

МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«БАШКИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
ХИМИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ

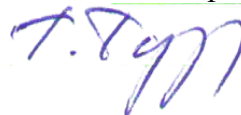
Кафедра Высокомолекулярных соединений и общей химической технологии

Утверждено  
на заседании кафедры  
Протокол № 7 от «27» января 2021  
Зав. кафедрой



Е.И. Кулиш

Согласовано  
Председатель УМК  
Химического факультета



Г.Г. Гарифуллина

**Рабочая программа дисциплины (модуля)**

Дисциплина **Процессы и аппараты химической технологии**

Обязательная часть

**программа бакалавриата**

Специальность  
18.03.01 Химическая технология

Направленность (профиль) подготовки  
*Технология и переработка полимеров*

Квалификация  
Бакалавр\_

Разработчик (составитель) УМК

К.х.н., доцент Базунова М.В.

Асс. Смирнова А.А.  
уч. степень, уч. звание



Для приема 2021 г.

Уфа 2021

Составитель / составители: к.х.н., доцент Бабунова М.В., асс. Смирнова А.А.

Рабочая программа дисциплины утверждена на заседании кафедры ВМС и ОХТ протокол № 7 от «27» января 2021 г.

Заведующий кафедрой



\_\_\_/Кулиш Е.И./

### Список документов и материалов

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы	4
2. Цель и место дисциплины в структуре образовательной программы	6
3. Содержание рабочей программы (объем дисциплины, типы и виды учебных занятий, учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся)	6
4. Фонд оценочных средств по дисциплине	7
4.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания	7
4.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций	18
4.3. <i>Рейтинг-план дисциплины (при необходимости)</i>	21
5. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины	26
5.1. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины	26
5.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» и программного обеспечения, необходимых для освоения дисциплины	27
6. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине	29

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

В результате освоения образовательной программы обучающийся должен овладеть следующими результатами обучения по дисциплине:

Категория (группа) компетенций <sup>1</sup> (при наличии ОПК)	Формируемая компетенция (с указанием кода)	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Результаты обучения по дисциплине
Профессиональная методологи	ОПК-2 Способен использовать математические, физические, физико-химические, химические методы для решения задач профессиональной деятельности	ОПК-2.1 Знает теоретические основы базовых физических, математических и химических дисциплин	Знает: теоретические основы базовых физических, математических и химических дисциплин
		ОПК-2.2 Умеет применять знания о современной физической картине мира, пространственно-временных закономерностях, строении вещества для понимания окружающего мира и явлений природы	Умеет: Применять знания о современной физической картине мира, пространственно-временных закономерностях, строении вещества для понимания окружающего мира и явлений природы
		ОПК-2.3 Владеет методами проведения физических измерений, методами корректной оценки погрешностей при проведении физического эксперимента; теоретическими методами описания свойств простых и сложных веществ на основе электронного строения их атомов и положения в периодической системе химических элементов, экспериментальными методами определения физико-химических свойств веществ и математическими моделями их описания; навыками работы с учебной литературой, основной терминологией и понятийным аппаратом базовых математических и естественнонаучных дисциплин	Владеет: методами проведения физических измерений, методами корректной оценки погрешностей при проведении физического эксперимента; теоретическими методами описания свойств простых и сложных веществ на основе электронного строения их атомов и положения в периодической системе химических элементов, экспериментальными методами определения физико-химических свойств веществ и математическими моделями их описания; навыками работы с учебной литературой, основной терминологией и понятийным аппаратом базовых математических и естественнонаучных дисциплин
Инженерная и технологическая подготовка	ОПК-4 Способен обеспечивать проведение технологического процесса, использовать технические средства для контроля параметров технологического процесса, свойств сырья и готовой продукции,	ОПК-4.1 Знает Классификацию технических средств измерений неэлектрических величин по различным признакам, методику обработки результатов и оценки погрешностей измерений Принципиальные схемы, принцип действия, диапазоны измерений, достоинства и недостатки технических средств измерений неэлектрических величин; особенности их выбора и монтажа; Конструкцию, принцип действия и основы выбора	Знает: Классификацию технических средств измерений неэлектрических величин по различным признакам, методику обработки результатов и оценки погрешностей измерений Принципиальные схемы, принцип действия, диапазоны измерений, достоинства и недостатки технических средств измерений неэлектрических величин; особенности их выбора и монтажа; Конструкцию, принцип действия и основы выбора исполнительных механизмов и регулирующих органов

осуществлять изменение параметров технологического процесса при изменении свойств сырья	исполнительных механизмов и регулирующих органов	
	ОПК-4.2 Умеет выбирать технические средства измерений для измерения параметров технологического процесса в зависимости от его характеристик и требований безопасности Проводить измерения технологических величин на основании анализа требований технологического процесса, обработку результатов измерений и оценку их погрешности	Умеет: Выбирать технические средства измерений для измерения параметров технологического процесса в зависимости от его характеристик и требований безопасности Проводить измерения технологических величин на основании анализа требований технологического процесса, обработку результатов измерений и оценку их погрешности
	ОПК-4.3 Владеет навыками выбора технических средств измерений на основании требований условий протекания технологического процесса, обработки результатов измерения и оценки их погрешности; Комплексом навыков оценки состояния технологического процесса по значениям его параметров в зависимости от изменения параметров сырья	Владеет: Навыками выбора технических средств измерений на основании требований условий протекания технологического процесса, обработки результатов измерения и оценки их погрешности; Комплексом навыков оценки состояния технологического процесса по значениям его параметров в зависимости от изменения параметров сырья
ПК-4 способностью принимать конкретные технические решения при разработке технологических процессов, выбирать технические средства и технологии с учетом экологических последствий их применения	ПК-4.1 Знает основные характеристики и свойства компонентов химических производств; типы и степень воздействия химических предприятий на окружающую среду; правила работы на оборудовании и техники безопасности	Знает: Основные характеристики и свойства компонентов химических производств; типы и степень воздействия химических предприятий на окружающую среду; правила работы на оборудовании и техники безопасности
	ПК-4.2 Умеет использовать технические средства для измерения основных параметров технологического процесса.	Умеет: Использовать технические средства для измерения основных параметров технологического процесса.
	ПК-4.3 Владеет навыками осуществления всех технологических операций в рамках рабочего проекта; основными принципами организации химического производства, его структуры, методами оценки эффективности производства;	Владеет: Навыками осуществления всех технологических операций в рамках рабочего проекта; основными принципами организации химического производства, его структуры, методами оценки эффективности производства;
ПК-9 способностью анализировать техническую документацию, подбирать оборудование, готовить заявки на приобретение и	ПК-9.1 Знает структуру химического производства, общие принципы организации химического производства, теоретические основы химической технологии.	Знает: структуру химического производства, общие принципы организации химического производства, теоретические основы химической технологии.
	ПК-9.2 Умеет находить в литературе и базах данных справочные данные о технологических свойствах и процессах производства товарных	Умеет: находить в литературе и базах данных справочные данные о технологических свойствах и процессах производства товарных продуктов и оформлять документацию

ремонт оборудования	продуктов и оформлять документацию	
	ПК-9.2 Владеет навыками по подготовке заявок на приобретение и ремонт оборудования	Владеет: навыками по подготовке заявок на приобретение и ремонт оборудования
	ПК-10.3 Владеет навыками выполнения стандартных операций по предлагаемым методикам	Владеет: навыками выполнения стандартных операций по предлагаемым методикам
ПК-11 способностью выявлять и устранять отклонения от режимов работы технологического оборудования и параметров технологического процесса	ПК-11.1 Знает общие закономерности формирования, функционирования технологических процессов и их систем.	Знает: общие закономерности формирования, функционирования технологических процессов и их систем.
	ПК-11.2 Умеет определять основные статические и динамические характеристики объектов; выбирать рациональную систему регулирования технологического процесса; выбирать конкретные типы приборов для диагностики химико-технологического процесса.	Умеет: определять основные статические и динамические характеристики объектов; выбирать рациональную систему регулирования технологического процесса; выбирать конкретные типы приборов для диагностики химико-технологического процесса.
	ПК-11.3 Владеет навыками по эксплуатации основных видов оборудования, по ведению и регулированию технологического режима отдельных аппаратов и установок в целом.	Владеет: навыками по эксплуатации основных видов оборудования, по ведению и регулированию технологического режима отдельных аппаратов и установок в целом.

## 2. ЦЕЛИ И МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП БАКАЛАВРИАТА

Дисциплина «Процессы и аппараты химической технологии» относится к обязательной части и является инженерной дисциплиной, представляющей собой важный раздел теоретических основ химической технологии. При изучении курса «Процессы и аппараты химической технологии» проводится анализ закономерностей протекания основных процессов и выполняется разработка обобщенных методов расчета аппаратов производства. Перечень дисциплин и разделов, необходимых для успешного освоения курса: Высшая математика: дифференциальное и интегральное исчисление, решение дифференцированных уравнений, элементы векторной алгебры.

Целью дисциплины является получение знаний, которые должны быть синтетически использованы при разработке наиболее эффективных с технико-экономической точки зрения процессов производства в любых отраслях химической технологии.

Для освоения дисциплины необходимы компетенции, сформированные в рамках изучения следующих дисциплин:

Б1.О.08 Физика

Б1.О.09 Общая и неорганическая химия

## 3. Содержание рабочей программы (объем дисциплины, типы и виды учебных занятий, учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся)

Содержание рабочей программы представлено в Приложении № 1.

#### 4. Фонд оценочных средств по дисциплине

4.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания  
Зачёт

Код и формулировка компетенции **ОПК-2** Способен использовать математические, физические, физико-химические, химические методы для решения задач профессиональной деятельности

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Результаты обучения по дисциплине	Критерии оценивания результатов обучения	
		Не зачтено	Зачтено
<b>ОПК-2.1.</b> Знает теоретические основы базовых физических, математических и химических дисциплин	Знает: теоретические основы базовых физических, математических и химических дисциплин	Не знает	Имеет четкое, целостное представление о содержании теоретических основ базовых физических, математических и химических дисциплин
<b>ОПК-2.2.</b> Умеет применять знания о современной физической картине мира, пространственно-временных закономерностях, строении вещества для понимания окружающего мира и явлений природы	Умеет: Применять знания о современной физической картине мира, пространственно-временных закономерностях, строении вещества для понимания окружающего мира и явлений природы	Не умеет	Умеет применять знания о современной физической картине мира, пространственно-временных закономерностях, строении вещества для понимания окружающего мира и явлений природы для решения задач профессиональной деятельности
<b>ОПК-2.3</b> Владеет методами проведения физических измерений, методами корректной оценки погрешностей при проведении физического эксперимента; теоретическими методами описания свойств простых и сложных веществ на основе электронного строения их атомов и положения в периодической системе химических элементов, экспериментальными методами определения физико-химических свойств веществ и математическими моделями их описания; навыками работы с учебной литературой, основной терминологией и понятийным	Владеет: методами проведения физических измерений, методами корректной оценки погрешностей при проведении физического эксперимента; теоретическими методами описания свойств простых и сложных веществ на основе электронного строения их атомов и положения в периодической системе химических элементов, экспериментальными методами определения физико-химических свойств веществ и математическими моделями их описания; навыками работы с учебной литературой, основной терминологией и понятийным	Не владеет	Владеет способностью самостоятельно использовать методы проведения физических измерений, методы корректной оценки погрешностей при проведении физического эксперимента; теоретические методы описания свойств простых и сложных веществ на основе электронного строения их атомов и положения в периодической системе химических элементов, экспериментальные методы определения физико-химических свойств веществ и математические модели их описания; навыки работы с учебной литературой, основную терминологию и

свойств веществ и математическими моделями их описания; навыками работы с учебной литературой, основной терминологией и понятийным аппаратом базовых математических и естественнонаучных дисциплин	аппаратом базовых математических и естественнонаучных дисциплин		понятийный аппарат базовых математических и естественнонаучных дисциплин
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------	--	--------------------------------------------------------------------------

Код и формулировка компетенции **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

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Результаты обучения по дисциплине	Критерии оценивания результатов обучения	
		Не зачтено	Зачтено
<b>ОПК-4.1</b> Знает Классификацию технических средств измерений неэлектрических величин по различным признакам, методику обработки результатов и оценки погрешностей измерений Принципиальные схемы, принцип действия, диапазоны измерений, достоинства и недостатки технических средств измерений неэлектрических величин; особенности их выбора и монтажа; Конструкцию, принцип действия и основы выбора исполнительных механизмов и регулирующих органов	Знает: Классификацию технических средств измерений неэлектрических величин по различным признакам, методику обработки результатов и оценки погрешностей измерений Принципиальные схемы, принцип действия, диапазоны измерений, достоинства и недостатки технических средств измерений неэлектрических величин; особенности их выбора и монтажа; Конструкцию, принцип действия и основы выбора исполнительных механизмов и регулирующих органов	Не знает	Имеет четкое, целостное знание о классификации технических средств измерений неэлектрических величин по различным признакам, методиках обработки результатов и оценки погрешностей измерений; принципиальных схемах, принципах действия, диапазонах измерений, достоинствах и недостатках технических средств измерений неэлектрических величин; особенностях их выбора и монтажа; конструкциях, принципах действия и основах выбора исполнительных механизмов и регулирующих органов
<b>ОПК-4.2</b> Умеет выбирать технические средства измерений для измерения параметров технологического процесса в зависимости от его характеристик и требований безопасности Проводить измерения технологических величин на основании анализа требований технологического процесса, обработку результатов измерений и оценку их погрешности	Умеет: Выбирать технические средства измерений для измерения параметров технологического процесса в зависимости от его характеристик и требований безопасности Проводить измерения технологических величин на основании анализа требований технологического процесса, обработку результатов измерений и оценку их погрешности	Не умеет	Умеет самостоятельно выбирать технические средства измерений для измерения параметров технологического процесса в зависимости от его характеристик и требований безопасности, а также проводить измерения технологических величин на основании анализа требований технологического процесса, обработку результатов измерений и оценку их погрешности
<b>ОПК-4.3</b> Владеет навыками выбора технических средств измерений на основании требований условий протекания технологического процесса, обработки результатов измерения и оценки их	Владеет: Навыками выбора технических средств измерений на основании требований условий протекания технологического процесса, обработки результатов измерения и оценки их погрешности; Комплексом	Не владеет	Владеет способностью самостоятельно использовать навыки выбора технических средств измерений на основании требований условий протекания технологического процесса, обработки результатов измерения и



