсовой проект (выполнение расчетов, чертежа общего вида аппарата ф. А1, оформление, защита)	40		40
Подготовка к экзамену (контроль)	33,8		33,8

5 Содержание дисциплины, структурированное по разделам с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий

5.1 Содержание разделов дисциплины

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела	Трудоемкость раздела, часы
6 семестр			
1	Введение в дисциплину	Предмет и задачи дисциплины процессы и аппараты в химической технологии. Классификация основных процессов. Основы теории переноса количества движения, теплоты, массы. Теория физического и математического моделирования процессов химической технологии.	4
2	Гидродинамика и гидродинамические процессы	Жидкие технологические среды, как объект исследования. Силы, действующие в реальной жидкости; основные характеристики потока: расход жидкости и скорость движения; виды движения; режимы движения реальной жидкости; основные характеристики турбулентного потока. Классификация гидромашин для транспортировки жидкостей и газов. Основные параметры работы насосов и их характеристики. Насосные установки. Способы регу-	82

		лирования работы динамического насоса на сеть. Устройство, принцип работы, области применения динамических и объемных насосов.	
3	Механические процессы	Измельчение твердых материалов. Расход энергии. Дробилки для крупного и тонкого измельчения. Сортирование и смешение твердых материалов.	16,1
4	Гидромеханические процессы и аппараты	Классификация технологических систем. Классификация технологических процессов. Течение жидкости через зернистые и пористые слои. Математическое описание процесса. Интенсивность и эффективность псевдооживления. Явление пневмотранспорта. Осаждение. Математическое описание процесса. Интенсивность осаждения при различных гидродинамических режимах. Разделение жидких неоднородных систем в поле центробежных сил. Математическое описание процесса. Способы интенсификации процесса центрифугирования. Фильтрация. Физическая сущность процесса. Движущая сила, сопротивление и интенсивность процесса. Математическое описание фильтрации при различных режимах. Способы интенсификации процесса. Перемешивание в жидких средах. Виды перемешивания. Интенсивность и эффективность перемешивания. Механическое перемешивание. Энергосбережение при перемешивании.	76
7 семестр			
5	Тепловые процессы и аппараты	Основы теплопередачи. Основное уравнение теплопередачи. Теплопроводность: закон Фурье; уравнение теплопроводности плоской и цилиндрической стенок. Тепловое излучение, теплообмен при излучении. Конвекция и теплоотдача: уравнение теплоотдачи; теплоотдача в турбулентном потоке; теплоотдача при конденсации насыщенных паров; теплоотдача при кипении жидкостей. Тепловое подобие. Теплоотдача в теплообменных аппаратах. Теплопередача в теплообменных аппаратах: теплопередача при постоянных температурах теплоносителей. Промышленные способы подвода и отвода теплоты в химической аппаратуре. Нагревание водяным паром. Нагревание горячими жидкостями. Нагревание электрическим током. Отвод теплоты. Теплообменные аппараты и их расчет. Поверхностные теплообменники. Смесительные теплообменники. Регенеративные теплообменники.	72,25
6	Массообменные процессы и аппараты	Массообменные процессы и аппараты в системах со свободной границей раздела фаз: основы теории массопередачи и методы расчета массообменной аппаратуры (абсорбция, перегонка и ректификация, экстракция); массообменные процессы с неподвижной поверхностью контакта фаз: адсорбция, сушка, ионный обмен, растворение и кристаллизация; мембранные процессы химической технологии	69

5.2 Разделы дисциплины и виды занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Лекции, час	ЛР, час	ПЗ, час	СРО, час
6 семестр					
1.	Введение в дисциплину	2			2
2.	Гидродинамика и гидродинамические процессы	18	16	8	40
3.	Механические процессы	4	4	2	6,1
4.	Гидромеханические процессы и аппараты	12	16	8	40
7 семестр					
5.	Тепловые процессы и аппараты	8	16		48,25
6.	Массообменные процессы и аппараты	7	14		48

5.2.1 Лекции

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Тематика лекционных занятий	Трудоемкость, час
6 семестр			
1.	Введение в дисциплину	Предмет и задачи дисциплины процессы и аппараты в химической технологии. Класси-	2

		фикация основных процессов. Основы теории переноса количества движения, теплоты, массы. Теория физического и математического моделирования процессов химической технологии.	
2.	Гидродинамика и гидродинамические процессы	Жидкие технологические среды, как объект исследования. Силы, действующие в реальной жидкости; основные характеристики потока: расход жидкости и скорость движения; виды движения; режимы движения реальной жидкости; основные характеристики турбулентного потока. Классификация гидромашин для транспортировки жидкостей и газов. Основные параметры работы насосов и их характеристики. Насосные установки. Способы регулирования работы динамического насоса на сеть. Устройство, принцип работы, области применения динамических и объемных насосов.	18
3.	Механические процессы	Измельчение твердых материалов. Расход энергии. Дробилки для крупного и тонкого измельчения. Сортирование и смешение твердых материалов.	4
4.	Гидромеханические процессы и аппараты	Классификация технологических систем. Классификация технологических процессов. Течение жидкости через зернистые и пористые слои. Математическое описание процесса. Интенсивность и эффективность псевдооживления. Явление пневмотранспорта. Осаждение. Математическое описание процесса. Интенсивность осаждения при различных гидродинамических режимах. Разделение жидких неоднородных систем в поле центробежных сил. Математическое описание процесса. Способы интенсификации процесса центрифугирования. Фильтрация. Физическая сущность процесса. Движущая сила, сопротивление и интенсивность процесса. Математическое описание фильтрации при различных режимах. Способы интенсификации процесса. Перемешивание в жидких средах. Виды перемешивания. Интенсивность и эффективность перемешивания. Механическое перемешивание. Энергосбережение при перемешивании.	12
7 семестр			
5	Тепловые процессы и аппараты	Основы теплопередачи. Основное уравнение теплопередачи. Теплопроводность: закон Фурье; уравнение теплопроводности плоской и цилиндрической стенок. Тепловое излучение, теплообмен при излучении. Конвекция и теплоотдача: уравнение теплоотдачи; теплоотдача в турбулентном потоке; теплоотдача при конденсации насыщенных паров; теплоотдача при кипении жидкостей. Тепловое подобие. Теплоотдача в теплообменных аппаратах. Теплопередача в теплообменных аппаратах: теплопередача при постоянных температурах теплоносителей. Промышленные способы подвода и отвода теплоты в химической аппаратуре. Нагревание водяным паром. Нагревание горячими жидкостями. Нагревание электрическим током. Отвод теплоты. Теплообменные аппараты и их расчет. Поверхностные теплообменники. Смесительные теплообменники. Регенеративные теплообменники.	8
6	Массообменные процессы и аппараты	Массообменные процессы и аппараты в системах со свободной границей раздела фаз: основы теории массопередачи и методы расчета массообменной аппаратуры (аб-	7

		собция, перегонка и ректификация, экстракция); массообменные процессы с неподвижной поверхностью контакта фаз: адсорбция, сушка, ионный обмен, растворение и кристаллизация; мембранные процессы химической технологии	
--	--	--	--

5.2.2 Практические занятия

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Тема занятия	Трудоемкость, час
6 семестр			
1.	Введение в дисциплину		
2.	Гидродинамика и гидродинамические процессы	Расчет давления жидкости. Уравнение расхода. Режимы движения жидкости.	2
		Гидравлические сопротивления. Расчет потерь напора по длине на трение.	2
		Гидравлические сопротивления. Расчет потерь напора в местных сопротивлениях	2
		Расчет гидравлических машин	2
3.	Механические процессы	Расчет расхода энергии на измельчение твердых материалов	2
4.	Гидромеханические процессы и аппараты	Расчет отстойников	2
		Расчет фильтрующей аппаратуры	2
		Расчет аппаратов со взвешенным слоем	2
		Расчет мощности на механическое перемешивание в жидких средах	2
7 семестр			
5.	Тепловые процессы и аппараты	Не предусмотрены	
6.	Массообменные процессы и аппараты		

5.2.3 Лабораторный практикум

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Наименование лабораторных работ	Трудоемкость, час
6 семестр			
1.	Введение в дисциплину		
2.	Гидродинамика и гидродинамические процессы	Относительный покой жидкости в равномерно вращающемся вокруг вертикальной оси цилиндрическом сосуде	2
		Изучение режимов движения жидкости	2
		Материальный и энергетический балансы потока	2
		Определение коэффициентов гидравлического трения на прямолинейных участках трубопровода	2
		Определение коэффициента местного гидравлического сопротивления	2
		Испытание центробежного вентилятора	4
		Изучение устройства насосов и определение их параметров	2
3.	Механические процессы	Изучение работы молотковой дробилки	4
4.	Гидромеханические процессы и аппараты	Изучение кинетики гравитационного осаждения	4
		Изучение гидродинамики взвешенного слоя	4
		Определение констант процесса фильтрации	4
		Определение расхода мощности на перемешивание в жидких средах	4
7 семестр			
5.	Тепловые процессы и аппараты	Исследование процесса теплопередачи в теплообменнике типа «труба в трубе»	4
		Испытания оросительного теплообменника	4
		Изучение конструкций теплообменных аппаратов	4

		Изучение работы выпарной установки	4
6.	Массообменные процессы и аппараты	Изучение процесса абсорбции углекислого газа водой в аппарате с механическим перемешиванием	4
		Изучение гидродинамики колпачковой тарелки	2
		Изучение кинетики процесса конвективной сушки	4
		Экспериментальная проверка дифференциального уравнения простой перегонки	4

5.2.4 Самостоятельная работа обучающихся (СРО)

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Вид СРО	Трудоемкость, час
6 семестр			
1.	Введение в дисциплину	Подготовка к собеседованию (лекции, учебник, лабораторные работы, практические занятия) Тест (лекции, учебник, лабораторные работы, практические занятия)	2 1 1
2.	Гидродинамика и гидродинамические процессы	Подготовка к собеседованию (лекции, учебник, лабораторные работы, практические занятия) Тест (лекции, учебник, лабораторные работы, практические занятия) Кейс-задания (лекции, учебник, лабораторные работы, практические занятия)	40 14 13 13
3.	Механические процессы	Подготовка к собеседованию (лекции, учебник, лабораторные работы, практические занятия) Тест (лекции, учебник, лабораторные работы, практические занятия)	6,1 3,1 3
4.	Гидромеханические процессы и аппараты	Подготовка к собеседованию (лекции, учебник, лабораторные работы, практические занятия) Тест (лекции, учебник, лабораторные работы, практические занятия) Кейс-задания (лекции, учебник, лабораторные работы, практические занятия)	40 14 13 13
7 семестр			
5.	Тепловые процессы и аппараты	Подготовка к собеседованию (лекции, учебник, лабораторные работы) Тест (лекции, учебник, лабораторные работы) Кейс-задания (лекции, учебник, лабораторные работы) Курсовой проект	48,25 10,25 9 9 20
6.	Массообменные процессы и аппараты	Подготовка к собеседованию (лекции, учебник, лабораторные работы) Тест (лекции, учебник, лабораторные работы) Кейс-задания (лекции, учебник, лабораторные работы) Курсовой проект	48 10 9 9 20

