Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Максимов Алексей Борисович
Должность: директор департамента по образовательной политике
Дата подписания: 02.10.2023 15:43:35
Уникальный программный ключ:
8db180d1a3f02ac9e60521a5672742735c18b1d6

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХ)

Факультет химической технологии и биотехнологии

УТВЕРЖДАЮ
Декан факультета химической технологии и биотехнологии
_____ Ю.В. Данильчук
«__» 07 2022 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Процессы и аппараты химической технологии

Направление подготовки/специальность
20.03.01 Техносферная безопасность

Профиль/специализация
Безотходные производственные технологии

Квалификация
бакалавр

Формы обучения
очная

Москва, 2022 г.

Разработчик(и):

доцент каф. «Процессы и аппараты химической технологии»,
к.т.н., доцент  /О.В. Пирогова/

Согласовано:
Зав. каф. «Процессы и аппараты химической технологии»,
д.т.н.  /В.Г. Систер/

Цели освоения дисциплины

Основными целями освоения дисциплины «Процессы и аппараты химической технологии» являются:

– получение необходимых знаний о процессах, применяемых в химической и нефтехимической технологии, способах их интенсификации, а также овладение основами инженерных методов расчета аппаратов;

– подготовка студентов к деятельности в соответствии с квалификационной характеристикой по направлению.

К **основным задачам** освоения дисциплины «Процессы и аппараты химической технологии» следует отнести:

– приобретение теоретических знаний по процессам и аппаратам химической и нефтехимической технологии, необходимых для изучения дисциплин профильной подготовки;

– освоение студентами навыков решения прикладных задач;

– изучение устройства и принципа действия аппаратов для проведения гидромеханических, тепловых и массообменных процессов.

1. Место дисциплины в структуре ООП бакалавриата
2.

Дисциплина «Процессы и аппараты химической технологии» относится к обязательной части блока дисциплин (Б.1) основной образовательной программы бакалавриата.

Дисциплина «Процессы и аппараты химической технологии» взаимосвязана логически и содержательно-методически со следующими дисциплинами и практиками ООП:

– механика жидкостей и газов;
– проектирование химических и нефтехимических производств;
– расчет технологических процессов и оборудования;
– общая химическая технология;
– процессы и аппараты очистки сточных вод;
– процессы и аппараты очистки атмосферы.

3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы.

В результате освоения дисциплины (модуля) у обучающихся формируются следующие компетенции и должны быть достигнуты следующие результаты обучения как этап формирования соответствующих компетенций:

Код компетенции	**В результате освоения образовательной программы обучающийся должен обладать**	**Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине**

УК-1	Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач	**знать:** • принципы математического описания явлений переноса, роль этого описания в анализе и расчете основных процессов; • основы физического моделирования процессов; • основные методы проведения экспериментальных исследований в химической технологии; **уметь:** • планировать и проводить экспериментальные исследования; **владеть:** • методами обработки экспериментальных данных; • навыками поиска методов решения практических задач.
ОПК-1	Способен учитывать современные тенденции развития техники и технологий в области техносферной безопасности, измерительной и вычислительной техники, информационных технологий при решении типовых задач в области профессиональной деятельности, связанной с защитой окружающей среды и обеспечением безопасности человека	**знать:** • принципиальные схемы проведения основных процессов, их достоинства и области применения; • общие закономерности и зависимости, необходимые для расчета типовых процессов и аппаратов; • устройство типовой аппаратуры, принципы ее рационального использования, методы определения ее оптимальных размеров; • способы интенсификации процессов химической и нефтехимической технологии; **уметь:** • решать стандартные задачи по расчету типового оборудования для проведения различных процессов при заданных условиях с применением информационно-коммуникационных технологий; • рассчитывать и проектировать установки для проведения процессов химической и нефтехимической технологии; **владеть:** • навыками выбора типовых аппаратов для осуществления различных процессов при заданных условиях.

4. Структура и содержание дисциплины.

Общая трудоемкость дисциплины составляет **5** зачетных единицы, т. е. **180 академических часов**. Аудиторных – 90 часов (из них 54 – лекции). Самостоятельная работа – 90 часов.

Четвертый семестр: лекции (54 часа), семинары и практические занятия (18 часов), лабораторные занятия (18 часов), курсовой проект.

Форма контроля – экзамен.

Структура и содержание дисциплины «Процессы и аппараты химической технологии» по срокам и видам работы отражены в Приложении 1.

Содержание разделов дисциплины

Введение

Предмет и задачи курса.

Кинетика процесса: движущая сила процесса, скорость, сопротивление. Кинетическая классификация основных процессов и аппаратов.

Классификации основных процессов химической технологии по способу организации процессов и в зависимости от изменения их параметров во времени.

Схема технологического расчета аппаратов.

Понятие о модели и моделировании процессов. Подобие процессов. Основные теоремы подобия. Числа гидромеханического подобия. Практическое значение теории подобия. Основы теории анализа размерности.

Модели структуры потоков в аппаратах непрерывного действия.

Гидромеханические процессы

Классификация дисперсных двухфазных систем. Основные гидромеханические процессы. Материальный баланс гидромеханических процессов.

Фильтрование

Основной кинетический закон фильтрования. Режимы фильтрования. Структурные характеристики осадка. Промывка осадка. Классификация фильтров.

Устройство газовых фильтров. Устройство жидкостных фильтров периодического и непрерывного действия. Схема технологического расчета.

Кинетика центробежного фильтрования. Конструкции и схема расчета фильтрующих центрифуг.

Осаждение

Кинетика гравитационного осаждения. Уравнение движения частицы под действием силы тяжести.

Классификация, устройство и схема расчета отстойников.

Кинетика центробежного осаждения. Классификация, устройство, схема расчета отстойных центрифуг. Циклонный процесс. Устройство и схема расчета циклонов и гидроциклонов.

Электроочистка газов. Кинетика электроочистки газов. Устройство и схема расчета электрофильтров.

Псевдоожижение и перемешивание

Псевдоожижение: основные понятия, область применения. Кривая псевдоожижения. Определение первой и второй критических скоростей псевдоожижения. Аппараты с псевдоожиженным слоем.

Перемешивание в жидких средах, области применения и основные характеристики. Способы перемешивания. Конструкции мешалок. Расход энергии на перемешивание механическими мешалками.

Тепловые процессы

Основы теории передачи тепла, основные понятия и определения. Способы распространения теплоты. Теплопроводность. Закон Фурье, дифференциальное уравнение теплопроводности. Теплоотдача. Закон Ньютона.

Основное кинетическое уравнение теплопередачи. Определение средней движущей силы тепловых процессов. Дифференциальное и критериальное уравнение конвективного теплообмена.

Нагревание

Основные сведения. Нагревание водяным паром («острым» и «глухим»). Конденсатоотводчики. Многоходовые теплообменники. Схема технологического расчета промышленных теплообменников. Нагревание топочными газами, жидкими и твердыми промежуточными теплоносителями, электрическим током.

Конденсация

Поверхностная конденсация и конденсация смешением. Барометрический конденсатор смешения. Технологический расчет конденсаторов.

Выпаривание

Общие сведения. Простое и многократное выпаривание. Материальный и тепловой баланс. Общая и полезная разность температур. Температурные депрессии. Технологический расчет выпарных аппаратов и установок. Выпаривание с применением теплового насоса.

Массообменные (диффузионные) процессы

Основные понятия, назначение, особенности. Равновесие и движущая сила массообменных процессов. Основной кинетический закон массопередачи. Модифицированные уравнения массопередачи. Материальный баланс массообменных процессов. Уравнения рабочих линий массообменных процессов.

Основные законы массопередачи. Законы молекулярной диффузии – первый и второй закон Фика, закон массоотдачи (закон Щукарева). Дифференциальное уравнение массоотдачи (конвективной диффузии), запись его с использованием чисел подобия. Выражение коэффициента массопередачи через коэффициенты массоотдачи. Массопередача в системах с твердой фазой (массопроводность).

Абсорбция и ректификация

Определения и области применения. Законы равновесия в системах газ (пар)-жидкость: Генри, Рауля и Дальтона.

Материальный и тепловой баланс абсорбции. Кинетика абсорбции. Принципиальные схемы абсорбционных процессов.

Принцип ректификации. Ректификационная установка непрерывного действия. Материальный и тепловой баланс. Рабочие линии процесса непрерывной ректификации. Флегмовое число, его влияние на процесс ректификации. Периодическая ректификация.

Абсорбционные и ректификационные аппараты: классификация, устройство и схема технологического расчета.

Жидкостная экстракция

Общие сведения. Равновесие в системах жидкость-жидкость. Материальный баланс и кинетика экстракции. Принципиальные схемы проведения процессов экстракции, их изображение в х-у диаграмме. Классификация экстракционного оборудования.

Сушка

Теоретические основы и способы сушки. Равновесие при сушке. Воздушная сушка. Параметры состояния влажного воздуха. Диаграмма Н-х (диаграмма Рамзина). Материальный и тепловой баланс воздушной сушки. Рабочая линия сушки. Принципиальные схемы проведения процессов сушки, их изображение в диаграмме Н-х. Кинетические кривые сушки. Факторы, влияющие на скорость процесса сушки. Классификация сушильного оборудования.

Адсорбция

Общие сведения. Равновесие в процессах адсорбции. Материальный баланс адсорбции. Кинетика процесса. Уравнение Шилова. Принципиальные схемы проведения процессов адсорбции. Устройство адсорберов и адсорбционных установок, схема технологического расчета.

Ионообмен

Общие сведения. Реакции ионообмена. Равновесие при ионообмене. Материальный баланс и кинетика ионообменных процессов. Регенерация и отмывка ионитов. Принципиальные схемы ионообменных процессов и ионообменная аппаратура.

