Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Максимов Алексей Борисович
Должность: директор департамента по образовательной политике
Дата подписания: 18.09.2025 13:57:20
Уникальный программный ключ:
8db180d1a3f02ac9e60521a5672742735c18b1d6

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

Факультет химической технологии и биотехнологии

УТВЕРЖДАЮ
Декан
_____ / А.С. Соколов /
« 27 » февраля 2025 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Процессы и аппараты химической технологии

Направление подготовки/специальность
18.03.02 Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии

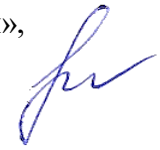
Профиль/специализация
Компьютерное моделирование энерго- и ресурсосберегающих технологий и производств

Квалификация
бакалавр

Формы обучения
очная

Москва, 2025 г.

Разработчик(и):

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

Согласовано:
Зав. каф. «Процессы и аппараты химической технологии»,
к.х.н.  /П.С. Громовых/

Содержание

1. Цели, задачи и планируемые результаты обучения по дисциплине 4
2. Место дисциплины в структуре образовательной программы 5
3. Структура и содержание дисциплины 5
4. Учебно-методическое и информационное обеспечение 10
5. Материально-техническое обеспечение 11
6. Методические рекомендации 12
7. Фонд оценочных средств 14

1. Цели, задачи и планируемые результаты обучения по дисциплине

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

– формирование системных знаний об основных процессах и аппаратах, применяемых в химической технологии, а также о методах их расчёта и интенсификации;

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

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

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

– освоение студентами навыков решения прикладных задач;

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

Обучение по дисциплине «Процессы и аппараты химической технологии» направлено на формирование у обучающихся следующих компетенций:

Код и наименование компетенций	**Индикаторы достижения компетенции**
УК-1. Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач	ИУК-1.1. Знает физическую сущность, механизм и макрокинетику основных процессов; общие закономерности и зависимости, необходимые для расчета типовых процессов и аппаратов; принципиальные схемы проведения основных процессов, их достоинства, области применения; устройство типовой аппаратуры, принципы ее рационального использования, методы определения ее оптимальных размеров; способы интенсификации процессов химической и нефтехимической технологии. ИУК-1.2. Умеет осуществлять выбор типового оборудования для проведения различных процессов при заданных условиях; рассчитывать и проектировать установки для проведения технологических процессов химических и нефтехимических производств; ИУК-1.3. Владеет методами обработки экспериментальных данных и техникой планирования эксперимента

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

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

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

В обязательной части цикла (Б1):

– физика;
– механика жидкости и газа;
– общая химическая технология;
– термодинамика и теплопередача;
– основы проектирования машин и механизмов отрасли;
– конструирование и расчет элементов оборудования отрасли.
– процессы и аппараты защиты атмосферы;
– процессы и аппараты очистки сточных вод.

3. Структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 8 зачетных единиц (288 часов).

3.1 Виды учебной работы и трудоемкость
(по формам обучения)

3.1.1. Очная форма обучения

№ п/п	Вид учебной работы	Количество часов	Семестры	
			4	5
1	**Аудиторные занятия**	**144**	**72**	**72**
	В том числе:			
1.1	Лекции	72	36	36
1.2	Семинарские/практические занятия	36	18	18
1.3	Лабораторные занятия	36	18	18
2	**Самостоятельная работа**	**144**	**72**	**72**
	В том числе:			
2.1	Подготовка к лабораторным работам			
2.2	Обработка экспериментальных данных и подготовка к защите лабораторных работ			
2.3	Подготовка и выполнение промежуточных и итоговых тестов			
3	**Промежуточная аттестация**			
	Зачет/диф.зачет/экзамен		**экзамен**	**экзамен**
	Итого	**288**	**144**	**144**

3.2 Тематический план изучения дисциплины

(по формам обучения)

