Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Максимов Алексей Борисович
Должность: директор департамента по образовательной политике
Дата подписания: 22.09.2023 10:30:44
Уникальный программный ключ:
8db180d1a3f02ac9e60521a5672742735c18b1d6

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

УТВЕРЖДАЮ
декан факультета
химической технологии и биотехнологии
_____ / Белуков С.В. /
«_30_» _____августа_____ 2021 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Процессы и аппараты отрасли»

Направление подготовки
15.03.02 «Технологические машины и оборудование»

Профиль подготовки
«Разработка и маркетинг технологического оборудования»

Квалификация (степень) выпускника
Бакалавр

Форма обучения
Очная, очно-заочная

Москва 2021 г.

Код компетенции	В результате освоения образовательной программы обучающийся должен обладать	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине
ОПК-5	Способностью решать стандартные задачи профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий и с учетом основных требований информационной безопасности.	**знать:** • физическую сущность, механизм и макрокинетику основных процессов; • принципы математического описания явлений переноса, роль этого описания в анализе и расчете основных процессов; • основы физического моделирования процессов; • общие закономерности и зависимости, необходимые для расчета типовых процессов и аппаратов; • принципиальные схемы проведения основных процессов, их достоинства, области применения; **уметь:** • осуществлять выбор типового оборудования для проведения различных процессов при заданных условиях; **владеть:** • навыками выбора аппаратов для осуществления процессов химической и нефтехимической технологии
ПК-6	способностью разрабатывать рабочую проектную и техническую документацию, оформлять законченные проектно-конструкторские работы с проверкой соответствия разрабатываемых проектов и технической документации	**знать:** основные этапы и принципы технологического проекти-рования химических и нефте-химических производств; **уметь:** проводить анализа и оценки воздействия проектируемых предприятий на окружающую среду; **владеть:** методами расчета и конструирования основного и вспомогательного оборудования. .

ПК-10	Способность обеспечивать технологичность изделий и оптимальность процессов их изготовления, умением контролировать соблюдение технологической дисциплины при изготовлении изделий.	**знать:** • устройство типовой аппаратуры, принципы ее рационального использования, методы определения ее оптимальных размеров; • способы интенсификации процессов химической и нефтехимической технологии; **уметь:** • рассчитывать и проектировать установки для проведения технологических процессов химических и нефтехимических производств; **владеть:** • методами обработки экспериментальных данных и техникой планирования эксперимента.

1. Цели освоения дисциплины

К **основным целям** освоения дисциплины «Процессы и аппараты отрасли» следует отнести:

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

.– познание понятий и применения процессов и аппаратов химической технологии, а также методов их расчёта и интенсификации.

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

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

– освоение студентами навыков решения прикладных задач;

– изучение работы аппаратов для проведения гидромеханических, тепловых и массообменных процессов.

2. Место дисциплины в структуре ООП бакалавриата

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

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

4. Структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины в **очной форме** составляет **5** зачетных единиц, т.е. **180** академических часов, которые включают аудиторную работу (лекции, лабораторные работы, семинары и практические занятия), а также самостоятельную работу студентов. Форма контроля – экзамен.

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

Общая трудоемкость дисциплины в **очно-заочной форме** составляет **5** зачетных единиц, т.е. **180** академических часов, которые включают аудиторную работу (лекции, лабораторные работы, семинары и практические занятия), а также самостоятельную работу студентов. Форма контроля – экзамен.

Структура и содержание дисциплины «Процессы и аппараты отрасли» по видам и срокам работы отражены в Приложении 1.1.

Содержание разделов дисциплины

4 семестр

Введение.

Историческая справка, предмет, задачи и роль курса. Способы классификации основных процессов химической технологии по организации процессов и по зависимости их параметров от времени.

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

Схема технологического расчета аппаратов. Понятие о модели и моделировании процессов. Модели структуры потоков в аппаратах непрерывного действия. Принципы и примеры построения математической модели процесса. Уравнения гидромеханики вязкой несжимаемой жидкости.

Подобие процессов. Основные теоремы подобия. Числа гидромеханического подобия. Практическое значение теории подобия. Основы теории анализа размерности.

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 их 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 теплоотдачи. 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.

5 семестр

Основные массообменные (диффузионные) процессы и аппараты химической технологии

Массообменные 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-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. Другие методы разделения жидких однородных смесей, основанные на различии составов жидкости и пара при равновесии.

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 диаграмме у-х. 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.

Кристаллизация.

Общие сведения. Область применения кристаллизационных процессов. Равновесие в системах твердое (кристалл) – жидкость. Основные способы кристаллизации. Материальный и тепловой балансы процесса кристаллизации. Кинетика кристаллизации.

5. Образовательные технологии

Методика преподавания дисциплины «Процессы и аппараты отрасли» 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 и практические занятия, в том числе с постановкой проблемы и обсуждением путей ее решения;

– защита и индивидуальное обсуждение выполняемых этапов лабораторных работ;

– организация и проведение текущего контроля знаний студентов в форме компьютерного тестирования.

– выполнение и защита курсовой работы.

– 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 отрасли» и, в целом по дисциплине, составляет 30% аудиторных занятий. Занятия лекционного типа составляют 43% от объема 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 формы самостоятельной работы студентов:

- подготовка к выполнению и защите лабораторных работ;
- выполнение курсовой работы по индивидуальному заданию для каждого обучающегося;

Курсовая работа представляет собой работу, посвященную проектированию ряда технологических установок по изучаемым процессам, предусматривающую реализацию теоретических и практических навыков обучающихся по направлению обучения.

Оценочные средства текущего контроля успеваемости и промежуточных аттестаций включают контрольные вопросы и задания в форме компьютерного тестирования для контроля освоения обучающимися разделов дисциплины, защиты лабораторных работ, защиты курсовой работы, экзамен.

Образцы заданий для курсовой работы, контрольных вопросов и заданий для проведения электронного тестирования, экзаменационных билетов 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
ОПК-5	Способностью решать стандартные задачи профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий и с учетом основных требований информационной безопасности.
ПК-6	Способностью разрабатывать рабочую проектную и техническую документацию, оформлять законченные проектно-конструкторские работы с проверкой соответствия разрабатываемых проектов и технической документации
ПК-10	Способность обеспечивать технологичность изделий и оптимальность процессов их изготовления, умением контролировать соблюдение технологической дисциплины при изготовлении изделий.

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).

ОПК-5- Способностью решать стандартные задачи профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий и с учетом основных требований информационной безопасности.				
Показатель	**Критерии оценивания**			
	2	**3**	**4**	**5**
знать: •физическую сущность, механизм и макрокинетику основных процессов; •принципы математического описания явлений переноса, роль этого описания в анализе и расчете основных процессов; •основы физического моделирования процессов; •общие закономерности и зависимости, необходимые для расчета типовых процессов и аппаратов; •принципиальные схемы проведения основных процессов, их достоинства, области применения	Обучающийся демонстрирует полное отсутствие или недостаточное соответствие следующих знаний: физической сущности, механизма и макрокинетики основных процессов, принципов математического описания явлений переноса, основ физического моделирования процессов, общих закономерностей и зависимостей, необходимых для расчета, принципиальных схем проведения основных процессов химической и нефтехимической технологии.	Обучающийся демонстрирует неполное соответствие следующих знаний: физической сущности, механизма и макрокинетики основных процессов, принципов математического описания явлений переноса, основ физического моделирования процессов, общих закономерностей и зависимостей, необходимых для расчета, принципиальных схем проведения основных процессов химической и нефтехимической технологии. Допускаются значительные ошибки, проявляется недостаточность знаний.	Обучающийся демонстрирует частичное соответствие следующих знаний: физической сущности, механизма и макрокинетики основных процессов, принципов математического описания явлений переноса, основ физического моделирования процессов, общих закономерностей и зависимостей, необходимых для расчета, принципиальных схем проведения основных процессов химической и нефтехимической технологии. Допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях.	Обучающийся демонстрирует полное соответствие следующих знаний: физической сущности, механизма и макрокинетики основных процессов, принципов математического описания явлений переноса, основ физического моделирования процессов, общих закономерностей и зависимостей, необходимых для расчета, принципиальных схем проведения основных процессов химической и нефтехимической технологии. Свободно оперирует приобретенными знаниями.