6 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

6.1 Основная литература

1. Разинов, А. И. Процессы и аппараты химической технологии / А. И. Разинов, А. В. Клинов, Г. С. Дьяконов. — 4-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2023. — 688 с. — ISBN 978-5-507-45950-6. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/292058>
2. Процессы и аппараты. Практикум [Текст] : учебное пособие / А. Н. Остриков [и др.] ; ВГУИТ, Кафедра технологии жиров, процессов и аппаратов химических и пищевых производств. - Воронеж, 2023. - 388 с.
3. Процессы и аппараты (Основы механики жидкости и газа) [Текст] : практикум : учебное пособие / А. Н. **Остриков** [и др.] ; ВГУИТ, Кафедра технологии жиров, процессов и аппаратов химических и пищевых производств. - Воронеж, 2022. - 361 с. URL: <http://biblos.vsu.ru/ProtectedView/Book/ViewBook/5858>

6.2 Дополнительная литература

1. Павлов, К.Ф. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии/ К.Ф. Павлов, П.Г. Романков, А.А. Носков – М.: ООО ТИД «Альянс», 2005. – 576с.
2. Баранов, Д.А. Процессы и аппараты химической технологии [Электронный ресурс] : учебное пособие / Д.А. Баранов. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2018. — 408 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/98234>.
3. Леонтьева, А.И. Оборудование химических производств : в 2 частях / А.И. Леонтьева ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Тамбовский государственный технический университет». - Тамбов : Издательство ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2012. - Ч. 2. - 281 с. : ил., табл., схем. - Библиогр. в кн.. ; То же [Электронный ресурс]. – URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=277813>
4. Леонтьева, А.И. Оборудование химических производств : в 2 частях / А.И. Леонтьева ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Тамбовский государственный технический университет». - Тамбов : Издательство ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2012. - Ч. 1. - 234 с. : ил., табл., схем. - Библиогр. в кн.. ; То же [Электронный ресурс]. – URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=277812>

6.3 Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся

1. Расчет и проектирование теплообменников / А. Н. Остриков, И. Н. Болгова, Е. Ю. Желтоухова [и др.] ; под редакцией А. Н. Остриков. — 3-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2023. — 372 с. — ISBN 978-5-507-47154-6. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/332693>
2. Расчет и проектирование массообменных аппаратов : учебное пособие / А. Н. Остриков, В. Н. Василенко, О. В. Абрамов, А. В. Логинов. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 352 с. — ISBN 978-5-8114-1672-1. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/211802>
3. Расчет и проектирование аппаратов для механических и гидромеханических процессов : учебное пособие / А. Н. Остриков, В. Н. Василенко, Л. Н. Фролова, А. В. Терёхина. — Санкт-Петербург : Троицкий мост, 2018. — 360 с. — ISBN 978-5-9909159-9-2. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/105819>
4. Остриков, А. Н. Расчет и проектирование сушильных аппаратов : учебное пособие / А. Н. Остриков, М. И. Слюсарев, Е. Ю. Желтоухова. — 2-е изд., стер. — Санкт-

Петербург : Лань, 2022. — 352 с. — ISBN 978-5-8114-1953-1. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/212867>

5. Процессы и аппараты. Расчет и проектирование аппаратов для тепловых и тепломассообменных процессов [Электронный ресурс] : учебное пособие для вузов / А. Н. Остриков [и др.] ; Остриков А. Н., Василенко В. Н., Фролова Л. Н., Терехина А. В.; Василенко В. Н., Фролова Л. Н., Терехина А. В. - 3-е изд., стер. - Санкт-Петербург : Лань, 2022. - 440 с. - <https://e.lanbook.com/book/264221>

6. Материалы педагогической диагностики по дисциплине «Процессы и аппараты» [Текст] : учебное пособие / А. Н. Остриков, И.Н. Болгова, И.С. Наумченко [и др.]; Воронеж. Гос. Ун-т инж. Технол. - Воронеж, 2019. - 340 с. - Режим доступа: <http://biblos.vsu.ru/ProtectedView/Book/ViewBook/4795>

6.4 Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины (модуля)

Наименование ресурса сети «Интернет»	Электронный адрес ресурса
«Российское образование» - федеральный портал	https://www.edu.ru/
Научная электронная библиотека	https://elibrary.ru/defaultx.asp?
Национальная исследовательская компьютерная сеть России	https://niks.su/
Информационная система «Единое окно доступа к образовательным ресурсам»	http://window.edu.ru/
Электронная библиотека ВГУИТ	http://biblos.vsu.ru/megapro/web
Сайт Министерства науки и высшего образования РФ	https://minobrnauki.gov.ru/
Портал открытого on-line образования	https://npoed.ru/
Электронная информационно-образовательная среда ФГБОУ ВО «ВГУИТ»	https://education.vsu.ru/

6.5 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем

При изучении дисциплины используется программное обеспечение, современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы: ЭИОС университета, в том числе на базе программной платформы «Среда электронного обучения ЗКЛ», автоматизированная информационная база «Интернет-тренажеры».

При освоении дисциплины используется лицензионное и открытое программное обеспечение:

Microsoft Windows XP; Microsoft Windows 7; КОМПАС 3DLTv12; AdobeReaderXI; Альт Образование 8.2 + LibreOffice 6.2+Maxima; Microsoft Office Professional Plus 2007.

При освоении дисциплины используются информационные справочные системы: Сетевая локальная БД Справочная Правовая Система КонсультантПлюс, ООО «Консультант-Эксперт»; - БД «ПОЛПРЕД Справочники», ООО «ПОЛПРЕД Справочники».

7 Материально-техническое обеспечение дисциплины

Для проведения учебных занятий используются учебные аудитории:

Ауд. 111. Учебная аудитория для проведения учебных занятий	Лабораторные установки: абсорбция углекислого газа водой, гидродинамика зернистого слоя, осаждение, витание и унос твердой частицы в жидкой среде, осаждение твердых частиц в жидкой среде, кинетика конвективной сушки, гидродинамика колпачковой тарелки, определение констант процесса фильтрования, барабанный вакуум-фильтр, простая перегонка, теплообменник типа «труба в трубе», стенд колонных аппаратов, лабораторные стенды "Изучение процесса фильтрования", "Изучение процесса абсорбции"
Ауд. 115. Учебная аудитория для прове-	Лабораторные установки: изучение режимов движения жидкости, относительный покой жидкости во вращающемся вокруг цилиндрической

дения учебных занятий	оси цилиндрическом сосуде, испытание вакуум-насоса, испытание центробежного вентилятора, испытание центробежно-вихревого насоса, нормальные испытание центробежного насоса, стенд Бернулли, учебно-наглядные пособия по тематическим разделам. Учебно-лабораторные комплексы: исследование гидродинамики жидкости, исследование параметров работы насосов
Ауд. 117. Учебная аудитория для проведения учебных занятий	Макет вакуум-выпарной установки с выносной греющей камерой, макет массообменного аппарата, стенды: трехкорпусная вакуум-выпарная установка, ректификационная установка непрерывного действия, основные виды фильтровальных материалов, используемые виды насадок в массообменных аппаратах, различные виды контактных устройств массообменных аппаратов
Ауд. 211. Учебная аудитория для проведения учебных занятий	Измеритель температуры 2ТРМО ЩТ У, весы ВСП-0,2/0,1-1, пароварка, экспериментальная установка для исследования радиационно - конвективной сушки плодоовощного сырья, проектор NECNP 100, экран, ноутбук

Самостоятельная работа обучающихся может осуществляться:

Ауд. 113. Помещения для самостоятельной работы обучающихся	Учебно-наглядные пособия по курсовому проектированию, компьютеры - 5 шт.
--	--

8 Оценочные материалы для промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине (модулю)

Оценочные материалы (ОМ) для дисциплины (модуля) включают в себя:

- перечень компетенций с указанием индикаторов достижения компетенций, этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы;
- описание шкал оценивания;
- типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков;
- методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности.

ОМ представляются отдельным комплектом и **входят в состав рабочей программы дисциплины (модуля)**.

Оценочные материалы формируются в соответствии с П ВГУИТ «Положение об оценочных материалах».

АННОТАЦИЯ
К РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЕ ДИСЦИПЛИНЫ
«ПРОЦЕССЫ И АППАРАТЫ ХИМИЧЕСКИХ ПРОИЗВОДСТВ»
(наименование дисциплины)

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:
емыми результатами освоения образовательной программы

№ п/п	Код компетенции	Формулировка компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции
1	ПКв-3	Способен применять естественнонаучные и общеинженерные знания, методы математического анализа и моделирования в профессиональной деятельности	ИД1 _{ПКв-3} – Демонстрирует способность осуществлять технологический процесс в соответствии с регламентом, с учетом норм выработки и технологических нормативов расходования сырья, материалов и энергетических затрат
			ИД2 _{ПКв-3} – Использует технические средства для измерения основных параметров технологического процесса, свойств сырья и продукции; анализирует технологический процесс, выявляет его недостатки с учетом эффективности использования оборудования, сырья и вспомогательных материалов

Содержание разделов дисциплины. Введение в дисциплину. Предмет и задачи дисциплины процессы и аппараты в химической технологии. Классификация основных процессов. Основы теории переноса количества движения, теплоты, массы. Теория физического и математического моделирования процессов химической технологии. Гидродинамика и гидродинамические процессы. Жидкие технологические среды, как объект исследования. Силы, действующие в реальной жидкости; основные характеристики потока: расход жидкости и скорость движения; виды движения; режимы движения реальной жидкости; основные характеристики турбулентного потока. Классификация гидромашин для транспортировки жидкостей и газов. Основные параметры работы насосов и их характеристики. Насосные установки. Способы регулирования работы динамического насоса на сеть. Устройство, принцип работы, области применения динамических и объемных насосов. Механические процессы. Измельчение твердых материалов. Расход энергии. Дробилки для крупного и тонкого измельчения. Сортирование и смешение твердых материалов. Гидромеханические процессы и аппараты. Классификация технологических систем. Классификация технологических процессов. Течение жидкости через зернистые и пористые слои. Математическое описание процесса. Интенсивность и эффективность псевдооживления. Явление пневмотранспорта. Осаждение. Математическое описание процесса. Интенсивность осаждения при различных гидродинамических режимах. Разделение жидких неоднородных систем в поле центробежных сил. Математическое описание процесса. Способы интенсификации процесса центрифугирования. Фильтрация. Физическая сущность процесса. Движущая сила, сопротивление и интенсивность процесса. Математическое описание фильтрации при различных режимах. Способы интенсификации процесса. Перемешивание в жидких средах. Виды перемешивания. Интенсивность и эффективность перемешивания. Механическое перемешивание. Энергосбережение при перемешивании. Тепловые процессы и аппараты. Основы теплопередачи. Основное уравнение теплопередачи. Теплопроводность: закон Фурье; уравнение теплопроводности плоской и цилиндрической стенок. Тепловое излучение, теплообмен при излучении. Конвекция и теплоотдача: уравнение теплоотдачи; теплоотдача в турбулентном потоке; теплоотдача при конденсации насыщенных паров; теплоотдача при кипении жидкостей. Тепловое подобие. Теплоотдача в теплообменных аппаратах. Теплопередача в теплообменных аппаратах: теплопередача при постоянных температурах теплоносителей. Промышленные способы подвода и отвода теплоты в химической аппаратуре. Нагревание водяным паром. Нагревание горячими жидкостями. Нагревание электрическим током. Отвод теплоты. Теплообменные аппараты и их расчет. Поверхностные теплообменники. Смесительные теплообменники. Регенеративные теплообменники. Массообменные процессы и аппараты. Массообменные процессы и аппараты в системах со свободной границей раздела фаз: основы теории массопередачи и методы расчета массообменной аппаратуры (абсорбция, перегонка и ректификация, экстракция); массообменные процессы с неподвижной поверхностью контакта фаз: адсорбция, сушка, ионный обмен, растворение и кристаллизация; мембранные процессы химической технологии.

**ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ
ДЛЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ**

по дисциплине

Процессы и аппараты химических производств

1 Перечень компетенций с указанием этапов их формирования емыми результатами освоения образовательной программы

№ п/п	Код компетенции	Формулировка компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции
1	ПКв-3	Способен применять естественнонаучные и общинженерные знания, методы математического анализа и моделирования в профессиональной деятельности	ИД1 _{ПКв-3} – Демонстрирует способность осуществлять технологический процесс в соответствии с регламентом, с учетом норм выработки и технологических нормативов расходования сырья, материалов и энергетических затрат
			ИД2 _{ПКв-3} – Использует технические средства для измерения основных параметров технологического процесса, свойств сырья и продукции; анализирует технологический процесс, выявляет его недостатки с учетом эффективности использования оборудования, сырья и вспомогательных материалов

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Результаты обучения (показатели оценивания)
ИД1 _{ПКв-3} – Демонстрирует способность осуществлять технологический процесс в соответствии с регламентом, с учетом норм выработки и технологических нормативов расходования сырья, материалов и энергетических затрат	Знает: <i>технологические процессы химических производств, оборудование для их реализации, параметры и методы расчета</i>
	Умеет: <i>осуществлять технологический процесс в соответствии с регламентом, проводить расчеты основных процессов и аппаратов химической технологии</i>
	Владеет: <i>методами проектирования основных процессов и аппаратов химической технологии</i>
ИД2 _{ПКв-3} – Использует технические средства для измерения основных параметров технологического процесса, свойств сырья и продукции; анализирует технологический процесс, выявляет его недостатки с учетом эффективности использования оборудования, сырья и вспомогательных материалов	Знает: <i>технологические процессы, основные показатели их интенсивности и эффективности при выпуске продукции</i>
	Умеет: <i>оценивать интенсивность и эффективность технологических процессов, параметры работы оборудования при выпуске продукции</i>
	Владеет: <i>навыками выявления недостатков технологических процессов, их интенсивности и эффективности, работы оборудования при выпуске продукции</i>

2 Паспорт оценочных материалов по дисциплине

№ п/п	Разделы дисциплины	Индекс контролируемой компетенции (или ее части)	Оценочные материалы		Технология/процедура оценивания (способ контроля)
			наименование	№№ заданий	
1	Введение в дисциплину	ПКв-3	Банк тестовых заданий	1,2	Бланочное или компьютерное тестирование Контроль преподавателем
			Собеседование (вопросы к зачету)	104-105,176-177	
2	Гидродинамика и гидродинамические процессы	ПКв-3	Банк тестовых заданий	3-5,15,20-21	Бланочное или компьютерное тестирование Контроль преподавателем Защита лабораторных работ Проверка преподавателем
			Собеседование (вопросы к зачету)	106-111,178-182	
			Лабораторные работы (собеседование) (вопросы к защите лабораторных работ)	55-74,129-141	
			Кейс-задание	212	
3	Механические процессы	ПКв-3	Банк тестовых заданий	6,14,26,31,38,41-43	Бланочное или компьютерное тестирование Контроль преподавателем Защита лабораторных работ
			Собеседование (вопросы к зачету)	112-113	
			Лабораторные работы (собеседование) (вопросы к защите лабораторных работ)	142-143	
4	Гидромеханические процессы и	ПКв-3	Банк тестовых заданий	7-9,16-17,22-23,27-30,32,45-50	Бланочное или компьютерное тестирование Контроль преподавателем
			Собеседование (вопросы к зачету)	114-118,183-188	

	аппараты		Лабораторные работы (собеседование) (вопросы к защите лабораторных работ)	75-82,144-151	Защита лабораторных работ
			Кейс-задание	211, 213, 214, 215, 217, 218	Проверка преподавателем
5	Тепловые процессы и аппараты	ПКв-3	Банк тестовых заданий	10,24-25,33-36,37,39,51	Бланочное или компьютерное тестирование
			Собеседование (вопросы к экзамену)	119-121,189-195	Контроль преподавателем
			Лабораторные работы (собеседование) (вопросы к защите лабораторных работ)	83-86,152-157	Защита лабораторных работ
			Кейс-задание	216,219	Проверка преподавателем
			Курсовой проект	222,223,225,226,227	Защита курсового проекта
6	Массообменные процессы и аппараты	ПКв-3	Банк тестовых заданий	11-13,18-19,40,44,52-54	Бланочное или компьютерное тестирование
			Собеседование (вопросы к экзамену)	122-128, 196-210	Контроль преподавателем
			Лабораторные работы (собеседование) (вопросы к защите лабораторных работ)	87-103,158-175	Защита лабораторных работ
			Кейс-задание	220-221	Проверка преподавателем
			Курсовой проект	224,228	Защита курсового проекта

3 Оценочные материалы для промежуточной аттестации

Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной

Аттестация обучающегося по дисциплине проводится в форме тестирования, и предусматривает возможность последующего собеседования (зачета, экзамена).


Каждый вариант теста включает 20 контрольных заданий, из них:

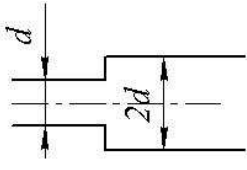
- 8 контрольных заданий на проверку знаний;
- 9 контрольных заданий на проверку умений;
- 3 контрольных заданий на проверку навыков.

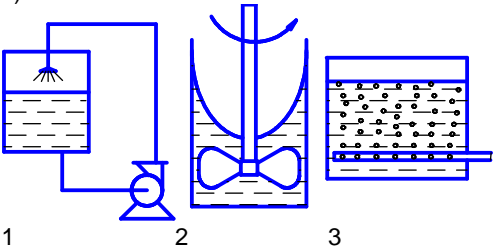
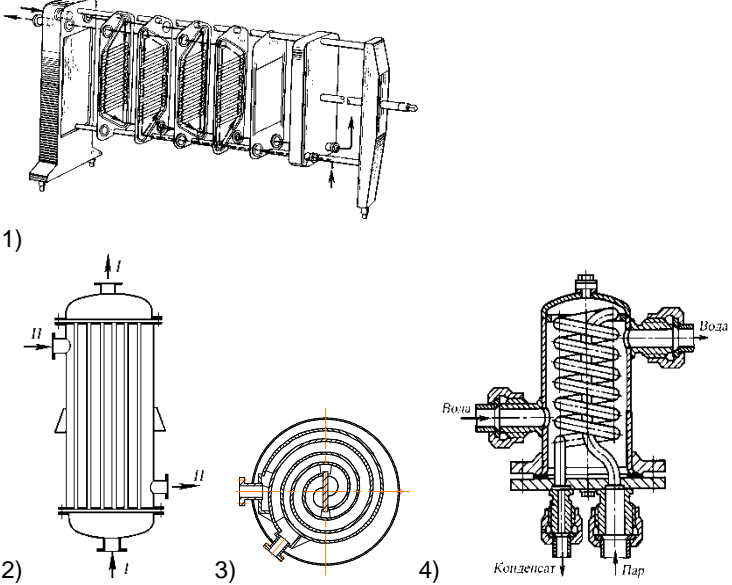
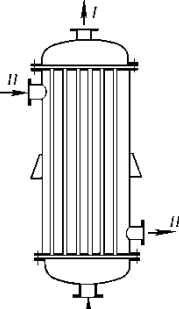
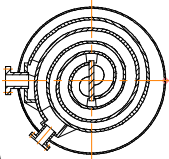
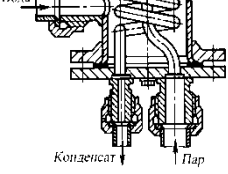
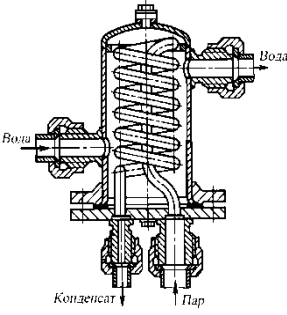
3.1 Тесты (тестовые задания)

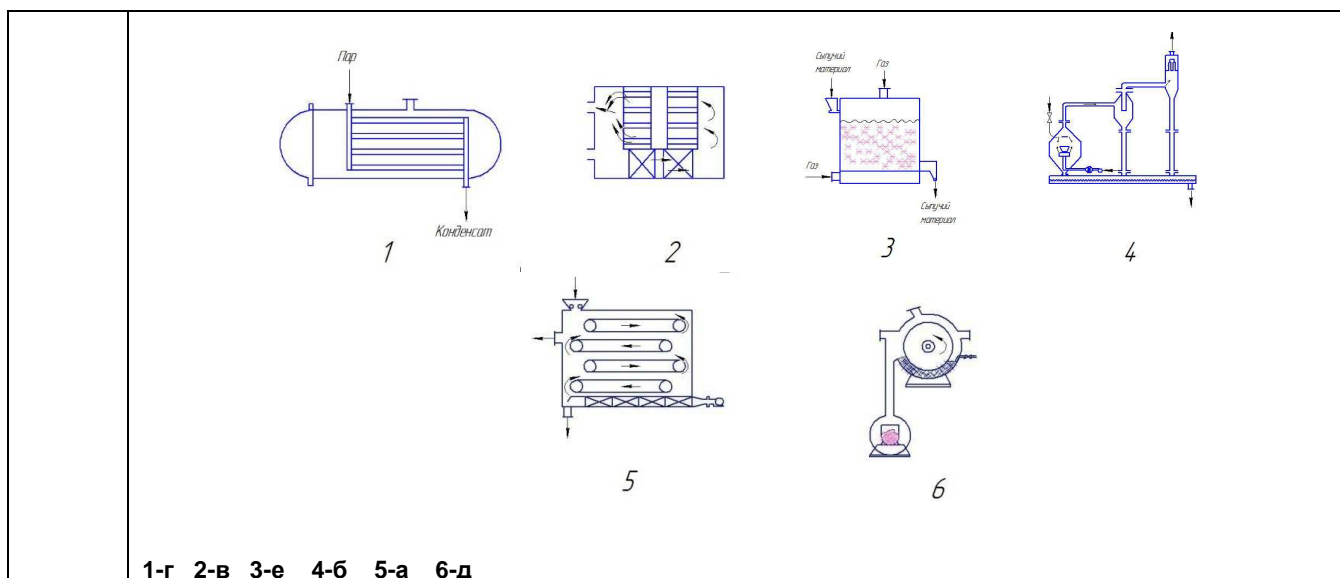
3.1.1 ПКв-3 - Способен применять естественнонаучные и общетеchnические знания, методы математического анализа и моделирования в профессиональной деятельности