Мембранные процессы

Общие сведения. Область применения и классификация мембранных процессов. Материальный баланс мембранных процессов. Материал и устройство мембран. Основные характеристики мембран. Мембранные аппараты, схема расчета.

5. Образовательные технологии.

Методика преподавания дисциплины «Процессы и аппараты химической технологии» и реализация компетентностного подхода в изложении и восприятии материала предусматривает использование следующих активных и интерактивных форм проведения групповых, индивидуальных, аудиторных занятий в сочетании с внеаудиторной работой с целью формирования и развития профессиональных навыков обучающихся:

– лекции (с применением мультимедийных средств, лекции-презентации);
– практические занятия (с применением компьютерных технологий)
– защита и индивидуальное обсуждение выполняемых этапов лабораторных работ;
– тестирование (с применением компьютерных технологий) – используется в качестве средства замера и контроля знаний студентов;
– выполнение и защита курсового проекта;
– индивидуальные консультации, в том числе с использованием компьютерных технологий.

Удельный вес занятий, проводимых в интерактивных формах, определен главной целью образовательной программы, особенностью контингента обучающихся и содержанием дисциплины «Процессы и аппараты химической технологии» и, в целом по дисциплине, составляет 30% аудиторных занятий.

6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов.

В процессе обучения используются следующие оценочные формы самостоятельной работы студентов:
- защита лабораторных работ;
- защита курсового проекта, выполненного по индивидуальному заданию для каждого обучающегося;
- самостоятельные и контрольные работы;
- тестирование (промежуточное и итоговое).

Курсовой проект представляет собой работу, посвященную проектированию ряда технологических установок по изучаемым процессам, предусматривающую реализацию теоретических и практических навыков обучающихся по направлению подготовки.

Оценочные средства текущего контроля успеваемости и промежуточных аттестаций включают контрольные вопросы и задания в форме бланкового и (или) компьютерного тестирования для контроля освоения разделов дисциплины, задания для самостоятельных и контрольных работ, индивидуальные задания для курсового проектирования, вопросы к зачету.

Образцы заданий для курсового проекта, контрольных вопросов и заданий для проведения тестирования, заданий для самостоятельных и контрольных работ, вопросов к зачету приведены в приложении 2.

6.1. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине (модулю).

6.1.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы.

В результате освоения дисциплины (модуля) формируются следующие компетенции:

Код компетенции	**В результате освоения образовательной программы обучающийся должен обладать**
УК-1	Способность осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач
ОПК-1	Способность учитывать современные тенденции развития техники и технологий в области техносферной безопасности, измерительной и вычислительной техники, информационных технологий при решении типовых задач в области профессиональной деятельности, связанной с защитой окружающей среды и обеспечением безопасности человека

В процессе освоения образовательной программы данные компетенции, в том числе их отдельные компоненты, формируются поэтапно в ходе освоения обучающимися дисциплин

(модулей), практик в соответствии с учебным планом и календарным графиком учебного процесса.

6.1.2. Описание показателей и критериев оценивания компетенций, формируемых по итогам освоения дисциплины (модуля), описание шкал оценивания.

Показателем оценивания компетенций на различных этапах их формирования является достижение обучающимися планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю).

УК-1 Способность осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач				
Показатель	**Критерии оценивания**			
	2	**3**	**4**	**5**
знать: - принципы математического описания явлений переноса, роль этого описания в анализе и расчете основных процессов; - основы физического моделирования процессов; - основные методы проведения экспериментальных исследований в химической технологии.	Обучающийся демонстрирует полное отсутствие или недостаточное соответствие следующих знаний: принципов математического описания явлений переноса, основ физического моделирования процессов, основных методов проведения экспериментальных исследований.	Обучающийся демонстрирует неполное соответствие следующих знаний: математического описания явлений переноса, основ физического моделирования процессов, основных методов проведения экспериментальных исследований. Допускаются значительные ошибки, проявляется недостаточность знаний.	Обучающийся демонстрирует частичное несоответствие следующих знаний: принципов математического описания явлений переноса, основ физического моделирования процессов, основных методов проведения экспериментальных исследований. Допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях.	Обучающийся демонстрирует полное соответствие следующих знаний: принципов математического описания явлений переноса, основ физического моделирования процессов, основных методов проведения экспериментальных исследований. Свободно оперирует приобретенными знаниями.
уметь: планировать и проводить экспериментальные исследования	Обучающийся не умеет или в недостаточной степени умеет планировать и проводить экспериментальные исследования.	Обучающийся демонстрирует неполное соответствие следующих умений: планировать и проводить экспериментальные исследования. Допускаются значительные ошибки, проявляется	Обучающийся демонстрирует частичное несоответствие следующих умений: планировать и проводить экспериментальные исследования. Умения освоены, но допускаются незначительные ошибки, неточности,	Обучающийся демонстрирует полное соответствие следующих умений: планировать и проводить экспериментальные исследования. Свободно оперирует

		недостаточность умений, по ряду показателей.	затруднения при переносе умений на новые, нестандартные ситуации.	приобретенными умениями, применяет их в ситуациях повышенной сложности.
владеть: - методами обработки экспериментальных данных; - навыками поиска методов решения практических задач.	Обучающийся не владеет или в недостаточной степени владеет методами обработки экспериментальных данных и навыками поиска методов решения практических задач.	Обучающийся владеет методами обработки экспериментальных данных и навыками поиска методов решения практических задач в неполном объеме, допускаются значительные ошибки, проявляется недостаточность владения навыками по ряду показателей.	Обучающийся частично владеет методами обработки экспериментальных данных и навыками поиска методов решения практических задач. Навыки освоены, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе умений на новые, нестандартные ситуации.	Обучающийся в полном объеме владеет методами обработки экспериментальных данных и навыками поиска методов решения практических задач, свободно применяет полученные навыки в ситуациях повышенной сложности.

ОПК-1 Способность учитывать современные тенденции развития техники и технологий в области техносферной безопасности, измерительной и вычислительной техники, информационных технологий при решении типовых задач в области профессиональной деятельности, связанной с защитой окружающей среды и обеспечением безопасности человека

Показатель	**Критерии оценивания**			
	2	**3**	**4**	**5**
знать: - принципиальные схемы проведения основных процессов, их достоинства и области применения; - общие закономерности и зависимости, необходимые для расчета	Обучающийся демонстрирует полное отсутствие или недостаточное соответствие следующих знаний: физической сущности, механизма и макрокинетики основных процессов, общих законо-	Обучающийся демонстрирует неполное соответствие следующих знаний: физической сущности, механизма и макрокинетики основных процессов, общих закономерностей и зависимостей, необходимых для расчета типовых процессов и аппаратов, принципи-	Обучающийся демонстрирует частичное несоответствие следующих знаний: физической сущности, механизма и макрокинетики основных процессов, общих закономерностей и зависимостей, необходимых для расчета типовых процессов и аппаратов, принци-	Обучающийся демонстрирует полное соответствие следующих знаний: физической сущности, механизма и макрокинетики основных процессов, общих закономерностей и зависимостей,

типовых процессов и аппаратов; - устройство типовой аппаратуры, принципы ее рационального использования, методы определения ее оптимальных размеров; - способы интенсификации процессов химической технологии	мерностей и зависимостей, необходимых для расчета типовых процессов и аппаратов, принципиальных схем проведения основных процессов химической технологии, устройства типовой аппаратуры, определения ее оптимальных размеров, способов интенсификации процессов химической технологии.	альных схем проведения основных процессов химической технологии, устройства типовой аппаратуры, определения ее оптимальных размеров, способов интенсификации процессов химической технологии. Допускаются значительные ошибки, проявляется недостаточность знаний.	пиальных схем проведения основных процессов химической технологии, устройства типовой аппаратуры, определения ее оптимальных размеров, способов интенсификации процессов химической технологии. Допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях.	необходимых для расчета типовых процессов и аппаратов, принципиальных схем проведения основных процессов химической технологии, устройства типовой аппаратуры, определения ее оптимальных размеров, способов интенсификации процессов химической технологии. Свободно оперирует приобретенными знаниями.
уметь: - решать стандартные задачи по расчету типового оборудования для проведения различных процессов при заданных условиях с применением информационно-коммуникационных технологий; - рассчитывать и проектировать установки для проведения технологических процессов	Обучающийся не умеет или в недостаточной степени умеет решать стандартные задачи по расчету типового оборудования и рассчитывать и проектировать установки для проведения технологических процессов.	Обучающийся демонстрирует неполное соответствие следующих умений: решать стандартные задачи по расчету типового оборудования, рассчитывать и проектировать установки для проведения технологических процессов. Допускаются значительные ошибки, проявляется недостаточность знаний.	Обучающийся демонстрирует частичное несоответствие следующих умений: решать стандартные задачи по расчету типового оборудования, рассчитывать и проектировать установки для проведения технологических процессов. Умения освоены, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях.	Обучающийся демонстрирует полное соответствие следующих умений: решать стандартные задачи по расчету типового оборудования, рассчитывать и проектировать установки для проведения технологических процессов. Свободно оперирует приобретенными знаниями.

владеть: навыками выбора типовых аппаратов для осуществле-ния различных процессов при заданных условиях.	Обучающийся не владеет или владеет в недостаточной степени навыками выбора аппаратов для осуществления различных процессов при заданных условиях.	Обучающийся владеет навыками выбора аппаратов для осуществления различных процессов при заданных условиях в неполном объеме, допускаются значительные ошибки, проявляет-ся недостаточность владения навыками по ряду показателей.	Обучающийся частично владеет навыками выбора аппаратов для осуществления различных процессов при заданных условиях. Навыки освоены, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе умений на новые, нестандартные ситуации.	Обучающийся в полном объеме владеет навыками выбора аппаратов для осуществления различных процессов при заданных условиях, свободно применяет полученные навыки в ситуациях повышенной сложности.