уметь: ● осуществлять выбор типового оборудования для проведения различных процессов при заданных условиях	Обучающийся не умеет или в недостаточной степени умеет осуществлять выбор типового оборудования для проведения различных технологических процессов химических и нефтехимических производств при заданных условиях.	Обучающийся демонстрирует неполное соответствие следующих умений: осуществлять выбор типового оборудования для проведения различных технологических процессов химических и нефтехимических производств при заданных условиях. Допускаются значительные ошибки, проявляется недостаточность умений, по ряду показателей.	Обучающийся демонстрирует частичное соответствие следующих умений: осуществлять выбор типового оборудования для проведения различных технологических процессов химических и нефтехимических производств при заданных условиях. Умения освоены, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе умений на новые, нестандартные ситуации.	Обучающийся демонстрирует полное соответствие следующих умений: осуществлять выбор типового оборудования для проведения различных технологических процессов химических и нефтехимических производств при заданных условиях. Свободно оперирует приобретеными умениями, применяет их в ситуациях повышенной сложности.
владеть: ●навыками выбора аппаратов для осуществления процессов химической и нефтехимической технологии	Обучающийся не владеет или в недостаточной степени владеет навыками выбора аппаратов для осуществления процессов химической и нефтехимической технологии.	Обучающийся владеет навыками выбора аппаратов для осуществления процессов химической и нефтехимической технологии в неполном объеме, допускаются значительные ошибки, проявляется недостаточность владения навыками по ряду показателей.	Обучающийся частично владеет навыками выбора аппаратов для осуществления процессов химической и нефтехимиической технологии. 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 процессов химической и нефтехимической технологии, свободно применяет полученные навыки в ситуациях повышенной сложности.

ПК-6 - способность разрабатывать рабочую проектную и техническую документацию, оформлять законченныепроектноконструкторские работы с проверкой соответствия разрабатываемых проектов и технической документам				
Показатель	**Критерии оценивания**			
	2	**3**	**4**	**5**
знать: - основные этапы и принципы технологи-ческогопроекти рова-ния химическихи нефте-химических производств;	Обучающийся демонстрирует полное отсутствие или недостаточное соответствие следующих знаний: - основных этапов и принципов технологического проектирования химическихи нефтехимических производств;	Обучающийся демонстрирует неполное соответствие следующих знаний: - основных этапов и принципов технологического проектирования химическихи нефте-химических производств; Допускаются значительные ошибки, проявляется недостаточность знаний, по ряду показателей, обучающийся испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями при их переносе на новые ситуации.	Обучающийся демонстрирует частичное соответствие следующих знаний: - основных этапов и принципов технологического проектирования химическихи нефтехимических производств; недопускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях.	Обучающийся демонстрирует полное соответствие следующих знаний*:* - основных этапов и принципов технологического проектирования химическихи нефтехимических производств; Свободно оперирует приобретенными знаниями.
уметь: - проводитьанали зиоценку воз-действияпроект и-руемыхпредпри я-тийна окру-жающую среду;	Обучающийся не умеет или в недостаточной степени умеет: - проводитьанализио ценку воздействия проектируемых предприятий на	Обучающийся демонстрирует неполное соответствие следующих умений:- проводить анализ и оценку воздействия проектируемых	Обучающийся демонстрирует частичное соответ-ствие следующих умений*:* проводитьанализи оценку воздей-ствияпроектируе-мых предприятий	Обучающийся демонстрирует полноесоответ-ствие следующих умений: проводить анализ и оценку воздей-ствияпроектируе-мых предприятий на окружающую

	окружающую среду;	предприятий на окружающую среду Допускаются значительные ошибки, проявляется недостаточность умений, по ряду показателей, обучающийся испытывает значительные затруднения при оперировании умениями при их переносе на новые ситуации.	на окружающую среду; Умения освоены, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе умений на новые, нестандартные ситуации.	среду; Свободно оперирует приобретенными умениями, применяет их в ситуациях повышенной сложности.
владеть: .-методами расчета и конструирования основного и вспомогательного оборудования. .	Обучающийся не владеет или в недостаточной степени методами расчета и конструирования основного и вспомогательного оборудования.	Обучающийся владеет в неполном объеме методами расчета и конструирования основного и вспомогательного оборудования. Допускаются значительные ошибки, проявляется недостаточность владения навыками по ряду показателей; обучающийся испытывает значительные затруднения при применении навыков в новых ситуациях.	Обучающийся частично владеет.методами расчета и конструирования основного и вспомогательного оборудования. Навыки освоены, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе умений на новые, нестандартные ситуации.	Обучающийся в полном объеме владеет методами расчета и конструирования основного и вспомогательного оборудования. Свободно применяет полученные навыки в ситуациях повышенной сложности.
ПК-10 - Способность обеспечивать технологичность изделий и оптимальность процессов их изготовления, умением контролировать соблюдение технологической дисциплины при изготовлении изделий.				
Показатель	**Критерии оценивания**			
	2	**3**	**4**	**5**

знать: ●устройство типовой аппаратуры, принципы ее рационального использования, методы определения оптимальных размеров; ●способы интенсификации процессов химической и нефтехимической технологии	Обучающийся демонстрирует полное отсутствие или недостаточное соответствие следующих знаний: устройства типовой аппаратуры, определения ее оптимальных размеров, способов интенсификации процессов химической и нефтехимической технологии	Обучающийся демонстрирует неполное соответствие следующих знаний: устройства типовой аппаратуры, определения ее оптимальных размеров, способов интенсификации процессов химической и нефтехимической технологии. Допускаются значительные ошибки, проявляется недостаточность знаний.	Обучающийся демонстрирует частичное соответствие следующих знаний: устройства типовой аппаратуры, определения ее оптимальных размеров, способов интенсификации процессов химической и нефтехимической технологии. Допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях.	Обучающийся демонстрирует полное соответствие следующих знаний: устройства типовой аппаратуры, определения ее оптимальных размеров, способов интенсификации процессов химической и нефтехимической технологии. Свободно оперирует приобретенными знаниями.
уметь: ● рассчитывать и проектировать установки для проведения технологических процессов химических и нефтехимических производств;	Обучающийся не умеет или в недостаточной степени умеет рассчитывать и проектировать установки для проведения технологических процессов химических и нефтехимических производств.	Обучающийся демонстрирует неполное соответствие следующих умений: рассчитывать и проектировать установки для проведения технологических процессов химических и нефтехимических производств. Допускаются значительные ошибки, проявляется недостаточность умений, по ряду показателей.	Обучающийся демонстрирует частичное соответствие следующих умений: рассчитывать и проектировать установки для проведения технологических процессов химических и нефтехимических производств. Умения освоены, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе умений на новые, нестандартные ситуации.	Обучающийся демонстрирует полное соответствие следующих умений: рассчитывать и проектировать установки для проведения технологических процессов химических и нефтехимических производств. Свободно оперирует приобретеными умениями, применяет их в ситуациях повышенной сложности.
владеть: ●методами обработки экспериментальных данных и техникой планирования эксперимента.	Обучающийся не владеет или в недостаточной степени владеет методами обработки экспериментальных данных и техникой	Обучающийся владеет методами обработки экспериментальных данных и техникой планирования эксперимента в неполном объеме,	Обучающийся частично владеет методами обработки экспериментальных данных и техникой планирования эксперимента.	Обучающийся в полном объеме владеет методами обработки экспериментальных данных и техникой планирования