ИД1_{ПКв-3} – Демонстрирует способность осуществлять технологический процесс в соответствии с регламентом, с учетом норм выработки и технологических нормативов расходования сырья, материалов и энергетических затрат

№ задания	Тестовое задание
А (на выбор одного правильного ответа)	
1	<p>Абсолютное давление в точке А, где ρ – плотность воды, p_o – атмосферное давление, M – показание манометра, равно:</p>  <p>1) $p = M + \rho g h_1$</p> <p>2) $p = M + p_o + \rho g (h_2 - h_1)$</p> <p>3) $p = M + p_o + \rho g h_1$</p> <p>4) $p = p_o + \rho g h_1$</p>
2	<p>Сущность гипотезы сплошности заключается в том, что жидкость рассматривается как</p> <p>1) среда, имеющая разрывы и пустоты</p> <p>2) сложная среда с растворенными газами, веществами, имеющая разрывы и пустоты</p>

	3) неподвижное твердое или жидкое тело, при определенной температуре и давлении 4) континуум, непрерывная сплошная среда
3	В узкой части трубы $Re = 2300$, в широкой части на достаточном расстоянии от расширения  1) Re = 1150 2) Re = 4600 3) Re = 2300 4) Ответ зависит от величины расхода и вязкости
4	Найти критическую скорость в прямой круглой трубе $d = 0,020$ м для воздуха, если его динамический коэффициент вязкости и плотность соответственно равны $\mu = 2 \cdot 10^{-5}$ Па·с, $\rho = 1,2$ кг/м ³ . 1) 8,3 м/с 2) 1,9 м/с 3) 3,3 м/с 4) 2,3 м/с
5	Насос подает масло с расходом 2 л/с на высоту 60 м. Потери напора составляют 42 м. Оба резервуара открыты, КПД насоса равен 0,6. Плотность масла $\rho = 900$ кг/м ³ . Чему равна мощность на валу насоса? 1) 30 кВт 2) 3 кВт 3) 1,77 кВт 4) 1,24 кВт
6	Действительная w и фиктивная w_0 скорости в зернистом слое связаны соотношением а) $w = \frac{w_0}{\varepsilon}$; б) $w = w_0 \cdot \varepsilon$; в) $w = w_0$
7	Скорость осаждения при ламинарном режиме рассчитывается по формуле: а) $\xi \frac{\pi d^2}{4} \cdot \frac{\rho w^2}{2}$; б) $\frac{gd^3(\rho_m - \rho)\rho}{\mu^2}$; в) $\frac{gd^2(\rho_m - \rho)}{18\mu}$; г) $\sqrt{\frac{4(\rho_m - \rho)gd}{3\xi\rho}}$.
8	Правильная запись основного дифференциального уравнения фильтрования, если ΔP – разность давлений, R_{oc}, R_ϕ – сопротивления осадка и фильтровальной перегородки, V – объем фильтрата, S – площадь поверхности фильтрования, τ – продолжительности фильтрования. а) $\Delta P = \mu(R_{oc} + R_\phi) \frac{dV}{d\tau}$; б) $\frac{dV}{Sd\tau} = \frac{\Delta P}{\mu(R_{oc} - R_\phi)}$; в) $\frac{dV}{d\tau} = \frac{\Delta P}{\mu(R_{oc} + R_\phi)}$; г) $\frac{dV}{Sd\tau} = \frac{\Delta P}{\mu(R_{oc} + R_\phi)}$.
9	Мощность, потребляемую мешалкой при установившемся режиме, рассчитывают по формуле: 1) $\frac{\rho n d^2}{\mu}$; 2) $K_N \cdot \rho n^3 d^5$; 3) $\frac{K_N \cdot \rho n^3 d^5}{\eta}$.
10	Уравнение теплопроводности плоской стенки при установившемся процессе теплообмена а) $Q = kF\Delta t_{cp}$; б) $Q = \frac{\lambda}{\delta} F(t_{cm_1} - t_{cm_2})$;

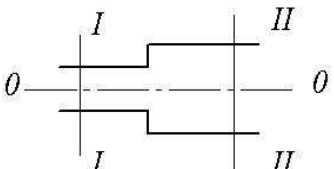
	<p>1) $w_{oc} = \frac{gd^2(\rho_m - \rho)}{18 \cdot \mu}$;</p> <p>2) $w_{oc} = 0,78 \frac{d^{0,43}(\rho_m - \rho)^{0,75}}{\rho^{0,285} \cdot \mu^{0,43}}$;</p> <p>3) $w_{oc} = 5,46 \sqrt{\frac{d(\rho_m - \rho)}{\rho}}$.</p> <p>а – ламинарный режим; б – переходная область; в – турбулентный режим.</p> <p>1-а 2-б 3-в</p>
23	<p>Установить соответствие между картинкой и способом перемешивания</p> <p>а) циркуляционный; б) пневматический; в) механический.</p>  <p>1-а 2-в 3-б</p>
24	<p>На рисунке изображены теплообменники. Установить соответствие между картинкой и названием.</p>  <p>1)  2)  3)  4) </p> <p>а) змеевиковый; б) спиральный; в) кожухотрубчатый; г) пластинчатый</p> <p>1-г 2-в 3-б 4-а</p>
25	<p>Какая из данных сушилок является:</p> <p>а) ленточной; б) распылительной; в) камерной; г) сушильном шкафом; д) вальцовой, е) сушилкой с псевдооживленным слоем</p>



3.1.2 ПКв-3 - Способен применять естественнонаучные и общинженерные знания, методы математического анализа и моделирования в профессиональной деятельности

ИД2_{ПКв-3} – Использует технические средства для измерения основных параметров технологического процесса, свойств сырья и продукции; анализирует технологический процесс, выявляет его недостатки с учетом эффективности использования оборудования, сырья и вспомогательных материалов

№ задания	Тестовое задание
А (на выбор одного правильного ответа)	
26	<p>Как изменится давление при уменьшении диаметра трубопровода?</p> <p>1) не изменится 2) увеличится 3) давление зависит только от изменения расхода 4) уменьшится</p>
27	<p>Как изменится величина потерь напора в прямой круглой трубе, если расход жидкости увеличить в 2 раза? Режим движения жидкости – турбулентный.</p> <p>1) Увеличится в 2 раза 2) Увеличится в 4 раза 3) Уменьшится в 2 раза 4) Не изменится</p>
28	<p>Скорость в трубе увеличилась в 2 раза, причем режим движения остался ламинарным. Как изменится потеря напора на трение в трубе?</p> <p>1) Останется постоянным 2) Увеличится в 4 раза 3) Увеличится в 2 раза 4) Уменьшится в 2 раза</p>
29	<p>Гидравлический коэффициент трения для зернистых слоев в режиме фильтрования рассчитывают по формуле</p> <p>а) $\frac{V_{св}}{V_{мс} + V_{св}}$; б) $\frac{4\epsilon}{a}$; в) $\frac{133}{Re} + 2,3$; г) $(w_0 d) / \epsilon \nu$.</p>
30	<p>Увеличение площади осаждения ведет к увеличению:</p> <p>а) скорости осаждения;</p>

	<p>б) производительности отстойника; в) времени осаждения</p>
31	<p>Начало псевдооживления наступает при а) равенстве силы гидравлического сопротивления слоя весу всех его частиц; б) условию, что вес отдельной частицы уравнивается силой сопротивления, возникающей при обтекании частицы потоком; в) условию, что вес всех частиц больше гидравлического сопротивления слоя; г) условию, что вес всех частиц меньше гидравлического сопротивления слоя</p>
32	<p>Основным технологическим показателем фильтровальных перегородок являются а) площадь; б) толщина; в) задерживающая способность; г) внешний вид</p>
33	<p>Коэффициент теплоотдачи от горячей жидкости к стенке трубы можно увеличить а) увеличивая скорость движения жидкости; б) увеличивая время пребывания жидкости в теплообменнике; в) увеличивая коэффициент теплопроводности стенки; г) уменьшая толщину стенки трубы.</p>
34	<p>При конденсации пара наличие в нем воздуха а) не влияет на коэффициент теплоотдачи; б) увеличивает коэффициент теплоотдачи; в) уменьшает коэффициент теплоотдачи</p>
35	<p>Если парциальное давление пара над поверхностью материала превышает его парциальное давление в газе, то: а) будет равновесие; б) идет сушка; в) идет увлажнение; г) идет сорбция</p>
36	<p>Как изменяются влажность и температура материала в периоде постоянной скорости сушки? а) Влажность материала остается постоянной, а температура возрастает; б) Влажность и температура уменьшаются; в) Влажность материала уменьшается, а температура остается постоянной; г) Влажность и температура материала остаются постоянными</p>
Б (на выбор нескольких правильных)	
37	<p>Основные режимы кипения: а) пленочное; б) пузырьковое; в) струйное; г) объемное</p>
38	<p>При переходе зернистого слоя в псевдооживленное состояние увеличивается а) порозность; б) высота слоя; в) гидравлическое сопротивление</p>
39	<p>Коэффициент теплопередачи в кожухотрубном теплообменнике можно увеличить: а) увеличением скорости движения жидкости; б) уменьшением толщины стенки; в) удалением накипи со стенок; г) уменьшением коэффициента теплопроводности стенки</p>
40	<p>Какие технологические процессы можно осуществить с использованием абсорбции? а) Разделение паровых смесей. б) Получение раствора газа в жидкости. в) Разделение газовых смесей. г) Поглощение газов из газовых смесей твердыми поглотителями</p>
В (на соответствие)	
41	<p>Как изменятся скорость и давление в сечении II-II, если диаметр трубы увеличится?</p>  <p>А) скорость 1) уменьшится Б) давление 2) увеличится</p>
42	<p>В круглой трубе происходит движение жидкости при $Re = 500$. Можно ли применить формулу:</p> $h_f = \frac{64 l v^2}{Re d 2 g}$ <p>лу: для расчета потери напора на трение в трубе, если число Рейнольдса увеличится: а) в 2 раза 1) можно</p>