погрешности; Комплексом навыков оценки состояния технологического процесса по значениям его параметров в зависимости от изменения параметров сырья	навыков оценки состояния технологического процесса по значениям его параметров в зависимости от изменения параметров сырья		оценки их погрешности; оценки состояния технологического процесса по значениям его параметров в зависимости от изменения параметров сырья
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Код и формулировка компетенции **ПК-4** способностью принимать конкретные технические решения при разработке технологических процессов, выбирать технические средства и технологии с учетом экологических последствий их применения

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Результаты обучения по дисциплине	Критерии оценивания результатов обучения	
		Не зачтено	Зачтено
<b>ПК-4.1</b> Знает основные характеристики и свойства компонентов химических производств; типы и степень воздействия химических предприятий на окружающую среду; правила работы на оборудовании и техники безопасности	Знает: Основные характеристики и свойства компонентов химических производств; типы и степень воздействия химических предприятий на окружающую среду; правила работы на оборудовании и техники безопасности	Не знает	Имеет четкое, целостное знание об основных характеристиках и свойствах компонентов химических производств; типах и степени воздействия химических предприятий на окружающую среду; правилах работы на оборудовании и технике безопасности
<b>ПК-4.2</b> Умеет использовать технические средства для измерения основных параметров технологического процесса.	Умеет: Использовать технические средства для измерения основных параметров технологического процесса.	Не умеет	В полной мере умеет применять современные технические средства для измерения основных параметров технологического процесса.
<b>ПК-4.3</b> Владеет навыками осуществления всех технологических операций в рамках рабочего проекта; основными принципами организации химического производства, его структуры, методами оценки эффективности производства;	Владеет: Навыками осуществления всех технологических операций в рамках рабочего проекта; основными принципами организации химического производства, его структуры, методами оценки эффективности производства;	Не владеет	В полной мере владеет навыками осуществления всех технологических операций в рамках рабочего проекта; основными принципами организации химического производства, его структуры, методами оценки эффективности производства

Код и формулировка компетенции **ПК-9** способностью анализировать техническую документацию, подбирать оборудование, готовить заявки на приобретение и ремонт оборудования

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Результаты обучения по дисциплине	Критерии оценивания результатов обучения	
		Не зачтено	Зачтено
<b>ПК-9.1</b> Знает структуру химического производства, общие принципы организации химического производства, теоретические основы химической технологии.	Знает: структуру химического производства, общие принципы организации химического производства, теоретические основы химической технологии.	Не знает	В полной мере знает структуру химического производства, общие принципы организации химического производства, теоретические основы химической технологии
<b>ПК-9.2</b> Умеет находить в литературе и базах данных справочные данные о технологических свойствах и	Умеет: находить в литературе и базах данных справочные данные о технологических	Не умеет	В полной мере умеет находить в литературе и базах данных справочные данные о технологических

процессах производства товарных продуктов и оформлять документацию	свойствах и процессах производства товарных продуктов и оформлять документацию		свойствах и процессах производства товарных продуктов и оформлять документацию
<b>ПК-9.2</b> Владеет навыками по подготовке заявок на приобретение и ремонт оборудования	Владеет: навыками по подготовке заявок на приобретение и ремонт оборудования	Не владеет	В полной мере владеет навыками по подготовке заявок на приобретение и ремонт оборудования

Код и формулировка компетенции **ПК-11** способностью выявлять и устранять отклонения от режимов работы технологического оборудования и параметров технологического процесса

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Результаты обучения по дисциплине	Критерии оценивания результатов обучения	
		Не зачтено	Зачтено
<b>ПК-11.1</b> Знает общие закономерности формирования, функционирования технологических процессов и их систем.	Знает: общие закономерности формирования, функционирования технологических процессов и их систем.	Не знает	Имеет четкое, целостное знание общих закономерностей формирования, функционирования технологических процессов и их систем
<b>ПК-11.2</b> Умеет определять основные статические и динамические характеристики объектов; выбирать рациональную систему регулирования технологического процесса; выбирать конкретные типы приборов для диагностики химико-технологического процесса.	Умеет: определять основные статические и динамические характеристики объектов; выбирать рациональную систему регулирования технологического процесса; выбирать конкретные типы приборов для диагностики химико-технологического процесса.	Не умеет	Умеет самостоятельно определять основные статические и динамические характеристики объектов; выбирать рациональную систему регулирования технологического процесса; выбирать конкретные типы приборов для диагностики химико-технологического процесса.
<b>ПК-11.3</b> Владеет навыками по эксплуатации основных видов оборудования, по ведению и регулированию технологического режима отдельных аппаратов и установок в целом.	Владеет: навыками по эксплуатации основных видов оборудования, по ведению и регулированию технологического режима отдельных аппаратов и установок в целом.	Не владеет	Владеет способностью самостоятельно использовать навыки по эксплуатации основных видов оборудования, по ведению и регулированию технологического режима отдельных аппаратов и установок в целом.

## Экзамен

Код и формулировка компетенции **ОПК-2** Способен использовать математические, физические, физико-химические, химические методы для решения задач профессиональной деятельности

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Результаты обучения по дисциплине	Критерии оценивания результатов обучения			
		2 («Неудовлетворительно»)	3 («Удовлетворительно»)	4 («Хорошо»)	5 («Отлично»)
<b>ОПК-2.1.</b> Знает теоретические основы базовых физических, математических и химических дисциплин	Знает: теоретические основы базовых физических, математических и химических дисциплин	Не знает	Имеет представление о содержании отдельных химических дисциплин, знает	Имеет хорошие знания основных учебных курсов по химии, знает терминологию, основные законы и понимает	Имеет четкое, целостное представление о содержании теоретических основ базовых

			терминологию, основные законы физики и химии, но допускает неточности в формулировках	сущность общих закономерностей, изучаемых в рамках базовых физических и химических дисциплин	физических, математических и химических дисциплин
<b>ОПК-2.2.</b> Умеет применять знания о современной физической картине мира, пространственно-временных закономерностях, строении вещества для понимания окружающего мира и явлений природы	Умеет: Применять знания о современной физической картине мира, пространственно-временных закономерностях, строении вещества для понимания окружающего мира и явлений природы	Не умеет	Демонстрирует неполное умение применять знания о современной физической картине мира, пространственно-временных закономерностях, строении вещества для понимания окружающего мира и явлений природы	Демонстрирует хорошее умение применять знания о современной физической картине мира, пространственно-временных закономерностях, строении вещества для понимания окружающего мира и явлений природы	Умеет применять знания о современной физической картине мира, пространственно-временных закономерностях, строении вещества для понимания окружающего мира и явлений природы для решения задач профессиональной деятельности
<b>ОПК-2.3</b> Владеет методами проведения физических измерений, методами корректной оценки погрешностей при проведении физического эксперимента; теоретическими методами описания свойств простых и сложных веществ на основе электронного строения их атомов и положения в периодической системе химических элементов, экспериментальными методами определения физико-химических свойств веществ и математическими моделями их описания; навыками работы с учебной литературой, основной терминологией и понятийным аппаратом базовых математических и	Владеет: методами проведения физических измерений, методами корректной оценки погрешностей при проведении физического эксперимента; теоретическими методами описания свойств простых и сложных веществ на основе электронного строения их атомов и положения в периодической системе химических элементов, экспериментальными методами определения физико-химических свойств веществ и математическими моделями их описания; навыками работы с учебной литературой, основной терминологией и понятийным аппаратом	Не владеет	Владеет некоторыми методами проведения физических измерений, методами корректной оценки погрешностей при проведении эксперимента; теоретическими методами описания свойств простых и сложных веществ на основе электронного строения их атомов и положения в периодической системе химических элементов, экспериментальными методами определения физико-химических свойств веществ и математическими моделями их описания	Хорошо владеет методами проведения физических измерений, методами корректной оценки погрешностей при проведении физического эксперимента; теоретическими методами описания свойств простых и сложных веществ на основе электронного строения их атомов и положения в периодической системе химических элементов, экспериментальными методами определения физико-химических свойств веществ и математическими моделями их описания; навыками работы с учебной литературой, основной терминологией и понятийным аппаратом базовых	Владеет способностью самостоятельно использовать методы проведения физических измерений, методы корректной оценки погрешностей при проведении физического эксперимента; теоретические методы описания свойств простых и сложных веществ на основе электронного строения их атомов и положения в периодической системе химических элементов, экспериментальные методы определения физико-химических свойств веществ и математические модели их описания; навыки работы с учебной литературой, основную терминологию и понятийный аппарат базовых математических и

естественнонаучных дисциплин	базовых математических и естественнонаучных дисциплин			математических и естественнонаучных дисциплин	естественнонаучных дисциплин
------------------------------	-------------------------------------------------------	--	--	-----------------------------------------------	------------------------------

Код и формулировка компетенции **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

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Результаты обучения по дисциплине	Критерии оценивания результатов обучения			
		2 («Неудовлетворительно»)	3 («Удовлетворительно»)	4 («Хорошо»)	5 («Отлично»)
<b>ОПК-4.1</b> Знает Классификацию технических средств измерений неэлектрических величин по различным признакам, методику обработки результатов и оценки погрешностей измерений Принципиальные схемы, принцип действия, диапазоны измерений, достоинства и недостатки технических средств измерений неэлектрических величин; особенности их выбора и монтажа; Конструкцию, принцип действия и основы выбора исполнительных механизмов и регулирующих органов	Знает: Классификацию технических средств измерений неэлектрических величин по различным признакам, методику обработки результатов и оценки погрешностей измерений Принципиальные схемы, принцип действия, диапазоны измерений, достоинства и недостатки технических средств измерений неэлектрических величин; особенности их выбора и монтажа; Конструкцию, принцип действия и основы выбора исполнительных механизмов и регулирующих органов	Не знает	Знает классификацию технических средств измерений неэлектрических величин по различным признакам, методику обработки результатов и оценки погрешностей измерений	Знает: Классификацию технических средств измерений неэлектрических величин по различным признакам, методику обработки результатов и оценки погрешностей измерений Принципиальные схемы, принцип действия, диапазоны измерений, достоинства и недостатки технических средств измерений неэлектрических величин; особенности их выбора и монтажа	Имеет четкое, целостное знание о классификации технических средств измерений неэлектрических величин по различным признакам, методиках обработки результатов и оценки погрешностей измерений; принципиальных схемах, принципах действия, диапазонах измерений, достоинствах и недостатках технических средств измерений неэлектрических величин; особенностях их выбора и монтажа; конструкциях, принципах действия и основах выбора исполнительных механизмов и регулирующих органов
<b>ОПК-4.2</b> Умеет выбирать технические средства измерений для измерения параметров технологического процесса в зависимости от его характеристик и требований безопасности Проводить измерения технологических величин на основании анализа	Умеет: Выбирать технические средства измерений для измерения параметров технологического процесса в зависимости от его характеристик и требований безопасности Проводить измерения технологических	Не умеет	Умеет проводить измерения технологических величин на основании анализа требований технологического процесса, обработку результатов измерений и оценку их	Умеет проводить измерения технологических величин на основании анализа требований технологического процесса, обработку результатов измерений и оценку их погрешности, может выбирать технические средства измерений для	Умеет самостоятельно выбирать технические средства измерений для измерения параметров технологического процесса в зависимости от его характеристик и требований безопасности, а также проводить измерения

требований технологического процесса, обработку результатов измерений и оценку их погрешности	величин на основании анализа требований технологического процесса, обработку результатов измерений и оценку их погрешности		погрешности, но допускает ошибки	измерения параметров технологического процесса в зависимости от его характеристик и требований безопасности, но допускает неточности	технологических величин на основании анализа требований технологического процесса, обработку результатов измерений и оценку их погрешности
<b>ОПК-4.3</b> Владеет навыками выбора технических средств измерений на основании требований условий протекания технологического процесса, обработки результатов измерения и оценки их погрешности; Комплексом навыков оценки состояния технологического процесса по значениям его параметров в зависимости от изменения параметров сырья	Владеет: Навыками выбора технических средств измерений на основании требований условий протекания технологического процесса, обработки результатов измерения и оценки их погрешности; Комплексом навыков оценки состояния технологического процесса по значениям его параметров в зависимости от изменения параметров сырья	Не владеет	Удовлетворительно владеет навыками выбора технических средств измерений на основании требований условий протекания технологического процесса, обработки результатов измерения и оценки их погрешности	Владеет хорошими навыками выбора технических средств измерений на основании требований условий протекания технологического процесса, обработки результатов измерения и оценки их погрешности; Комплексом навыков оценки состояния технологического процесса по значениям его параметров в зависимости от изменения параметров сырья	Владеет способностью самостоятельно использовать навыки выбора технических средств измерений на основании требований условий протекания технологического процесса, обработки результатов измерения и оценки их погрешности; оценки состояния технологического процесса по значениям его параметров в зависимости от изменения параметров сырья

Код и формулировка компетенции **ПК-4** способностью принимать конкретные технические решения при разработке технологических процессов, выбирать технические средства и технологии с учетом экологических последствий их применения

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Результаты обучения по дисциплине	Критерии оценивания результатов обучения			
		2 («Неудовлетворительно»)	3 («Удовлетворительно»)	4 («Хорошо»)	5 («Отлично»)
<b>ПК-4.1</b> Знает основные характеристики и свойства компонентов химических производств; типы и степень воздействия химических предприятий на окружающую среду; правила работы на оборудовании и техники безопасности	Знает: Основные характеристики и свойства компонентов химических производств; типы и степень воздействия химических предприятий на окружающую среду; правила работы на оборудовании и техники безопасности	Не знает	Имеет общие представления об основных характеристиках и свойствах компонентов химических производств; типах и степенях воздействия химических предприятий на окружающую среду; правила работы на	Знает основные принципы организации химического производства; типы и степень воздействия химических предприятий на окружающую среду; правила работы на оборудовании и техники безопасности	Имеет четкое, целостное знание об основных характеристиках и свойствах компонентов химических производств; типах и степени воздействия химических предприятий на окружающую среду; правила работы на оборудовании и техники безопасности