	планирования эксперимента.	допускаются значительные ошибки, проявляется недостаточность владения навыками по ряду показателей.	Навыки освоены, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, перено-се умений на новые, нестандартные ситуации.	эксперимента, свободно применяет полученные навыки в ситуаци-ях 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 «отлично», «хорошо», «удовлетворительно» или «неудовлетворительно».

К промежуточной аттестации допускаются только студенты, выполнившие все виды учебной работы, предусмотренные рабочей программой по дисциплине «Процессы и аппараты отрасли» (выполнили и защитили лабораторные работы, написали контрольное тестирование, выполнили и защитили курсовой проект).

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.

Для электронного тестирования по техническому заданию кафедры была разработана специализированная WEB–оболочка по 6-ти разделам лекционного курса (6 рубежных контролей).

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 используются специализированные учебные лаборатории кафедры «Процессы и аппараты химической технологии» 4108 и 4112, оснащенные лабораторными установками, необходимыми для проведения лабораторного практикума:

- кинетика гравитационного осаждения;
- фильтрующая центрифуга;
- определение затрат энергии при перемешивании в жидких средах;
- 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;
- ректификационная установка;
- исследование процесса конвективной сушки материалов

Специализированная учебная аудитория 4510 с сетевой компьютерной техникой (17 компьютеров) для электронного WEB-тестирования.

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.

Разработанная WEB-оболочка наполнена соответствующими контрольными методическими материалами по каждому из 6-ти рубежных контролей (15 вопросов в электронном тесте в 10 вариантах - 900 вопросов).

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

- Глубокое освоение теоретических аспектов тематики курса, ознакомление и переработка литературных источников; составление списка литературы, обязательной для изучения и дополнительной литературы.
- Разработка методики изложения курса: структуры и последовательности изложения материала; составление тестовых заданий, контрольных вопросов.
- Разработка методики проведения и совершенствование тематики практических работ; использование в практикуме реальных данных.
- Разработка методики самостоятельной работы студентов; постоянная корректировка структуры, содержания курса.

Приложение 1.

Структура и содержание дисциплины «Процессы и аппараты отрасли» по направлению подготовки 15.03.02 «Технологические машины и оборудование» (бакалавр, очная форма)

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
4 семестр															
1.1	Предмет, задачи и роль курса. Способы классификации основных процессов химической технологии по организации процессов и по зависимости их параметров от времени. Кинетика процесса: движущая сила процесса, скорость, сопротивление. Кинетическая классификация основных процессов и аппаратов. Схема технологического расчета аппаратов.	**4**	**1**	**1**											
1.2	*Семинарское занятие* «Основные кинетические закономерности. Материальный и тепловой баланс»	4	1			1		+							
1.3	Понятие о модели и моделировании процессов. Модели структуры потоков в аппаратах непрерывного действия. Принципы и примеры построения математической модели процесса. Уравнения	**4**	**2**	**1**											

	гидромеханики вязкой несжимаемой жидкости. Подобие процессов. Основные теоремы подобия. Числа гидромеханического подобия. Практическое значение теории подобия.														
1.4	*Вводное занятие по лабораторному практикуму*	4	2			1		+					электронное тестирование		
1.5	Классификация дисперсных двухфазных систем. Основные гидромеханические процессы. Материальный баланс гидромеханических процессов. *Фильтрование:* основные понятия. Основной кинетический закон фильтрования. Режимы фильтрования.	**4**	**3**	**1**											
1.6	«Фильтрование»	4	3			1		+							
1.7	Структурные характеристики осадка. Промывка осадка. Классификация фильтров. Устройство газовых фильтров. Устройство жидкостных фильтров периодического и непрерывного действия. Схема их технологического расчета. Кинетика центробежного фильтрования. Конструкции и схема расчета фильтрующих центрифуг.	**4**	**4**	**1**											

1.8	*Лабораторная работа* «Изучение работы фильтрующей центрифуги периодического действия»	4	4			1		+							
1.9	Кинетика гравитационного осаждения. Уравнение движения частицы под действием силы тяжести. Классификация, устройство и схема расчета отстойников.	**4**	**5**	**1**											
1.10	*Семинарское занятие* «Кинетика гравитационного осаждения»	4	5			1		+							
1.11	Кинетика центробежного осаждения Классификация, устройство, схема расчета отстойных центрифуг. Циклонный процесс. Устройство и схема расчета циклонов и гидроциклонов.	**4**	**6**	**1**											
1.12	*Лабораторная работа* «Изучение работы фильтрующей центрифуги периодического действия» (защита)	4	6			1		+							
1.13	Электроочистка газов. Кинетика электроочистки газов. Устройство и схема расчета электрофильтров.	**4**	**7**	**1**											
1.14	«Центробежное осаждение и фильтрование»	4	7			1		+							
1.15	Псевдоожижение: основные понятия, область применения. Кривая псевдоожижения. Определение первой и второй критических скоростей псевдоожижения. Аппараты с псевдоожиженным слоем.	**4**	**8**	**1**											

1.16	*Лабораторная работа* «Кинетика гравитационного осаждения»	4	8			1		+							
1.17	Перемешивание в жидких средах, области применения и основные характеристики. Способы перемешивания. Конструкции мешалок. Расход энергии на перемешивание механическими мешалками.	**4**	**9**	**1**											
1.18	«Перемешивание»	4	9			1		+							
1.19	Основные понятия и определения. Способы распространения теплоты. Теплопроводность. Закон Фурье, дифференциальное уравнение теплопроводности.	**4**	**10**	**1**											
1.20	*Лабораторная работа* «Кинетика гравитационного осаждения» (защита)	4	10			1		+					электронное тестирование		
1.21	Теплоотдача. Закон Ньютона. Основное кинетическое уравнение теплопередачи. Связь коэффициентов теплопередачи с коэффициентами теплоотдачи.	**4**	**11**	**1**											
1.22	«Теплопроводность, теплоотдача, теплопередача »	4	11			1		+							
1.23	Определение средней движущей силы тепловых процессов. Дифференциальное и критериальное уравнение конвективного теплообмена.	**4**	**12**	**1**											