Шкалы оценивания результатов промежуточной аттестации и их описание:

Форма промежуточной аттестации: экзамен.

Промежуточная аттестация обучающихся в форме экзамена проводится по результатам выполнения всех видов учебной работы, предусмотренных учебным планом по данной дисциплине (модулю), при этом учитываются результаты текущего контроля успеваемости в течение семестра. Оценка степени достижения обучающимися планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю) проводится преподавателем, ведущим занятия по дисциплине (модулю) методом экспертной оценки. По итогам промежуточной аттестации по дисциплине (модулю) выставляется оценка «зачтено» или «не зачтено».

К промежуточной аттестации допускаются только студенты, выполнившие все виды учебной работы, предусмотренные рабочей программой по дисциплине «Процессы и аппараты химической технологии».

Шкала оценивания	**Описание**
Шкала оценивания	**Описание**
Отлично	Студент демонстрирует соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателям, оперирует приобретенными знаниями, умениями, навыками, применяет их в ситуациях повышенной сложности. При этом могут быть допущены незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе знаний и умений на новые, нестандартные ситуации.
Хорошо	Студент демонстрирует неполное соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателям, либо им допущены 2-3 несущественные ошибки.
Удовлетворительно	Студент демонстрирует знания, в которых освещена основная, наиболее важная часть материала, но при этом допущена одна значительная ошибка или неточность.

Неудовлетворительно	Не выполнен один или более видов учебной работы, предусмотренных учебным планом. Студент демонстрирует неполное соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателям, допускаются значительные ошибки, проявляется отсутствие знаний, умений, навыков по ряду показателей, студент испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями и умениями при их переносе на новые ситуации.

Фонды оценочных средств представлены в приложении 2 к рабочей программе.

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины.

а) основная литература:

1. Плановский А.Н., Николаев П.И. Процессы и аппараты химической и нефтехимической технологии: Учебник. – 3-е изд., перераб. и доп.-М.: Химия, 1987.- 496 с.
2. Павлов К.Ф., Романков П.Г., Носков А.А. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии: Учебное пособие.– 10-е изд., перераб. и доп. – Л.: Химия, 1987.- 576 с.
3. Практикум по курсу процессов и аппаратов химической технологии: учебное пособие под ред. А.М.Кутепова, Д.А.Баранова. - 3-е изд., переработанное, Москва, 2012. - 342 с.

б) дополнительная литература:

1. Скобло А.И., Трегубова И.А., Молоканов Ю.К. Процессы и аппараты нефтеперерабатывающей и нефтехимической промышленности: Учебник. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Химия, 1982.- 584 с.
2. Дытнерский Ю.И. Процессы и аппараты нефтеперерабатывающей и нефтехимической промышленности: Учебник для вузов – 2-е изд. Ч. 1, 2 – М.: Химия, 1995.- 400 с., 368 с.

в) программное обеспечение и интернет-ресурсы:

Основное учебно-лабораторное оборудование перечисленное в разделе «материально-техническое обеспечение дисциплины» обеспечено прикладными программными продуктами для проведения экспериментальных исследований и представления результатов в удобном для студентов виде.

Программное обеспечение включает учебно-методические материалы в электронном виде.

Интернет-ресурсы включают доступ к электронным библиотекам университета (http://elib.mgup; http://lib.mami.ru/lib/content/elektronyy-katalog), к электронным каталогам вузовских библиотек и крупнейших библиотек Москвы (*http://window.edu.ru*).

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины.

При изучении данной дисциплины используется специализированная учебная лаборатория кафедры «Процессы и аппараты химической технологии» Ав4108, оснащенная лабораторными установками, необходимыми для проведения лабораторного практикума:

- кинетика гравитационного осаждения;
- гидродинамика псевдоожиженного слоя;
- теплообмен в псевдоожиженном слое;
- теплообмен между системами пар-жидкость, жидкость-газ.
- гидродинамика насадочных колонн;
- гидродинамика тарельчатых колонн;
- тепло-массообмен на контактных устройствах колонных аппаратов;
- исследование процесса конвективной сушки материалов.

Методические материалы всех лабораторных работ представлены в Практикуме по курсу Процессов и аппаратов химической технологии. Учебное пособие под редакцией А.М.Кутепова, Д.А.Баранова. 3-е изд., переработанное, Москва. 2012. - 342 с.

- Электронные образовательные ресурсы;
- Компьютеры, проекторы.

9. Методические рекомендации для самостоятельной работы студентов

- Обязательное посещение лекций ведущего преподавателя. Лекции - основное методическое руководство при изучении дисциплины, наиболее оптимальным образом структурированное и скорректированное на современный материал; в лекциях глубоко и подробно, аргументировано и методологически строго рассматриваются главные проблемы темы; в лекциях даются разные подходы к исследуемым проблемам; в рабочих конспектах лекций

желательно оставлять поля, на которых во внеаудиторное время можно сделать пометки из учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы студента, дополняющего материал лекции, а также пометки, подчеркивающие особую важность тех или иных теоретических положений.

- Подготовка и активная работа на практических занятиях. Подготовка к практическим занятиям включает проработку материалов лекций и рекомендованной учебной литературы.

- Подготовка к лабораторным работам. Лабораторные занятия – это активная форма учебного процесса, при подготовке к которой обучающемуся необходимо изучить основную литературу, ознакомиться с дополнительной литературой, ознакомиться с техникой проведения лабораторных работ.

- Самостоятельная работа является одним из видов учебных занятий. Цель самостоятельной работы — практическое усвоение студентами вопросов, рассматриваемых в процессе изучения дисциплины. Аудиторная самостоятельная работа по дисциплине выполняется на учебных занятиях под непосредственным руководством преподавателя и по его заданию. Внеаудиторная самостоятельная работа выполняется студентом по заданию преподавателя, но без его непосредственного участия. Задачи самостоятельной работы студента:

- развитие навыков самостоятельной учебной работы;

- освоение содержания дисциплины;

- углубление содержания и осознание основных понятий дисциплины;

- использование материала, собранного и полученного в ходе самостоятельных занятий для эффективной подготовки к зачету и экзамену.

Виды внеаудиторной самостоятельной работы:

- выполнение курсового проекта;

- самостоятельное изучение отдельных тем дисциплины;

- подготовка к лекционным занятиям;

- подготовка к лабораторным работам;

- выполнение домашних заданий по закреплению тем и решению типичных задач и упражнений.

Важной частью самостоятельной работы является чтение учебной и научной литературы. Основная функция учебников – ориентировать студентов в системе знаний, умений и навыков по данной дисциплине, которые необходимы будущим специалистам.

10. Методические рекомендации для преподавателя

На первом занятии по дисциплине необходимо ознакомить студентов с порядком ее изучения (формами занятий, текущего и промежуточного контроля), раскрыть место и роль дисциплины в системе наук, ее практическое значение, довести до студентов требования кафедры, ответить на вопросы.

Требования к лекции:

- научность и информативность (современный научный уровень), доказательность и аргументированность, наличие достаточного количества ярких, убедительных примеров, фактов, обоснований, документов и научных доказательств;

- активизация мышления слушателей, постановка вопросов для размышления, четкая структура и логика раскрытия последовательно излагаемых вопросов;

- разъяснение вновь вводимых терминов и названий, формулирование главных мыслей и положений, подчеркивание выводов, повторение их;

- эмоциональность формы изложения, доступный и ясный язык.

Преподаватель должен помогать студентам и следить, все ли понимают и успевают следить за ходом изложения материала. Средство, помогающие конспектированию - акцентированное изложение материала лекции, т. е. выделение голосом, интонацией, повторением наиболее важной, существенной информации, использование пауз, записи на доске, демонстрации иллюстративного материала, строгое соблюдение регламента занятий.

Преподаватель может напрямую руководить работой студентов по конспектированию лекционного материала, подчеркивать необходимость отражения в конспектах основных

положений изучаемой темы, особо выделяя категориальный аппарат. Искусство лектора помогает хорошей организации работы студентов на лекции. Содержание, четкость структуры лекции, применение приемов поддержания внимания - все это активизирует мышление и работоспособность, способствует установлению контакта с аудиторией, вызывает у студентов эмоциональный отклик, формирует интерес к предмету.

В заключительной части лекции необходимо сформулировать общие выводы по теме, раскрывающие содержание всех вопросов, поставленных в лекции. Объявить план очередного занятия, дать краткие рекомендации по подготовке студентов к практическому или лабораторномузанятию.

При подготовке к практическому занятию по теме прочитанной лекции преподавателю необходимо уточнить план его проведения, продумать формулировки и содержание учебных вопросов, ознакомиться с новыми публикациями по теме семинара.

В ходе практического занятия раскрыть теоретическую и практическую значимость темы, определить порядок его проведения. Целесообразно в ходе обсуждения задавать дополнительные и уточняющие вопросы с целью контроля понимания студентами изучаемого материала.

В заключительной части практического занятия следует подвести его итоги: дать оценку выступлений каждого студента и учебной группы в целом. Ответить на вопросы студентов. Назвать тему очередного занятия.

Программа составлена в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования по направлению подготовки бакалавров **20.03.01**
«Техносферная безопасность»

Приложение 1.