			оборудовании и техники безопасности		
<b>ПК-4.2</b> Умеет использовать технические средства для измерения основных параметров технологического процесса.	Умеет: Использовать технические средства для измерения основных параметров технологического процесса.	Не умеет	Умеет использовать основные технические средства для измерения ряда параметров технологического процесса, но допускает небольшие неточности	Умеет выбирать технические средства для измерения основных параметров технологического процесса.	В полной мере умеет применять современные технические средства для измерения основных параметров технологического процесса.
<b>ПК-4.3</b> Владеет навыками осуществления всех технологических операций в рамках рабочего проекта; основными принципами организации химического производства, его структуры, методами оценки эффективности производства	Владеет: Навыками осуществления всех технологических операций в рамках рабочего проекта; основными принципами организации химического производства, его структуры, методами оценки эффективности производства;	Не владеет	Владеет базовыми навыками осуществления всех технологических операций в рамках рабочего проекта; базовыми принципами организации химического производства, его структуры, методами оценки эффективности производства	Владеет основными навыками осуществления всех технологических операций в рамках рабочего проекта; основными принципами организации химического производства, его структуры, методами оценки эффективности производства	В полной мере владеет навыками осуществления всех технологических операций в рамках рабочего проекта; основными принципами организации химического производства, его структуры, методами оценки эффективности производства

Код и формулировка компетенции **ПК-9** способностью анализировать техническую документацию, подбирать оборудование, готовить заявки на приобретение и ремонт оборудования

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Результаты обучения по дисциплине	Критерии оценивания результатов обучения			
		2 («Неудовлетворительно»)	3 («Удовлетворительно»)	4 («Хорошо»)	5 («Отлично»)
<b>ПК-9.1</b> Знает структуру химического производства, общие принципы организации химического производства, теоретические основы химической технологии.	Знает: структуру химического производства, общие принципы организации химического производства, теоретические основы химической технологии.	Не знает	Имеет общее представление о структуре химического производства, общих принципах организации химического производства,	Знает структуру химического производства, общие принципы организации химического производства, теоретические основы химической технологии.	В полной мере знает структуру химического производства, общие принципы организации химического производства, теоретические основы химической технологии

			теоретических основах химической технологии.		
<b>ПК-9.2</b> Умеет находить в литературе и базах данных справочные данные о технологических свойствах и процессах производства товарных продуктов и оформлять документацию	Умеет: находить в литературе и базах данных справочные данные о технологических свойствах и процессах производства товарных продуктов и оформлять документацию	Не умеет	Умеет находить в литературе и базах данных справочные данные о технологических свойствах и процессах производства товарных продуктов и оформлять документацию, но допускает небольшие неточности	Умеет находить в литературе и базах данных справочные данные о технологических свойствах и процессах производства товарных продуктов и оформлять документацию	В полной мере умеет находить в литературе и базах данных справочные данные о технологических свойствах и процессах производства товарных продуктов и оформлять документацию
<b>ПК-9.2</b> Владеет навыками по подготовке заявок на приобретение и ремонт оборудования	Владеет: навыками по подготовке заявок на приобретение и ремонт оборудования	Не владеет	Владеет навыками по подготовке заявок на приобретение и ремонт оборудования, но допускает небольшие неточности	Владеет основными навыками по подготовке заявок на приобретение и ремонт оборудования	В полной мере владеет навыками по подготовке заявок на приобретение и ремонт оборудования

Код и формулировка компетенции **ПК-11** способностью выявлять и устранять отклонения от режимов работы технологического оборудования и параметров технологического процесса

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Результаты обучения по дисциплине	Критерии оценивания результатов обучения			
		2 («Неудовлетворительно»)	3 («Удовлетворительно»)	4 («Хорошо») 15	5 («Отлично»)
<b>ПК-11.1</b> Знает общие закономерности формирования, функционирования технологических процессов и их систем.	Знает: общие закономерности формирования, функционирования технологических процессов и их систем.	Не знает	Имеет общее представление об общих закономерностях формирования, функционирования	Знает общие закономерности формирования, функционирования технологических процессов и их систем.	Имеет четкое, целостное знание общих закономерностей формирования, функционирования технологических процессов и их систем

			технологических процессов и их систем.		
<b>ПК-11.2</b> Умеет определять основные статические и динамические характеристики объектов; выбирать рациональную систему регулирования технологического процесса; выбирать конкретные типы приборов для диагностики химико-технологического процесса.	Умеет: определять основные статические и динамические характеристики объектов; выбирать рациональную систему регулирования технологического процесса; выбирать конкретные типы приборов для диагностики химико-технологического процесса.	Не умеет	Умеет определять основные статические и динамические характеристики объектов; выбирать рациональную систему регулирования технологического процесса; выбирать конкретные типы приборов для диагностики химико-технологического процесса, но допускает небольшие неточности	Умеет определять основные статические и динамические характеристики объектов; выбирать рациональную систему регулирования технологического процесса; выбирать конкретные типы приборов для диагностики химико-технологического процесса.	Умеет самостоятельно определять основные статические и динамические характеристики объектов; выбирать рациональную систему регулирования технологического процесса; выбирать конкретные типы приборов для диагностики химико-технологического процесса.
<b>ПК-11.3</b> Владеет навыками по эксплуатации основных видов оборудования, по ведению и регулированию технологического режима отдельных аппаратов и установок в целом.	Владеет: навыками по эксплуатации основных видов оборудования, по ведению и регулированию технологического режима отдельных аппаратов и установок в целом.	Не владеет	Владеет базовыми навыками по эксплуатации основных видов оборудования, по ведению и регулированию технологического режима отдельных аппаратов и установок, но допускает небольшие неточности	Владеет навыками по эксплуатации основных видов оборудования, по ведению и регулированию технологического режима отдельных аппаратов и установок в целом.	Владеет способностью самостоятельно использовать навыки по эксплуатации основных видов оборудования, по ведению и регулированию технологического режима отдельных аппаратов и установок в целом.



Показатели сформированности компетенции:

Критериями оценивания являются баллы, которые выставляются преподавателем за виды деятельности (оценочные средства) по итогам изучения модулей (разделов дисциплины), перечисленных в рейтинг-плане дисциплины (для зачета: текущий контроль – максимум 50 баллов; рубежный контроль – максимум 50 баллов, поощрительные баллы – максимум 10).

Шкалы оценивания:

для зачета:

зачтено – от 60 до 110 рейтинговых баллов (включая 10 поощрительных баллов),  
не зачтено – от 0 до 59 рейтинговых баллов).

Критериями оценивания являются баллы, которые выставляются преподавателем за виды деятельности (оценочные средства) по итогам изучения модулей (разделов дисциплины), перечисленных в рейтинг-плане дисциплины (для экзамена: текущий контроль – максимум 40 баллов; рубежный контроль – максимум 30 баллов, поощрительные баллы – максимум 10).

Шкалы оценивания:

(для экзамена:

от 45 до 59 баллов – «удовлетворительно»;

от 60 до 79 баллов – «хорошо»;

от 80 баллов – «отлично».

**4.2 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценивания результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с установленными в образовательной программе индикаторами достижения компетенций. Методические навыки и опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций**

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Результаты обучения по дисциплине	Оценочные средства
ОПК-2.1 Знает теоретические основы базовых физических, математических и химических дисциплин	Знает: теоретические основы базовых физических, математических и химических дисциплин	Допуск к лабораторной работе
ОПК-2.2 Умеет применять знания о современной физической картине мира, пространственно-временных закономерностях, строении вещества для понимания окружающего мира и явлений природы	Умеет: Применять знания о современной физической картине мира, пространственно-временных закономерностях, строении вещества для понимания окружающего мира и явлений природы	Тесты,
ОПК-2.3 Владеет методами проведения физических измерений, методами корректной оценки погрешностей при проведении физического эксперимента; теоретическими методами описания свойств простых и сложных веществ на основе электронного строения их атомов и положения в периодической системе химических элементов, экспериментальными методами определения физико-химических свойств веществ и математическими моделями их описания; навыками работы с учебной литературой, основной терминологией и понятийным аппаратом базовых математических и естественнонаучных дисциплин	Владеет: методами проведения физических измерений, методами корректной оценки погрешностей при проведении физического эксперимента; теоретическими методами описания свойств простых и сложных веществ на основе электронного строения их атомов и положения в периодической системе химических элементов, экспериментальными методами определения физико-химических свойств веществ и математическими моделями их описания; навыками работы с учебной литературой, основной терминологией и понятийным аппаратом базовых математических и естественнонаучных дисциплин	Тесты

ОПК-4.1 Знает Классификацию технических средств измерений неэлектрических величин по различным признакам, методику обработки результатов и оценки погрешностей измерений Принципиальные схемы, принцип действия, диапазоны измерений, достоинства и недостатки технических средств измерений неэлектрических величин; особенности их выбора и монтажа; Конструкцию, принцип действия и основы выбора исполнительных механизмов и регулирующих органов	Знает: Классификацию технических средств измерений неэлектрических величин по различным признакам, методику обработки результатов и оценки погрешностей измерений Принципиальные схемы, принцип действия, диапазоны измерений, достоинства и недостатки технических средств измерений неэлектрических величин; особенности их выбора и монтажа; Конструкцию, принцип действия и основы выбора исполнительных механизмов и регулирующих органов	Тесты, контрольная работа
ОПК-4.2 Умеет выбирать технические средства измерений для измерения параметров технологического процесса в зависимости от его характеристик и требований безопасности Проводить измерения технологических величин на основании анализа требований технологического процесса, обработку результатов измерений и оценку их погрешности	Умеет: Выбирать технические средства измерений для измерения параметров технологического процесса в зависимости от его характеристик и требований безопасности Проводить измерения технологических величин на основании анализа требований технологического процесса, обработку результатов измерений и оценку их погрешности	Тесты
ОПК-4.3 Владеет навыками выбора технических средств измерений на основании требований условий протекания технологического процесса, обработки результатов измерения и оценки их погрешности; Комплексом навыков оценки состояния технологического процесса по значениям его параметров в зависимости от изменения параметров сырья	Владеет: Навыками выбора технических средств измерений на основании требований условий протекания технологического процесса, обработки результатов измерения и оценки их погрешности; Комплексом навыков оценки состояния технологического процесса по значениям его параметров в зависимости от изменения параметров сырья	Тесты, Оформление лабораторной работы
ПК-4.1 Знает основные характеристики и свойства компонентов химических производств; типы и степень воздействия химических предприятий на окружающую среду; правила работы на оборудовании и техники безопасности	Знает: Основные характеристики и свойства компонентов химических производств; типы и степень воздействия химических предприятий на окружающую среду; правила работы на оборудовании и техники безопасности	Допуск к лабораторной работе
ПК-4.2 Умеет использовать технические средства для измерения основных параметров технологического процесса.	Умеет: Использовать технические средства для измерения основных параметров технологического процесса.	Тесты, контрольная работа
ПК-4.3 Владеет навыками осуществления всех технологических операций в рамках рабочего проекта; основными принципами организации химического производства, его структуры, методами оценки эффективности производства;	Владеет: Навыками осуществления всех технологических операций в рамках рабочего проекта; основными принципами организации химического производства, его структуры, методами оценки эффективности производства;	Тесты
ПК-9.1 Знает структуру химического производства, общие принципы организации химического производства, теоретические основы химической технологии.	Знает: структуру химического производства, общие принципы организации химического производства, теоретические основы химической технологии.	Оформление лабораторной работы
ПК-9.2 Умеет находить в литературе и базах данных справочные данные о технологических свойствах и процессах производства товарных	Умеет: находить в литературе и базах данных справочные данные о технологических свойствах и процессах производства товарных продуктов и оформлять документацию	Оформление лабораторной работы

продуктов и оформлять документацию		
ПК-9.2 Владеет навыками по подготовке заявок на приобретение и ремонт оборудования	Владеет: навыками по подготовке заявок на приобретение и ремонт оборудования	Оформление лабораторной работы
ПК-11.1 Знает общие закономерности формирования, функционирования технологических процессов и их систем.	Знает: общие закономерности формирования, функционирования технологических процессов и их систем.	Оформление лабораторной работы
ПК-11.2 Умеет определять основные статические и динамические характеристики объектов; выбирать рациональную систему регулирования технологического процесса; выбирать конкретные типы приборов для диагностики химико-технологического процесса.	Умеет: определять основные статические и динамические характеристики объектов; выбирать рациональную систему регулирования технологического процесса; выбирать конкретные типы приборов для диагностики химико-технологического процесса.	Оформление лабораторной работы
ПК-11.3 Владеет навыками по эксплуатации основных видов оборудования, по ведению и регулированию технологического режима отдельных аппаратов и установок в целом.	Владеет: навыками по эксплуатации основных видов оборудования, по ведению и регулированию технологического режима отдельных аппаратов и установок в целом.	Оформление лабораторной работы

*Вопросы к экзамену по курсу «Процессы и аппараты химической технологии»:*

1. Классификация основных процессов. Общие принципы анализа и расчета процессов и аппаратов.
2. Гидромеханические процессы Основные понятия гидромеханики: гидравлика, гидростатика, гидродинамика. Свойства жидкости. Различные системы единиц измерения.
3. Гидростатика. Дифференциальное уравнение относительного покоя жидкости. Основное уравнение гидростатики. Некоторые практические приложения уравнения гидростатики.
4. Гидродинамика. Основные характеристики движения идеальной жидкости. Дифференциальное уравнение движения идеальной жидкости (уравнение Эйлера). Дифференциальное уравнение движения реальной жидкости (уравнение Навье - Стокса). Интеграл уравнения движения Эйлера – уравнение Бернулли. Некоторые примеры практического приложения уравнения Бернулли.
5. Теория подобия. Применение методов теории подобия к изучению химико-технологических процессов. Геометрическое и физическое подобие (теоремы подобия, преобразования дифференциальных уравнений к безразмерному виду). Модифицированные и производные критерии гидродинамического подобия. Основные принципы анализа, размерностей
6. Расчет трубопроводов Уравнение Бернулли реальной жидкости. Гидравлические сопротивления в трубопроводах. Потери на трение по длине и местные сопротивления. Расчет диаметра трубопровода.
7. Перемещение жидкостей и газов. Классификация насосов. Основные параметры насосов: производительность, напор, мощность, высота всасывания насоса, различные виды потерь. Поршневые насосы. Другие типы насосов. Области применения насосов различных типов. Центробежные насосы. Уравнение центробежного насоса (уравнение Эйлера). Характеристики центробежных насосов. Работа на сеть. Перемещение и сжатие газов. Процессы сжатия газов. Работа сжатия и потребляемая мощность. Поршневые компрессоры. Классификация. Теоретический и действительный процессы в поршневом компрессоре. Индикаторная диаграмма. Коэффициент подачи. Многоступенчатое сжатие. Причины перехода на многоступенчатое сжатие. Центробежные и осевые компрессоры.
8. Внешняя и смешанная задачи гидродинамики  
Классификация неоднородных систем. Движение тел в жидкостях. Сопротивление движению. Расчет скорости осаждения частицы в жидкостях и газах. Движение жидкости через неподвижные зернистые и пористые слои. Расчет гидравлического сопротивления зернистых слоев. Гидродинамика кипящих (псевдооживленных) зернистых слоев. Скорость начала псевдооживления, число псевдооживления, скорость уноса.
9. Материальный баланс гидромеханических процессов. Стесненное гравитационное осаждение. Отстойники для пыли, суспензий, эмульсий. Осаждение под действием центробежной силы. Циклонный процесс. Отстойное (осадительное) центрифугирование. Схемы конструкций отстойных центрифуг.