1.24	*Лабораторная работа* «Гидродинамика псевдоожиженного слоя»	4	12			1		+							
1.25	*Нагревание.* Основные сведения. Нагревание водяным паром («острым» и «глухим»). Конденсатоотводчики. Многоходовые теплообменники. Схема технологического расчета промышленных теплообменников.	**4**	**13**	**1**											
1.26	«Нагревание. Средняя движущая сила. Тепловой баланс»	4	13			1		+							
1.27	Нагревание топочными газами, жидкими и твердыми промежуточными теплоносителями, электрическим током. *Охлаждение* до обыкновенных температур.	**4**	**14**	**1**											
1.28	*Лабораторная работа* «Гидродинамика псевдоожиженного слоя» (защита)	4	14			1		+							
1.29	*Конденсация.* Поверхностная конденсация и конденсация смешением. Барометрический конденсатор смешения. Технологический расчет конденсаторов.	**4**	**15**	**1**											
1.30	«Конденсация»	4	15			1		+							
1.31	*Выпаривание.* Общие сведения. Простое выпаривание. Материальный и тепловой баланс. Общая и полезная разность температур. Температурные депрессии.	**4**	**16**	**1**											
1.32	*Лабораторная работа* «Изучение процессов теплообмена между	4	16			1		+							

	системами пар - жидкость, жидкость -газ в трубчатых рекуперативных теплообменниках»														
1.33	Многократное выпаривание. Материальный и тепловой баланс. Общая и полезная разность температур. Технологический расчет выпарных аппаратов и установок. Выпаривание с применением теплового насоса.	**4**	**17**	**1**											
1.34	«Выпаривание»	4	17			1		+							
1.35	Обзорная лекция	**4**	**18**	**2**											
1.36	*Лабораторная работа* «Изучение процессов теплообмена между системами пар - жидкость, жидкость -газ в трубчатых рекуперативных теплообменниках» *(защита)*	4	18			1		+					электронное тестирование		
Форма аттестации			**19-21**												
Итого за семестр				**18**		**18**	**54**						**+**	**Э**	
5 семестр															
2.1	*Массообменные 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.	**5**	**1**				3								
2.2	*Семинарское занятие* «Основной кинетический закон массопере-	5	1		2		3	+							

	дачи. Модифицированные уравнения массопередачи»														
2.3	*Лабораторная работа* «Изучение гидродинамических явлений в тарельчатой колонне»	5	2			2	3	+							
2.4	Основные законы массопередачи. Законы молекулярной диффузии – первый и второй закон Фика, закон массоотдачи (закон Щукарева – Нернста). Дифференциальное уравнение массоотдачи (конвективной диффузии), запись его с использо-ванием чисел подобия. Выражение коэффициента массопередачи через коэффициенты массоотдачи.	**5**	**3**				3								
2.5	*Семинарское занятие* «Материальный баланс массообменных процессов»	5	3			2	3	+							
2.6	*Лабораторная работа* «Изучение гидродинамических явлений в тарельчатой колонне» (защита)	5	4		1		3	+					электронное тестирование		
2.7	*Абсорбция.* Определения и области применения. Законы равновесия в системах газ-жидкость, пар-жидкость: Генри, Рауля и Дальтона. Материальный и тепловой баланс абсорбции.	**5**	**5**		**1**		3								
2.8	*Семинарское занятие* «Абсорбция» Выдача задания на курсовую работу.	5	5			1	3	+	+						

2.9	*Лабораторная работа* «Изучение гидродинамических характеристик насадочной колонны»	5	6		2		3	+	+						
2.10	*Ректификация.* Классификация жидких однородных бинарных смесей. Принцип ректификации. Ректификационная установка непрерывного действия. Материальный и тепловой баланс ректификации.	**5**	**7**				2		+						
2.11	*Семинарское занятие* «Ректификация. Равновесие, материальный баланс»	5	7			2	2	+	+						
2.12	*Лабораторная работа* «Изучение гидродинамических характеристик насадочной колонны» (защита)	5	8		2		2	+	+						
2.13	Рабочие линии процесса непрерывной ректификации. Флегмовое число, его влияние на процесс ректификации и размеры колонны. Периодическая ректификация. Абсорбционные и ректификационные аппараты: классификация, устройство и схема технологического расчета.	**5**	**9**				3		+						
2.14	*Семинарское занятие* «Рабочие линии ректификации»	5	9		2		3	+	+						
2.15	*Лабораторная работа* «Изучение работы ректификационной установки»	5	10			2	3	+	+				электронное тестирование		
2.16	*Экстракция.* Общие сведения. Равновесие в системах жидкость-жидкость. Материальный баланс и	**5**	**11**				3		+						

	кинетика экстракции. Принципиальные схемы проведения процессов экстракции, их изображение в диаграмме у-х. Классификация экстракционного оборудования.														
2.17	*Семинарское занятие* «Экстракция»	5	11			2	2	+	+						
2.18	*Лабораторная работа* «Изучение работы ректификационной установки» (защита)	5	12		2		3	+	+						
2.19	Массопередача в системах с твердой фазой (массопроводность). *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.	**5**	**13**				2		+						
2.20	*Семинарское занятие* «Сушка»	5	13			2	3	+	+						
2.21	*Лабораторная работа* «Изучение кинетики сушки»	5	14		2		2	+	+						
2.22	*Адсорбция.* Общие сведения. Равновесие в процессах адсорбции. Материальный баланс адсорбции. Кинетика процесса. Уравнение Шилова.	**5**	**15**				3		+						

	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														
2.23	*Семинарское занятие* «Кинетика сушки»	5	15			2	3	+	+						
2.24	*Лабораторная работа* «Изучение кинетики сушки» (защита)	5	16		2		2	+	+				электронное тестирование		
2.25	*Мембранные процессы.* Общие сведения. Область применения и классификация мембранных процессов. Материальный баланс мембранных процессов. Материал и устройство мембран. Основные характеристики мембран. Мембранные аппараты. *Кристаллизация.* Общие сведения. Область применения кристаллизационных процессов. Равновесие в системах твердое (кристалл) – жидкость. Основные способы кристаллизации. Материальный и тепловой балансы процесса кристаллизации. Кинетика кристаллизации.	**5**	**17**				2		+						
2.26	*Семинарское занятие* «Адсорбция. Ионообменные процессы»	5	17			2	3	**+**	+						

2.27	*Лабораторная работа* (защиты)	5	18		2		2	Защита К.Р.	+						
Форма аттестации			**19-21**											**Э**	
Итого за семестр					**18**	**18**	**54**		+						
Всего часов по дисциплине				**18**	**18**	**36**	**108**		**+**				**+**	**+**	

Приложение 1.1

Структура и содержание дисциплины «Процессы и аппараты отрасли» по направлению подготовки 15.03.02 «Технологические машины и оборудование» (бакалавр, очно-заочная форма)

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**
4 семестр															
1.1	Предмет, задачи и роль курса. Способы классификации основных процессов химической технологии по организации процессов и по зависимости их параметров от времени. Кинетика процесса: движущая сила процесса, скорость, сопротивление. Кинетическая классификация основных процессов и аппаратов. Схема технологического расчета аппаратов.	**4**	**1**	**1**											