	б) в 5 раз 2) нельзя
43	Как изменяется напор, мощность и подача центробежного насоса при увеличении числа оборотов в 1,5 раза? 1) Напор Н А) увеличится в 2,25 раза 2) подача Q Б) увеличится в 1,5 раза 3) Мощность N В) увеличится в 3,38 раза
44	Установите соответствие между уравнением рабочей линии и частью колонны а) Укрепляющая часть колонны; б) Исчерпывающая часть колонны. $y = \frac{R}{R+1}x + \frac{x_p}{R+1};$ 1) $y = \frac{R+f}{R+1}x + \frac{1-f}{R+1}x_w$ 2) 1-а 2-б
А (на выбор одного правильного ответа)	
45	Производительность проектируемого отстойника можно увеличить а) увеличивая высоту и площадь отстойника в плане, а также скорость осаждения; б) увеличивая площадь отстойника в плане; в) увеличивая объем отстойника; г) увеличивая скорость осаждения частиц и площадь отстойника в плане.
46	Скорость осаждения частиц можно увеличить а) повышая температуру суспензии; б) увеличивая число оборотов мешалки отстойника; в) уменьшая скорость потока жидкости через отстойник; г) верный ответ не указан.
47	Гидравлическое сопротивление зернистого слоя характеризует а) увеличение удельной механической энергии потока; б) уменьшение удельной механической энергии потока; в) уменьшение величины объемного (массового) расхода
48	Увеличение концентрации суспензии при разделении осаждением приводит: а) к увеличению скорости осаждения; б) к уменьшению скорости осаждения; в) не изменяет значения скорости
49	Скорость фильтрования при постоянном перепаде давления, с увеличением слоя осадка а) остается постоянной; б) с течением времени увеличивается; в) с течением времени уменьшается; г) в начале остается постоянной, потом уменьшается
50	Для увеличения скорости процесса фильтрования суспензии ее следует а) подогреть; б) охладить; в) температура не влияет на скорость фильтрования
51	Коэффициент теплоотдачи по одну сторону стенки $\alpha_1 = 100 \text{ Вт/м}^2\cdot\text{К}$, по другую $\alpha_2 = 4000 \text{ Вт/м}^2\cdot\text{К}$. Какой из коэффициентов теплоотдачи следует изменять для интенсификации процесса теплопередачи? а) Изменение коэффициентов не влияет на интенсификацию теплопередачи; б) Необходимо уменьшить α_2 ; в) Необходимо увеличить α_2 ; г) Необходимо увеличить α_1.
52	Эффективным гидродинамическим режимом работы колонных тарельчатые аппаратов является: а) пузырьковый; б) пленочный; в) подвисяния; г) пенный; д) струйный; е) эмульгирования
53	Эффективным гидродинамическим режимом работы насадочных колонн является: а) пузырьковый; б) пленочный; в) подвисяния; г) пенный; д) струйный; е) эмульгирования
Б (на выбор нескольких правильных)	
54	Какие из перечисленных факторов способствуют интенсификации процесса абсорбции: а) увеличение температуры; б) уменьшение температуры; в) увеличение давления; г) уменьшение давления.

3.2 Собеседование (вопросы к защите лабораторных работ, к экзамену)

3.2.1 ПКв-3 - Способен применять естественнонаучные и общинженерные знания, методы математического анализа и моделирования в профессиональной деятельности

ИД1_{ПКв-3} – Демонстрирует способность осуществлять технологический процесс в соответствии с регламентом, с учетом норм выработки и технологических нормативов расходования сырья, материалов и энергетических затрат

Номер вопроса	Текст вопроса
55	Что такое относительное равновесие (покой) жидкости? Примеры такого равновесия, встречающиеся в природе и использующиеся в технике.
56	Что такое гидростатический напор?
57	Что такое избыточное и абсолютное давление?
58	При каком условии жидкость в сосуде находится в состоянии относительного равновесия?
59	По какому закону изменяется давление в жидкости по глубине и по радиусу цилиндрического сосуда при относительном покое?
60	Что такое ламинарный режим движения? Его особенности.
61	Что такое турбулентный режим движения? Его особенности.
62	Что такое число Рейнольдса и его физический смысл?
63	Что такое критическое число Рейнольдса?
64	Каково уравнение Бернулли для установившегося потока несжимаемой жидкости?
65	Что такое пограничный слой и от чего зависит его толщина?
66	Что такое относительная шероховатость, эквивалентная шероховатость?
67	В чем зависимость коэффициента гидравлического трения от числа Рейнольдса при ламинарном и турбулентном режимах?
68	Каковы причины возникновения местных потерь энергии?
69	Каково устройство и принцип действия лопастных насосов?
70	Каковы основные параметры (производительность, напор, мощность и КПД насоса)?
71	Какие способы измельчения Вы знаете?
72	Каково устройство центробежного вентилятора. Роль «улитки», конфузора, диффузора?
73	Каково устройство и принцип действия лопастных и объемных гидравлических машин? Их параметры.
74	В чем конструктивные особенности центробежных, вихревых, поршневых, роторно-пластинчатых, шестеренных и водокольцевых гидромашин?
75	Формула производительности отстойников. Расчет отстойников
76	Критерии гидродинамического подобия, их физический смысл
77	Определение скорости осаждения расчетным путем
78	Экспериментальное определение порозности осадка
79	Факторы, влияющие на скорость осаждения. Методы интенсификации процесса осаждения
80	Константы процесса фильтрации, их физический смысл и практическое значение
81	Основные параметры, характеризующие структуру несжимаемых осадков
82	Экспериментальное определение скоростей осаждения, витания и уноса частицы в воде.
83	Схемы движения теплоносителей. Определение среднего температурного напора
84	Определение значений опытного коэффициента теплопередачи
85	Схема установки «Испытания оросительного теплообменника», порядок проведения эксперимента
86	Связь коэффициентов теплоотдачи и теплопередачи. Методы увеличения коэффициента теплопередачи
87	Методы интенсификации процесса теплопередачи
88	Расчет количества получаемого остатка путем графического интегрирования
89	Сопротивление орошаемых тарелок
90	Экспериментальное определение сопротивлений сухой и орошаемой тарелок
91	Измерение расхода воздуха в колонне
92	Схема лабораторной установки «Изучение процесса абсорбции углекислого газа водой в аппарате с механическим перемешиванием», порядок проведения эксперимента
93	Характер барботажа при изменении расхода газа через тарелку
94	Гидродинамические режимы работы тарелок
95	Интенсификация процесса абсорбции
96	Определение продолжительности процесса сушки, вывод расчетных уравнений
97	Кривая сушки, ее построение
98	Построение кривой скорости сушки, сущность метода графического дифференцирования
99	Отличительная особенность сушки от других способов обезвоживания
100	Формы связи влаги с материалом. Характер удаления влаги из материала
101	Характеристика двух периодов сушки, критическая влажность материала
102	Измерение концентрации НК в водно-спиртовых смесях. Способы выражения состава фаз
103	Расчет количества дистиллята и содержания в нем НК
104	Предмет и задачи дисциплины процессы и аппараты в химических производств. Классификация основных процессов.
105	Жидкие технологические среды, как объект исследования. Силы, действующие в реальной жидкости
106	Классификация гидромашин для транспортировки жидкостей и газов.
107	Насосные установки.
108	Устройство, принцип работы, области применения динамических насосов.
109	Устройство, принцип работы, области применения объемных насосов.
110	Уравнения энергии. Потери энергии. Силовое воздействие потока на твердое тело. Истечение жидкости через отверстия и насадки
111	Способы управления процессами транспортирования жидких технологических сред при разработке энергосберегающих технологий
112	Сортирование и смешение твердых материалов.

113	Гидродинамика псевдооживленного слоя. Интенсивность и эффективность псевдооживления. Явление пневмотранспорта
114	Интенсивность осаждения при различных гидродинамических режимах. Способы интенсификации процесса
115	Расчет фактора разделения. Время и скорость центробежного разделения. Коэффициент эффективности.
116	Способы интенсификации процесса центрифугирования.
117	Режимы постоянного перепада давления и постоянной скорости процесса. Способы интенсификации процесса.
118	Перемешивание в жидких средах. Виды перемешивания. Интенсивность и эффективность перемешивания. Механическое перемешивание. Энергосбережение при перемешивании
119	Применение теории теплового подобия при моделировании тепловых процессов. Критериальное уравнение теплоотдачи.
120	Промышленные способы подвода и отвода теплоты в технологической аппаратуре. Способы корректировки технологических параметров тепловых процессов.
121	Преимущества многократного выпаривания. Экономически целесообразное число корпусов выпарной установки. Способы корректировки технологических параметров выпаривания с целью получения продукта с заданными свойствами.
122	Преобразование дифференциальных уравнений переноса массы методами теории подобия. Критериальное уравнение массоотдачи.
123	Минимальный и оптимальный расходы абсорбента. Абсорбция, сопровождаемая химической реакцией. Фактор ускорения. Конструкции абсорберов и их расчет..
124	Материальный баланс непрерывной ректификации бинарных смесей. Уравнение линий рабочих концентраций укрепляющей и исчерпывающей частей ректификационной колонны.
125	Тепловой баланс ректификационной колонны. Основы расчета периодической ректификации бинарных смесей. Принцип анализа и расчета многокомпонентных смесей. Конструкции ректификационных аппаратов.
126	Основы кинетики процесса конвективной сушки: свойства влажных материалов, кинетическая кривая конвективной сушки, определение продолжительности первого периода сушки, определение продолжительности второго периода сушки.
127	Кристаллизация. Общие сведения. Кристаллизация из растворов, растворимость твердых веществ, зарождение кристаллов, рост кристаллов, технологические методы кристаллизации
128	Аппараты для кристаллизации (кристаллизаторы). Материальные и тепловые балансы кристаллизаторов. Способы корректировки технологических параметров кристаллизации с целью получения продукта с заданными свойствами

3.2.2 ПКв-3 - Способен применять естественнонаучные и общинженерные знания, методы математического анализа и моделирования в профессиональной деятельности

ИД₂ПКв-3 – Использует технические средства для измерения основных параметров технологического процесса, свойств сырья и продукции; анализирует технологический процесс, выявляет его недостатки с учетом эффективности использования оборудования, сырья и вспомогательных материалов