Структура и содержание дисциплины «Процессы и аппараты химической технологии» по направлению подготовки 20.03.01 «Техносферная безопасность» (бакалавр)

п/п	Раздел	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов, и трудоемкость в часах					Виды самостоятельной работы студентов					Формы аттестации	
				Л	П/С	Лаб	СРС	КСР	К.Р.	К.П.	РГР	Реферат	К/р	Э	З
1.1	*Предмет и задачи курса.* Кинетическая классификация основных процессов и аппаратов. Способы классификации основных процессов химической технологии по способу организации процессов и по зависимости их параметров от времени. Схема технологического расчета аппаратов.	**4**	**1**	**2**			**2**								
1.2	Модели структуры потоков в аппаратах непрерывного действия. Моделирование процессов. Подобие процессов. Основные теоремы подобия. Числа гидромеханического подобия. Практическое значение теории подобия.	**4**	**2**	**2**			**2**	+							

1.3	**Гидромеханические процессы.** Уравнения гидромеханики вязкой несжимаемой жидкости. Классификация дисперсных двухфазных систем. Основные гидромеханические процессы. *Фильтрование.* Материальный баланс. Основной кинетический закон фильтрования. Режимы фильтрования.	**4**	**3**	**2**			**2**	**+**							
1.4	Структурные характеристики осадка. Промывка осадка. Классификация фильтров. Устройство газовых фильтров. Устройство жидкостных фильтров периодического и непрерывного действия. Схема технологического расчета. Кинетика центробежного фильтрования. Конструкции и схема расчета фильтрующих центрифуг.	**4**	**4**	**2**			**2**	**+**					Тест		
1.5	*Осаждение.* Кинетика гравитационного осаждения. Режимы осаждения. Уравнение движения частицы под действием силы тяжести. Классификация, устройство и схема расчета отстойников.	**4**	**5**	**2**			**2**	**+**							
1.6	Кинетика центробежного осаждения. Классификация, устройство, схема расчета отстойных центрифуг. Циклонный	**4**	**6**	**2**			**2**	**+**							

	процесс. Устройство и схема расчета циклонов и гидроциклонов.														
1.7	*Электроочистка газов*. Кинетика. Устройство и схема расчета электрофильтров. *Псевдоожижение:* основные понятия, область применения. Кривая псевдоожижения. Определение первой и второй критических скоростей псевдоожижения. Аппараты с псевдоожиженным слоем.	**4**	**7**	**2**			**2**	**+**							
1.8	*Перемешивание в жидких средах*. Области применения и основные характеристики. Способы перемешивания. Конструкции мешалок. Расход энергии на перемешивание механическими мешалками.	**4**	**8**	**2**			**2**	**+**							
1.9	**Тепловые процессы**. Основные понятия и определения. Способы распространения теплоты. Теплопроводность. Закон Фурье, дифференциальное уравнение теплопроводности. Теплоотдача. Закон Ньютона	**4**	**9**	**2**			**2**	**+**					Тест		
1.10	Основное кинетическое уравнение теплопередачи. Связь коэффициентов теплопередачи с коэффициентами теплоотдачи. Определение средней движущей силы тепловых процессов.	**4**	**10**	**2**			**2**	**+**							

	Дифференциальное и критериальное уравнение конвективного теплообмена.														
1.11	*Семинарское занятие* «Основные кинетические закономерности. Материальный и тепловой баланс»	4	10		2		2	+							
1.12	*Нагревание.* Основные сведения. Нагревание водяным паром («острым» и «глухим»). Конденсатоотводчики. Нагревание топочными газами, жидкими и твердыми промежу-точными теплоносителями, электрическим током.	**4**	**11**	**2**			**2**	**+**					Тест		
1.13	*Семинарское занятие* «Фильтрование»	4	11		2		2	+							
1.14	*Охлаждение* до обычных температур. Многоходовые теплообменники. Схема технологического расчета промышленных теплообменников.	**4**	**12**	**2**			**2**	**+**							
1.15	*Лабораторная работа* «Изучение работы фильтрующей центрифуги периодического действия»	4	12			2	2	+							
1.16	*Конденсация.* Поверхностная конденсация и конденсация смешением. Барометрический конденсатор смешения. Технологический расчет	**4**	**13**	**2**			2	+							

	конденсаторов.														
1.17	*Семинарское занятие* «Кинетика гравитационного осаждения. Центробежное осаждение и фильтрование»	4	13		2		2	+							
1.18	*Выпаривание.* Общие сведения. Простое выпаривание. Материальный и тепловой баланс. Общая и полезная разность температур. Температурные депрессии.	**4**	**14**	**2**			**2**	+							
1.19	*Лабораторная работа* «Кинетика гравитационного осаждения»	4	14			2	2	+					Тест		
1.20	Многократное выпаривание. Материальный и тепловой баланс. Общая и полезная разность температур. Технологический расчет выпарных аппаратов и установок. Выпаривание с применением теплового насоса.	**4**	**15**	**2**			**2**	+							
1.21	*Лабораторная работа* «Гидродинамика псевдоожиженного слоя»	4	15			2	2	**+**					Тест		
1.22	*Массообменные процессы*: основные понятия, назначение, особенности. Равновесие и движущая сила массообменных процессов. Основной кинетический закон массопередачи. Материальный баланс	**4**	**16**	**2**			**2**	+		+					

	массообменных процессов. Уравнения рабочих линий массообменных процессов.														
1.23	*Семинарское занятие* «Теплопроводность, теплоотдача. Связь коэффициентов теплопередачи с коэффициентами теплоотдачи»	4	16		2		2	+		+					
1.24	Модифицированные уравнения массопередачи. Основные законы массопередачи. Законы молекулярной диффузии – первый и второй закон Фика, закон массоотдачи (закон Щукарева). Дифференциальное уравнение массоотдачи (конвективной диффузии), запись его с использованием чисел подобия.	**4**	**17**	**2**			**2**	+		+					
1.25	*Лабораторная работа* «Изучение процессов теплообмена между системами пар - жидкость, жидкость-газ в трубчатых рекуперативных теплообменниках»	4	17			2	2	+		+					
1.26	Выражение коэффициента массопередачи через коэффициенты массоотдачи. *Абсорбция.* Определения и области применения. Законы равновесия в системах газ-жидкость: Генри и Дальтона.	**4**	**18**	**2**			**2**	+		+					

	Материальный и тепловой баланс абсорбции														
1.27	*Семинарское занятие* «Нагревание»	4	18		2		2	+		+			Тест		
1.28	*Ректификация.* Классификация жидких однородных бинарных смесей. Законы равновесия в системах пар-жидкость: Рауля и Дальтона. Принцип ректификации. Ректификацион-ная установка непрерывного действия. Материальный и тепловой баланс ректификации.	**4**	**19**	**2**			**2**	**+**		+					
1.29	*Семинарское занятие* «Конденсация. Выпаривание»	4	19		2		2	+		+					
1.30	Рабочие линии процесса непрерывной ректификации. Флегмовое число, его влияние на процесс ректификации и размеры колонны. Периодическая ректификация.	**4**	**20**	**2**			**2**	**+**		+					
1.31	*Лабораторная работа* «Изучение гидродинамических явлений в тарельчатой колонне»	4	20			2	2	+		+					
1.32	Абсорбционные и ректификационные аппараты: классификация, устройство и схема технологического расчета. *Экстракция.* Общие сведения. Равновесие в системах жидкость-жидкость. Материальный баланс и кинетика экстракции.	**4**	**21**	**2**			2	+		+					

1.33	*Лабораторная работа* «Изучение гидродинамических характеристик насадочной колонны»	4	21			2	2	+		+			Тест		
1.34	Принципиальные схемы проведения процессов экстракции, их изображение на у-х диаграмме. Классификация экстракционного оборудования. Массопередача в системах с твердой фазой (массопроводность).	**4**	**22**	**2**			**2**	+		+					
1.35	*Семинарское занятие* «Основной кинетический закон массопередачи. Модифицированные уравнения массопередачи. Средняя движущая сила».	4	22		2		2	+		+					
1.36	*Сушка.* Теоретические основы и способы сушки. Равновесие в процессе сушки. Воздушная сушка. Параметры состояния влажного воздуха. Диаграмма Н-х (диаграмма Рамзина). Материальный и тепловой баланс воздушной сушки.	**4**	**23**	**2**			**2**	+		+					
1.37	*Лабораторная работа* «Изучение работы ректификационной установки»	4	23			2	2	**+**		+					
1.38	Рабочая линия сушки. Принципиальные схемы проведения процессов сушки, их изображение в диаграмме Н-х. Кинетические кривые сушки.	**4**	**24**	**2**			**2**	+		+					

	Факторы, влияющие на скорость процесса сушки. Классификация сушильного оборудования.														
1.39	*Семинарское занятие* «Равновесие в процессах абсорбции и ректификации. Материальный баланс».	4	24		2		2	+		+			Тест		
1.40	*Адсорбция.* Общие сведения. Равновесие в процессах адсорбции. Материальный баланс адсорбции. Кинетика процесса. Уравнение Шилова.	**4**	**25**	**2**			**2**	+		+					
1.41	*Лабораторная работа* «Изучение кинетики сушки»	4	25			2	2	+		+					
1.42	*Ионообменные процессы.* Реакции ионообмена. Равновесие при ионообмене. Материальный баланс и кинетика ионообменных процессов. Регенерация и отмывка ионитов. Принципиальные схемы адсорбции и ионообменных процессов и аппаратура.	**4**	**26**	**2**			**2**	+		+					
1.43	*Семинарское занятие* «Сушка».	4	26		2		2	+		+			Тест		
1.44	*Мембранное разделение.* Равновесие, материальный баланс и кинетика мембранных процессов. Регенерация. Принципиальные схемы проведения процессов и аппаратура.	**4**	**27**	**2**			**2**	+		+					
1.45	*Лабораторная работа* (защиты)	4	27			2	2	+		Защита					

										КП					
Форма аттестации			**19-21**												**З**
Всего часов по дисциплине				**54**	**18**	**18**	**90**			**+**					**+**

Приложение 2
к рабочей программе

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

(МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХ)

Направление подготовки: 20.03.01 Техносферная безопасность
Форма обучения: очная
Вид профессиональной деятельности: (В соответствии с ФГОС ВО)

Кафедра: Процессы и аппараты химической технологии

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

ПО ДИСЦИПЛИНЕ

«Процессы и аппараты химической технологии»

Состав: 1. Паспорт фонда оценочных средств

2. Описание оценочных средств:

- тематика курсовых проектов
- пример задания на курсовой проект
- требования к оформлению лабораторных работ
- комплект контрольных задач для семинарских занятий и самостоятельной работы
- примеры заданий для электронного тестирования
- вопросы для подготовки к электронному тестированию
- примеры вопросов к зачету

Составители:

Пирогова О.В.