3.2.1. Очная форма обучения

№ п/п	Разделы/темы дисциплины	Трудоемкость, час					
		Всего	Аудиторная работа				Самостоятельная работа
			Лекции	Семинарские/ практические занятия	Лабораторные занятия	Практическая подготовка	
1	**Раздел 1. Введение**						
1.1	Тема 1. Предмет, задачи и роль курса. Классификация основных процессов и аппаратов.	12	2	2			2
1.2	Тема 2. Понятие о модели и моделировании процессов.		2				4
2	**Раздел 2. Гидромеханические процессы**						
2.1	Тема 1. Классификация неоднородных систем и гидромеханических процессов.	68	2	1			4
2.2	Тема 2. Фильтрование.		4	2	4		10
2.3	Тема 3. Осаждение.		4	2	4		10
2.4	Тема 4. Псевдоожижение и перемешивание.		4	1	6		10
3	**Раздел 3. Тепловые процессы**						
3.1	Тема 1. Основы теории передачи тепла, основные понятия и определения.	64	2	2			3
3.2	Тема 2. Основное кинетическое уравнение теплопередачи. Определение средней движущей силы процесса.		2				3
3.3	Тема 3. Нагревание, охлаждение		6	2	4		10
3.4	Тема 4. Конденсация.		2	2			6
3.5	Тема 5. Выпаривание		6	4			10
4	**Раздел 4. Массообменные процессы**						
4.1	Тема 1. Массообменные процессы: основные понятия, назначение, особенности.	144	4	2			4
4.2	Тема 2. Основные законы массопередачи.		4				6
4.3	Тема 3. Абсорбция.		4	2	4		10
4.4	Тема 4. Ректификация.		6	4	4		14
4.5	Тема 5. Жидкостная экстракция.		4	2	4		10
4.6	Тема 6. Сушка.		6	4	4		14
4.7	Тема 7. Адсорбция.		2	2			4
4.8	Тема 8. Ионнообменые процессы.		2		2		4
4.9	Тема 9. Мембранное разделение.		2	2			2

4.10	Тема 10. Кристаллизация.		2				4
	Итого	**288**	**72**	**36**	**36**		**144**

3.3 Содержание дисциплины

Раздел 1. Введение

Тема 1. Предмет, задачи и роль курса. Классификация основных процессов и аппаратов.

Историческая справка, предмет, задачи и роль курса. Способы классификации основных процессов химической технологии. Кинетика процесса: движущая сила процесса, скорость, сопротивление. Кинетическая классификация основных процессов и аппаратов. Схема технологического расчета аппаратов.

Тема 2. Понятие о модели и моделировании процессов.

Модели структуры потоков в аппаратах непрерывного действия. Принципы и примеры построения математической модели процесса. Подобие процессов. Основные теоремы подобия. Числа гидромеханического подобия. Практическое значение теории подобия.

Раздел 2. Гидромеханические процессы

Тема 1. Классификация неоднородных систем и гидромеханических процессов.

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

Тема 2. 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.

Тема 3. 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.

Тема 4. 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.

Раздел 3. Тепловые процессы

Тема 1. Основы теории передачи тепла, основные понятия и определения. Способы распространения теплоты. Теплопроводность. Закон Фурье, дифференциальное уравнение теплопроводности. Теплоотдача. Закон Ньютона.

Тема 2. Основное кинетическое уравнение теплопередачи. Определение средней движущей силы процесса.

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

Тема 3. Нагревание.

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

Тема 4. Конденсация.

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

Тема 5. 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.

Раздел 4. Массообменные (диффузионные) процессы

Тема 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.

Тема 2. 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).

Тема 3. Абсорбция.

Определения и области применения. Законы равновесия в системах газ -жидкость. Материальный и тепловой баланс абсорбции. Кинетика абсорбции. Принципиальные схемы абсорбционных процессов.

Тема 4. Ректификация.

Принцип ректификации. Законы равновесия в системах пар-жидкость. Ректификационная установка непрерывного действия. Материальный и тепловой баланс. Рабочие линии процесса непрерывной ректификации. Флегмовое число, его влияние на процесс ректификации. Периодическая ректификация. Абсорбционные и ректификационные аппараты: классификация, устройство и схема технологического расчета.

Тема 5. Жидкостная экстракция.

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

Тема 6. 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.

Тема 7. 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.

Тема 8. 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.

Тема 9. 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.

Тема 10. Кристаллизация.

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

3.4 Тематика семинарских/практических и лабораторных занятий

3.4.1. Семинарские/практические занятия

Тема 1. Основные кинетические закономерности. Материальный и тепловой баланс.