10. Фильтрация Способы процесса фильтрации, уравнение, скорость. Определение постоянных в уравнениях фильтрации. Конструкции фильтратов. Фильтрующее центрифугирование. Схемы конструкций фильтрующих центрифуг.
11. Мокрая очистка газов. Скрубберы, пенные аппараты, аппараты с 3-х фазным псевдооживленным слоем.
12. Перемешивание в жидкой среде. Пневматическое, циркуляционное и механическое перемешивание. Интенсивность и эффективность процесса перемешивания. Конструкции мешалок, области применения.
13. Тепловые процессы Способы переноса тепла. Основное уравнение теплопередачи. Теплообменные аппараты. Классификация. Конструкции кожухотрубчатых теплообменных аппаратов. Промышленные способы подвода и отвода теплоты в химической аппаратуре
14. Методика теплового расчета теплообменных аппаратов Движущая сила тепловых процессов (средний температурный напор). Уравнение теплового баланса теплообменника. Определение поверхности теплообменника.
15. Теплопроводность Температурное поле и температурный градиент. Закон Фурье. Дифференциальное уравнение теплопроводности. Теплопроводность однослойной и многослойной плоской стенок
16. Тепловое излучение Законы Стефана – Больцмана, Кирхгофа, Ламберта. Лучистый теплообмен.
17. Конвективный теплообмен Уравнение Ньютона. Коэффициент теплоотдачи. Дифференциальные уравнения конвективного теплообмена Фурье – Кирхгофа. Критерии теплового подобия.
18. Теплопередача Теплообмен при постоянных температурах теплоносителей. Коэффициент теплопередачи. Опытные данные по конвективному теплообмену. Теплоотдача при вынужденном и свободном движении жидкостей и газов внутри и снаружи труб. Теплоотдача при конденсации и кипении жидкостей.
19. Массообменные процессы  
Общие понятия о массообменных процессах. Виды процессов массопередачи. Способы выражения состава фаз. Закон Дальтона. Закон Рауля. Равновесие при массопередаче. Коэффициент распределения. Линия равновесия. Направление процесса. Материальный баланс массообменных процессов. Рабочая линия процесса.
20. Основное уравнение массопередачи. Движущая сила массообменных процессов. Число единиц переноса. Модифицированные уравнения массопередачи. Высота единиц переноса. Скорость процесса массопередачи. Молекулярная диффузия (I закон Фика). Дифференциальное уравнение молекулярной диффузии. Дифференциальное уравнение массообмена в движущейся среде.
21. Механизм процесса массопереноса. Уравнение массоотдачи. Связь коэффициента массопередачи с коэффициентами массоотдачи. Подobie процессов переноса массы. Критерии подобия.
22. Абсорбция Равновесие при абсорбции. Закон Генри. Материальный баланс процесса. Связь удельного расхода абсорбента с размерами аппарата. Тепловой баланс и температура абсорбента.
23. Десорбция. Устройство абсорбционных аппаратов. Поверхностные и пленочные абсорберы. Насадочные абсорберы. Режимы работы. Требования, предъявляемые к насадкам. Барботажные абсорберы. Гидродинамические режимы работы. Типы тарелок. Принципы расчета насадочных и тарельчатых абсорберов.
24. Перегонка жидкостей

*Образец билета*

*Минобрнауки Российской Федерации  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования  
«Башкирский государственный университет»*

*Факультет Химический  
Кафедра ВМС и ОХТ*

*ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 1  
по дисциплине «Процессы и аппараты химической технологии»*

*Направление 18.03.01 Химическая технология*

1. Гидромеханические процессы Основные понятия гидромеханики: гидравлика, гидростатика, гидродинамика. Свойства жидкости. Различные системы единиц измерения.
2. Мокрая очистка газов. Скрубберы, пенные аппараты, аппараты с 3-х фазным псевдооживленным слоем.

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ (Е.И. Кулиш)

(подпись)

(Ф.И.О.)

Критерии оценки (в баллах) (для экзамена):

- 25-30 баллов выставляется студенту, если студент дал полные, развернутые ответы на все теоретические вопросы билета, продемонстрировал знание функциональных возможностей, терминологии, основных элементов, умение применять теоретические знания при выполнении практических заданий. Студент без затруднений ответил на все дополнительные вопросы. Практическая часть работы выполнена полностью без неточностей и ошибок;

- 17-24 баллов выставляется студенту, если студент раскрыл в основном теоретические вопросы, однако допущены неточности в определении основных понятий. При ответе на дополнительные вопросы допущены небольшие неточности. При выполнении практической части работы допущены несущественные ошибки;

- 10-16 баллов выставляется студенту, если при ответе на теоретические вопросы студентом допущено несколько существенных ошибок в толковании основных понятий. Логика и полнота ответа страдают заметными изъянами. Заметны пробелы в знании основных методов. Теоретические вопросы в целом изложены достаточно, но с пропусками материала. Имеются принципиальные ошибки в логике построения ответа на вопрос. Студент не решил задачу или при решении допущены грубые ошибки;

- 1-10 баллов выставляется студенту, если ответ на теоретические вопросы свидетельствует о непонимании и крайне неполном знании основных понятий и методов. Обнаруживается отсутствие навыков применения теоретических знаний при выполнении практических заданий. Студент не смог ответить ни на один дополнительный вопрос.

Список лабораторных работ:

**Лабораторная работа № 1:** Измерение гидростатического давления.

**Лабораторная работа № 2:** Экспериментальная демонстрация уравнения Бернулли.

**Лабораторная работа № 3:** Градуировка реометра

**Лабораторная работа № 4:** Экспериментальное определение коэффициента теплопередачи.

**Лабораторная работа № 5:** Двухтрубный теплообменник

**Лабораторная работа № 6:** Изучение процесса гравитационного осаждения.

**Лабораторная работа № 7:** Фильтрация при постоянном перепаде давления.

**Лабораторная работа № 6:** Определение эффективности работы колонны ректификации периодического действия

**Лабораторная работа № 7:** Анализ газовой смеси на химическом ручном газоанализаторе

**Лабораторная работа № 10:** Перегонка бинарной смеси.

Вопросы к допускам к лабораторным работам (примеры)

**Вопросы к допускам к лабораторным работам**

**Лабораторная работа № 1 «Измерение гидростатического давления»**

1. Гидравлика. Гидростатика. Понятие давления. Принцип статики. Вывод дифференциальных уравнений равновесия Эйлера на основе принципа статики.

2. Основное уравнение гидростатики, физический смысл входящих в него величин.

3. Закон Паскаля. Принцип сообщающихся сосудов. Применение закона Паскаля и следствия из него: манометры, пьезометры, водомерные стёкла. Гидропрессы.

4. Гидродинамика. Понятия: расход и скорость движения жидкости. Уравнение Бернулли. Динамический, статический и нивелирный напор, их физический смысл.

5. Ротамер – прибор с постоянным перепадом давления. Принцип действия ротаметра, силы, действующие на поплавок, условие равновесия. Измерение расхода жидкости или газа с помощью ротаметра. Влияние расхода жидкости на перепад динамического напора в ротаметре.

6. Описание устройства ротаметра и установки для градуировки ротаметра.

### **Лабораторная работа № 2: Экспериментальная демонстрация уравнения Бернулли.**

1. Гидродинамика. Понятия расход и скорость движения жидкости, их размерность. Дифференциальные уравнения движения Эйлера, их вывод на основе принципа динамики. Вывод закона Бернулли на основе интегрирования дифференциальных уравнений движения Эйлера. Физический смысл входящих в уравнение Бернулли величин. 2. Уравнение сплошности (неразрывности) струи.

3. Режимы движения жидкости и критерий Рейнольдса. Ламинарное движение жидкости. Выражение скорости любого самопроизвольного процесса и его применение для расчета скорости движения отдельных слоев жидкости. Распределение скоростей по сечению потока при ламинарном движении. График распределения скоростей потока при ламинарном и турбулентном движении, средняя скорость потока.

### **Лабораторная работа № 3: Градуировка реометра**

1. Измерение скорости движения потока и расхода жидкости с помощью гидродинамических труб. Вывод уравнения для расчета максимальной и средней скорости потока. Преимущества и недостатки этого метода определения скорости потока.

2. Типы сужающих устройств: мерная диафрагма, сопло, труба Вентури. Определение напора до и после сужающего устройства с помощью дифманометра. Определение скорости потока с помощью мерной диафрагмы. Вывод уравнения для расчета максимальной скорости потока, средняя скорость движения. Преимущества и недостатки отдельных сужающих устройств.

3. Устройство и принцип работы реометров для измерения расхода газов: с диафрагмой и капиллярные. Области их применения. Описание работы по градуировке реометров для измерения малых расходов газа.

### **Лабораторная работа № 4: Экспериментальное определение коэффициента теплопередачи.**

1. Место тепловых процессов в химической технологии. Практическая значимость в современном производстве. Движущая сила и три элементарных способа распространения тепла.

2. Основное уравнение теплопередачи. Физический смысл общего коэффициента теплопередачи. Тепловые балансы и их применение в расчетах тепловых процессов.

3. Теплопроводность. Закон Фурье. Физический смысл коэффициента теплопроводности.

4. Тепловое излучение. Характеристика тел по лучеиспускающей, лучепоглощающей и лучеотражающей способности. Закон Кирхгофа.

5. Конвекция. Понятие о гидродинамическом и тепловом пограничных слоях. Уравнение теплоотдачи. Физический смысл коэффициента теплоотдачи. Факторы, влияющие на коэффициент теплоотдачи.

6. Теплопередача при постоянных температурах теплоносителей. Вывод уравнения, связующего коэффициент теплопередачи  $K$  с коэффициентами теплоотдачи  $\alpha_1, \alpha_2$ .

Интенсификация процесса теплообмена по результатам анализа сопоставления термических сопротивлений. Основное уравнение теплопередачи при переменных температурах теплоносителей.

### **Лабораторная работа № 5: Двухтрубный теплообменник**

1. Нагревающие агенты, их теплофизические свойства, преимущества и недостатки.

2. Охлаждающие агенты.

3. Теплообменники, их типы, устройство, преимущества и недостатки. Интенсификация теплообмена в кожухотрубчатых теплообменниках.

**3 семестр**

Лабораторная работа № 6: Изучение процесса гравитационного осаждения.

1. Гидромеханические процессы. Типы неоднородных систем. Перечислить основные методы разделения неоднородных систем.
2. Осаждение. Отстаивание твердых частиц в жидкой среде. Силы, действующие на твердую частицу, находящуюся в неподвижном состоянии и при движении. Вывод закона Стокса. Влияние диаметра твердой частицы на скорость осаждения.
3. Аппаратура для отстаивания.
4. Разделение гетерогенных систем в поле центробежных сил. Центробежная сила и фактор разделения. Принцип действия центрифуги фильтрующего типа.

**Лабораторная работа № 7: Фильтрация при постоянном перепаде давления.**

1. Фильтрация. Движущая сила и сопротивление фильтрации.
2. Уравнение скорости фильтрации при  $R_{\text{фл}} = \text{const}$ ,  $t^{\circ}\text{C} = \text{const}$ ,  $\mu = \text{const}$ . Частные случаи фильтрации: под атмосферным давлением; при повышенном давлении; под вакуумом. Интенсификация скорости фильтрации в частных случаях.

**Лабораторная работа №8: Определение эффективности работы колонны ректификации периодического действия**

1. Ректификация, её сущность. Сходства и различия с простой перегонкой. Принципиальная схема установки ректификации непрерывного действия. Материальный баланс колонны ректификации и вывод уравнения рабочей линии укрепляющей и исчерпывающей части колонны непрерывного действия. Построение рабочих линий на диаграмме «у-х» и нахождение числа теоретических тарелок колонны.
2. Флегмовое число. Расчет минимального и рабочего флегмового числа.
3. Колонна ректификации периодического действия. Режимы работы колонны: а) при постоянном флегмовом числе; б) при постоянном составе дистиллята.
4. Устройство различных типов колонн: насадочных, тарельчатых (ситчатого, колпачкового и клапанного типа). Преимущества и недостатки различных типов колонн.
5. Основы ректификации многокомпонентных смесей.
6. Устройство лабораторной насадочной колонны. Вывод колонны на режим захлёбывания, на рабочий режим и режим отвода дистиллята.

23

**Лабораторная работа № 9: Анализ газовой смеси на химическом ручном газоанализаторе**

1. Массообменные процессы, виды процессов массопередачи. Правило фаз. Фазовое равновесие. Линия равновесия. Материальный баланс. Рабочая линия. Направление массопередачи.
2. Движущая сила массопередачи, средняя движущая сила массопередачи. Понятие теоретической тарелки, определение числа теоретических ступеней графическим методом.
3. Абсорбция. Равновесие при абсорбции. Материальный баланс процесса абсорбции. Скорость абсорбции. Связь коэффициента массопередачи с коэффициентами массоотдачи.
4. Устройство различных типов абсорберов: поверхностные, пленочные, насадочные, тарельчатые, распыливающие.
5. Газовый анализ. Теоретические основы. Химические методы анализа. Физические методы анализа. Отбор и хранение газов.
6. Анализ газовой смеси на ручном газоанализаторе. Описание прибора, порядок работы. Подготовка прибора к работе, взятие пробы на анализ, проведение анализа, расчёты.
7. Химические реакции, лежащие в основе поглощения отдельных компонентов газовой смеси.