Москва, 2023 год

Таблица 1

ПОКАЗАТЕЛЬ УРОВНЯ СФОРМИРОВАННОСТИ КОМПЕТЕНЦИЙ

ПРОЦЕССЫ И АППАРАТЫ ХИМИЧЕСКОЙ ТЕХНОЛОГИИ					
ФГОС ВО ***19.03.01 «Биотехнология»***					
В процессе освоения данной дисциплины студент формирует и демонстрирует следующие ***Общекультурные и профессиональные компетенции****:*					
КОМПЕТЕНЦИИ		**Перечень компонентов**	**Технология формирования компетенций**	**Форма оценочного средства****	**Степени уровней освоения компетенций**
ИН-ДЕКС	**ФОРМУЛИРОВ-КА**				
УК-1	Способность осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач	**знать:** • общие закономерности и зависимости, необходимые для расчета типовых процессов и аппаратов; • принципиальные схемы проведения основных процессов, их достоинства, области применения; • устройство типовой аппаратуры, принципы ее рационального использования, методы расчета оптимальных размеров; • способы интенсификации процессов хим. технологии; **уметь:** - рассчитывать и проектировать установки для проведения технологических процессов; **владеть:** • навыками выбора типовых аппаратов для осуществления различных процессов химической технологии.	лекции, лабораторные занятия, самостоятель-ная работа, курсовое проектирова-ние	КП РК ЛР СР УО РТ зачет	***Базовый уровень*** - знает физическую сущность, механизм и макрокинетику основных процессов, общие закономерности и зависимости, необходимые для расчета типовых процессов и аппаратов, принципиальные схемы проведения основных процессов, устройство типовой аппаратуры, умеет рассчитывать и проектировать установки для проведения технологических процессов, владеет навыками выбора типовых аппаратов для осуществления различных технологических процессов. ***Повышенный уровень*** - умеет формулировать проблемы, возникающие при выборе аппаратурного оформления технологического процесса, способен с помощью научно-технической информации решать задачи повышенной сложности, анализировать технические воз-можности оборудования, переносить знания на новые, нестандартные ситуации.

ОПК-1	Способность учитывать современные тенденции развития техники и технологий в области техносферной безопасности, измерительной и вычислительной техники, информационных технологий при решении типовых задач в области профессиональной деятельности, связанной с защитой окружающей среды и обеспечением безопасности человека	**знать:** • принципы математического описания явлений переноса, роль этого описания в анализе и расчете основных процессов; • основы физического моделирования процессов; • основные методы проведения экспериментальных исследований в химической технологии **уметь:** • планировать и проводить экспериментальные исследования **владеть:** • методами обработки экспериментальных данных.	лекции, лабораторные занятия, самостоятель-ная работа.	ЛР СР УО РТ зачет	***Базовый уровень*** - знает принципы математического описания явлений переноса, основы физического моделирования процессов, основные методы экспериментальных исследований в химической технологии, умеет планировать и проводить эксперименты, владеет методами экспериментальной обработки данных. ***Повышенный уровень*** - способен анализировать технические возможности оборудования для его последующей модернизации с целью повышения производительности, владеет техникой планирования и проведения эксперимента, методами обработки экспериментальных данных

***- Сокращения форм оценочных средств см. в приложении 2 к РП.*

Таблица 2

Перечень оценочных средств по дисциплине
«Процессы и аппараты химической технологии»

№ ОС	Наименование оценочного средства	Краткая характеристика оценочного средства	Представление оценочного средства в ФОС
1	Курсовой проект (КП)	Конечный продукт, получаемый в результате выполнения комплекса учебных и исследовательских заданий. Позволяет оценить умения обучающихся самостоятельно рассчитать основное и вспомогательное оборудование для технологического процесса.	Темы индивидуальных проектов
2	Тестирование (Т)	Средство проверки усвоения лекционного курса по изучаемым процессам, WEB-тестирование.	Примеры тестовых заданий
3	Лабораторные работы (ЛР) (УО) (РТ)	Устный опрос по предмету исследования, проверка рабочей тетради с подготовкой к лабораторной работе, проведение лабораторной работы, обработка результатов и защита лабораторных работ.	Требования к оформлению рабочей тетради при подготовке и защите лабораторных работ
4	Самостоятельная работа (СР)	Средство проверки умений применять полученные теоретические знания для решения практических задач по разделам дисциплины.	Комплект контрольных задач по различным процессам.

Приложение

Ориентировочная тематика курсовых проектов на кафедре ПАХТ

№ п/п	Раздел курса	Основные аппараты, рекомендуемые на конструктивную разработку
1.	Гидромеханические процессы	*Фильтрующее оборудование:* (фильтр-пресс камерный, ФПАКМ, барабанные вакуум-фильтры) *Центрифуги* (отстойные и фильтрующие, шнековые, сверхцентрифуги, тарельчатые сепараторы)
2.	Тепловые процессы	*Многокорпусные выпарные установки* (с естественной и принудительной циркуляцией раствора различного исполнения и типов)
3.	Массообменные (диффузионные) процессы	*Абсорбционные установки* (пленочные, тарельчатые, насадочные, роторные) *Ректификационные установки* для разделения бинарных смесей (тарельчатые с разным типом тарелок, насадок и др.). *Экстракционные установки* (распылительные, насадочные, тарельчатые, пульсационные, центробежные) *Сушильные установки* (барабанные, распылительные, спиральные, с псевдоожиженным слоем, пневматические) *Адсорберы* (с неподвижным, движущимся и псевдоожиженным зернистым материалом)

МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

Кафедра «Процессы и аппараты химической технологии»

УТВЕРЖДАЮ _____
Зав. кафедрой

З А Д А Н И Е
на курсовой проект

Студенту_____группы_____

1. **Тема работы и исходные данные.** Рассчитать 3-хкорпусную выпарную установку для выпаривания водного раствора NaOH производительностью 8000 кг/ч по исходному раствору. Начальная концентрация – 10 % масс., конечная - 40% масс. Температура раствора начальная 20°С. Раствор подается в первый корпус при температуре кипения.

2. **Задание на специальную разработку.** Давление греющего пара 6 атм.
   Тип аппарата - с выносной греющей камерой.
   Остаточное давление в конденсаторе – 0,1 атм.
   Температура охлаждающей воды – 12°С.

3. **Перечень обязательного графического материала:**

   1. Технологическая схема установки с точками контроля.
   2. Выпарной аппарат с узлами.

4. **Рекомендуемая литература и материалы**

   1. Практикум по курсу Процессов и аппаратов химической технологии: учебное пособие под ред. А.М.Кутепова, Д.А.Баранова. - 3-е изд., переработанное, Москва, 2012. - 342 с.
   2. А.Н.Плановский, П.И.Николаев. «Процессы и аппараты химической и нефтехимической технологии». М., «Химия», 1987г.
   3. К.Ф. Павлов, П.Г. Романков, А.П.Носков «Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии. М., «Химия»,1987г.
   4. Ю.И.Дытнерский «Основные процессы и аппараты химической технологии». Пособие по проектированию. М., «Альянс», 2007г.

Дата выдачи задания _____

Срок сдачи законченного проекта _____

Студент _____

Руководитель _____

Требования к оформлению рабочей тетради студента по подготовке к лабораторным работам

Подготовка к лабораторной работе должна содержать:

1. Название лабораторной работы.
2. Цель лабораторной работы.
3. Краткий конспект теоретической части с выводом расчетных формул.
4. Рисунки схем установок и основных аппаратов.
5. Порядок выполнения лабораторных работ.
6. Таблицы для занесения экспериментальных данных.

Лабораторная работы к защите должна содержать:

1. Расчеты по экспериментальным данным.
2. Таблицы с результатами расчетов по исследованному процессу.
3. Графическое представление экспериментальных данных.
4. Выводы по проведенному исследованию процесса.

Комплект контрольных задач для семинарских занятий (СЗ) и самостоятельной работы студентов (СР)

Задача:

Определить диаметр механизированного отстойника непрерывного действия производительностью 40 т/ч водной суспензии, содержащей 5% (масс.) частиц песка с плотностью 2600 кг/м^3. Наименьший диаметр частиц 8 мкм. Осаждение осуществляется в ламинарном режиме. Динамическая вязкость воды – 10^{-3} Па·с.

Задача:

Определить максимальную скорость осаждения твердых частиц диаметром 2 мкм в отстойной центрифуге. Плотность жидкости 1000 кг/м^3. Динамический коэффициент вязкости жидкости $1 \cdot 10^{-3}$ Па·с, плотность твердых частиц 2500 кг/м^3, диаметр ротора центрифуги равен 1 м, частота вращения ротора n = 3,6 с$^{-1}$. Режим осаждения – ламинарный.

Во сколько раз быстрее произойдет осаждение данных частиц в центрифуге, чем в отстойнике?

Задача:

Определить массовую производительность по суспензии, фильтрату и осадку фильтрующей центрифуги периодического действия за цикл (одну загрузку) и рассчитать центробежный фактор (фактор разделения). Размеры барабана центрифуги: диаметр 800 мм, внутренний диаметр борта 400 мм, высота 600 мм. Плотность суспензии 1300 кг/м^3. Скорость вращения 800 об/мин. Концентрация твердой фазы в суспензии 40% (масс.), влажность осадка 30% (масс.).