Тема 2. Фильтрование. Кинетика, материальный баланс. Промывка осадка на фильтре.

Тема 3. Осаждение под действием различных сил. Псевдоожижение и перемешивание.

Тема 4. Теплопроводность, теплоотдача, теплопередача. Определение средней движущей силы тепловых процессов.

Тема 5. Нагревание.

Тема 6. Конденсация.

Тема 7. Выпаривание.

Тема 8. Кинетика массообменных процессов. Определение средней движущей силы. Определение коэффициентов массоотдачи и массопередачи. Модифицированные уравнения массопередачи.

Тема 9. Абсорбция, ректификация, жидкостная экстракция. Материальный баланс процесса. Средняя движущая сила и число единиц переноса.

Тема 10. Сушка, адсорбция, ионообменные процессы. Материальный баланс. Движущая сила процессов.

3.4.2. Лабораторные занятия

Лабораторная работа 1. Изучение кинетики гравитационного осаждения.

Лабораторная работа 2. Изучение работы фильтрующей центрифуги периодического действия.

Лабораторная работа 3. Гидродинамика псевдоожиженного слоя.

Лабораторная работа 4. Определение расхода энергии на перемешивание в жидких средах механическими мешалками.

Лабораторная работа 5. Изучение процессов теплообмена между системами пар-жидкость, жидкость-газ в трубчатых рекуперативных теплообменниках.

Лабораторная работа 6. Изучение гидродинамических явлений в тарельчатой колонне.

Лабораторная работа 7. Изучение гидродинамических характеристик насадочной колонны.

Лабораторная работа 8. Изучение процесса экстракции.

Лабораторная работа 9. Изучение кинетики сушки.

3.5. Тематика курсовых проектов (курсовых работ)

Спроектировать трехкорпусную выпарную установку с естественной (принудительной) циркуляцией раствора для выпаривания водного раствора NaOH по заданным: производительности установки, начальной и конечной концентрации раствора, давлению греющего пара и остаточному давлению в конденсаторе.

4. Учебно-методическое и информационное обеспечение

4.1 Нормативные документы и ГОСТы

1. ГОСТ 2.302-68. Единая система конструкторской документации Масштабы (с Изменениями № 1, 2, 3). https://standartgost.ru/g/%D0%93%D0%9E%D0%A1%D0%A2_2.302-68*
2. ГОСТ 2.304-81. Единая система конструкторской документации. Шрифты чертёжные (с Изменениями № 1, 2). https://standartgost.ru/g/%D0%93%D0%9E%D0%A1%D0%A2_2.304-81
3. ГОСТ 2.303-68. Единая система конструкторской документации. Линии (с Изменениями № 1, 2). https://standartgost.ru/g/%D0%93%D0%9E%D0%A1%D0%A2_2.303-68*
4. ГОСТ 2.306-68. Единая система конструкторской документации. Обозначения графиические материалов и правила их нанесения на чертёж. https://standartgost.ru/g/%D0%93%D0%9E%D0%A1%D0%A2_2.306-68*
5. ГОСТ 2.307-68. Единая система конструкторской документации. Нанесение размеров и предельных отклонений (с Изменениями № 1, 2, 3). https://standartgost.ru/g/%D0%93%D0%9E%D0%A1%D0%A2_2.307-68*
6. ГОСТ 2.301-68. Единая система конструкторской документации. Форматы (с Изменениями № 1, 2, 3). https://standartgost.ru/g/%D0%93%D0%9E%D0%A1%D0%A2_2.301-68*
7. ГОСТ 2.001-2013. Единая система конструкторской документации. Общие положения. https://standartgost.ru/g/%D0%93%D0%9E%D0%A1%D0%A2_2.051-2013

4.2 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. – 342с.

4. Комиссаров, Ю. А. Процессы и аппараты химической технологии. В 5 ч. Часть 1: учебник для вузов / Ю. А. Комиссаров, Л. С. Гордеев, Д. П. Вент ; под редакцией

Ю. А. Комиссарова. — 2-е изд., перераб. и доп. — Москва: Издательство Юрайт, 2023. — 216 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-09099-4. — Текст: электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: https://urait.ru/bcode/515341 (дата обращения: 06.06.2023).