1.2	*Семинарское занятие* «Основные кинетические закономерности. Материальный и тепловой баланс»	4	1		1			+							
1.3	Понятие о модели и моделировании процессов. Модели структуры потоков в аппаратах непрерывного действия. Принципы и примеры построения математической модели процесса. Уравнения гидромеханики вязкой несжимаемой жидкости. Подобие процессов. Основные теоремы подобия. Числа гидромеханического подобия. Практическое значение теории подобия.	**4**	**2**	**1**											
1.4	*Вводное занятие по лабораторному практикуму*	4	2		1			+					электронное тестирование		
1.5	Классификация дисперсных двухфазных систем. Основные гидромеханические процессы. Материальный баланс гидромеханических процессов. *Фильтрование:* основные понятия. Основной кинетический закон фильтрования. Режимы фильтрования.	**4**	**3**	**1**											
1.6	«Фильтрование»	4	3		1			+							
1.7	Структурные характеристики осадка. Промывка осадка. Классификация фильтров. Устройство газовых фильтров.	**4**	**4**	**1**											

	Устройство жидкостных фильтров периодического и непрерывного действия. Схема их технологического расчета. Кинетика центробежного фильтрования. Конструкции и схема расчета фильтрующих центрифуг.														
1.8	*Лабораторная работа* «Изучение работы фильтрующей центрифуги периодического действия»	4	4		1			+							
1.9	Кинетика гравитационного осаждения. Уравнение движения частицы под действием силы тяжести. Классификация, устройство и схема расчета отстойников.	**4**	**5**	**1**											
1.10	*Семинарское занятие* «Кинетика гравитационного осаждения»	4	5		1			+							
1.11	Кинетика центробежного осаждения Классификация, устройство, схема расчета отстойных центрифуг. Циклонный процесс. Устройство и схема расчета циклонов и гидроциклонов.	**4**	**6**	**1**											
1.12	*Лабораторная работа* «Изучение работы фильтрующей центрифуги периодического действия» (защита)	4	6		1			+							
1.13	Электроочистка газов. Кинетика электроочистки газов. Устройство и схема расчета электрофильтров.	**4**	**7**	**1**											
1.14	«Центробежное осаждение и фильтрование»	4	7		1			+							

1.15	Псевдоожижение: основные понятия, область применения. Кривая псевдоожижения. Определение первой и второй критических скоростей псевдоожижения. Аппараты с псевдоожиженным слоем.	**4**	**8**	**1**											
1.16	*Лабораторная работа* «Кинетика гравитационного осаждения»	4	8		1			+							
1.17	Перемешивание в жидких средах, области применения и основные характеристики. Способы перемешивания. Конструкции мешалок. Расход энергии на перемешивание механическими мешалками.	**4**	**9**	**1**											
1.18	«Перемешивание»	4	9		1			+							
1.19	Основные понятия и определения. Способы распространения теплоты. Теплопроводность. Закон Фурье, дифференциальное уравнение теплопроводности.	**4**	**10**	**1**											
1.20	*Лабораторная работа* «Кинетика гравитационного осаждения» (защита)	4	10		1			+					электронное тестирование		
1.21	Теплоотдача. Закон Ньютона. Основное кинетическое уравнение теплопередачи. Связь коэффициентов теплопередачи с коэффициентами теплоотдачи.	**4**	**11**	**1**											

1.22	«Теплопроводность, теплоотдача, теплопередача »	4	11		1			+							
1.23	Определение средней движущей силы тепловых процессов. Дифференциальное и критериальное уравнение конвективного теплообмена.	**4**	**12**	**1**											
1.24	*Лабораторная работа* «Гидродинамика псевдоожиженного слоя»	4	12		1			+							
1.25	*Нагревание.* Основные сведения. Нагревание водяным паром («острым» и «глухим»). Конденсатоотводчики. Многоходовые теплообменники. Схема технологического расчета промышленных теплообменников.	**4**	**13**	**1**											
1.26	«Нагревание. Средняя движущая сила. Тепловой баланс»	4	13		1			+							
1.27	Нагревание топочными газами, жидкими и твердыми промежуточными теплоносителями, электрическим током. *Охлаждение* до обыкновенных температур.	**4**	**14**	**1**											
1.28	*Лабораторная работа* «Гидродинамика псевдоожиженного слоя» (защита)	4	14		1			+							
1.29	*Конденсация.* Поверхностная конденсация и конденсация смешением. Барометрический конденсатор смешения. Технологический расчет конденсаторов.	**4**	**15**	**1**											
1.30	«Конденсация»	4	15		1			+							

1.31	*Выпаривание.* Общие сведения. Простое выпаривание. Материальный и тепловой баланс. Общая и полезная разность температур. Температурные депрессии.	**4**	**16**	**1**											
1.32	*Лабораторная работа* «Изучение процессов теплообмена между системами пар - жидкость, жидкость -газ в трубчатых рекуперативных теплообменниках»	4	16		1			+							
1.33	Многократное выпаривание. Материальный и тепловой баланс. Общая и полезная разность температур. Технологический расчет выпарных аппаратов и установок. Выпаривание с применением теплового насоса.	**4**	**17**	**1**											
1.34	«Выпаривание»	4	17		1			+							
1.35	Обзорная лекция	**4**	**18**	**2**											
1.36	*Лабораторная работа* «Изучение процессов теплообмена между системами пар - жидкость, жидкость -газ в трубчатых рекуперативных теплообменниках» *(защита)*	4	18		1			+					электронное тестирование		
Форма аттестации			**19-21**												
Итого за семестр				**18**	**18**		**54**						**+**	**Э**	
5 семестр															
2.1	*Массообменные процессы*: основные понятия, назначение, особенности. Равновесие и движущая сила массообменных процессов. Основной кинетичес-	**5**	**1**	**л**	**с**	**лаб**	3								

	кий закон массопередачи. Модифицированные уравнения массопередачи. Материальный баланс массообменных процессов. Уравнения рабочих линий массообменных процессов.														
2.2	*Семинарское занятие* «Основной кинетический закон массопередачи. Модифицированные уравнения массопередачи»	5	1				3	+							
2.3	*Лабораторная работа* «Изучение гидродинамических явлений в тарельчатой колонне»	5	2			2	2	+							
2.4	Основные законы массопередачи. Законы молекулярной диффузии – первый и второй закон Фика, закон массоотдачи (закон Щукарева – Нернста). Дифференциальное уравнение массоотдачи (конвективной диффузии), запись его с использованием чисел подобия. Выражение коэффициента массопередачи через коэффициенты массоотдачи.	**5**	**3**				2								
2.5	*Семинарское занятие* «Материальный баланс массообменных процессов»	5	3			2	2	+							
2.6	*Лабораторная работа* «Изучение гидродинамических явлений в тарельчатой колонне» (защита)	5	4				2	+					электронное тестирование		
2.7	*Абсорбция.* Определения и области применения. Законы равновесия в системах газ-	**5**	**5**				2								

	жидкость, пар-жидкость: Генри, Рауля и Дальтона. Материальный и тепловой баланс абсорбции.														
2.8	*Семинарское занятие* «Абсорбция» Выдача задания на курсовую работу.	5	5			1	2	+	+						
2.9	*Лабораторная работа* «Изучение гидродинамических характеристик насадочной колонны»	5	6				3	+	+						
2.10	*Ректификация.* Классификация жидких однородных бинарных смесей. Принцип ректификации. Ректификационная установка непрерывного действия. Материальный и тепловой баланс ректификации.	**5**	**7**				1		+						
2.11	*Семинарское занятие* «Ректификация. Равновесие, материальный баланс»	5	7			2	3	+	+						
2.12	*Лабораторная работа* «Изучение гидродинамических характеристик насадочной колонны» (защита)	5	8				3	+	+						
2.13	Рабочие линии процесса непрерывной ректификации. Флегмовое число, его влияние на процесс ректификации и размеры колонны. Периодическая ректификация. Абсорбционные и ректификационные аппараты: классификация, устройство и схема технологического расчета.	**5**	**9**				3		+						
2.14	*Семинарское занятие* «Рабочие линии ректификации»	5	9				4	+	+						