Номер вопроса	Текст вопроса
129	Дифференциальные уравнения равновесия Эйлера. Физический смысл слагаемых, входящих в уравнения Эйлера для поля сил земного тяготения.
130	Силы, действующие на жидкость при равномерном вращении ее вокруг вертикальной оси в цилиндрическом сосуде.
131	Геометрическая и энергетическая интерпретация основного уравнения гидростатики.
132	Значение режима движения для расчета трубопроводов.
133	Уравнение неразрывности для потока.
134	Построение пьезометрической и напорной линий, графическое определение потери напора.
135	Гидравлически гладкие трубы, область влияния вязко- сти и шероховатости, гидравлически шероховатые трубы.
136	Что такое местные сопротивления? Коэффициент местного гидравлического сопротивления. Формула Вейсбаха.
137	Основное уравнение центробежных машин (уравнение Эйлера).
138	Рабочие характеристики лопастных насосов.
139	Каковы рабочие характеристики вентиляторов? Рабочая точка.
140	Как рассчитываются мощность двигателя и КПД вентиляторной установки?
141	Как зависит режим работы вентилятора от числа оборотов?
142	Как классифицируются измельчающие машины?
143	Неоднородные системы и их классификация
144	Силы, действующие на движущуюся в жидкости шарообразную частицу
145	Конструкции отстойников
146	Дифференциальное уравнение процесса фильтрования при постоянном перепаде давления и его решение
147	Движущая сила фильтрования
148	Типы фильтровальных перегородок и требования, предъявляемые к материалам фильтрованных перегородок
149	Конструкции фильтров периодического и непрерывного действий
150	Схема лабораторной установки «Определение констант процесса фильтрования», порядок проведения эксперимента
151	Теплопередача. Механизм процесса и основное уравнение теплопередачи
152	Тепловая нагрузка аппарата. Определение тепловой нагрузки аппарата
153	Схема лабораторной установки «Изучение процесса теплопередачи в теплообменнике типа «труба в трубе», порядок проведения эксперимента
154	Уравнение теплового баланса теплообменника
155	Механизм процесса теплопередачи
156	Конструкция теплообменника типа «труба в трубе»
157	Классификация теплообменных аппаратов. Конструкция оросительного теплообменника
158	Сущность физической абсорбции и абсорбции, сопровождаемой химической реакцией
159	Законы массопередачи, которым подчиняется процесс абсорбции
160	Закон равновесия в процессах абсорбции
161	Движущая сила процессов массопередачи
162	Рабочая линия и материальный баланс абсорбции
163	Назначение, устройство и принцип действия колпачковой тарелки
164	Конструкции тарельчатых колонных аппаратов
165	Схема лабораторной установки «Изучение гидродинамики колпачковой тарелки», порядок проведения эксперимента

166	Классификация и принцип действия абсорбционных аппаратов. Устройство абсорберов
167	Направление массопередачи
168	Принципиальная схема периодической простой перегонки, сущность процесса. Фракционная перегонка
169	Схема лабораторной установки «Экспериментальная проверка уравнения процесса простой перегонки», порядок проведения эксперимента
170	Расчет количества получаемого остатка путем графического интегрирования
171	Константа скорости сушки и ее физический смысл
172	Схема лабораторной установки «Изучение процесса конвективной сушки», порядок проведения эксперимента
173	Устройство сушилок
174	Дифференциальное уравнение материального баланса простой перегонки (вывод)
175	Основы теории переноса количества движения, теплоты, массы. Уравнение Навье-Стокса, уравнение Фурье-Кирхгофа, закон Фика.
176	Теория физического и математического моделирования процессов химической технологии.
177	Основы теории подобия. Теоремы подобия.
178	Расход жидкости и скорость движения; виды движения.
179	Режимы движения реальной жидкости; основные характеристики турбулентного потока.
180	Режимы движения реальной жидкости; основные характеристики ламинарного потока.
181	Основные параметры работы насосов и их характеристики.
182	Измельчение твердых материалов. Расход энергии.
183	Роль гидромеханических процессов в химической технологии. Классификация технологических систем. Классификация технологических процессов.
184	Течение жидкости через зернистые и пористые слои. Математическое описание процесса.
185	Физическая сущность процесса осаждения. Математическое описание процесса
186	
187	Разделение жидких неоднородных систем в поле центробежных сил. Математическое описание процесса.
188	Фильтрация. Физическая сущность процесса. Движущая сила, сопротивление и интенсивность процесса. Математическое описание фильтрации.
189	Значение процессов теплообмена в химической промышленности. Виды переноса тепла, их характеристики.
190	Основы теплопередачи. Стационарный и нестационарный перенос теплоты.
191	Математическое описание процессов теплообмена: дифференциальное уравнение теплопроводности; дифференциальное уравнение конвективного переноса теплоты.
192	Теплопередача. Уравнение теплопередачи для плоской и цилиндрической стенок. Связь между коэффициентом теплопередачи и коэффициентами теплоотдачи.
193	Определение средней движущей силы процесса теплопередачи при переменных температурах теплоносителей.
194	Выпаривание. Физическая сущность процесса. Методы проведения выпаривания. Однокорпусные и многокорпусные выпарные установки.
195	Материальный и тепловой балансы выпаривания. Общая и полезная разность температур. Определение расхода греющего пара и поверхности теплообмена.
196	Общие сведения о массообменных процессах. Классификация и их общая характеристика. Основы массопередачи со свободной границей раздела фаз газ (пар) - жидкость, жидкость - жидкость.
197	Законы фазового распределения (равновесия). Направление протекания массообменных процессов. Молекулярный и конвективный массоперенос.
198	Конвекция и массоотдача. Уравнение массоотдачи. Дифференциальное уравнение конвективной диффузии.
199	Выражение коэффициента массопередачи через коэффициенты массоотдачи. Средняя движущая сила процессов массопередачи.
200	Основы расчета высоты колонных массообменных аппаратов. Определение рабочей высоты аппаратов с непрерывным контактом фаз (насадочных, пленочных). Объемные коэффициенты массопередачи. Число единиц переноса. Высота единицы переноса. Теоретическая тарелка.
201	Определение рабочей высоты аппаратов со ступенчатым контактом фаз (тарельчатых). Коэффициенты массопередачи и число единиц переноса, отнесенные к рабочей площади тарелки. Коэффициенты полезного действия контактных устройств.
202	Расчет массообменных аппаратов.
203	Абсорбция. Общие сведения о процессе и области его практического применения. Материальный баланс процесса. Уравнение линий рабочих концентраций.
204	Перегонка жидкостей. Простая перегонка и ректификация. Равновесие в системе пар - жидкость. Закон Рауля. Уравнение линии равновесия. Материальный баланс простой перегонки. Молекулярная дистилляция. Перегонка с водяным паром
205	Ректификация. Принцип ректификации. Схема установок периодической и непрерывной ректификации.
206	Массообмен между жидкостью (газом или паром) и твердым телом. Массоперенос в твердой фазе. Массоперенос во внешней фазе. Основные характеристики пористых тел.
207	Адсорбция. Адсорбенты. Условия десорбции. Материальный баланс процесса. Принципиальные схемы адсорбционных процессов. Адсорбционная аппаратура.
208	Сушка. Общие сведения. Конвективная сушка влажных материалов. Физические свойства влажного воздуха. Диаграмма I - x.
209	Материальные балансы сушильных установок. Расход теплоносителей. Тепловые балансы сушильных установок. Теоретическая и действительная сушилка.
210	Контактные и терморadiационные сушилки. Сушка в поле токов высокой частоты. Сублимационные сушилки.

3.3 Кейс – задания

3.3.1 ПКв-3 - Способен применять естественнонаучные и общинженерные знания, методы математического анализа и моделирования в профессиональной деятельности

ИД1_{ПКв-3} – Демонстрирует способность осуществлять технологический процесс в соответствии с регламентом, с учетом норм выработки и технологических нормативов расходования сырья, материалов и энергетических затрат

Задание: Дать развернутые ответы на следующие ситуационные задания

Номер вопроса	Текст задания
211	<p>Ситуация. Вы работаете на очистных сооружениях, необходимо провести реконструкцию с целью увеличения производительности отстойников.</p> <p>Задание. Предложить мероприятия по увеличению производительности отстойников</p>
	<p>Ответ: Производительность отстойника зависит от скорости осаждения и площади отстойника. Для увеличения производительности отстойника можно:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Увеличить размер осаждаемых частиц, добавляя растворы ПАВ. Чем крупнее частицы, тем больше их скорость осаждения. 2. Перед отстойником суспензию надо подогреть для снижения вязкости среды. Скорость осаждения обратно пропорциональна вязкости. 3. Для увеличения поверхности осаждения установить многоярусные отстойники..
212	<p>Ситуация. В цехе, где вы работаете, необходимо увеличить производительность. Насос подает сырье в количестве 20 м³/ч, создавая напор 50 м. Полный КПД насоса $\eta = 0,8$.</p> <p>Задание. Предложить мероприятия по увеличению производительности насоса</p>
	<p>Ответ: Производительность насоса – количество жидкости, подаваемое насосом в напорные трубопровод в единицу времени. Для увеличения производительности насоса можно:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Увеличить число оборотов рабочего колеса насоса, исходя из законов пропорциональности $Q_1/Q_2=n_1/n_2$. 2. Снизить гидравлическое сопротивление в напорном трубопроводе. Для этого открыть полностью задвижку на напорном трубопроводе, увеличить диаметр напорного трубопровода, однако диаметр напорного трубопровода должен быть меньше диаметра всасывающего трубопровода. 3. Подключить два насоса параллельно.
213	<p>Ситуация. Вы работаете на станции фильтрования, необходимо увеличить скорость фильтрования с целью повышения производительности (фильтрование ведется при постоянном перепаде давления).</p> <p>Задание. Предложить мероприятия по увеличению скорости фильтрования с целью увеличения производительности фильтра</p>
	<p>Скорость процесса фильтрования (v_{ϕ}) прямо пропорциональна движущей силе (ΔP) и обратно пропорциональна гидравлическому сопротивлению осадка ($R_{ос}$) и фильтровальной перегородке ($R_{\phi.п.}$).</p> $v_{\phi} = \frac{\Delta P}{\mu(R_{ос} + R_{\phi.п.})}, \text{ где}$ <p>ΔP - разность давления по обе стороны фильтровальной перегородки, μ - вязкость среды, $R_{ос}$ – сопротивление осадка, $R_{\phi.п.}$ – сопротивление перегородки.</p> <p>Для увеличения скорости фильтрования при условии $\Delta P = const$ необходимо:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Подогреть суспензию для снижения вязкости; 2) Удалить осадок по мере необходимости с фильтрующей поверхности; 3) Для снижения сопротивления осадка использовать вспомогательные фильтровальные порошки (Кизельгур, Перлит, Диатомит, Уголь и др.), которые добавляют либо в суспензию, либо намывают на фильтровальную перегородку; 4) Использовать фильтровальную перегородку с меньшим сопротивлением (Например, фильтровальные перегородки из бельтинга и синтетических волокон).