**Лабораторная работа № 10: Перегонка бинарной смеси.**

1. Перегонка жидкостей. Простая перегонка, определение. Перегонка бинарной смеси на диаграмме: «температура - состав пара – состав – жидкости» и на диаграмме: «состав жидкости - состав пара». Равновесие между фазами.
2. Недостатки простой перегонки.

3. Перегонка под вакуумом, с водяным паром, с инертным газом, какие условия при этом изменяются.

ротаметра. Влияние расхода жидкости на перепад динамического напора в ротаметре.

Критерии оценки:

- 4 балла выставляется студенту, если студент дал полные, развернутые ответы на все теоретические вопросы, продемонстрировал знание функциональных возможностей, терминологии, основных элементов. Студент без затруднений ответил на все дополнительные вопросы. Практическая часть работы выполнена полностью без неточностей и ошибок;

- 3 если при ответе на теоретические вопросы студентом допущено несколько несущественных ошибок в толковании основных понятий. Логика и полнота ответа страдают заметными изъянами. Заметны пробелы в знании основных методов. Теоретические вопросы в целом изложены достаточно, но с пропусками материала. Имеются непринципиальные ошибки в логике построения ответа на вопрос.

- 1-2 балла выставляется студенту, если при ответе на теоретические вопросы студентом допущено несколько существенных ошибок в толковании основных понятий. Логика и полнота ответа страдают заметными изъянами. Заметны пробелы в знании основных методов. Теоретические вопросы в целом изложены достаточно, но с пропусками материала. Имеются принципиальные ошибки в логике построения ответа на вопрос.

- 0 баллов выставляется студенту, если ответ на теоретические вопросы свидетельствует о непонимании и полном незнании основных понятий и методов. Обнаруживается отсутствие навыков применения теоретических знаний при выполнении практических заданий.

### **Примеры тестовых заданий**

1. В гидравлике предел отношения  $\lim\left(\frac{\Delta F}{\Delta S}\right)$  при  $\Delta S \rightarrow 0$  называется

- а) гидростатическим давлением в точке;
- б) силой гидростатического давления;
- в) движущей силой гидромеханических процессов;
- г) силой тяжести.

2. В основном уравнении гидростатики  $z + \frac{P}{\gamma} = \text{const}$  символом  $z$  обозначается:

- а) динамическое давление,
- б) динамический напор,
- в) пьезометрическое давление,
- г) пьезометрический напор,
- д) нивелирный напор

### **Критерии оценки (в баллах) тестов**

- 0 баллов выставляется студенту, если количество правильных ответов 0 %;
- 3 балла выставляется студенту, если количество правильных ответов 30 %;
- 5 баллов выставляется студенту если количество правильных ответов 40 %;
- 10 баллов выставляется студенту, если количество правильных ответов 60 %;
- 15 баллов выставляется студенту, если количество правильных ответов 80 - 100%;

### **Критерии оценки (в баллах) тестов**

- 0 баллов выставляется студенту, если количество правильных ответов 0 %;
- 1-8 балла выставляется студенту, если количество правильных ответов 30 %;
- 9-15 баллов выставляется студенту если количество правильных ответов 40 %;
- 16-20 баллов выставляется студенту, если количество правильных ответов 60 %;
- 21-25 баллов выставляется студенту, если количество правильных ответов 80 - 100%;



Требования к оформлению отчёта о лабораторной работе  
Лабораторная работа должна состоять из следующих глав:

1. Титульный лист.
2. Описание цели работы.
3. Предоставление кратких теоретических сведений.
4. Описание технического оснащения и методики проведения эксперимента.
5. Полученные в ходе проведения эксперимента результаты.
6. Анализ данных, полученных в ходе проведения эксперимента.
7. Подведение итогов, формулировка выводов

Критерии оценки (в баллах)

- 0 баллов выставляется студенту, если студент не представил оформленный отчёт о лабораторной работе;
- 1-2 балл выставляется студенту, если студент допустил ошибки в оформлении отчёта о лабораторной работе и в расчётах;
- 3-4 балла выставляется студенту, если студент оформил отчёт по форме и не допущено ошибок в расчётах и содержании;

Контрольная работа (пример)

Вариант 1.

1. Барабанный вакуум-фильтр, работающий в режиме постоянного перепада давления

Дано: массовый расход суспензии  $G_c = 1000$  кг/ч, концентрация (массовая) твердых частиц в суспензии  $x_c = 10\%$ , в осадке  $x_{oc} = 40\%$ , в фильтрате  $x_f = 0$ . Сопротивление фильтрующей перегородки  $R_f = 1 \cdot 10^6$  (Н·мин)/м<sup>3</sup>, удельное сопротивление осадка  $r = 2 \cdot 10^9$  (Н·мин)/м<sup>3</sup>, конечная толщина осадка  $l_k = 0,01$  м, вакуум  $50000$  Н/м<sup>2</sup>, суспензия водная, промывная жидкость – вода,  $x = V_{oc} / V_f = 0,5$ . Определить поверхность фильтрования (площадь зоны погружения в суспензию) барабана  $F_f$  и скорость промывки  $j_{пр}$ .

2. Тепловые процессы Теплопередача Дано: Стенка печи состоит из двух слоев толщиной  $\delta_1 = 500$  мм и  $\delta_2 = 250$  мм. Температура внутри печи  $1300$  °С, температура окружающего воздуха  $25$  °С. Коэффициент теплоотдачи от печных газов к стенке  $\alpha_1 = 34,8$  Вт/(м<sup>2</sup> К), от стенки к воздуху  $\alpha_2 = 16,2$  Вт/(м<sup>2</sup> К). Коэффициенты теплопроводности материалов стенки соответственно:  $\lambda_1 = 1,16$  Вт (м К),  $\lambda_2 = 0,58$  Вт (м К). Определить: а) потери тепла с  $1$  м<sup>2</sup> поверхности стенки; б) температуру на внутренней поверхности стенки и между слоями материала стенки.

Критерии оценки (в баллах)

- 0 баллов выставляется студенту, если студент не представил решение задач;
- 1-5 балл выставляется студенту, если студент допустил грубые ошибки в оформлении решений и в расчётах;
- 6-10 балл выставляется студенту, если студент допустил ошибки в оформлении решений и в расчётах;
- 11-15 балла выставляется студенту, если студент оформил отчёт решения по форме и не допущено ошибок;

**Темы курсовых работ и варианты расчетов к ним по дисциплине «Процессы и аппараты химической технологии», ч. 1**

### Тема № 1. Транспортирование жидкостей

Вариант 1. Основные параметры и классификация насосов

Вариант 2. Поршневые насосы

Вариант 3. Шестеренные насосы

Вариант 4. Винтовые и пластинчатые насосы

Вариант 5. Монтежю

Вариант 6. Центробежные насосы, классификация. Основное уравнение центробежных машин.

Вариант 7. Характеристики центробежных насосов

Вариант 8. Осевые и вихревые насосы

Вариант 9. Струйные насосы

Вариант 10. Воздушные (газовые) подъемники

### Задания на расчёт к теме № 1

Определить мощность, потребляемую насосом, подающим жидкость из открытого резервуара в сосуд с избыточным давлением  $P$  при температуре  $20^\circ\text{C}$ .

Внутренний диаметр стального трубопровода  $d$ , длина  $L$ , шероховатость  $e$ , массовый расход потока  $G$ . На трубопроводе установлены один нормальный вентиль, диафрагма с диаметром отверстия  $d_0$  и имеется  $n$  отводов под углом  $\varphi$  и радиусом изгиба  $R_0$ . Высота подъема жидкости  $H$ . Общий к.п.д. насосной установки принять равным  $0,65$ .

Таблица 1

Исходные данные к заданию к теме №1

№ варианта	Жидкость (газ)	$G$ , кг/с	$d$ , мм	$L$ , м	$e$ , мм	$H$ , м	$P$ , МПа	$d_0$ , мм	$n$	$\varphi$ , град	$R_0$ , м
1	Вода	2,5	32	25	0,5	20	0,1	25	2	30	0,96
2	Этанол	6,8	50	100	0,6	15	0,1	40	4	90	0,75
3	Бензол	9,2	75	15	0,7	10	0,1	80	1	45	1,1
4	Метанол	0,2	100	150	0,2	12	0,2	70	5	90	1,5
5	Глицерин	0,1	75	75	0,3	8	0,3	40	3	60	1,1
6	Гептан	7,5	50	20	0,5	6	0,1	32	2	30	0,8
7	Анилин	0,3	100	50	0,2	18	0,4	65	3	90	1,5
8	Хлороформ	0,18	75	45	0,3	30	0,2	50	2	20	1,1
9	Бензин	4,8	50	35	0,4	25	0,1	32	4	45	0,8
10	Нефть	0,4	100	120	0,3	17	0,5	70	6	60	11,5

Мощность  $N$  (в кВт), потребляемая двигателем насоса, определяется по формуле

$$N = \frac{V\rho gH}{1000\eta} = \frac{V\Delta p}{1000\eta},$$

где  $V$  – объемный расход жидкости, м<sup>3</sup>/с;  $\Delta p$  – гидравлическое сопротивление трубопровода Па;  $\eta$  – общий к.п.д. насосной установки.

Гидравлическое сопротивление трубопровода складывается из потерь давления на преодоление сопротивления трения ( $\Delta p_{\text{тр}}$ ) и потерь давления на преодоление местных сопротивлений ( $\Delta p_{\text{м.с}}$ )

Потери давления на трение в прямых трубах и каналах определяются по формуле

$$\Delta p = \lambda \frac{L}{d_3} \frac{w^2 \rho}{2},$$

где  $\lambda$  – коэффициент трения;  $L$  – длина трубы, м;  $d_3$  – эквивалентный диаметр, м;  $w$  – скорость потока, м/с;  $\rho$  – плотность жидкости или газа, кг/м<sup>3</sup>.

Значение коэффициента  $\lambda$  зависит от режима течения и шероховатости стенки трубы.

При ламинарном течении в круглых трубах ( $Re < 2300$ )

$$\lambda = 64 / Re$$

При турбулентном режиме следует различать гладкие трубы (стеклянные, медные) и шероховатые трубы, характеристикой которых является абсолютная ( $e$ ) или относительная шероховатость

( $\varepsilon = e/d_3$ ).

Для гладких труб в пределах  $2300 < Re < 10^5$  и гидравлически гладких труб в пределах  $2300, Re < 10/\varepsilon$ :

$$\lambda = 0,316 Re^{0,25}$$

Для шероховатых труб в пределах  $10/\varepsilon < Re < 560/\varepsilon$ ) коэффициент трения определяется по формуле:

$$1/\sqrt{\lambda} = -2 \lg \left[ 0,27 \varepsilon + (6,81/Re)^{0,9} \right],$$

Для автомодельной области при  $Re > 560/\varepsilon$  коэффициент трения зависит только от величины шероховатости и определяется по уравнению:

$$\sqrt{\lambda} = 2 \lg 1/(3,7/\varepsilon).$$

Потери давления на преодоление местных сопротивлений (внезапные препятствия, повороты, сужения, расширения, вентили, диафрагмы, задвижки и т. п.) определяются по формуле:

$$\Delta p_{м.с.} = \sum \xi \frac{w^2 \rho}{2},$$

где  $\xi$  – коэффициент местного сопротивления (значения определяются по справочникам).

### Тема № 2. «Гидромеханические процессы»

- Вариант 1. Осаждение под действием силы тяжести (отстаивание). Отстойники
- Вариант 2. Осаждение под действием центробежных сил. Циклоны
- Вариант 3. Осаждение под действием центробежных сил. Отстойные центрифуги
- Вариант 4. Очистка газов в электрическом поле. Электрофильтры
- Вариант 5. Фильтрация. Виды фильтровальных перегородок
- Вариант 6. Фильтрация суспензий
- Вариант 7. Фильтры и фильтрующие центрифуги
- Вариант 8. Фильтрация газовых неоднородных систем
- Вариант 9. Мокрая очистка газов
- Вариант 10. Выбор аппаратов для разделения неоднородных систем

### Задания на расчёт к теме № 1

Определить требуемую поверхность осаждения для разделения неоднородной смеси, содержащей твёрдую фазу. Эквивалентный диаметр наименьших частиц, подлежащих осаждению, составляет  $d_3$ , температура среды  $t$ , производительность по осветленному потоку  $V$ .

Таблица 2

Исходные данные к задаче №2

№ варианта	$V$ м <sup>3</sup> /ч	$d_3$ мкм	$t$ °С	Дисперсная фаза	Сплошная фаза
1	40	800	50	зола	вода
2	15	75	25	кокс	вода
3	20000	25	170	цемент	воздух
4	8000	42	95	известняк	азот
5	11	120	30	кварц	вода
6	14000	20	300	каолин	окись углерода
7	3600	15	100	антрацит	воздух

8	6500	35	40	мел	воздух
9	2,5	100	20	мрамор	вода
10	7300	10	80	уголь	кислород

При расчете отстойников и пылесадительных камер необходимая площадь осаждения определяется из уравнения:

$$F = \frac{V}{w_{cm}},$$

где  $w_{cm}$  – скорость стесненного осаждения частиц, м/с;  $V$  – объемный расход осветленного потока, м<sup>3</sup>/с.

В практических расчетах  $w_{cm} = 0,5w_0$ , где  $w_0$  – теоретическая скорость осаждения частиц.

В инженерных расчетах  $w_0$  можно определить из зависимости между критериями подобия:  $Re = f(Ar)$ , где  $Re$  – критерий Рейнольдса;  $Ar$  – критерий Архимеда.

$$Re = \frac{w_0 d_{\text{э}} \rho_c}{\mu_c}, \quad Ar = \frac{d_{\text{э}}^3 (\rho - \rho_c) \rho_c g}{\mu_c^2},$$

где  $d_{\text{э}}$  эквивалентный диаметр частицы, м;  $\rho$  – плотность частицы, кг/м<sup>3</sup>;

$\rho_c$  – плотность среды, кг/м<sup>3</sup>;  $\mu_c$  – динамический коэффициент вязкости среды, Па·с.