2.15	*Лабораторная работа* «Изучение работы ректификационной установки»	5	10			2	3	+	+				электронное тестирование		
2.16	*Экстракция.* Общие сведения. Равновесие в системах жидкость-жидкость. Материальный баланс и кинетика экстракции. Принципиальные схемы проведения процессов экстракции, их изображение в диаграмме у-х. Классификация экстракционного оборудования.	**5**	**11**				3		+						
2.17	*Семинарское занятие* «Экстракция»	5	11			2	3	+	+						
2.18	*Лабораторная работа* «Изучение работы ректификационной установки» (защита)	5	12				1	+	+						
2.19	Массопередача в системах с твердой фазой (массопровод-ность). *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	**5**	**13**				3		+						

	процесса сушки. Классификация сушильного оборудования.														
2.20	*Семинарское занятие* «Сушка»	5	13			2	3	+	+						
2.21	*Лабораторная работа* «Изучение кинетики сушки»	5	14				3	+	+						
2.22	*Адсорбция.* Общие сведения. Равновесие в процессах адсорбции. Материальный баланс адсорбции. Кинетика процесса. Уравнение Шилова. *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	**5**	**15**				3		+						
2.23	*Семинарское занятие* «Кинетика сушки»	5	15			2	3	+	+						
2.24	*Лабораторная работа* «Изучение кинетики сушки» (защита)	5	16				3	+	+				электронное тестирование		
2.25	*Мембранные процессы.* Общие сведения. Область применения и классификация мембранных процессов. Материальный баланс мембранных процессов. Материал и устройство мембран. Основные характеристики мембран. Мембранные аппараты. *Кристаллизация.* Общие сведения. Область применения	**5**	**17**				3		+						

	кристаллизационных процессов. Равновесие в системах твердое (кристалл) – жидкость. Основные способы кристаллизации. Материальный и тепловой балансы процесса кристаллизации. Кинетика кристаллизации.														
2.26	*Семинарское занятие* «Адсорбция. Ионообменные процессы»	5	17			2	3	+	+						
2.27	*Лабораторная работа* (защиты)	5	18				3	Защита К.Р.	+						
Форма аттестации			**19-21**											**Э**	
Итого за семестр						**18**	**72**		+						
Всего часов по дисциплине				**18**	**18**	**18**	**126**		**+**				**+**	**+**	

Приложение 2
к рабочей программе

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯРОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХ)

Направление подготовки: 15.03.02 Технологические машины и оборудование
Форма обучения: очная, очно-заочная
Вид профессиональной деятельности: (В соответствии с ФГОС ВО)

Кафедра: Процессы и аппараты химической технологии

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

ПО ДИСЦИПЛИНЕ

«Процессы и аппараты отрасли»

Состав: 1. Паспорт фонда оценочных средств

2. Описание оценочных средств:
- *тематика курсовых работ*
- *пример задания на курсовую работу*
- *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 экзаменационных билетов*

Москва, 2021 год

Таблица 1

ПОКАЗАТЕЛЬ УРОВНЯ СФОРМИРОВАННОСТИ КОМПЕТЕНЦИЙ

ПРОЦЕССЫ И АППАРАТЫ ОТРАСЛИ					
ФГОС ВО ***15.03.02«Технологические машины и оборудование»***					
В процессе освоения данной дисциплины студент формирует и демонстрирует следующие ***Общепрофессиональные и профессиональные компетенции:***					
КОМПЕТЕНЦИИ		**Перечень компонентов**	**Технология формирования компетенций**	**Форма оценочного средства****	**Степени уровней освоения компетенций**
ИН-ДЕКС	**ФОРМУЛИРОВ-КА**				
ОПК-5	**Владение** Способностью решать стандартные задачи профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий и с учетом основных требований информационной безопасности.	**знать:** • физическую сущность, механизм и макрокинетику основных процессов; • принципы математического описания явлений переноса, роль этого описания в анализе и расчете основных процессов; • основы физического моделирования процессов; • общие закономерности и зависимости, необходимые для расчета типовых процессов и аппаратов; • принципиальные схемы проведения основных процессов, их достоинства, области применения; **уметь:** • осуществлять выбор типового оборудования для проведения различных процессов при заданных условиях;	лекции, семинары и практические занятия, лабораторные занятия, самостоятельная работа, курсовая работа.	КР РК ЛР СР УО РТ Экзамен	***Базовый уровень*** -знает физическую сущность, механизм и макрокинетику основных процессов, принципы математического описания и основы физического моделирования, общие закономерности и зависимости, необходимые для расчета типовых процессов и аппаратов, владеет навыками расчета основных геометрических характеристик аппаратов, способен составлять технологическую схему производства, технически грамотно выбирать основное и вспомогательное оборудование для ее осуществления. ***Повышенный уровень*** - способен с помощью дополнительной литературы решать задачи повышенной сложности, анализировать технические возможности оборудования, переносить знания на новые, нестандартные ситуации.

	.	**владеть:** • навыками выбора аппаратов для осуществления процессов химической и нефтехимической технологии			
ПК-6	способностью разрабатывать рабочую проектную и техническую документацию, оформлять законченные проектно-конструкторские работы с проверкой соответствия разрабатываемых проектов и технической документации	**знать:** основные этапы и принципы технологического проектирования химических и нефтехимических производств; **уметь:** проводить анализа и оценки воздействия проектируемых предприятий на окружающую среду; **владеть:** методами расчета и конструирования основного и вспомогательного оборудования. .	лекции, семинары и практические занятия, лабораторные занятия, самостоятельная работа, курсовое проектирование.	КР РК ЛР СР УО РТ Экзамен	***Базовый уровень*** - знает классификацию, устройство, принцип работы аппаратов для проведения гидромеханических, тепловых и массообменных процессов, владеет навыками расчета основных геометрических характеристик аппаратов, способен технически грамотно выбирать основное и вспомогательное оборудование для осуществления процессов химической и нефтехимической технологий. ***Повышенный уровень*** - способность анализировать технические возможности оборудования для его последующей модернизации с целью повышения производительности.

ПК-10	Способностью обеспечивать технологичность изделий и оптимальность процессов их изготовления, умением контролировать соблюдение технологической дисциплины при изготовлении изделий	**знать:** • устройство типовой аппаратуры, принципы ее рационального использования, методы определения оптимальных размеров; • способы интенсификации процессов химиической и нефтехимической технологии **уметь:** • рассчитывать и проектировать установки для проведения технологических процессов химических и нефтехимических производств **владеть:** • методами обработки экспериментальных данных и техникой планирования эксперимента.	лекции, семинары и практические занятия, лабораторные занятия, самостоятель-ная работа, курсовое проектиро-вание.	КР РК ЛР СР УО РТ Экзамен	***Базовый уровень*** - знает классификацию, устройство, принцип работы аппаратов для проведения гидромеханических, тепловых и массообменных процессов, владеет навыками расчета основных геометрических характеристик аппаратов, способен технически грамотно выбирать основное и вспомогательное оборудование для осуществления процессов химической и нефтехимической технологий. ***Повышенный уровень*** - способность анализировать технические возможности оборудования для его последующей модернизации с целью повышения производительности.