4.3 Дополнительная литература

1. Комиссаров, Ю. А. Основы конструирования и проектирования промышленных аппаратов: учебное пособие для вузов / Ю. А. Комиссаров, Л. С. Гордеев, Д. П. Вент. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва: Издательство Юрайт, 2023. — 368 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-05422-4. — Текст: электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: https://urait.ru/bcode/515193 (дата обращения: 06.06.2023).

2. Тимонин А.С. Инженерно-экологический справочник. В 3-х томах. – Калуга: Изд. Н. Бочкарёвой, 2003.

3. 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.

4.4 Электронные образовательные ресурсы

1. https://online.mospolytech.ru/course/view.php?id=10091
2. https://online.mospolytech.ru/course/view.php?id=10266

4.5 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение

Не предусмотрено.

4.6 Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы

1. ИСС Гарант https://www.garant.ru/

5. Материально-техническое обеспечение

Проведение лекций осуществляется в общеуниверситетских аудиториях, где предусмотрена демонстрация фильмов, слайдов или использование раздаточных материалов.

Лабораторные работы проводятся в специализированной аудитории (Ав-4108), где расположены лабораторные установки и оборудование:

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

- исследование процесса экстракции;
- исследование процесса конвективной сушки материалов.

6. Методические рекомендации

6.1 Методические рекомендации для преподавателя по организации обучения

Основным требованием к преподаванию дисциплины является творческий, проблемно-диалоговый подход, позволяющий повысить интерес студентов к содержанию учебного материала.

Основная форма изучения и закрепления знаний по этой дисциплине – лекционная, лабораторная и практическая. Преподаватель должен последовательно вычитать студентам ряд лекций, в ходе которых следует сосредоточить внимание на ключевых моментах конкретного теоретического материала, а также организовать проведение практических занятий таким образом, чтобы активизировать мышление студентов, стимулировать самостоятельное извлечение необходимой информации из различных источников, сравнительный анализ методов решений, сопоставление полученных результатов, формулировку и аргументацию собственных взглядов на многие спорные проблемы.

Основу учебных занятий по дисциплине составляют лекции. В процессе обучения студентов используются различные виды учебных занятий (аудиторных и внеаудиторных): лекции, семинарские занятия, лабораторные работы консультации и т.д. На первом занятии по данной учебной дисциплине необходимо ознакомить студентов с порядком ее изучения, раскрыть место и роль дисциплины в системе наук, ее практическое значение, довести до студентов требования кафедры, ответить на вопросы.

При подготовке к лекционным занятиям по курсу необходимо продумать план его проведения, ознакомиться с новинками учебной и методической литературы, публикациями периодической печати по теме лекционного занятия, определить средства материально-технического обеспечения лекционного занятия и порядок их использования в ходе чтения лекции. Уточнить план проведения практического занятия по теме лекции.

В ходе лекционного занятия преподаватель должен назвать тему, учебные вопросы, ознакомить студентов с перечнем основной и дополнительной литературы по теме занятия.

Лекцию следует начинать, только чётко обозначив её характер, тему и круг тех вопросов, которые в её ходе будут рассмотрены. В основной части лекции следует раскрыть содержание учебных вопросов, акцентировать внимание студентов на основных категориях, явлениях и процессах, особенностях их протекания. Приводить примеры. Задавать по ходу изложения лекционного материала вопросы и самому давать на них ответ. Это способствует активизации мыслительной деятельности студентов, повышению их внимания и интереса к материалу лекции, ее содержанию. Преподаватель должен руководить работой студентов по конспектированию лекционного материала, подчеркивать необходимость отражения в конспектах основных положений изучаемой темы.

В заключительной части лекции необходимо сформулировать общие выводы по теме, раскрывающие содержание всех вопросов, поставленных в лекции. Объявить план очередного семинарского или лабораторного занятия, дать краткие рекомендации по подготовке студентов к семинару или лабораторной работе. Определить место и время консультации студентам по вопросам обсуждаемой темы.