Для каждой области осаждения можно найти связь между критериями подобия и критические значения критерия Архимеда.

Для ламинарного режима, где  $Re < 2$ ,  $Ar < 36$

$$Re = Ar/18$$

Для переходного режима, где  $2 < Re < 500$ ,  $Ar < 83000$

$$Re = 0,152 Ar^{0,715}$$

Для автомодельной области, где  $Re > 500$ ,  $Ar > 83000$

$$Re = 1,74 \sqrt{Ar}$$

Таким образом, рассчитав критерий  $Ar$ , определяют по его значению область, в которой происходит осаждение, и соответствующий критерий  $Re$ . Затем из критерия  $Re$  находят скорость осаждения частиц

$$\frac{\mu_c Re}{d_3 \rho w_0}$$

Для ламинарной области осаждения скорость может быть определена из формулы Стокса:

$$w_0 = \frac{d_3^2 (\rho - \rho_c) g}{18 \mu_c}$$

## 5. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### 5.1. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

#### Основная

1. Базунова, Марина Викторовна. Химическая технология : учеб. пособие / М. В. Базунова ; БашГУ .— Уфа : РИЦ БашГУ, 2009.-Ч. 1: Процессы и аппараты химической технологии .— 2009 .— 96 с. (71 экз)

#### 2. Касаткин, А. Г. Основные процессы и аппараты химической технологии / А. Г. Касаткин .— / Изд.8-е, перераб. — М. : Химия, 1971 .— 784 с. :

#### Дополнительная

1. Основные процессы и аппараты химической технологии : пособие по проектированию / под ред. Ю. И. Дытнерского; Г. С. Борисов [и др.] .— 5-е изд., стер. — М. : Альянс, 2010 .— 496 с.

2. Плановский, Александр Николаевич. Процессы и аппараты химической и нефтехимической технологии : учебник для вузов / А. Н. Плановский, П. И. Николаев .— 3-е изд., испр. и доп. — М. : Химия, 1987 .— 496 с

### 5.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» и программного обеспечения, необходимых для освоения дисциплины

1. Электронная библиотечная система «ЭБ БашГУ» - <https://elib.bashedu.ru/>
2. Электронная библиотечная система «Университетская библиотека онлайн» - <https://biblioclub.ru/>
3. Электронная библиотечная система издательства «Лань» - <https://e.lanbook.com/>
4. Электронный каталог Библиотеки БашГУ - <http://www.bashlib.ru/catalogi/>
5. Универсальная Базы данных EastView (доступ к электронным научным журналам) - <https://dlib.eastview.com/browse>
6. Научная электронная библиотека - elibrary.ru (доступ к электронным научным журналам) - [https://elibrary.ru/projects/subscription/rus\\_titles\\_open.asp](https://elibrary.ru/projects/subscription/rus_titles_open.asp)
7. Windows 8 Russian. Windows Professional 8 Russian Upgrade. Договор № 104 от 17.06.2013 г. Лицензии бессрочные
8. Microsoft Office Standard 2013 Russian. Договор № 114 от 12.11.2014 г. Лицензии бессрочные
9. Linux OpenSUSE 12.3 (x84\_64) GNU General Public License

Для эффективной организации самостоятельной работы студентов используется онлайн-курс «Процессы и аппараты химической технологии: гидромеханические процессы» на платформе «<https://oiledu.ru/courses/ugntu/gidromekhanicheskie-protsessy.html>» рассчитанный на 36 часов.

## 6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ БАЗА ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)

<p>1. учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа: аудитория № 405 (корпус химического факультета), аудитория № 311 (корпус</p>	<p>Аудитория № 405 Учебная мебель, учебно-наглядные пособия, доска, ноутбук, мультимедиа-проектор Mitsubishi XD3200U, экран с электроприводом 300*400см Spectra Classic. Аудитория № 311</p>	<p>1. Windows 8 Russian. Windows Professional 8 Russian Upgrade. Договор № 104 от 17.06.2013 г.</p>
-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------

<p>химического факультета), аудитория № 310 (корпус химического факультета), аудитория № 305 (корпус химического факультета), аудитория № 001 (корпус химического факультета), аудитория № 002 (корпус химического факультета), аудитория № 006 (корпус химического факультета), аудитория № 007 (корпус химического факультета), аудитория № 008 (корпус химического факультета).</p> <p><b>2. учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа:</b> лаборатория № 121 (корпус химического факультета), лаборатория № 407 (корпус химического факультета), лаборатория № 412 (корпус химического факультета).</p> <p><b>3. учебная аудитория для проведения групповых и индивидуальных консультаций:</b> аудитория № 405 (корпус химического факультета), аудитория № 311 (корпус химического факультета), аудитория № 310 (корпус химического факультета), аудитория № 305 (корпус химического факультета), аудитория № 001 (корпус химического факультета), аудитория № 002 (корпус химического факультета), аудитория № 006 (корпус химического факультета), аудитория № 007 (корпус химического факультета), аудитория № 008 (корпус химического факультета).</p> <p><b>4. учебная аудитория для текущего контроля и промежуточной аттестации:</b> аудитория № 405 (корпус химического факультета), аудитория № 311 (корпус химического факультета), аудитория № 310 (корпус химического факультета), аудитория № 305 (корпус химического факультета), аудитория № 001 (корпус химического факультета), аудитория № 002 (корпус химического факультета), аудитория № 006 (корпус химического факультета), аудитория № 007 (корпус химического факультета),</p>	<p>Учебная мебель, учебно-наглядные пособия, доска, ноутбук, проектор Mitsubishi XD 600U, экран с электроприводом Projecta 183*240см Matte white.</p> <p><b>Аудитория № 310</b> Учебная мебель, учебно-наглядные пособия, доска, ноутбук, мультимедиа-проектор Mitsubishi EW230ST, экран настенный Classic Norma 244*183.</p> <p><b>Аудитория № 305</b> Учебная мебель, учебно-наглядные пособия, доска, ноутбук, мультимедиа-проектор Mitsubishi EW230ST, экран настенный Classic Norma 244*183.</p> <p><b>Аудитория № 001</b> Учебная мебель, учебно-наглядные пособия, доска.</p> <p><b>Аудитория № 002</b> Учебная мебель, учебно-наглядные пособия, доска.</p> <p><b>Аудитория № 006</b> Учебная мебель, учебно-наглядные пособия, доска.</p> <p><b>Аудитория № 007</b> Учебная мебель, учебно-наглядные пособия, доска.</p> <p><b>Аудитория № 008</b> Учебная мебель, учебно-наглядные пособия, доска.</p> <p><b>Лаборатория № 121</b> Учебная мебель, учебно-наглядные пособия, набор химической посуды, комплект мебели ВНР, аквадистиллятор, доска аудиторная ДА (32)3, доска классная/2002г, микроскоп, насос, РМС "Ионометрия", информационный стенд, визкозиметр d=0,54 (10 шт.), визкозиметр d=1,16 (5 шт.), периодическая система Менделеева (2шт.), стол 2-х тумб., стол 2-х тумб., подставка-кафедра.</p> <p><b>Лаборатория № 407</b> Учебная мебель, учебно-наглядные пособия, набор химической посуды, прибор, установка.</p> <p><b>Лаборатория № 412</b> Учебная мебель, учебно-наглядные пособия, набор химической посуды, газометр</p> <p><b>Лаборатория № 111</b> Учебная мебель, весы ALC-150d3 (150 г, 1мг, внешняя калибровка) ACCULAB, выч/блок для управления приводом реометра крутящего момента HAAKE PolyLab OSc сист., компрессор поршневой безмасляный METABO Basic 250-24W OF, компьютер в составе: системный блок Celeron G 3900/4 GB/500GB/450W/Win7PRO по ц., система реометра крутящего момента HAAKE PolyLab OS с двухшнековым экструдером, термопластавтомат Babyplast горизонтального типа с объемом впрыска до 15см<sup>3</sup>, шкаф сушильный LOIP LF-120/300-VS1, стол лабораторный 1300x1000x1050мм, керамогранит, усил. корпус, дробилка отходов Mini Goliath, литьевая пресс-форма для пр-ва образц. для опр. проч. на разрыв, литьевая пресс-форма для пр-ва образц. для опр. ударной вязкости по Шарпи, промышленный индивидуальный охладитель, термостат для темперирования пресс-форм, шкаф электроавтоматики для подключения ТПА, щетка из мессинга для очистки прибора, щетка хоз-ая для очистки приборов, установка для пров. спец. исследований: Везерометр для комп. испытаний мат. на стойкость, установка для проведения специализированных исследов.: Портативный спектрофотометр, комплект мебели ВНР, комплект спец. об. (Автом.копер, Станок, Прибор, HV-3000-P3), специализ. оборуд. для получения полимерных композитов методом экструзии.</p> <p><b>Лаборатория № 220</b> Комплект мебели ВНР, набор химической посуды, весы ВСЛ-200/1 1А, мешалка магнитная EcoStir(1.5л, 300-2000об/мин, платформа диам. 120 мм, без нагрева), РМС</p>	<p>Лицензии бессрочные 2. Microsoft Office Standard 2013 Russian. Договор № 114 от 12.11.2014 г. Лицензии бессрочные</p>
-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

<p>аудитория № 008 (корпус химического факультета).</p> <p><b>5. помещения для курсового проектирования:</b>  лаборатория № 111 (корпус химического факультета),  лаборатория № 220 (корпус химического факультета),  лаборатория № 420 (корпус химического факультета).</p> <p><b>6. помещения для самостоятельной работы:</b>  читальный зал № 1 (главный корпус), читальный зал № 2 (физ-мат корпус),  читальный зал № 5 (гуманитарный корпус),  читальный зал № 6 (корпус института права),  читальный зал № 7 (гуманитарный корпус),  лаборатория № 111 (корпус химического факультета),  лаборатория № 206 (корпус химического факультета),  лаборатория № 207 (корпус химического факультета).</p> <p><b>7. Помещение для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования:</b> лаборатория № 013 (корпус химического факультета).</p>	<p>"Кондуктометрия" (Рабочее место студента), спектрофотометр ЮНИКО-2800, термостат жидкостный ВИС-Т-02</p> <p><b>Лаборатория № 420</b>  Учебная мебель, учебно-наглядные пособия, мешалка вертикальная роторная НТ-120 DX Set, со штативом ST120+КА 1177, прочномер, вискозиметр капил. ст. ВПЖ-1, d=0.86 (5шт.), секундомер СОПр-2а-3-000 АГАТ (в мет. корпусе) (2шт.)</p> <p><b>Читальный зал № 1</b>  Научный и учебный фонд, научная периодика, ПК (моноблок) - 3 шт., Wi-Fi доступ для мобильных устройств, неограниченный доступ к ЭБС и БД; количество посадочных мест – 76.</p> <p><b>Читальный зал №2</b>  Научный и учебный фонд, научная периодика, ПК (моноблок), подключенных к сети Интернет, – 8 шт., Wi-Fi доступ для мобильных устройств, неограниченный доступ к ЭБС и БД; количество посадочных мест – 50.</p> <p><b>Читальный зал № 5</b>  Научный и учебный фонд, научная периодика, ПК (моноблок) - 3 шт, неограниченный доступ к ЭБС и БД; количество посадочных мест – 27.</p> <p><b>Читальный зал № 6</b>  Научный и учебный фонд, научная периодика, ПК (моноблок) - 6 шт, неограниченный доступ к ЭБС и БД; количество посадочных мест – 30.</p> <p><b>Читальный зал № 7</b>  Научный и учебный фонд, научная периодика, ПК (моноблок) - 5 шт, неограниченный доступ к ЭБС и БД; количество посадочных мест – 18.</p> <p><b>Лаборатория № 206</b>  Учебная мебель, учебно-наглядные пособия, мешалка магнитная EcoStir (1.5л,300-2000об/мин,платформа диам.120мм,без нагрева), мешалка магнитная ПЭ-6110 (до 1л, с подогр. 120С), мешалка магнитная ПЭ-6110 (до 1л, с подогр. 120С), мешалка магнитная ПЭ-6110 (до 1л, с подогр. 120С), мешалка магнитная с подогревом ПЭ-6110М, мешалка магнитная с подогревом ПЭ-6110М, микроскоп, многофункциональное устройство Kyocera FS-1030MFP, ноутбук HP Pavilion , проектор BenQ MP612C, ноутбук HP 6820s T2370 17 WXGA, монитор 19" Samsung 931BWSFV TFT, системный блок Intel Core в комплекте, память NransTS 4G, стул ИСО/черн/ (6шт.), ноутбук ASUS K52JE 15.6"/Intel Corei3 370 M/DVD- RW/CAM/WiFi/Win7BASIC.</p> <p><b>Лаборатория № 207</b>  Учебная мебель, учебно-наглядные пособия, набор химической посуды, настольная унив/испытат. машина д/провед. испытаний на растяж. AGS-5kNX, комплект спец. оборудования (Автом. копер, Станок, Прибор HV-3000-Р3), специализированная испытательная машина AGS-10kNX фирмы Шимадзу для опр. физ. мех., комплект мебели ВНР, комплект специализ. оборудования для опред. плотности полим. комп. материалов (Весы A&amp;D, устр-во AD-1654, весы лабораторные)</p> <p><b>Лаборатория № 013</b>  Комплект мебели ВНР, весы GR-120 (120г*0,1мг) внутр. калибровка, с поверкой, центрифуга ОПН-8, многофункциональное устройство HP LaserJet M1536 DNF MFP (CE538A)128mb, электроплитка</p>	
------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--



**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**  
**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ**  
**УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ**  
**«БАШКИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

**СОДЕРЖАНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ**

дисциплины «Процессы и аппараты химической технологии» на 2 семестр  
(наименование дисциплины)  
**очная**  
форма обучения