3.3.2 ПКв-3 - Способен применять естественнонаучные и общинженерные знания, методы математического анализа и моделирования в профессиональной деятельности

ИД2_{ПКв-3} – Использует технические средства для измерения основных параметров технологического процесса, свойств сырья и продукции; анализирует технологический процесс, выявляет его недостатки с учетом эффективности использования оборудования, сырья и вспомогательных материалов

Задание: Дать развернутые ответы на следующие ситуационные задания

Номер вопроса	Текст задания
214	<p>Ситуация. Вы работаете метрологом на очистных сооружениях. При отборе проб выяснилось, что осветленная жидкость имеет не надлежащее качество.</p> <p>Задание. Объясните причины и предложите мероприятия по улучшению качества осветленной жидкости</p>
	Снижение качества осветленной жидкости может быть связано:

	<p>1) недостаточная продолжительность пребывания разделяемой суспензии в аппарате, обеспечивающая осаждение частиц;</p> <p>2) линейная скорость потока должна быть меньше скорости осаждения, чтобы не происходило взмучивания и уноса осаждающихся частиц.</p> <p>Мероприятия по улучшению качества осветленного сока:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) уменьшить вязкость дисперсионной фазы (жидкости) - с этой целью суспензия нагревается; 2) увеличить размер осаждающихся частиц - в этом случае в суспензию добавляют раствор ПАВ (поверхностно активные вещества); 3) уменьшить частоту вращения мешалки, которая перемещает сгущенную суспензию к разгрузочному люку; 4) продолжительность отстаивания можно сократить, если использовать многоярусные отстойники.
215	<p>Ситуация. Вы работаете на станции фильтрования. При отборе проб выяснилось, что не обеспечивается заданная чистота фильтрата.</p> <p>Задание. Объясните причины брака, предложите мероприятия по улучшению качества фильтрата</p>
	<p>Снижение качества фильтрата может быть связано:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. с механическим повреждением фильтрующих элементов в аппарате; 2. ухудшение качества фильтруемой суспензии, полученной на предыдущих стадиях технологического процесса (суспензия может содержать большое количество коллоидных веществ); 3. повышение гидравлического сопротивления осадка; 4. фильтрующая перегородка не обеспечивает полностью фильтрации. <p>Мероприятия по улучшению качества фильтрата:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. необходимо промыть фильтр; удалить образовавшийся осадок на фильтровальной перегородке; 2. провести регенерацию фильтровальной перегородки или заменить новой для снижения её гидравлического сопротивления; 3. в качестве вспомогательного фильтрующего вещества использовать кизельгур, перлит, диатомит и др.; эти вещества добавляют в суспензию или намыывают в виде небольшого слоя на поверхность фильтра, что облегчает отделение тонкодисперсных частиц.
216	<p>Ситуация. Вы работаете на заводе, для подогрева воды перед поступлением в отстойник используется вертикальный кожухотрубчатый теплообменник. За 5 мин вода должна нагреваться от 35 до 85 °С. Сейчас за пять минут вода нагревается от 35 до 60 °С.</p> <p>Задание: Установить причину данного происшествия и предложить ряд мероприятий по предотвращению подобных ситуаций.</p>
	<p>Ответ: вода не нагревается до заданной температуры в кожухотрубчатом теплообменнике по следующим причинам:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Поверхность теплообмена загрязнена. Необходимо очистить поверхность от загрязнений и снизить термическое сопротивление стенки. 2. Низкая скорость движения воды в трубках. Следует увеличить расход воды или установить перегородки в крышке или днище теплообменника. 3. Низкое давление и температура пара в межтрубном пространстве теплообменника. Для увеличения коэффициента теплоотдачи в межтрубном пространстве повысить давление пара и удалить неконденсирующиеся газы (воздух).
217	<p>Ситуация. Вы работаете мастером на очистных сооружениях, необходимо увеличить скорость осаждения в отстойниках.</p> <p>Задание. Предложить мероприятия по увеличению скорости осаждения</p>
	<p>Скорость осаждения твердых частиц</p> $\omega_{ос} = \frac{gd^2(\rho_z - \rho)}{18\mu_c},$ <p>d – диаметр наименьших частиц; ρ_z – плотность частиц; ρ – плотность среды; μ_c – динамическая вязкость среды.</p> <p>Увеличить скорость осаждения можно следующими способами:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) нагреть суспензию для снижения вязкости среды; 2) добавить в суспензию растворы поверхностно-активных веществ. ПАВ выполняют роль «склеивающих» мостиков мелких частиц в более крупные агрегаты; 3) использовать осаждение под действием центробежной силы (центрифуги осадительного типа).
218	<p>Ситуация. Вы работаете на заводе. Процесс перемешивания раствора имеет низкую интенсивность.</p> <p>Задание: Предложить мероприятия по интенсификации процесса перемешивания растворов.</p>
	<p>Ответ: Повысить интенсивность механического перемешивания растворов возможно следующими способами:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Снизить вязкость перемешиваемого раствора, тем самым уменьшить сопротивление среды вращению мешалки. С этой целью используют аппараты с тепловой рубашкой. 2. Увеличить скорость вращения мешалки. Для предотвращения образования воронки вокруг вала в аппарат помещают отражательные перегородки, которые, кроме того, способствуют возникновению дополнительных вихрей и увеличению турбулентности. 3. С целью увеличения турбулентности среды при перемешивании используют многоярусные мешалки (лопастные, турбинные). 4. Для улучшения перемешивания больших объемов в сосудах с пропеллерными мешалками устанавли-

219	<p>вают диффузоры.</p> <p>Ситуация. В цехе работает (по прямоточной схеме) воздухоподогреватель, в котором нагревается воздух от температуры $t_1' = 20\text{ }^\circ\text{C}$ до $t_2' = 210\text{ }^\circ\text{C}$ горячими газами, которые охлаждаются от температуры $t_1 = 410\text{ }^\circ\text{C}$ до температуры $t_2 = 250\text{ }^\circ\text{C}$.</p> <p>Задание. Определить средний температурный напор между воздухом и газом и предложить мероприятия по его увеличению.</p>
	<p>Ответ: Средний температурный напор между газом и воздухом при прямотоке</p> <div style="text-align: center;"> $\begin{array}{ccc} 410^\circ\text{C} & \text{газ} & 250^\circ\text{C} \\ \hline & \longrightarrow & \\ 20^\circ\text{C} & \text{воздух} & 210^\circ\text{C} \\ \hline & \longrightarrow & \end{array}$ </div> <p>$\Delta t_{\bar{o}} = 410 - 20 = 390\text{ }^\circ\text{C}$</p> <p>$\Delta t_{\bar{m}} = 250 - 210 = 40\text{ }^\circ\text{C}$</p> <p>$\frac{\Delta t_{\bar{o}}}{\Delta t_{\bar{m}}} = \frac{390}{40} = 9,75 > 2$</p> <p>$\Delta t_{cp} = \frac{\Delta t_{\bar{o}} - \Delta t_{\bar{m}}}{\ln \frac{\Delta t_{\bar{o}}}{\Delta t_{\bar{m}}}} = \frac{390 - 40}{\ln 9,75} = 153,7\text{ }^\circ\text{C}$</p> <p>Средний температурный напор между газом и воздухом при противотоке</p> <div style="text-align: center;"> $\begin{array}{ccc} 410^\circ\text{C} & \text{газ} & 250^\circ\text{C} \\ \hline & \longrightarrow & \\ 210^\circ\text{C} & \text{воздух} & 20^\circ\text{C} \\ \hline & \longleftarrow & \end{array}$ </div> <p>$\Delta t_{\bar{o}} = 250 - 20 = 230\text{ }^\circ\text{C}$</p> <p>$\Delta t_{\bar{m}} = 410 - 210 = 200\text{ }^\circ\text{C}$</p> <p>$\frac{\Delta t_{\bar{o}}}{\Delta t_{\bar{m}}} = \frac{230}{200} = 1,15 < 2$</p> <p>$\Delta t_{cp} = \frac{\Delta t_{\bar{o}} + \Delta t_{\bar{m}}}{2} = \frac{230 + 200}{2} = 215\text{ }^\circ\text{C}$</p> <p>Т.к. Δt_{cp} при противотоке больше, чем при прямотоке, следовательно противоточная схема движения теплоносителей более эффективна. Необходимо изменить направление движения одного из теплоносителей.</p>
220	<p>Ситуация. Вы работаете на предприятии по производству азотной кислоты оператором абсорбционной колонны. Перед Вами поставлена задача интенсифицировать процесс.</p> <p>Задание. Предложите мероприятия по интенсификации процесса абсорбции аммиака водой.</p>
	<p>Ответ: Для интенсификации процесса абсорбции аммиака водой возможно провести следующие мероприятия:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Снизить температуру воды. 2. Повысить парциальное давление аммиака в газовой смеси. 3. обеспечить наиболее эффективный гидродинамический режим работы абсорбера для создания развитой поверхности контакта фаз между водой и аммиаком (зависит от скорости газа в аппарате).
221	<p>Ситуация. Выработаете главным инженером. Вам поручили приобрести новую сушильную установку.</p> <p>Задание: Подобрать возможные конструкции сушилок, пояснить их достоинства и недостатки.</p>
	<p>Ответ: Для высушивания сыпучих материалов возможно использование барабанных сушилок и сушилок с кипящим (псевдооживленным) слоем.</p> <p>Достоинства указанных сушилок:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Интенсивная и равномерная сушка вследствие развитой поверхности контакта материала и сушильного агента (воздуха). 2. Большое напряжение по влаге. 3. Компактность установки. 4. В сушилках с кипящим слоем возможна сушка при высоких температурах вследствие кратковременности контакта. 5. Высокая степень использования тепла сушильного агента. <p>Недостатки таких сушилок:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Истирание и значительный унос мелких частиц. 2. Высокое гидравлическое сопротивление в сушилках с кипящим слоем. 3. Сушилки с кипящим слоем непригодны для сушки материала с большим размером частиц.

3.4 Курсовой проект (примерная тематика)

3.4.1 ПКв-3 - Способен применять естественнонаучные и общеинженерные знания, методы математического анализа и моделирования в профессиональной деятельности

222. Рассчитать и спроектировать теплообменный аппарат типа «труба в трубе» производительностью - G для тепловой обработки продукта. Начальная температура продукта - t_1 , конечная - t_2 . вторым теплоносителем является вода, имеющая начальную температуру - t'_1 и конечную - t'_2 .

223. Рассчитать и спроектировать спиральный теплообменный аппарат для подогрева воды за счет теплоты конденсирующегося водяного пара. В аппарат поступает - G воды с начальной температурой - t_1 , температура воды на выходе из теплообменника - t_2 . Давление насыщенного греющего пара - p_n .

224. Рассчитать и спроектировать ректификационную установку непрерывного действия для разделения под атмосферным давлением бинарной смеси этанол-вода в схеме производства этанола сернокислотной гидратацией этилена.