Задача:

Определить массовый и объемный расход осветленной жидкости и осадка при отстаивании 100 т/ч водной суспензии, содержащей 5% (масс.) частиц песка с плотностью 2600 кг/м^3. Концентрация частиц в осадке – 60% (масс.), осветленная жидкость не содержит твердых частиц.

Задача:

Определить среднюю объемную производительность рамного фильтр-пресса по фильтрату, имеющего 40 рам размером 1000х1000х40 мм каждая. Конечный перепад давления при фильтровании ΔP = 0,6 МПа. Сопротивление фильтрующей перегородки $R_ф = 3 \cdot 10^8$ Н·с/м^3. Удельное сопротивление осадка $3{,}6 \cdot 10^{11}$ Н·с/м^4. Отношение объема осадка к объему фильтрата 0,2. Время вспомогательных операций и промывке в сумме составляет 30 минут.

Задача:

Производительность барабанного вакуум-фильтра 400 кг/ч водной суспензии, содержащей 12% (масс.) твердой фазы с плотностью 2200 кг/м^3. Влажность полученного осадка 20% (масс.), а содержание твердой фазы в фильтрате 0,05% (масс.). Определить производительность фильтра по осадку и фильтрату.

Задача:

Определить диаметр циклона, в котором очищается от пыли 300 кг/ч дымовых газов. Коэффициент сопротивления циклона ξ=105, отношение $\Delta p/\rho_г$ =750 м^2/с^2. Плотность дымовых газов $\rho_г$ = 1,2 кг/м^3.

Задача:

Рассчитать число элементов батарейного циклона, предназначенного для очистки 7800 м^3/ч газа от пыли. Перепад давления на циклоне равен 400 Па. Коэффициент гидравлического сопротивления элемента ξ = 90. Диаметр элемента равен 150 мм. Плотность газа равна 0,6 кг/м^3.

Задача:

Определить интенсивность перемешивания и мощность, потребляемую при перемешивании 250 л среды мешалкой диаметром 200 м, если число оборотов мешалки n = 600 об/мин., плотность

перемешиваемой среды равна 1000 кг/м^3, а критерий мощности мешалки (модифицированный критерий Эйлера) $K_N = 10$.

Задача:

Температура жидкости в теплообменнике 83^{0}С, температура наружного воздуха 20^{0}С. Толщина стенки теплообменника 20 мм, толщина слоя тепловой изоляции 50 мм. Теплопроводность стенки 4 Вт/м·град. Коэффициент теплоотдачи от жидкости к внутренней стенке аппарата составляет 100 Вт/м·град, а от поверхности изоляции к наружному воздуху 20 Вт/м·град. Определить термическое сопротивление теплопередачи, плотность теплового потока, разность температур между внешним слоем изоляции и наружным воздухом.

Задача:

Определить расход греющего пара (давление 0,4 МПа) и поверхность теплообмена подогревателя, в котором нагревается 1200 кг/ч смеси этанола и воды от 10^{0}С до 80^{0}С, теплоемкость смеси 3,4 кДж/кг·град. Коэффициент теплопередачи 700 Вт/м·град.

Задача:

Водяной пар в количестве 8000 кг/ч при вакууме 0,07 МПа конденсируется водой в конденсаторе смешения с барометрической трубой. Начальная температура подаваемой воды 12 ^{0}С. Температура смеси конденсата и воды на 8^{0}С ниже температуры пара. Определить расход охлаждающей воды и высоту гидравлического затвора в барометрической трубе.

Задача:

В однокорпусной выпарной установке упаривается 10000 кг/ч водного раствора КОН от начальной концентрации 4% (масс.) до конечной – 36% (масс.) при давлении 0,02 МПа. Найти количество упариваемой воды и полезную разность температур, если давление греющего пара 0,3 МПа. Величина температурных потерь за счет гидростатического эффекта 6^{0}С, физико-химической депрессии 20^{0}С.

Задача:

В выпарном аппарате под давлением 0,02 МПа упаривается 7000 кг/ч водного раствора NaOH от начальной концентрации $X_н$ = 6% (масс.) до $X_к$= 30% (масс.). Давление греющего пара 0,4 МПа. Определить поверхность теплообмена, если сумма температурных потерь 18^{0}С, а коэффициент теплопередачи от пара к раствору 900 Вт/м^2·град. Тепловые потери не учитывать, При расчете тепловой нагрузки считать, сто тепло греющего пара расходуется только на образование вторичного пара.

Задача:

В трехкорпусной вакуум-выпарной установке упаривается 900 кг/ч водного раствора КОН от концентрации 4% (масс.) до 36% (масс.). Остаточное давление в конденсаторе 0,02 МПа, давление греющего пара 0,8 МПа. Определить количество выпаренной воды и полезную разность температур, если сумма всех температурных потерь равна: за счет гидростатического эффекта в корпусах – 12,5^{0}С, за счет гидродинамической депрессии -3^{0}С, физико-химической депрессии -23^{0}С.

Задача:

Определить расход серной кислоты для осушки воздуха при следующих данных. Производительность скруббера 500 м^3/ч (считая на сухой воздух при нормальных условиях). Начальное содержание влаги в воздухе 0,016 кг/кг сухого воздуха, конечное содержание влаги в воздухе 0,006 кг/кг сухого воздуха. Начальное содержание воды в кислоте 0, 6 кг/кг моногидрата, конечное содержание – 1,4 кг/кг моногидрата. Осушка воздуха производится при атмосферном давлении. Плотность воздуха – 1,29 кг/м^3.

Задача:

Через противоточный абсорбер пропускают 3000 кг/час воздуха, содержащего 0,06 кг ацетона/кг инертной части. Концентрация ацетона в воздухе на выходе из абсорбера – 0,01 кг ацетона на кг инертной части. Извлечение ацетона производится 9000 кг/час чистой воды. Найти

движущую силу процесса абсорбции, если уравнение линии равновесия $y_р = 2 \cdot x$. Рабочую и равновесную линии изобразить на диаграмме $y - x$.

Задача:

Рассчитать число единиц переноса в процессе прямоточной абсорбции ацетона водой при условии: $x_н = 0$; $y_н = 0,06$ кгмольРВ/кгмоль ин.нос. Отношение потоков L/G = 2, уравнение линии равновесия $y_р = 1,68 \cdot x$. Конечная концентрация ацетона в воде $x_к = 0,0115$ кгмольРВ/кгмоль ин.нос.

Задача:

Рассчитать среднюю движущую силу $\Delta y_{ср}$ для противоточного процесса массопередачи, в котором линия равновесия выражается уравнением $y_р = 1,35 \cdot x$; $x_н = 0$; $x_к = 0,02$ кгмоль/кгмоль; L/G = 2,35; $y_к = 0,03$ кгмоль/кгмоль. Рабочую и равновесную линии изобразить на диаграмме $y - x$.

Задача:

Рассчитать коэффициенты массопередачи: K_x[кгмоль/(м^2/час·кгмоль/кгмоль)] и K_y[кгмоль/(м^2/час·кгмоль/кгмоль] для процесса, в котором коэффициенты массоотдачи имеют следующие значения: $\beta_y = 0,28$ [кгмоль/(м^2/час·кгмоль/кгмоль] и $\beta_x = 0,28$ [кгмоль/(м^2/час·кгмоль/кгмоль], а уравнение линии равновесия имеет вид $y_р = 1,02 \cdot x$.

Задача:

В ректификационной колонне непрерывного действия разделяется смесь этанол-вода. Исходная смесь содержит 10%(масс.) этанола, дистиллят - 90%(масс.) этанола, кубовая жидкость - 2%(масс.) этанола. Производительность установки1000 кг/час дистиллята. Определить количества кубовой жидкости и исходной смеси, а также количество паров, поступающих в дефлегматор при флегмовом числе равном 0,2.

Задача:

Определить количество дистиллята и кубового остатка, подученных при разделении 2000 кг/час смеси этанол-вода. Концентрация этанола в исходной смеси - 25%(масс.), в дистилляте - 92%(масс.) и кубовом остатке – 1,5%(масс.).

Задача:

Определить какое количество (в кг/ч) исходной смеси подается в ректификационную колонну диаметром 800 мм, если из колонны выводится 3 т/час кубовой жидкости. Скорость паров в свободном сечении в верхней части колонны равна 1,0 м/с. Флегмовое число равно 2,0. Плотность пара на выходе из колонны 2,77 кг/м^3.

Задача:

Производительность ректификационной колонны непрерывного действия – 1000 кг/час исходной смеси, состоящей из бензола и толуола. Расход кубовой жидкости (толуола) – 600 кг/час. Флегмовое число R = 2. Определить какое количество пара поступает в дефлегматор.

Задача:

В ректификационную колонну непрерывного действия подается на разделение смесь бензола и толуола, имеющая в своем составе 40%(масс.) бензола. Дистиллят содержит 97%(масс.) легколетучего. Мольная доля бензола 78, толуола 92. Определить минимальное флегмовое число, если концентрация легколетучего в паре, равновесном с жидкой исходной смесью, равна 59%(мол.).

Задача:

Производительность ректификационной колонны равна 1000 кг/час дистиллята. Известны составы: исходной смеси x_F =30%(мол.), дистиллята – x_P = 90%(мол.) и пара, равновесного с исходной смесью y_{Fp} = 60%(мол.). Определить количество пара, поступающего из колонны в дефлегматор, если рабочее флегмовое число $R = 1.5\ R_{min}$.

Задача:

В распылительном экстракторе производится извлечение фенола из его водного раствора бензолом. Количество обрабатываемой фенольной воды L = 20 т/ч. Концентрация фенола в воде: $x_н$ = 1,0%(масс.); $x_к$ = 0,1%(масс.). Концентрация фенола в бензоле: $y_н$ = 0; $y_к$ = 4,75%(масс.). Найти часовой расход чистого бензола и его удельный расход на 1 кг обрабатываемой фенольной воды.

