

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Ястребов Олег Александрович  
Должность: Ректор  
Дата подписания: 30.05.2022 14:37:53  
Уникальный программный ключ:  
ca953a0120d891083f939673078ef1a989dae18a

**Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования «Российский университет дружбы народов»**

**Институт экологии**

(наименование основного учебного подразделения (ОУП)-разработчика ОП ВО)

## **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

### **Процессы и аппараты химической технологии**

(наименование дисциплины/модуля)

**Рекомендована МССН для направления подготовки/специальности:**

18.03.02 Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии,  
нефтехимии и биотехнологии

(код и наименование направления подготовки/специальности)

**Освоение дисциплины ведется в рамках реализации основной профессиональной образовательной программы высшего образования (ОП ВО):**

Рациональное использование сырьевых и энергетических ресурсов

(наименование (профиль/специализация) ОП ВО)

2022 г.

## 1. ЦЕЛЬ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

**Целью** освоения дисциплины «Процессы и аппараты химической технологии» является формирование знаний, умений и навыков в области процессов и аппаратов химической технологии и оборудования. Изучение основ теории подобия, механических процессов и аппаратов дозирования, измельчения, классификации.

Освоение гидродинамики и гидравлики. Движение жидкости через неподвижные, пористые и зернистые слои. Гидродинамика псевдоожиженного слоя. Классификация гидравлических машин, уравнение Бернулли. Основные критерии гидродинамического подобия. Теоретические основы растворения, перемешивания. Способы разделения твердой и жидкой фаз. Насосы, компрессоры, вентиляторы.

Изучение тепловых процессов и аппаратов, тепловой баланс, тепловые характеристики. Механизмы передачи теплоты. Закон Фурье. Закон Ньютона. Тепловое подобие. Теплоотдача. Теплоносители. Подвод и отвод тепла. Теплообменная аппаратура. Нагревание. Охлаждение. Теплообменные аппараты. Расчет поверхности теплообменных аппаратов. Выпаривание растворов. Свойства растворов. Способы и методы выпаривания. Выпарные аппараты. Простое выпаривание. Материальный и тепловой баланс.

Изучение массообменных процессов и аппаратов. Основы массопередачи. Способы выражения состава фаз. Материальный баланс. Уравнения рабочих линий.

Первый, второй законы Фика. Молекулярная и конвективная диффузия. Коэффициенты массоотдачи и массопередачи. Подобие диффузионных процессов. Движущая сила процесса массопередачи. Адсорбция. Правило фаз Гиббса. Законом растворимости Генри. Законы Дальтона, Рауля. Материальные балансы Степень извлечения (поглощения). Кинетика процесса. Уравнения коэффициентов массопередачи. Дистилляция и ректификация. Непрерывнодействующая ректификационная установка. Материальный баланс. Уравнения рабочих линий процесса ректификации в укрепляющей и исчерпывающей частях колонны. Материальный баланс процесса экстракции. Конструкции экстракторов. Принципиальные схемы экстракции. Адсорбция. Теория Ленгмюра формула Фрейндлиха. Адсорбенты и ионообменные смолы. Классификация и устройство аппаратов для проведения адсорбции.

Сушка. Способу подвода теплоты, равновесие в процессе сушки. Кинетика сушки. Факторы, определяющие скорость сушки. Конвективная сушка. Материальный баланс. Тепловой баланс конвективной сушки. Диаграмма состояния влажного атмосферного воздуха ( $i-x$ ). Рабочая линия сушки. Движущая сила процесса сушки. Принципиальные схемы конвективной сушки. Конструкции сушилок. Кристаллизация. Явлениями полиморфизма, образования кристаллогидратов и изоморфизма. Кривая растворимости. Кристаллизация изогидрическим и изотермическим способом. Материальный и тепловой баланс потоков.

Мембранные процессы. Характеристики мембранного процесса. Баромембранные процессы разделения жидких сред - микрофильтрация, ультрафильтрация и обратный осмос. Диализ, электродиализ. Мембраны, основные типы. Влияние различных факторов на процесс мембранного разделения. Аппараты для мембранного разделения.

Искусственное охлаждение. Хладагенты. Парокомпрессионные холодильные машины. Цикл с «влажным» и «сухим» ходом компрессора. Основные параметры, характеризующие работу компрессионной установки в обоих циклах. Адсорбционные холодильные установки. Пароэжекторная холодильная установка. Глубокое охлаждение.