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

Таблица 2

Перечень оценочных средств по дисциплине «<u>Процессы и аппараты отрасли</u>»

№ ОС	Наименование оценочного средства	Краткая характеристика оценочного средства	Представление оценочного средства в ФОС
1	Курсовая работа (КР)	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	Рубежный контроль (РК)	Средство проверки усвоения лекционного курса по изучаемым процессам, WEB-тестирование.	Примеры тестовых заданий.
3	Лабораторные работы (ЛР) (УО) (РТ)	Устный опрос о предмете 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 работ на кафедре ПАХТ

№ п/п	Раздел курса ПАХТ	Основные аппараты, рекомендуемые на конструктивную разработку
1.	**Гидромеханические процессы**	***Фильтрующее оборудование:*** (фильтр-пресс камерные, 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) ***Роторные выпарные аппараты***
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) ***Кристаллизаторы*** (изогидрические, изотермические, вакуумные, с классификацией кристаллов) ***Адсорберы*** (с неподвижным, движущимся и псевдоожиженным зернистым материалом) ***Сублиматоры***
Вспомогательные аппараты: Батарейные циклоны Гидроциклоны Газожидкостные сепараторы Отстойники непрерывного действия Пылевые центробежные сепараторы Батарейные фильтры Электрофильтры Конденсаторы поверхностного типа Конденсаторы смешения Теплообменники различного типа (холодильники, подогреватели, испарители и т.д.)		

МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

Кафедра «Процессы и аппараты химической технологии»

УТВЕРЖДАЮ _____
Зав. кафедрой

З А Д А Н И Е
на курсовую работу

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.
   3. Подогреватель исходной смеси.

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., «Химия», 1983г.

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.
7. Расчеты по экспериментальным данным.
8. Таблицы с результатами расчетов по исследованному процессу.
9. Графическое представление экспериментальных данных.
10. Выводы по проведенному исследованию процесса.

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

1 часть курса «Процессы и аппараты химической технологии»

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 $1\cdot10^{-3}$ 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 $R_ф = 3\cdot10^8$ Н·с/м^3. Удельное сопротивление осадка $3{,}6\cdot10^{11}$ 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.

2 часть курса «<u>Процессы и аппараты химической технологии»</u>

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 ЭЛЕКТРОННОГО 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.

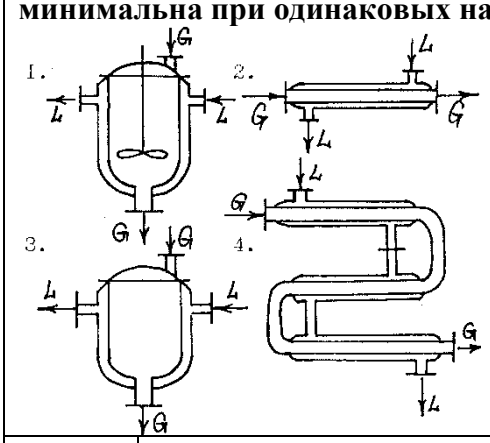
10110

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:

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

1. $\frac{\gamma V^2 l}{t^2 CW}$. 2. $\frac{\gamma V_x l}{t^2 CW_x}$. 3. $\frac{\gamma Vl}{t^2 CW}$. 4. $\frac{d^2V_x \gamma l}{dt^2 CW_x}$. 5. $\frac{Wt^2 C}{Vl\gamma}$.

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. $W_x \frac{\partial W_x}{\partial x} + \ldots$; 3. ρg;

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

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 $D_у = 800$ 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 электронному тестированию (контрольные работы)

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?
65. Как определяется физический смысл холодильного коэффициента?
66. Какие рабочие циклы могут осуществляться в парокомпрессионных холодильных установках?
67. Что называют холодильным коэффициентом?

Вопросы по массообменным процессам

68. Что является движущей силой массообменных процессов?
69. С какой целью модифицируется основное уравнение массопередачи?
70. Какие законы описывают равновесие в системах жидкость-газ и жидкость-пар?
71. Как формулируется первый закон Фика?
72. От чего зависит коэффициент молекулярной диффузии?
73. Как формулируется закон массоотдачи Щукарева?
74. От чего зависит коэффициент массоотдачи?
75. Чем отличается массоотдача от массопередачи?
76. Какие критерии подобия описывают процессы массообмена?
77. Каким образом определяется движущая сила массопередачи?

78. В чем отличие хемосорбции от физической абсорбции?
79. Какие условия интенсифицируют процесс абсорбции?
80. Чем характеризуется точка азеотропы?
81. Что такое флегмовое число?
82. Как влияет флегмовое число на диаметр, высоту и рабочий объём ректификационной колонны?
83. Какова движущая сила процесса ректификации при минимальном флегмовом числе?
84. Каково назначение насадки в колонной аппаратуре?
85. Какие гидродинамические режимы реализуются в насадочных массообменных аппаратах в зависимости от скорости газа?
86. Из каких слагаемых складывается сопротивление тарельчатой колонны?
87. От чего зависит коэффициент массопроводности?
88. Какие способы жидкостной экстракции существуют?
89. Какие существуют виды связи влаги в материале?
90. В чём состоят различия между конвективной и кондуктивной сушкой?
91. Перечислите основные параметры влажного воздуха как сушильного агента?
92. В чем отличие I и II периода сушки?
93. В каких случаях целесообразно применение сушилок с частичной рециркуляцией сушильного агента?
94. В чем отличие динамической от статической активности адсорбента?
95. Какие параметры процесса адсорбции связывает между собой уравнение Шилова?
96. Какова область применения ионообменных процессов?
97. Какие основные способы кристаллизации существуют?
98. В чем суть изогидрической кристаллизации?
99. В чём заключается сущность процесса мембранного разделения?
100. Какова область применения мембранных процессов?
101. Что такое процесс обратного осмоса?
102. Какие основные типы мембранных аппаратов существуют?

«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХ)

Институт/факультет **ХТиБ** , кафедра\центр **ПАХТ**
Дисциплина ***Процессы и аппараты отрасли***
Образовательная программа ***15.03.02***
Курс **2**, семестр **4**

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 1

1. Уравнение движения вязкой несжимаемой жидкости (уравнение Навье-Стокса).
2. Простое выпаривание. Физико-химические основы процесса.
3. Фильтрующая центрифуга.

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.

Утверждено на заседании кафедры « » 20 г., протокол № .

Зав. кафедрой (директор центра) _____ /В.Г. Систер /

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯРОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХ)

Институт/факультет **ХТиБ** , кафедра\центр **ПАХТ**
Дисциплина ***Процессы и аппараты отрасли***
Образовательная программа ***15.03.02***
Курс **2**, семестр **4**

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 2

1. Псевдоожижение твердого зернистого материала. Определение скорости начала псевдоожижения.
2. Материальный и тепловой балансы простого выпаривания.
3. Электрофильтр.

Задача

Дымовые газы обеспыливаются в пылеосадительной камере, имеющей габариты L= 4 м , ширину B=3,2 м. Расход газа V=750 м^3/ч, плотность газа $\rho_г$ = 0,675 кг/м^3, кинематическая вязкость $\mu = 45{,}8 \cdot 10^{-6}$ м^2/с. Определить минимальный размер частиц, которые полностью будут осаждаться в камере. Плотность частиц $\rho_т$ = 1650 кг/м^3.