Задача:

Для экстракции медпрепарата из его водного раствора хлороформом используется чистый растворитель ($y_н$ = 0), который насыщается до содержания в нем медпрепарата $y_н$ = 0,00115кг/кг экстрагента. Начальная концентрация медпрепарата в водном растворе составляет $x_н$ = 0,00175кг/кг воды, а конечная $x_н$ = 0,00005кг/кг воды. Уравнение равновесия $y_р = 4{,}66 \cdot x$. Найти среднюю движущую силу противоточного процесса экстракции. Рабочую и равновесную линии процесса изобразить на диаграмме $y - x$.

Задача:

Определить расход воздуха для высушивания 100 кг/ч влажного материала от начальной влажности 10%(масс.) до конечной - 0,5%(масс.). Воздух перед калорифером имеет температуру $t_0 = 20^0$C и относительную влажность, равную φ_0 = 50%, температура его после калорифера равна 60^0C. Относительная влажность воздуха после сушилки φ_2 = 40%. Сушилка изоэнтальпическая (теоретическая).

Задача:

Воздух в изоэнтальпической сушилке поступает в калорифер при температуре $t_н = 25^0$C и относительной влажности φ = 65%, нагревается до температуры $t_к = 130^0$C и уходит из сушилки с относительной влажностью равной φ = 45%. Требуется понизить максимальную температуру сушки до 90^0C, применив рециркуляцию. Определить кратность циркуляции воздуха.

Задача:

Наружный воздух при температуре $t_0 = 10^0$C и относительной влажности φ_0 = 50%, пройдя калорифер и сушильную камеру, выходит из нее при температуре $t_2 = 40^0$C и относительной влажности равной φ_2 = 70%. Определить:

а) температуру воздуха после калорифера;

б) расход воздуха при удалении 100 кг влаги;

в) расход тепла в калорифере, если величина Δ = - 400 кДж/кг удаленной влаги.

ПРИМЕРЫ ЗАДАНИЙ ДЛЯ ТЕСТИРОВАНИЯ

РК№1

10101

Выберите из приведенного перечня процессов те, которые являются технологическими:

1. Процесс производства азотной кислоты.
2. Процесс измерения температуры расплава в производстве чугуна.
3. Процесс поглощения атмосферной влаги серной кислоты в лабораторном приборе-эксикаторе.
4. Процесс осушки природного газа перед транспортировкой по трубопроводу.

10102

Что входит в предмет курса "Процессы и аппараты химической технологии"?

1. Технология производства химических материалов.
2. Процессы и аппараты производства конкретных видов химической продукции.
3. Процессы и аппараты однотипных стадий производств химических продуктов.
4. Все формулировки в п.п. 1.3.

10103

Ниже приведен список величин, характеризующих аппарат и его работу:

1. G - производительность аппарата;
2. H – высота аппарата;
3. D – диаметр аппарата;
4. M – количество переданной массы;
5. Q – количество переданной теплоты;
6. C – скорость процесса;
7. τ – время процесса;
8. Δ – движущая сила процесса;
9. R – сопротивление процессу, протекающему в аппарате.

Какие величины из данного списка необходимы для формулировки основного кинетического закона?

10104

Что лежит в основе классификации основных процессов химической технологии?

1. Общность аппаратурного оформления.
2. Единое математическое описание процессов.
3. Свойства перерабатываемых материалов.
4. Единство кинетических закономерностей.
5. Совокупность перечисленных признаков.

10105

Какие величины необходимы для записи основного кинетического закона для гидромеханических процессов (в интегральной форме)?

1. M – масса вещества, перешедшая из одной фазы в другую;
2. f – площадь поперечного сечения аппарата;
3. F – площадь поверхности фазового контакта;
4. τ – время;
5. Δc – разность концентраций вещества в различных фазах;
6. R – сопротивление процессу;
7. Δp – перепад давления;
8. V – объем продуктов, проходящих через аппарат;
9. K – коэффициент массопередачи.

10106

С какой целью составляется уравнение материального баланса?

1. Для определения энергетических затрат на процесс.
2. Для определения условий равновесия в ходе процесса.
3. Для определения величины материальных потоков.
4. Для определения кинетических характеристик процесса.

10107

С какой целью составляется уравнение теплового баланса?

1. Для расчета величины тепловых потерь установки.
2. Для определения средней движущей силы процесса теплопереноса.
3. Для определения энергетических затрат на процесс.
4. Для расчета коэффициентов скорости процесса.

10108

Какие из перечисленных ниже геометрических характеристик являются основной расчетной характеристикой гидромеханического и массообменного аппаратов, входящей в основное кинетическое уравнение соответствующего процесса?

1. Высота аппарата.
2. Диаметр аппарата.
3. Площадь сечения.
4. Длина аппарата.
5. Объем аппарата.
6. Площадь поверхности межфазного контакта.
7. Ширина аппарата.

10109

Знанием каких величин необходимо располагать при определении основной геометрической характеристики (основного размера) гидромеханического аппарата?

1. Расходом перерабатываемого материала.
2. Коэффициентом скорости процесса.
3. Данными о равновесии.
4. Площадью поверхности межфазного контакта.
5. Движущей силой процесса.
6. Временем процесса.
7. Объемом аппарата.

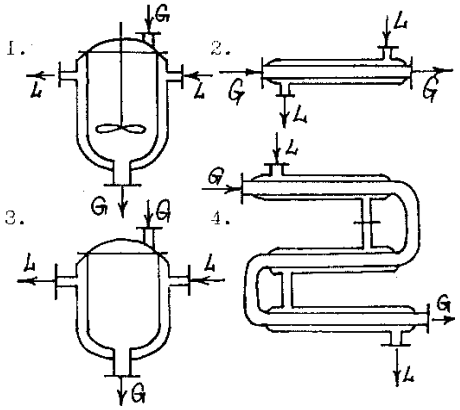
10110

Определите наиболее правильную формулировку непрерывного процесса.

1. Процесс, в котором отдельные стадии осуществляются в разных местах.
2. Процесс, в котором отдельные стадии осуществляются одновременно в разных местах.
3. Процесс, в котором отдельные стадии осуществляются одновременно.
4. Процесс, в котором отдельные стадии процесса осуществляются во всем объеме аппарата одновременно.

10111

В каком из приведенных ниже теплообменных аппаратов величина движущей силы минимальна при одинаковых начальных и конечных параметрах теплоносителей?



10112

В каком аппарате при одинаковых начальных и одинаковых конечных параметрах движущая сила является максимальной?

1. В аппарате с противоточным направлением движения фаз.
2. В аппарате полного перемешивания.
3. В аппарате идеального вытеснения.
4. В аппарате с прямоточным движением фаз.
5. В аппарате непрерывного действия.

10113

Укажите, какие из перечисленных пунктов входят в условия однозначности?

1. Условия равновесия.
2. Геометрические и начальные условия.
3. Дифференциальные уравнения процесса и физические свойства среды.
4. Граничные условия.
5. Предельные значения потоков субстанции через поверхность контакта фаз.

10114

В каких из перечисленных случаев правильно получен критерий подобия при анализе методами теории подобия следующего дифференциального уравнения:

$$\gamma \frac{d^2 V_x}{dt^2} = C \frac{W_x}{l}.$$

1. $\frac{\gamma V^2 l}{t^2 C W}$. 2. $\frac{\gamma V_x l}{t^2 C W_x}$. 3. $\frac{\gamma V l}{t^2 C W}$. 4. $\frac{d^2 V_x \gamma l}{dt^2 C W_x}$. 5. $\frac{W t^2 C}{V l \gamma}$.

10115

В чем состоит практическое значение теории подобия?

1. В том, чтобы исключить из описания сложные системы дифференциальных уравнений.
2. В том, чтобы поставить эксперимент с минимальным количеством измеряемых в опыте величин.
3. В том, чтобы правильно обработать результаты эксперимента.
4. В том, чтобы распространить данные эксперимента на группу подобных процессов.
5. В том, чтобы установить области, на которые можно распространить данные эксперимента.
6. В том, чтобы повысить точность проведения эксперимента.

РК№2

20501

Укажите, баланс каких из приведенных ниже сил составляет суть уравнений движения

вязкой несжимаемой жидкости (уравнение Навье-Стокса).

1. Сила тяжести;
2. Сила трения;
3. Сила Архимеда;
4. Сила вязкого трения;
5. Сила инерции;
6. Сила Кориолиса;
7. Сила давления;
8. Центробежная сила.

20502

Укажите, какие члены уравнения движения несжимаемой вязкой жидкости (Навье-Стокса) характеризуют нестационарность и влияние силы тяжести.

1. $\frac{\partial W_x}{\partial \tau}$; 2. $W_x \frac{\partial W_x}{\partial x} + ...$; 3. ρg;

4. $\frac{\partial P}{\partial x}$; 5. $\mu\left(\frac{\partial^2 W}{\partial x^2} + ...\right)$.

20503

В отстойник непрерывного действия поступает суспензия в количестве 700 кг/ч, содержащая 5% твердой фазы. Получаемый осадок содержит 35,5% твердой фазы, а жидкость – 0,5%. **Определить производительность отстойника по осадку и осветленной жидкости (в кг/ч).**

20504

Определить массовую производительность по суспензии, фильтрату и осадку фильтрующей центрифуги периодического действия за цикл и **рассчитать центробежный фактор**. Размеры барабана центрифуги: диаметр – 600 мм, внутренний диаметр – 400 мм, высота – 600 мм. Плотность суспензии 1200 кг/м^3. Скорость вращения 600 об/мин. Концентрация твердой фазы в суспензии – 40% мас., влажность осадка – 30%.