Вид работы	Объем дисциплины
Общая трудоемкость дисциплины (з.е. / часов)	3/108
Учебных часов на контактную работу с преподавателем:	68,2
лекций	32
практических/ семинарских	
лабораторных	34
других (групповая, индивидуальная консультация и иные виды учебной деятельности, предусматривающие работу обучающихся с преподавателем) (ФКР)	2,2
из них, предусмотренные на выполнение курсовой работы / курсового проекта <sup>2</sup>	2
Учебных часов на самостоятельную работу обучающихся (СР)	40
из них, предусмотренные на выполнение курсовой работы / курсового проекта <sup>3</sup>	20
Учебных часов на подготовку к экзамену/зачету/дифференцированному зачету (Контроль)	-

**Форма(ы) контроля:**  
зачёт, 2 семестр  
курсовая работа 2 семестр

<sup>2</sup> Контактных часов – 2

<sup>3</sup> Количество часов на самостоятельную работу указывается на усмотрение разработчика, но не более 20 часов

№ п/п	Тема и содержание	Форма изучения материалов: лекции, практические занятия, семинарские занятия, лабораторные работы, самостоятельная работа и трудоемкость (в часах)					Основная и дополнительная литература, рекомендуемая студентам (номера из списка)	Задания по самостоятельной работе студентов	Форма текущего контроля успеваемости (коллоквиумы, контрольные работы, компьютерные тесты и т.п.)
		Всего	ЛК	ПР/СЕМ	ЛР	СР			
1	<b>Тема 1. Введение.</b> Предмет курса «Процессы и аппараты химической технологии». Возникновение и развитие курса. Классификация основных процессов. Общие принципы анализа и расчета процессов и аппаратов.	11	6	-	-	5	О:1,2		
2	<b>Лабораторная работа № 1:</b> Измерение гидростатического давления.	11			6	5	Д 1,2	Подготовить отчёт по лабораторной работе	Оформлен. отчёт по лабораторн. работе
3	<b>Тема 2. Гидромеханические процессы</b> Основные понятия гидромеханики: гидравлика, гидростатика, гидродинамика. Свойства жидкости. Различные системы единиц измерения. <b>Гидростатика.</b> Дифференциальное уравнение относительного покоя жидкости. Основное уравнение гидростатики. Некоторые практические	17	12	-	-	5	3 4 О:2	Подготовиться к допуску к лабораторной работе, проработать литературу по теме	Допуск к лабораторной работе

<p>приложения уравнения гидростатики. <b>Гидродинамика.</b> Основные характеристики движения идеальной жидкости. Дифференциальное уравнение движения идеальной жидкости (уравнение Эйлера). Дифференциальное уравнение движения реальной жидкости (уравнение Навье - Стокса). Интеграл уравнения движения Эйлера – уравнение Бернулли. Некоторые примеры практического приложения уравнения Бернулли. <b>Теория подобия.</b> Применение методов теории подобия к изучению химико-технологических процессов. Геометрическое и физическое подобие (теоремы подобия, преобразования дифференциальных уравнений к безразмерному виду). Модифицированные и производные критерии гидродинамического подобия. Основные принципы анализа, размерностей <b>Расчет трубопроводов</b> Уравнение Бернулли реальной жидкости. Гидравлические сопротивления в трубопроводах. Потери на трение по длине и местные сопротивления. Расчет диаметра трубопровода. <b>Перемещение жидкостей и газов.</b> Классификация насосов. Основные параметры насосов: производительность, напор, мощность, высота всасывания насоса, различные виды потерь.</p>						<p>3</p>		
------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--	--	--	--	--	----------	--	--

	<p>Поршневые насосы. Другие типы насосов. Области применения насосов различных типов.</p> <p>Центробежные насосы. Уравнение центробежного насоса (уравнение Эйлера). Характеристики центробежных насосов. Работа на сеть. Перемещение и сжатие газов. Процессы сжатия газов. Работа сжатия и потребляемая мощность.</p> <p>Поршневые компрессоры. Классификация. Теоретический и действительный процессы в поршневом компрессоре. Индикаторная диаграмма. Коэффициент подачи. Многоступенчатое сжатие. Причины перехода на многоступенчатое сжатие. Центробежные и осевые компрессоры.</p>								
4	<p><b>Лабораторная работа № 2:</b> Экспериментальная демонстрация уравнения Бернулли.</p>	11			6	5	О:1, Д2	Подготовить отчёт по лабораторной работе	Оформлен. отчёт по лабораторн. работе
5	<p><b>Тема 3. Внешняя и смешанная задачи гидродинамики</b> <b>Классификация неоднородных систем.</b> Движение тел в жидкостях. Сопротивление движению. Расчет скорости осаждения частицы в жидкостях и газах. Движение жидкости через неподвижные зернистые и пористые слои. Расчет гидравлического сопротивления зернистых слоев. Гидродинамика</p>	9	4	-	-		3 /	Подготовиться к допуску к лабораторной работе, проработать литературу по теме	Допуск к лабораторной работе

	<p>кипящих (псевдоожженных) зернистых слоев. Скорость начала псевдоожжения, число псевдоожжения, скорость уноса.</p> <p><b>Материальный баланс</b> гидромеханических процессов. Стесненное гравитационное осаждение. Отстойники для пыли, суспензий, эмульсий. Осаждение под действием центробежной силы. Циклонный процесс. Отстойное (осадительное) центрифугирование. Схемы конструкций отстойных центрифуг. <b>Фильтрование</b> Способы процесса фильтрования, уравнение, скорость. Определение постоянных в уравнениях фильтрования. Конструкции фильтратов. Фильтрующее центрифугирование. Схемы конструкций фильтрующих центрифуг. <b>Мокрая очистка газов.</b> Скрубберы, пенные аппараты, аппараты с 3-х фазным псевдоожженным слоем.</p> <p><b>Перемешивание в жидкой среде.</b> Пневматическое, циркуляционное и механическое перемешивание. Интенсивность и эффективность процесса перемешивания. Конструкции мешалок, области применения.</p>									
6	<p><b>Тема 1. Тепловые процессы</b></p> <p>Способы переноса тепла. Основное уравнение теплопередачи. Теплообменные аппараты. Классификация. Конструкции кожухотрубчатых теплообменных</p>	15	10				О:1, Д2	3	Подготовиться к допуску лабораторной работе, проработать к к	Допуск к лабораторной работе

	<p>аппаратов. Промышленные способы подвода и отвода теплоты в химической аппаратуре</p> <p><b>Методика теплового расчета теплообменных аппаратов</b></p> <p>Движущая сила тепловых процессов (средний температурный напор). Уравнение теплового баланса теплообменника. Определение поверхности теплообменника.</p> <p><b>Теплопроводность</b> Температурное поле и температурный градиент. Закон Фурье. Дифференциальное уравнение теплопроводности. Теплопроводность однослойной и многослойной плоской стенок</p> <p><b>Тепловое излучение</b> Законы Стефана – Больцмана, Кирхгофа, Ламберта. Лучистый теплообмен.</p> <p><b>Конвективный теплообмен</b> Уравнение Ньютона. Коэффициент теплоотдачи. Дифференциальные уравнения конвективного теплообмена Фурье – Кирхгофа. Критерии теплового подобия.</p> <p><b>Теплопередача</b> Теплообмен при постоянных температурах теплоносителей. Коэффициент теплопередачи. Опытные данные по конвективному теплообмену. Теплоотдача при вынужденном и свободном движении жидкостей и газов внутри и снаружи труб. Теплоотдача при конденсации и кипении жидкостей.</p>							литературу по теме	
7	<p><b>Лабораторная работа № 3:</b></p> <p>Градуировка реометра</p>	11			6		О:1, Д2	Подготовить отчёт по	Оформлен. отчёт по

								лабораторной работе	лабораторн. работе
8	<b>Лабораторная работа № 4:</b> Экспериментальное определение коэффициента теплопередачи.	11			6		О:1, Д2	Подготовить отчёт по лабораторной работе	Оформлен. отчёт по лабораторн. работе
9	<b>Лабораторная работа № 5:</b> Двухтрубный теплообменник	6			6		О:1, Д2	Подготовить отчёт по лабораторной работе	Оформлен. отчёт по лабораторн. работе
10	<b>Лабораторная работа № 6:</b> Изучение процесса гравитационного осаждения	4			4		О:1, Д2	Подготовить отчёт по лабораторной работе	Оформлен. отчёт по лабораторн. работе
11	Курсовая работа					20	3	Курсовая работа включает в себя: - Титульный лист, выполненный по форме, приведенной в приложении I. - Содержание, в которое включают названия разделов и подразделов (как в тексте) и указывают номера соответствующих листов.	

								- Задание на расчёт, содержащее необходимые исходные данные, - Теоретическая часть.	
	Всего	106	32	-	34	40			



**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**  
**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ**  
**«БАШКИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

**СОДЕРЖАНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ**

**дисциплины «Процессы и аппараты химической технологии» на 3 семестр**  
**(наименование дисциплины)**

**очная**

форма обучения

Вид работы	Объем дисциплины
Общая трудоемкость дисциплины (з.е. / часов)	6/216
Учебных часов на контактную работу с преподавателем:	190,2
лекций	18
практических/ семинарских	-
лабораторных	108
других (групповая, индивидуальная консультация и иные виды учебной деятельности, предусматривающие работу обучающихся с преподавателем) (ФКР)	1,2
из них, предусмотренные на выполнение курсовой работы / курсового проекта <sup>4</sup>	
Учебных часов на самостоятельную работу обучающихся (СР)	63
из них, предусмотренные на выполнение курсовой работы / курсового проекта <sup>5</sup>	4
Учебных часов на подготовку к экзамену/зачету/дифференцированному зачету (Контроль)	26

**Форма(ы) контроля:**  
**экзамен 3 семестр**

<sup>4</sup> Контактных часов – 2

<sup>5</sup> Количество часов на самостоятельную работу указывается на усмотрение разработчика, но не более 20 часов

№ п/п	Тема и содержание	Форма изучения материалов: лекции, практические занятия, семинарские занятия, лабораторные работы, самостоятельная работа и трудоемкость (в часах)					Основная и дополнительная литература, рекомендуемая студентам (номера из списка)	Задания по самостоятельной работе студентов	Форма текущего контроля успеваемости (коллоквиумы, контрольные работы, компьютерные тесты и т.п.)
		Всего	ЛК	ПР/СЕМ	ЛР	СР			
1	<b>Лабораторная работа № 7:</b> Фильтрация при постоянном перепаде давления.	30	-	-	18	12	Д 1,2	Проработать литературу, Подготовить отчет по лабораторной работе	Оформлен. отчет по лабораторн. работе
2	<b>Тема 2. Массообменные процессы</b> <b>Общие понятия о массообменных процессах.</b> Виды процессов массопередачи. Способы выражения состава фаз. Закон Дальтона. Закон Рауля. Равновесие при массопередаче. Коэффициент распределения. Линия равновесия. Направление процесса. Материальный баланс массообменных процессов. Рабочая линия процесса. Основное	22	10	-	-	12	О:1,2 4	Подготовиться к допуску к лабораторной работе, проработать литературу по теме	Допуск к лабораторной работе

	<p>уравнение массопередачи. Движущая сила массообменных процессов. Число единиц переноса. Модифицированные уравнения массопередачи. Высота единиц переноса. Скорость процесса массопередачи. Молекулярная диффузия (I закон Фика). Дифференциальное уравнение молекулярной диффузии. Дифференциальное уравнение массообмена в движущейся среде. Механизм процесса массопереноса. Уравнение массоотдачи. Связь коэффициента массопередачи с коэффициентами массоотдачи. Подobie процессов переноса массы. Критерии подобия. <b>Абсорбция</b> Равновесие при абсорбции. Закон Генри. Материальный баланс процесса. Связь удельного расхода абсорбента с размерами аппарата. Тепловой баланс и температура абсорбента. Десорбция. Устройство абсорбционных аппаратов. Поверхностные и пленочные абсорберы. Насадочные абсорберы. Режимы работы. Требования, предъявляемые к насадкам. Барботажные абсорберы. Гидродинамические режимы работы. Типы тарелок. Принципы расчета насадочных и тарельчатых абсорберов. <b>Перегонка жидкостей</b> Смеси жидкостей с неограниченной</p>							
3	Механические процессы	20	8			12		

4	<b>Лабораторная работа №8:</b> Определение эффективности работы колонны ректификации периодического действия	48	-	-	36	12	О:2	Проработать литературу, Подготовить отчёт по лабораторной работе	Оформлен. отчёт по лабораторн. работе
5	<b>Лабораторная работа № 9:</b> Анализ газовой смеси на химическом газоанализаторе ручном	48	-	-	36	12	О:1,2	Подготовить отчёт по лабораторной работе	Оформлен. отчёт по лабораторн. работе
6	<b>Лабораторная работа № 10:</b> Перегонка бинарной смеси. процесса теплообмена.	21			18	3	О:1,2	Проработать литературу, Подготовить отчёт по лабораторной работе	Оформлен. отчёт по лабораторн. работе
	Всего	189	18	-	108	63			

**МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«БАШКИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

**СОДЕРЖАНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ**

**дисциплины «Процессы и аппараты химической технологии» на зимнюю сессию 1 курса  
(наименование дисциплины)  
заочная  
форма обучения**

Вид работы	Объем дисциплины
Общая трудоемкость дисциплины (з.е. / часов)	4/144
Учебных часов на контактную работу с преподавателем:	22,2
лекций	4
практических/ семинарских	
лабораторных	18
других (групповая, индивидуальная консультация и иные виды учебной деятельности, предусматривающие работу обучающихся с преподавателем) (ФКР)	0,2
из них, предусмотренные на выполнение курсовой работы / курсового проекта <sup>6</sup>	0,2
Учебных часов на самостоятельную работу обучающихся (СР)	117,8
из них, предусмотренные на выполнение курсовой работы / курсового проекта <sup>7</sup>	20
Учебных часов на подготовку к экзамену/зачету/дифференцированному зачету (Контроль)	4

**Форма(ы) контроля:  
зачёт, курсовая работа зимняя сессия 1 курса**

<sup>6</sup> Контактных часов – 2

<sup>7</sup> Количество часов на самостоятельную работу указывается на усмотрение разработчика, но не более 20 часов