Утверждено на заседании кафедры « » 20 г., протокол № .

Зав. кафедрой (директор центра) _____ /В.Г. Систер /

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯРОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХ)

Институт/факультет **ХТиБ** , кафедра\центр **ПАХТ**
Дисциплина ***Процессы и аппараты отрасли***
Образовательная программа ***15.03.02***
Курс **2**, семестр **4**

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 3

1. Основные положения и практическое значение теории подобия.
2. Материальный и тепловой баланс конденсатора смешения, расчет диаметра и высоты барометрической трубы.
3. Циклонная аппаратура.

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.

Утверждено на заседании кафедры « » 20 г., протокол № .

Зав. кафедрой (директор центра) _____ /В.Г. Систер /

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯРОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХ)

Институт/факультет **ХТиБ** , кафедра\центр **ПАХТ**
Дисциплина ***Процессы и аппараты отрасли***
Образовательная программа ***15.03.02***
Курс **2**, семестр **4**

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 4

1. Механическое перемешивание жидких сред. Уравнение для определения мощности мешалки.
2. Нагревание «острым» и «глухим» паром. Схема расчета теплообменника для нагревания «глухим» паром.
3. Отстойная центрифуга.

Задача.

Дымовые газы обеспыливаются в пылеосадительной камере, имеющей габариты L= 4 м, ширину B =3,2 м. Расход газа V=750 м^3/ч, кинематическая вязкость $\nu = 45{,}8 \cdot 10^{-6}$ м^2/с. Определить минимальный размер частиц, которые полностью будут осаждаться в камере. Плотность частиц $\rho_т$ = 1650 кг/м^3.

Утверждено на заседании кафедры « » 20 г., протокол № .

Зав. кафедрой (директор центра) _____ /В.Г. Систер /

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯРОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХ)

Институт/факультет **ХТиБ** , кафедра\центр **ПАХТ**
Дисциплина ***Процессы и аппараты отрасли***
Образовательная программа ***15.03.02***
Курс **2**, семестр **4**

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 5

1. Теория подобия: основные положения и практическое значение.
2. Парокомпрессионная холодильная машина. Схема установки и изображение циклов в *T-S* диаграмме.
3. Теплообменники с компенсацией температурных удлинений.

Задача.

Определить среднюю производительность по фильтрату рамного фильтр-пресса, имеющего 40 рам размером 1000х1000х40 мм каждая. Конечное давление фильтрования $6 \cdot 10^5$ Па. Сопротивление фильтрующей перегородки $R_ф = 3 \cdot 10^8$ Н·с/м^4. Отношение объема осадка к объему фильтрата 0,2. Время промывки и вспомогательных операций 30 мин.

Утверждено на заседании кафедры « » 20 г., протокол № .

Зав. кафедрой (директор центра) _____ /В.Г. Систер /

«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХ)

Институт/факультет **ХТиБ** , кафедра\центр **ПАХТ**
Дисциплина ***Процессы и аппараты отрасли***
Образовательная программа ***15.03.02***
Курс **3**, семестр **5**

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 1

1. Схема периодически действующей ректификационной установки. Рабочие линии процессов с переменным и постоянным флегмовым числом.
2. Физическая сущность процесса адсорбции. Адсорбенты. Условия, способствующие протеканию процесса адсорбции.
3. Устройство и работа пневматической сушилки.

Задача.

Рассчитать число единиц переноса в процессе прямоточной абсорбции ацетона водой при условии: $x_н = 0$; $y_н = 0{,}06$ кмоль/кмоль. Отношение потоков $L/G = 2$, уравнение линии равновесия $y_р = 1{,}5x$; $x_к = 0{,}015$ кмоль/кмоль .

Утверждено на заседании кафедры « » 20 г., протокол № .

Зав. кафедрой (директор центра) _____ /В.Г. Систер /

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯРОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХ)

Институт/факультет **ХТиБ** , кафедра\центр **ПАХТ**
Дисциплина ***Процессы и аппараты отрасли***
Образовательная программа ***15.03.02***
Курс **3**, семестр **5**

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 2

1. Изображение в диаграмме *H-x* процессов изменения параметров влажного воздуха: температура, точка росы, охлаждение, нагревание, смешивание.
2. Тепловой баланс процесса ректификации.
3. Схема и работа абсорбционной установки непрерывного действия.

Задача.

Для экстракции бензойной кислоты из ее водного раствора бензолом используется чистый растворитель, который насыщается до содержания в нем бензойной кислоты $y_к = 0{,}003$кг/кг. Найти число единиц переноса противоточного процесса экстракции, уравнение линии равновесия $y_р = 1{,}25 \cdot x$, отношение $L/G = 0{,}5$, а $x_н = 0{,}012$кг/кг.

Утверждено на заседании кафедры « » 20 г., протокол № .

Зав. кафедрой (директор центра) _____ /В.Г. Систер /

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯРОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХ)

Институт/факультет **ХТиБ** , кафедра\центр **ПАХТ**
Дисциплина ***Процессы и аппараты отрасли***
Образовательная программа ***15.03.02***
Курс **3**, семестр **5**

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 3

1. Равновесие в системах пар-жидкость. Диаграмма *t-x-y* и *y-x.*
2. Принципиальная схема противоточной абсорбции и графическое изображение процесса.
3. Адсорбер непрерывного действия с движущимся слоем адсорбента.

Задача.

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

Утверждено на заседании кафедры « » 20 г., протокол № .

Зав. кафедрой (директор центра) _____ /В.Г. Систер /

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯРОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХ)

Институт/факультет **ХТиБ** , кафедра\центр **ПАХТ**
Дисциплина ***Процессы и аппараты отрасли***
Образовательная программа ***15.03.02***
Курс **3**, семестр **5**

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 4

1. Массообмен в системах без твердой фазы. Дифференциальное уравнение молекулярной и конвективной диффузии.
2. Схема периодически действующей ректификационной установки. Изображение процесса в *x* - *y* диаграмме при R=const.
3. Устройство и работа пневматической сушилки.

Задача.

Для экстракции кофеина из его водного раствора хлороформом используется чистый растворитель $y_н = 0$, который насыщается до содержания в нем кофеина $y_к$ = 0,00115кг/кг. Начальная концентрация кофеина в водном растворе составляет $x_н$ = 0,00175кг/кг воды. Уравнение линии равновесия $y_р = 4{,}66x$, $x_к$= 0,0005 кг/кг. Найти среднюю движущую силу противоточного процесса экстракции.

Утверждено на заседании кафедры « » 20 г., протокол № .

Зав. кафедрой (директор центра) _____ /В.Г. Систер /

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯРОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХ)

Институт/факультет **ХТиБ** , кафедра\центр **ПАХТ**
Дисциплина ***Процессы и аппараты отрасли***
Образовательная программа ***15.03.02***
Курс **3**, семестр **5**

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 5

1. Движущая сила массообменного процесса при нелинейной равновесной зависимости. Число единиц переноса.
2. Сушка с замкнутой циркуляцией сушильного агента.
3. Устройство и работа колонного экстрактора с ситчатыми тарелками при диспергировании тяжелой фазы.

Задача.

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

Утверждено на заседании кафедры « » 20 г., протокол № .

Зав. кафедрой (директор центра) _____ /В.Г. Систер /