20505

Определить скорость промывки осадка (м^3/м^2*мин) на фильтровальной перегородке, если конечная скорость фильтрования $C_{ф.\,кон.} = 7*10^{-2}$ м^3/м^2*мин, вязкость фильтрата $\mu_ф = 1*10^{-3}$ Па*с, вязкость промывной жидкости $\mu_{пр} = 0{,}7*10^{-3}$ Па*с. Режим ΔP = Const.

20506

Определить толщину слоя осадка, образовавшегося при фильтровании на рамном фильтр-прессе, производительность которого по фильтрату 16 м^3. Продолжительность фильтрования 20 мин., поверхность фильтрования 40 м^2. Конечное давление фильтрования $5*10^5$ Па, удельное сопротивление осадка $8*10^8$ Н*мин/м^4, сопротивление фильтрующей ткани $6*10^5$ Н*мин/м^3.

20507

Найдите, во сколько раз скорость центробежного осаждения будет выше скорости гравитационного осаждения, если одну и ту же суспензию разделять в отстойной центрифуге, диаметр барабана которой 1 м, а число оборотов 300 об/мин.

20508

Определить максимальную скорость осаждения твердых частиц диаметром 5 мкм в

отстойной центрифуге. Плотность жидкости 1000 кг/м^3, $\mu = 1*10^{-3}$ Па*с, $\rho_{тв} = 2500$ кг/м^3. Диаметр ротора центрифуги 0,5 м, частота вращения 3,5 с$^{-1}$. Режим осаждения – ламинарный.

20509

Рассчитать производительность $V_п$ м^3/ч гравитационного прямоугольного отстойника (полочного) полунепрерывного действия, работающего в ламинарном режиме осаждения, при следующих исходных данных: число полок отстойника 25 шт., длина полок 4 м, ширина полок 1 м, твердая фаза монодисперсна по составу и состоит из сферических частиц диаметром 10 мкм. Дисперсионная среда – вода, $\mu = 10^{-3}$ Па*с, $\rho_{тв} = 2800$ кг/м^3.

20510

Во сколько раз увеличится потребляемая мешалкой мощность, если скорость ее вращения увеличится в 2 раза?

20511

Определить значение интенсивности перемешивания при работе мешалки, если номинальная мощность двигателя 5 кВт, мощность, потребляемая из сети, 4 кВт, мощность, вводимая в перемешиваемую среду 3 кВт, объем перемешиваемой жидкости 3м^3.

20512

Мощность, затрачиваемая на перемешивание 157 кВт, число оборотов мешалки 2,5 с$^{-1}$. **Определить крутящий момент на валу мешалки.**

20513

В газовом циклоне $D_y = 800$ мм, общее сопротивление которого составляет $\Delta P = 10^4$кг/м*с^2, частицы пыли перемещаются с условной окружной скоростью $V_{усл} = 20$ м/с. **Определить $К_ц$ и коэффициент сопротивления циклона ξ.** (g = 10 м/с^2; $\rho_г = 1$ кг/м^3).

20514

Определить диаметр циклона, в котором очищается от пыли 210 кг/ч дымовых газов.

Коэффициент сопротивления циклона $\xi = 105$, отношение $\frac{\Delta P}{\rho_г} = 750$ м^2/с^2, $\rho_г = 1{,}2$ кг/м^3.

20515

Рассчитать число элементов батарейного циклона, предназначенного для очистки 7600м^3/ч газа от пыли. Перепад давления на циклоне равен 400 Па, $\xi = 80$. Диаметр элемента 160 мм, $\rho_г = 0{,}6$ кг/м^3.

ВОПРОСЫ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ К ТЕСТИРОВАНИЮ И ЭКЗАМЕНУ

Общие вопросы

1. Что лежит в основе классификации химико-технологических процессов?
2. Какова формулировка основного кинетического закона?
3. В чём заключается сущность периодических и непрерывных процессов?
4. В чём состоят основные особенности моделей полного вытеснения и полного смешения?
5. На основании каких законов записываются уравнения материального и энергетического балансов?
6. Что входит в условия однозначности?

7. Какие процессы называются подобными?
8. Какие критерии подобия являются определяемыми?
9. Какую роль играет теория подобия в исследовании технологических процессов?

Вопросы по гидромеханическим процессам

10. Какие процессы включает в себя гидромеханические процессы химической технологии?
11. Что является движущей силой гидромеханических процессов?
12. Какие критерии входят в критериальное уравнение, эквивалентное уравнению Навье-Стокса?
13. Какие критерии гидромеханического подобия существуют?
14. В чём физический смысл гидромеханических критериев подобия?
15. Какие неоднородные системы существуют?
16. Какие силы учитываются в уравнении гравитационного осаждения одиночной частицы?
17. Какие факторы влияют на скорость гравитационного осаждения одиночной частицы?
18. Какими критериями подобия описывается процесс гравитационного осаждения?
19. В поле каких физических сил можно провести гидромеханический процесс осаждения?
20. В каких технологических режимах можно осуществлять фильтрование? Приведите примеры фильтров, работающих в этих режимах.
21. Что обеспечивает режим постоянной скорости фильтрования в фильтр-прессах?
22. Каким образом создаётся поле центробежных сил в циклоне и центрифугах?
23. Каков физический смысл центробежного фактора разделения?
24. Как и во сколько раз изменится величина центробежного фактора разделения при увеличении частоты вращения в два раза?
25. В каком случае применяется мультициклон?
26. Каковы основные преимущества и недостатки псевдоожиженного слоя?
27. Какова физическая причина перехода неподвижного слоя твердых зернистых частиц в псевдоожиженное состояние?
28. Что представляет собой кривая псевдоожижения?
29. Чем объясняется постоянство сопротивления слоя при режиме псевдоожижения?
30. Каким образом определяется скорость начала псевдоожижения?
31. Для разделения каких дисперсных систем применяют процесс электроосаждения?
32. Какие виды ионизации существуют?
33. Почему возникает разряд у коронирующего электрода?
34. Почему коронирующие электроды в электрофильтрах делают отрицательными?
35. Для каких целей в технологических процессах применяют перемешивание в жидких средах?
36. Какие способы перемешивание в жидких средах существуют?
37. Что такое интенсивность и эффективность перемешивания?
38. Какие основные типы мешалок применяются при механическом перемешивании?
39. От какого геометрического размера и в какой степени зависит мощность мешалки?

Вопросы по тепловым процессам

40. Какие существуют способы передачи тепла?
41. В чём состоит различие между переносом теплоты конвекцией и теплопроводностью?
42. Какие критерии подобия используются для описания процесса конвективного переноса тепла?

43. В чём заключается процесс теплопередачи?
44. Какова формулировка закона теплопроводности Фурье?
45. От каких факторов зависит коэффициент теплопроводности?
46. Какова формулировка закона теплоотдачи Ньютона?
47. От каких факторов зависит коэффициент теплоотдачи?
48. Каким образом рассчитывается поверхность теплообмена теплообменника?
49. Почему для нагрева часто используется насыщенный водяной пар?
50. В аппаратах какого типа осуществляется нагревание острым паром?
51. В аппаратах какого типа осуществляется нагревание глухим паром?
52. Что понимается под «жесткими» условиями нагрева?
53. Почему нагревание охлаждающей воды в теплообменнике допускается не более 60 ^{0} С?
54. Какие способы конденсации применяют в технике?
55. Какой способ поверхностной конденсации – капельная или пленочная – наиболее эффективен и почему?
56. Из каких слагаемых складывается высота барометрической трубы?
57. Что такое процесс выпаривания?
58. С какой целью в греющих камерах выпарных аппаратов создается циркуляция раствора?
59. С какой целью создаются многокорпусные выпарные аппараты?
60. Каким образом определяется общая разность температур в процессах выпаривания?
61. Как определяется полезная разность температур в процессах выпаривания?
62. Какие температурные потери наблюдаются при выпаривании?
63. Каким образом определяются предельное и рациональное число корпусов в установках многократного выпаривания?
64. Какова цель применения конденсатоотводчиков?

Вопросы по массообменным процессам

65. Что является движущей силой массообменных процессов?
66. С какой целью модифицируется основное уравнение массопередачи?
67. Какие законы описывают равновесие в системах жидкость-газ и жидкость-пар?
68. Как формулируется первый закон Фика?
69. От чего зависит коэффициент молекулярной диффузии?
70. Как формулируется закон массоотдачи Щукарева?
71. От чего зависит коэффициент массоотдачи?
72. Чем отличается массоотдача от массопередачи?
73. Какие критерии подобия описывают процессы массообмена?
74. Каким образом определяется движущая сила массопередачи?
75. В чем отличие хемосорбции от физической абсорбции?
76. Какие условия интенсифицируют процесс абсорбции?
77. Чем характеризуется точка азеотропа?
78. Что такое флегмовое число?
79. Как влияет флегмовое число на диаметр, высоту и рабочий объём ректификационной колонны?
80. Какова движущая сила процесса ректификации при минимальном флегмовом числе?
81. Каково назначение насадки в колонной аппаратуре?
82. Какие гидродинамические режимы реализуются в насадочных массообменных аппаратах в зависимости от скорости газа?

83. Из каких слагаемых складывается сопротивление тарельчатой колонны?
84. От чего зависит коэффициент массопроводности?
85. Какие способы жидкостной экстракции существуют?
86. Какие существуют виды связи влаги в материале?
87. В чём состоят различия между конвективной и кондуктивной сушкой?
88. Перечислите основные параметры влажного воздуха как сушильного агента?
89. В чем отличие I и II периода сушки?
90. В каких случаях целесообразно применение сушилок с частичной рециркуляцией сушильного агента?
91. В чем отличие динамической от статической активности адсорбента?
92. Какие параметры процесса адсорбции связывает между собой уравнение Шилова?
93. Какова область применения ионообменных процессов?