№ п/п	Тема и содержание	Форма изучения материалов: лекции, практические занятия, семинарские занятия, лабораторные работы, самостоятельная работа и трудоемкость (в часах)					Основная и дополнительная литература, рекомендуемая студентам (номера из списка)	Задания по самостоятельной работе студентов	Форма текущего контроля успеваемости (коллоквиумы, контрольные работы, компьютерные тесты и т.п.)
		Всего	ЛК	ПР/СЕМ	ЛР	СР			
1	<b>Тема 1. Введение.</b> Предмет курса «Процессы и аппараты химической технологии». Возникновение и развитие курса. Классификация основных процессов. Общие принципы анализа и расчета процессов и аппаратов.	11	1	-	-	20	О:1,2		
2	<b>Лабораторная работа № 1:</b> Измерение гидростатического давления.	11			3	20	Д 1,2	Подготовить отчёт по лабораторной работе	Оформлен. отчёт по лабораторн. работе
3	<b>Тема 2. Гидромеханические процессы</b> Основные понятия гидромеханики: гидравлика, гидростатика, гидродинамика. Свойства жидкости. Различные системы единиц измерения. <b>Гидростатика.</b> Дифференциальное уравнение относительного покоя жидкости. Основное уравнение гидростатики. Некоторые практические	17	1	-	-	20	О:2 4 -	Подготовиться к допуску к лабораторной работе, проработать литературу по теме	Допуск к лабораторной работе

<p>приложения уравнения гидростатики. <b>Гидродинамика.</b> Основные характеристики движения идеальной жидкости. Дифференциальное уравнение движения идеальной жидкости (уравнение Эйлера). Дифференциальное уравнение движения реальной жидкости (уравнение Навье - Стокса). Интеграл уравнения движения Эйлера – уравнение Бернулли. Некоторые примеры практического приложения уравнения Бернулли. <b>Теория подобия.</b> Применение методов теории подобия к изучению химико-технологических процессов. Геометрическое и физическое подобие (теоремы подобия, преобразования дифференциальных уравнений к безразмерному виду). Модифицированные и производные критерии гидродинамического подобия. Основные принципы анализа, размерностей <b>Расчет трубопроводов</b> Уравнение Бернулли реальной жидкости. Гидравлические сопротивления в трубопроводах. Потери на трение по длине и местные сопротивления. Расчет диаметра трубопровода. <b>Перемещение жидкостей и газов.</b> Классификация насосов. Основные параметры насосов: производительность, напор, мощность, высота всасывания насоса, различные виды потерь.</p>						<p>4 7</p>		
------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--	--	--	--	--	----------------	--	--

	<p>Поршневые насосы. Другие типы насосов. Области применения насосов различных типов.</p> <p>Центробежные насосы. Уравнение центробежного насоса (уравнение Эйлера). Характеристики центробежных насосов. Работа на сеть. Перемещение и сжатие газов. Процессы сжатия газов. Работа сжатия и потребляемая мощность.</p> <p>Поршневые компрессоры. Классификация. Теоретический и действительный процессы в поршневом компрессоре. Индикаторная диаграмма. Коэффициент подачи. Многоступенчатое сжатие. Причины перехода на многоступенчатое сжатие. Центробежные и осевые компрессоры.</p>								
4	<p><b>Лабораторная работа № 2:</b> Экспериментальная демонстрация уравнения Бернулли.</p>	11			3		О:1, Д2	Подготовить отчёт по лабораторной работе	Оформлен. отчёт по лабораторн. работе
5	<p><b>Тема 3. Внешняя и смешанная задачи гидродинамики</b> <b>Классификация неоднородных систем.</b> Движение тел в жидкостях. Сопротивление движению. Расчет скорости осаждения частицы в жидкостях и газах. Движение жидкости через неподвижные зернистые и пористые слои. Расчет гидравлического сопротивления зернистых слоев. Гидродинамика</p>	9	1	-	-	20	О:2	Подготовиться к допуску к лабораторной работе, проработать литературу по теме	Допуск к лабораторной работе



	<p>кипящих (псевдоожженных) зернистых слоев. Скорость начала псевдоожжения, число псевдоожжения, скорость уноса.</p> <p><b>Материальный баланс</b> гидромеханических процессов. Стесненное гравитационное осаждение. Отстойники для пыли, суспензий, эмульсий. Осаждение под действием центробежной силы. Циклонный процесс. Отстойное (осадительное) центрифугирование. Схемы конструкций отстойных центрифуг. <b>Фильтрование</b> Способы процесса фильтрования, уравнение, скорость. Определение постоянных в уравнениях фильтрования. Конструкции фильтратов. Фильтрующее центрифугирование. Схемы конструкций фильтрующих центрифуг. <b>Мокрая очистка газов.</b> Скрубберы, пенные аппараты, аппараты с 3-х фазным псевдоожженным слоем.</p> <p><b>Перемешивание в жидкой среде.</b> Пневматическое, циркуляционное и механическое перемешивание. Интенсивность и эффективность процесса перемешивания. Конструкции мешалок, области применения.</p>						4		
6	<p><b>Тема 1. Тепловые процессы</b></p> <p>Способы переноса тепла. Основное уравнение теплопередачи. Теплообменные аппараты. Классификация. Конструкции кожухотрубчатых теплообменных</p>	15	1			17,8	О:1, Д2	Подготовиться к допуску лабораторной работе, проработать к к	Допуск к лабораторной работе

	<p>аппаратов. Промышленные способы подвода и отвода теплоты в химической аппаратуре</p> <p><b>Методика теплового расчета теплообменных аппаратов</b></p> <p>Движущая сила тепловых процессов (средний температурный напор). Уравнение теплового баланса теплообменника. Определение поверхности теплообменника.</p> <p><b>Теплопроводность</b> Температурное поле и температурный градиент. Закон Фурье. Дифференциальное уравнение теплопроводности. Теплопроводность однослойной и многослойной плоской стенок</p> <p><b>Тепловое излучение</b> Законы Стефана – Больцмана, Кирхгофа, Ламберта. Лучистый теплообмен.</p> <p><b>Конвективный теплообмен</b> Уравнение Ньютона. Коэффициент теплоотдачи. Дифференциальные уравнения конвективного теплообмена Фурье – Кирхгофа. Критерии теплового подобия.</p> <p><b>Теплопередача</b> Теплообмен при постоянных температурах теплоносителей. Коэффициент теплопередачи. Опытные данные по конвективному теплообмену. Теплоотдача при вынужденном и свободном движении жидкостей и газов внутри и снаружи труб. Теплоотдача при конденсации и кипении жидкостей.</p>							литературу по теме	
7	<p><b>Лабораторная работа № 3:</b></p> <p>Градуировка реометра</p>	11			3		О:1, Д2	Подготовить отчёт по	Оформлен. отчёт по

								лабораторной работе	лабораторн. работе
8	<b>Лабораторная работа № 4:</b> Экспериментальное определение коэффициента теплопередачи.	11			3		О:1, Д2	Подготовить отчёт по лабораторной работе	Оформлен. отчёт по лабораторн. работе
9	<b>Лабораторная работа № 5:</b> Двухтрубный теплообменник	6			3		О:1, Д2	Подготовить отчёт по лабораторной работе	Оформлен. отчёт по лабораторн. работе
10	<b>Лабораторная работа № 6:</b> Изучение процесса гравитационного осаждения	4			3		О:1, Д2	Подготовить отчёт по лабораторной работе	Оформлен. отчёт по лабораторн. работе
11	<b>Курсовая работа</b>					20	5	Курсовая работа включает в себя: - Титульный лист, выполненный по форме, приведенной в приложении I. - Содержание, в которое включают названия разделов и подразделов (как в тексте) и указывают номера соответствующих листов.	

								- Задание на расчёт, содержащее необходимые исходные данные, - Теоретическая часть.	
	Всего	139,8	4	-	18	117,8			

**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**  
**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ**  
**«БАШКИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

**СОДЕРЖАНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ**

**дисциплины «Процессы и аппараты химической технологии» на летнюю сессию 1 курса**  
**(наименование дисциплины)**

**заочная**  
**форма обучения**

Вид работы	Объем дисциплины
Общая трудоемкость дисциплины (ЗЕТ / часов)	5/180
Учебных часов на контактную работу с преподавателем:	42,2
лекций	8
практических/ семинарских	-
лабораторных	50
других (групповая, индивидуальная консультация и иные виды учебной деятельности, предусматривающие работу обучающихся с преподавателем) (ФКР)	2,2
из них, предусмотренные на выполнение курсовой работы / курсового проекта	
Учебных часов на самостоятельную работу обучающихся (СР)	127.8
из них, предусмотренные на выполнение курсовой работы / курсового проекта	5
Учебных часов на подготовку к экзамену/зачету/дифференцированному зачету (Контроль)	9

**Форма(ы) контроля:**

**экзамен летняя сессия 1 курса**

№ п/п	Тема и содержание	Форма изучения материалов: лекции, практические занятия, семинарские занятия, лабораторные работы, самостоятельная работа и трудоемкость (в часах)					Основная и дополнительная литература, рекомендуемая студентам (номера из списка)	Задания по самостоятельной работе студентов	Форма текущего контроля успеваемости (коллоквиумы, контрольные работы, компьютерные тесты и т.п.)
		Всего	ЛК	ПР/СЕМ	ЛР	СР			
1	<b>Лабораторная работа № 7:</b> Фильтрация при постоянном перепаде давления.	28	-	-	8	20	Д 1,2	Проработать литературу, Подготовить отчет по лабораторной работе	Оформлен. отчет по лабораторн. работе
2	<b>Тема 2. Массообменные процессы</b> <b>Общие понятия о массообменных процессах.</b> Виды процессов массопередачи. Способы выражения состава фаз. Закон Дальтона. Закон Рауля. Равновесие при массопередаче. Коэффициент распределения. Линия равновесия. Направление процесса. Материальный баланс массообменных процессов. Рабочая линия процесса. Основное	26	6	-	-	20	О:1,2 5	Подготовиться к допуску к лабораторной работе, проработать литературу по теме	Допуск к лабораторной работе

	<p>уравнение массопередачи. Движущая сила массообменных процессов. Число единиц переноса. Модифицированные уравнения массопередачи. Высота единиц переноса. Скорость процесса массопередачи. Молекулярная диффузия (I закон Фика). Дифференциальное уравнение молекулярной диффузии. Дифференциальное уравнение массообмена в движущейся среде. Механизм процесса массопереноса. Уравнение массоотдачи. Связь коэффициента массопередачи с коэффициентами массоотдачи. Подobie процессов переноса массы. Критерии подобия.</p> <p><b>Абсорбция</b> Равновесие при абсорбции. Закон Генри. Материальный баланс процесса. Связь удельного расхода абсорбента с размерами аппарата. Тепловой баланс и температура абсорбента. Десорбция. Устройство абсорбционных аппаратов. Поверхностные и пленочные абсорберы. Насадочные абсорберы. Режимы работы. Требования, предъявляемые к насадкам. Барботажные абсорберы. Гидродинамические режимы работы. Типы тарелок. Принципы расчета насадочных и тарельчатых абсорберов.</p> <p><b>Перегонка жидкостей</b> Смеси жидкостей с неограниченной</p>						5	
3	Механические процессы	22	2			20		

4	<b>Лабораторная работа №8:</b> Определение эффективности работы колонны ректификации периодического действия	28	-	-	8	20	О:2	Проработать литературу, Подготовить отчёт по лабораторной работе	Оформлен. отчёт по лабораторн. работе
5	<b>Лабораторная работа № 9:</b> Анализ газовой смеси на химическом газоанализаторе ручном	28	-	-	8	20	О:1,2	Подготовить отчёт по лабораторной работе	Оформлен. отчёт по лабораторн. работе
6	<b>Лабораторная работа № 10:</b> Перегонка бинарной смеси. процесса теплообмена.	35,8			8	27,8	О:1,2	Проработать литературу, Подготовить отчёт по лабораторной работе	Оформлен. отчёт по лабораторн. работе
	Всего	167,8	8	-	32	127,8			



Рейтинг-план дисциплины  
Процессы и аппараты химической технологии  
(название дисциплины согласно рабочему учебному плану)  
Направление подготовки 18.03.01 Химическая технология

курс I, семестр 2

Виды учебной деятельности студентов	Балл за конкретное задание	Число заданий за семестр	Баллы	
			Минимальный	Максимальный
<b>Модуль 1</b>				
<b>Текущий контроль</b>				
Допуски к лабораторным работам	5	5	0	25
<b>Рубежный контроль</b>				
Контрольная работа	25	1	0	25
<b>Всего</b>				<b>50</b>
<b>Модуль 2</b>				
<b>Текущий контроль</b>				
Домашние задания (оформление лабораторных работ)	5	5	0	25
<b>Рубежный контроль</b>				
1. Тестовые задания	25	1	0	25
<b>Всего</b>				<b>50</b>
<b>Поощрительные баллы</b>				
1. Студенческая олимпиада			0	5
2. Публикация статей			0	3
3. Участие в конференции			0	2
<b>Всего</b>				<b>10</b>
<b>Посещаемость (баллы вычитаются из общей суммы набранных баллов)</b>				

1. Посещение лекционных занятий			<b>0</b>	<b>-6</b>
2. Посещение лабораторных занятий			<b>0</b>	<b>-10</b>
<b>Итоговый контроль</b>				
1. Зачёт			0	00

курс 2, семестр 3

Виды учебной деятельности студентов	Балл за конкретное задание	Число заданий за семестр	Баллы	
			Минимальный	Максимальный
<b>Модуль 1</b>				
<b>Текущий контроль</b>				
Допуски к лабораторным работам	4	5	0	20
<b>Рубежный контроль</b>				
1. Тестовые задания	15	1	0	15
<b>Всего</b>				<b>35</b>
<b>Модуль 2</b>				
<b>Текущий контроль</b>				
Домашние задания (оформление лабораторных работ)	4	5	0	20
<b>Рубежный контроль</b>				
1. Тестовые задания	15	1	0	15
<b>Всего</b>				<b>35</b>
<b>Поощрительные баллы</b>				
1. Студенческая олимпиада			0	5
2. Публикация статей			0	3
3. Участие в конференции			0	2
<b>Всего</b>				<b>10</b>

<b>Посещаемость (баллы вычитаются из общей суммы набранных баллов)</b>				
3. Посещение лекционных занятий			<b>0</b>	<b>-6</b>
4. Посещение лабораторных занятий			<b>0</b>	<b>-10</b>
<b>Итоговый контроль</b>				
1. Экзамен			0	30