Цель практических и лабораторных занятий – обеспечить контроль усвоения учебного материала студентами, расширение и углубление знаний, полученных ими на

лекциях и в ходе самостоятельной работы. Повышение эффективности практических занятий достигается посредством создания творческой обстановки, располагающей студентов к высказыванию собственных взглядов и суждений по обсуждаемым вопросам, желанию у студентов поработать у доски при решении задач.

После каждого лекционного, лабораторного и практического занятия сделать соответствующую запись в журналах учета посещаемости занятий студентами, выяснить у старост учебных групп причины отсутствия студентов на занятиях. Проводить групповые и индивидуальные консультации студентов по вопросам, возникающим у студентов в ходе их подготовки к текущей и промежуточной аттестации по учебной дисциплине, рекомендовать в помощь учебные и другие материалы, а также справочную литературу.

Оценка выставляется преподавателем и объявляется после ответа.

Преподаватель, принимающий зачёт или экзамен, лично несет ответственность за правильность выставления оценки.

6.2 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Работа студента направлена на:

- изучение теоретического материала, подготовка к практическим занятиям, лабораторных занятиям и выполнение практических работ и лабораторных работ.
- подготовка и выполнение тестирования с использованием общеобразовательного портала.

Самостоятельная работа студентов представляет собой важнейшее звено учебного процесса, без правильной организации которого обучающийся не может быть высококвалифицированным выпускником.

Студент должен помнить, что начинать самостоятельные занятия следует с первого семестра и проводить их регулярно. Очень важно приложить максимум усилий, воли, чтобы заставить себя работать с полной нагрузкой с первого дня.

Не следует откладывать работу из-за нерабочего настроения или отсутствия вдохновения. Настроение нужно создавать самому. Понимание необходимости выполнения работы, знание цели, осмысление перспективы благоприятно влияют на настроение.

Каждый студент должен сам планировать свою самостоятельную работу, исходя из своих возможностей и приоритетов. Это стимулирует выполнение работы, создает более спокойную обстановку, что в итоге положительно сказывается на усвоении материала.

Важно полнее учесть обстоятельства своей работы, уяснить, что является главным на данном этапе, какую последовательность работы выбрать, чтобы выполнить ее лучше и с наименьшими затратами времени и энергии.

Для плодотворной работы немаловажное значение имеет обстановка, организация рабочего места. Нужно добиться, чтобы место работы по возможности было постоянным. Работа на привычном месте делает ее более плодотворной. Продуктивность работы зависит от правильного чередования труда и отдыха. Поэтому каждые час или два следует делать перерыв на 10-15 минут. Выходные дни лучше посвятить активному отдыху, занятиям спортом, прогулками на свежем воздухе и т.д. Даже переключение с одного вида умственной работы на другой может служить активным отдыхом.

Студент должен помнить, что в процессе обучения важнейшую роль играет самостоятельная работа с книгой. Научиться работать с книгой – важнейшая задача студента. Без этого навыка будет чрезвычайно трудно изучать программный материал, и много времени будет потрачено нерационально. Работа с книгой складывается из умения подобрать необходимые книги, разобраться в них, законспектировать, выбрать главное, усвоить и применить на практике.

7. Фонд оценочных средств

7.1 Методы контроля и оценивания результатов обучения

До даты проведения промежуточной аттестации студент должен выполнить все работы, предусмотренные настоящей рабочей программой дисциплины. Перечень обязательных работ и форма отчетности представлены в таблице.

Перечень обязательных работ, выполняемых в течение семестра по дисциплине «Процессы и аппараты химической технологии»

Вид работы	Форма отчетности и текущего контроля
Лабораторные работы	Перед лабораторными работами: проверка журнала лабораторных работ на предмет подготовки к лабораторной работе, устный опрос о предмете и порядке исследования. После лабораторной работы: оформленный отчет (журнал) лабораторных работ, защита лабораторных работ с оценкой.
Тестирование (промежуточное и итоговое)	Оценка в соответствии со шкалой в пункте 7.2.2.