225. Рассчитать и спроектировать кожухотрубчатый теплообменный аппарат для конденса

226. Рассчитать и спроектировать конденсатор-холодильник для паров спирта. Пар полностью конденсируется в верхней трубчатой части аппарата, в нижней – змеевиковой части идет охлаждение конденсата. Аппарат обеспечивает производительность - G в сутки спирта сырца с объемной долей 88 %. Начальная температура охлаждающей воды t_1 , конечная температура - t_2 . Конденсат охлаждается до темпе

227. Рассчитать и спроектировать оросительный теплообменный аппарат (холодильник) для пивного сусла производительностью - G . Сусло в теплообменнике охлаждается от t_1 до t_2 водой. Аппарат состоит из трех секций:

228. Рассчитать и спроектировать установку включающую экстракционный аппарат для осуществления экстракции в системе жидкость-жидкость.

Производительность экстрактора – V рафината (сплошная фаза). Начальная концентрация извлекаемого компонента в исходной смеси – X' , конечная концентрация - X'' Концентрация извлекаемого компонента в экстрагенте на выходе из колонны y'' , а на входе y' .

4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций.

Процедуры оценивания в ходе изучения дисциплины знаний, умений и навыков, характеризующих этапы формирования компетенций, регламентируются положениями:

- П ВГУИТ 2.4.03 Положение о курсовых, экзаменах и зачетах;
- П ВГУИТ 4.1.02 Положение о рейтинговой оценке текущей успеваемости.

5. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания для каждого результата обучения по дисциплине

Результаты обучения по этапам формирования компетенций	Предмет оценки (продукт или процесс)	Показатель оценивания	Критерии оценивания сформированности компетенций	Шкала оценивания		
				Академическая оценка или баллы	Уровень освоения компетенции	
<p>ПКв-3 - Способен применять естественнонаучные и общинженерные знания, методы математического анализа и моделирования в профессиональной деятельности</p> <p>ИД1_{ПКв-3} – Демонстрирует способность осуществлять технологический процесс в соответствии с регламентом, с учетом норм выработки и технологических нормативов расхода сырья, материалов и энергетических затрат</p>						
Знать технологические процессы химических производств, оборудование для их реализации, параметры и методы расчета	Тест	Результат тестирования	более 50% правильных ответов	Зачтено	Освоена (базовый, повышенный)	
			менее 50% правильных ответов	Не зачтено	Не освоена (недостаточный)	
	Собеседование (зачет)	Знание технологические процессы химических производств, оборудование для их реализации, параметры и методы расчета	обучающийся решил или предложил вариант решения кейс-задания и/или задачи, ответил не на все вопросы, но в тех, на которые дал ответ, не допустил ошибки	Зачтено	Освоена (базовый, повышенный)	
			обучающийся не предложил вариантов решения кейс-задания и/или задачи, в ответе допустил более пяти ошибок	Не зачтено	Не освоена (недостаточный)	
	Собеседование (экзамен)	Знание технологические процессы химических производств, оборудование для их реализации, параметры и методы расчета	обучающийся грамотно решил кейс-задания, ответил на все вопросы, но допустил одну ошибку	Отлично	Освоена (повышенный)	
			обучающийся правильно решил кейс-задания, ответил на все вопросы, но допустил две ошибки	Хорошо	Освоена (повышенный)	
			обучающийся предложил вариант решения кейс-задания, ответил не на все вопросы, но в тех, на которые дал ответ, не допустил ошибки	Удовлетворительно	Освоена (базовый)	
			обучающийся не предложил вариантов решения кейс-задания, в ответе допустил более пяти ошибок	Неудовлетворительно	Не освоена (недостаточный)	
	Уметь осуществлять технологический процесс в соответствии с регламентом, проводить расчеты основных процессов и аппаратов химической технологии	Собеседование (защита лабораторной работы)	Умение осуществлять технологический процесс в соответствии с регламентом, проводить расчеты основных процессов и аппаратов химической технологии	студент активно участвует в собеседовании и обсуждении, подготовил аргументы в пользу решения, предложил альтернативы, выслушивал мнения других	Зачтено	Освоена (базовый, повышенный)
				студент выполняет роль наблюдателя, не внес вклад в собеседование и обсуждение	Не зачтено	Не освоена (недостаточный)
Владеть методами проектирования основных процессов и аппаратов химической технологии процессов и аппаратов	Кейс-задание	Содержание решения	обучающийся грамотно разобрался в ситуации, выявил причины случившейся ситуации, предложил несколько альтернативных вариантов выхода из сложившейся ситуации	зачтено	Освоена (повышенный)	
			обучающийся разобрался в ситуации, выявил причины случившейся ситуации, предложил один вариант выхода из сложившейся ситуации	зачтено	Освоена (повышенный)	
			обучающийся разобрался в сложившейся ситуации,	зачтено	Освоена (базовый)	

химической технологии			однако не выявил причины случившегося и не предложил вариантов решения		
			обучающийся не разобрался в сложившейся ситуации, не выявил причины случившегося и не предложил вариантов решения	не зачтено	Не освоена (недостаточный)
	Курсовой проект	Материалы курсового проекта, защита	обучающийся выбрал верную методику расчета, провел верный расчет, представил пояснительную записку в объеме не менее 40 стр. формата А4, представил графическая часть в объеме не менее 1 листа формата А1, замечаний по тексту и оформлению работы нет, грамотно защитил работу	Отлично	Освоена (повышенный)
			обучающийся выбрал верную методику расчета, провел верный расчет, представил пояснительную записку в объеме не менее 40 стр. формата А4, представил графическая часть в объеме не менее 1 листа формата А1, но имеются незначительные замечания по тексту и оформлению работы, при защите допустил не более 2-3 ошибок при ответе на вопросы	Хорошо	Освоена (повышенный)
			обучающийся т выбрал верную методику расчета, провел расчет, представил пояснительную записку в объеме не менее 40 стр. формата А4, представил графическая часть в объеме не менее 1 листа формата А1, но допущены незначительные ошибки в расчетах, имеются значительные замечания по тексту и оформлению работы, при защите допустил не более 5 ошибок при ответе на вопросы	Удовлетворительно	Освоена (базовый)
		обучающийся т выбрал верную методику расчета, провел расчет, представил пояснительную записку в объеме не менее 40 стр. формата А4, представил графическая часть в объеме не менее 1 листа формата А1, но имеются значительные ошибки в расчетах, значительные замечания по тексту и оформлению работы, не смог защитить проект	Неудовлетворительно	Не освоена (недостаточный)	
ПКв-3 - Способен применять естественнонаучные и общеинженерные знания, методы математического анализа и моделирования в профессиональной деятельности					
ИД2 _{ПКв-3} – Использует технические средства для измерения основных параметров технологического процесса, свойств сырья и продукции; анализирует технологический процесс, выявляет его недостатки с учетом эффективности использования оборудования, сырья и вспомогательных материалов					
Знать технологические процессы, основные показатели их интенсивности и эффективности при выпуске продукции	Тест	Результат тестирования	более 50% правильных ответов	Зачтено	Освоена (базовый, повышенный)
			менее 50% правильных ответов	Не зачтено	Не освоена (недостаточный)
	Собеседование (зачет)	Знание технологических процессов, основных показателей их интенсивности и эффективности при выпуске продукции	обучающийся решил или предложил вариант решения кейс-задания и/или задачи, ответил не на все вопросы, но в тех, на которые дал ответ, не допустил ошибки	Зачтено	Освоена (базовый, повышенный)
			обучающийся не предложил вариантов решения кейс-задания и/или задачи, в ответе допустил более	Не зачтено	Не освоена (недостаточный)

			пяти ошибок		
	Собеседование (экзамен)	Знание <i>технологических процессов, основных показателей их интенсивности и эффективности при выпуске продукции</i>	обучающийся грамотно решил кейс-задания, ответил на все вопросы, но допустил одну ошибку	Отлично	Освоена (повышенный)
обучающийся правильно решил кейс-задания, ответил на все вопросы, но допустил две ошибки			Хорошо	Освоена (повышенный)	
обучающийся предложил вариант решения кейс-задания, ответил не на все вопросы, но в тех, на которые дал ответ, не допустил ошибки			Удовлетворительно	Освоена (базовый)	
обучающийся не предложил вариантов решения кейс-задания, в ответе допустил более пяти ошибок			Неудовлетворительно	Не освоена (недостаточный)	
Уметь оценивать интенсивность и эффективность технологических процессов, параметры работы оборудования при выпуске продукции	Собеседование (защита лабораторной работы)	Умение <i>оценивать интенсивность и эффективность технологических процессов, параметры работы оборудования при выпуске продукции</i>	студент активно участвует в собеседовании и обсуждении, подготовил аргументы в пользу решения, предложил альтернативы, выслушивал мнения других	Зачтено	Освоена (базовый, повышенный)
			студент выполняет роль наблюдателя, не внес вклад в собеседование и обсуждение	Не зачтено	Не освоена (недостаточный)
Владеть навыками выявления недостатков технологических процессов, их интенсивности и эффективности, работы оборудования при выпуске продукции	Кейс-задание	Содержание решения	студент грамотно разобрался в ситуации, выявил причины случившейся ситуации, предложил несколько альтернативных вариантов выхода из сложившейся ситуации	зачтено	Освоена (повышенный)
			студент разобрался в ситуации, выявил причины случившейся ситуации, предложил один вариант выхода из сложившейся ситуации	зачтено	Освоена (повышенный)
			студент разобрался в сложившейся ситуации, однако не выявил причины случившегося и не предложил вариантов решения	зачтено	Освоена (базовый)
			студент не разобрался в сложившейся ситуации, не выявил причины случившегося и не предложил вариантов решения	не зачтено	Не освоена (недостаточный)
Курсовой проект	Материалы курсового проекта, защита		обучающийся выбрал верную методику расчета, провел верный расчет, представил пояснительную записку в объеме не менее 40 стр. формата А4, представил графическая часть в объеме не менее 1 листа формата А1, замечаний по тексту и оформлению работы нет, грамотно защитил работу	Отлично	Освоена (повышенный)
			обучающийся выбрал верную методику расчета, провел верный расчет, представил пояснительную записку в объеме не менее 40 стр. формата А4, представил графическая часть в объеме не менее 1 листа формата А1, но имеются незначительные замечания по тексту и оформлению работы, при защите допустил не более 2-3 ошибок при ответе на вопросы	Хорошо	Освоена (повышенный)
			обучающийся т выбрал верную методику расчета, провел расчет, представил пояснительную записку в объеме не менее 40 стр. формата А4, представил графическая часть в объеме не менее 1 листа фор-	Удовлетворительно	Освоена (базовый)

			мата А1, но допущены незначительные ошибки в расчетах, имеются значительные замечания по тексту и оформлению работы, при защите допустил не более 5 ошибок при ответе на вопросы		
			обучающийся т выбрал верную методику расчета, провел расчет, представил пояснительную записку в объеме не менее 40 стр. формата А4, представил графическая часть в объеме не менее 1 листа формата А1, но имеются значительные ошибки в расчетах, значительные замечания по тексту и оформлению работы, не смог защитить проект	Неудовлетворительно	Не освоена (недостаточный)