7.2 Шкала и критерии оценивания результатов обучения

7.2.1. Шкала оценивания лабораторных работ

Шкала оценивания	Описание
Отлично	Выполнены все требования по оформлению журнала лабораторных работ: название работы, краткая запись элементов теории, цель работы, схема установки, таблица экспериментальных и расчетных величин, графики зависимостей с нанесенными экспериментальными данными. Студент правильно отвечает на вопросы для самоконтроля, приведенные в каждой лабораторной работе. На дополнительные вопросы студент дает правильные ответы.
Хорошо	Выполнены все требования по оформлению журнала лабораторных работ, но допущены незначительные недочеты. Студент правильно отвечает на вопросы для самоконтроля. При ответах на дополнительные вопросы студент допускает незначительные ошибки или неполные ответы.
Удовлетворительно	Имеются недочеты в оформлении журнала лабораторных работ. Студент допускает незначительные ошибки при ответах на вопросы для самоконтроля и затрудняется ответить на дополнительные вопросы.
Неудовлетворительно	Имеются существенные недочеты в оформлении журнала лабораторных работ. Студент допускает ошибки при ответах на вопросы для самоконтроля и не может ответить на дополнительные вопросы.

7.2.2. Шкала оценивания тестирования

Результат тестирования оценивается по процентной шкале оценки.

Оценка	Количество правильных ответов
отлично	от 86% до 100%
хорошо	от 73% до 85%
удовлетворительно	от 60% до 72%
неудовлетворительно	40% и менее правильных ответов

7.3 Оценочные средства

7.3.1. Текущий контроль

7.3.1.1. Требования к оформлению журнала лабораторных работ

Подготовка к лабораторной работе должна содержать:

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

Подготовка к защите лабораторной работе должна содержать:

1. Расчеты по экспериментальным данным.
2. Таблицы с результатами экспериментальных и расчетных данных.
3. Графическое представление экспериментальных данных.
4. Выводы по проведенному исследованию процесса.
5. Ответы на вопросы для самоконтроля.

7.3.1.2. Вопросы для подготовки к электронному тестированию (экзамену)

Общие вопросы

1. Что лежит в основе классификации химико-технологических процессов?
2. Какова формулировка основного кинетического закона?
3. В чём заключается сущность периодических и непрерывных процессов?
4. В чём состоят основные особенности моделей полного вытеснения и полного смешения?
5. На основании каких законов записываются уравнения материального и энергетического балансов?
6. Что входит в условия однозначности?
7. Какие процессы называются подобными?
8. Какие критерии подобия являются определяемыми?
9. Какую роль играет теория подобия в исследовании технологических процессов?

Вопросы по гидромеханическим процессам

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

Вопросы по тепловым процессам

40. Какие существуют способы передачи тепла?
41. В чём состоит различие между переносом теплоты конвекцией и теплопроводностью?
42. Какие критерии подобия используются для описания процесса конвективного переноса тепла?
43. В чём заключается процесс теплопередачи?
44. Какова формулировка закона теплопроводности Фурье?
45. От каких факторов зависит коэффициент теплопроводности?
46. Какова формулировка закона теплоотдачи Ньютона?
47. От каких факторов зависит коэффициент теплоотдачи?
48. Каким образом рассчитывается поверхность теплообмена теплообменника?

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

Вопросы по массообменным процессам

65. Что является движущей силой массообменных процессов?
66. С какой целью модифицируется основное уравнение массопередачи?
67. Какие законы описывают равновесие в системах жидкость-газ и жидкость-пар?
68. Как формулируется первый закон Фика?
69. От чего зависит коэффициент молекулярной диффузии?
70. Как формулируется закон массоотдачи Щукарева?
71. От чего зависит коэффициент массоотдачи?
72. Чем отличается массоотдача от массопередачи?
73. Какие критерии подобия описывают процессы массообмена?
74. Каким образом определяется движущая сила массопередачи?
75. В чем отличие хемосорбции от физической абсорбции?
76. Какие условия интенсифицируют процесс абсорбции?
77. Чем характеризуется точка азеотропа?
78. Что такое флегмовое число?
79. Как влияет флегмовое число на диаметр, высоту и рабочий объём ректификационной колонны?
80. Какова движущая сила процесса ректификации при минимальном флегмовом числе?
81. Каково назначение насадки в колонной аппаратуре?
82. Какие гидродинамические режимы реализуются в насадочных массообменных аппаратах в зависимости от скорости газа?
83. Из каких слагаемых складывается сопротивление тарельчатой колонны?
84. От чего зависит коэффициент массопроводности?
85. Какие способы жидкостной экстракции существуют?
86. Какие существуют виды связи влаги в материале?
87. В чём состоят различия между конвективной и кондуктивной сушкой?
88. Перечислите основные параметры влажного воздуха как сушильного агента?
89. В чем отличие I и II периода сушки?

90. В каких случаях целесообразно применение сушилок с частичной рециркуляцией сушильного агента?
91. В чем отличие динамической от статической активности адсорбента?
92. Какие параметры процесса адсорбции связывает между собой уравнение Шилова?
93. Какова область применения ионообменных процессов?
94. Какие основные способы кристаллизации существуют?
95. В чем суть изогидрической кристаллизации?
96. В чём заключается сущность процесса мембранного разделения?
97. Какова область применения мембранных процессов?
98. Что такое процесс обратного осмоса?
99. Какие основные типы мембранных аппаратов существуют?

7.3.2. Промежуточная аттестация

Примеры экзаменационных билетов

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

«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХ)

Институт/факультет **ХТиБ**, кафедра\центр **ПАХТ**
Дисциплина *Процессы и аппараты химической технологии*
Образовательная программа ***20.03.01***
Курс **3**, семестр **5**

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) _____ / П.С. Громовых /

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХ)

Институт/факультет **ХТиБ**, кафедра\центр **ПАХТ**
Дисциплина ***Процессы и аппараты химической технологии***
Образовательная программа ***20.03.01***
Курс **3**, семестр **5**

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) _____ / П.С. Громовых/

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

«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХ)

Институт/факультет **ХТиБ**, кафедра\центр **ПАХТ**
Дисциплина ***Процессы и аппараты химической технологии***
Образовательная программа ***20.03.01***
Курс **3**, семестр **5**

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) _____ / П.С. Громовых /

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

«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХ)

Институт/факультет **ХТиБ**, кафедра\центр **ПАХТ**
Дисциплина ***Процессы и аппараты химической технологии***
Образовательная программа ***20.03.01***
Курс **3**, семестр **5**

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) _____ / П.С. Громовых /

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

«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХ)

Институт/факультет **ХТиБ**, кафедра\центр **ПАХТ**
Дисциплина ***Процессы и аппараты химической технологии***
Образовательная программа ***20.03.01***
Курс **3**, семестр **5**

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 5

1. Теория подобия: основные положения и практическое значение.
2. Выпаривание с применением теплового насоса.
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) _____ / П.С. Громовых /

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

«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХ)

Институт/факультет **ХТиБ**, кафедра\центр **ПАХТ**
Дисциплина ***Процессы и аппараты химической технологии***
Образовательная программа ***20.03.01***
Курс **3** семестр **5**

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 6

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 $y_р = 1{,}5x$; где $x_к = 0{,}015$ кмоль/кмоль.

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

Зав. кафедрой (директор центра) _____ / П.С. Громовых /

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

«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХ)

Институт/факультет **ХТиБ**, кафедра\центр **ПАХТ**
Дисциплина ***Процессы и аппараты химической технологии***
Образовательная программа ***20.03.01***
Курс **3** семестр **5**

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 7

1. Изображение в диаграмме Н-х 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) _____ / П.С. Громовых /

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

«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХ)

Институт/факультет **ХТиБ**, кафедра\центр **ПАХТ**
Дисциплина ***Процессы и аппараты химической технологии***
Образовательная программа ***20.03.01***
Курс **3** семестр **5**

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 8

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) _____ / П.С. Громовых /

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

«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХ)

Институт/факультет **ХТиБ**, кафедра\центр **ПАХТ**
Дисциплина ***Процессы и аппараты химической технологии***
Образовательная программа ***20.03.01***
Курс **3** семестр **5**

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 9

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) _____ / П.С. Громовых /

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

«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХ)

Институт/факультет **ХТиБ**, кафедра\центр **ПАХТ**
Дисциплина ***Процессы и аппараты химической технологии***
Образовательная программа ***20.03.01***

Курс **3** семестр **5**

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 10

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) _____ / П.С. Громовых /