**Задачи дисциплины** – формирование знаний в разделах:

- **гидромеханические процессы и аппараты** (вопросы прикладной гидромеханики, перемещение жидкостей и газов, разделение жидких и газовых гетерогенных систем, перемешивание в жидких средах).
- **тепловые процессы и аппараты** (основы теплопередачи, источники энергии, теплообменную аппаратуру, выпаривание растворов, искусственное охлаждение).
- **массообменные процессы и аппараты** (основы массопередачи, абсорбцию, дистилляцию и ректификацию, экстракцию, адсорбцию, сушку, кристаллизацию, мембранные процессы).
- **механические процессы и аппараты** (измельчение твердых материалов, классификацию, дозирование и смешение, перемещение твердых материалов).

## 2. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Освоение дисциплины «Процессы и аппараты химической технологии» направлено на формирование у обучающихся следующих компетенций (части компетенций):

Таблица 2.1. Перечень компетенций, формируемых у обучающихся при освоении дисциплины (результаты освоения дисциплины)

Шифр	Компетенция	Индикаторы достижения компетенции (в рамках данной дисциплины)
УК-2	Способность определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений	УК-2.1 Формулировка проблемы, решение которой напрямую связано с достижением цели проекта
		УК-2.2 Определение связи между поставленными задачами и ожидаемыми результатами их решения
		УК-2.3 В рамках поставленных задач определение имеющихся ресурсов и ограничений, действующих правовых норм
ОПК-2	Способность использовать математические, физические, физико-химические, химические методы для решения задач профессиональной деятельности	ОПК-2.1 Знание теоретических основ химической технологии, механизмов и схем производственных химико-технологических процессов и устройства аппаратов, а также основу процессов и аппаратов защиты окружающей среды
		ОПК-2.3 Способность применять на практике стандартные программные продукты при разработке проектов в области ресурсосбережения в химической технологии, нефтехимии, биотехнологии и в области защиты окружающей среды

## 3. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОП ВО

Дисциплина «Процессы и аппараты химической технологии» относится к *базовой* компоненте блока Б1 ОП ВО.

В рамках ОП ВО обучающиеся также осваивают другие дисциплины и/или практики, способствующие достижению запланированных результатов освоения дисциплины «Процессы и аппараты химической технологии».

Таблица 3.1. Перечень компонентов ОП ВО, способствующих достижению запланированных результатов освоения дисциплины

Шифр	Наименование компетенции	Предшествующие дисциплины/модули, практики*	Последующие дисциплины/модули, практики*
УК-2	Способность определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений	Охрана труда Системы управления химико-технологическими процессами Курсовая работа "Системы управления химико-технологическими процессами" Безопасность жизнедеятельности Основы судебно-экологической экспертизы Коммерциализация Start-up идей Стартап: правовая помощь в организации бизнеса	Да
ОПК-2	Способность использовать математические, физические, физико-химические, химические методы для решения задач профессиональной деятельности	Математика Информатика Неорганическая химия Органическая химия Физическая и коллоидная химия Основы биохимии Общая химическая технология Биологические методы контроля состояния ОС Аналитическая химия Системы управления химико-технологическими процессами Курсовая работа "Системы управления химико-технологическими процессами" Процессы и аппараты защиты окружающей среды Курсовая работа "Процессы и аппараты защиты окружающей среды" Методы математической статистики Электротехника ГИС в экологии и природопользовании Курсовая работа Ресурсосберегающие технологии и управление отходами Вредные и опасные вещества в промышленности	Да

Шифр	Наименование компетенции	Предшествующие дисциплины/модули, практики*	Последующие дисциплины/модули, практики*
		Вредные и опасные производственные факторы Техника и технологии альтернативной энергетики Возобновляемая энергетика и окружающая среда Основы применения результатов космической деятельности для оценки влияния объектов энергетики и нефтехимии на окружающую среду	

\* - заполняется в соответствии с матрицей компетенций и СУП ОП ВО

#### 4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Общая трудоемкость дисциплины «Процессы и аппараты химической технологии» составляет 3 зачетные единицы.

Таблица 4.1. Виды учебной работы по периодам освоения ОП ВО для **ОЧНОЙ** формы обучения

Вид учебной работы	ВСЕГО, ак.ч.	Семестр(-ы)			
		4	5	6	7
Контактная работа, ак.ч.	60			60	
Лекции (ЛК)	30			30	
Лабораторные работы (ЛР)					
Практические/семинарские занятия (СЗ)	30			30	
Самостоятельная работа обучающихся, ак.ч.	39			39	
Контроль (экзамен/зачет с оценкой), ак.ч.	9			9	
Общая трудоемкость дисциплины	ак.ч.	108		108	
	зач.ед.	3		3	

Таблица 4.2. Виды учебной работы по периодам освоения ОП ВО для **ОЧНО-ЗАОЧНОЙ** формы обучения\*

Вид учебной работы	ВСЕГО, ак.ч.	Семестр(-ы)			
		5	6	7	8
Контактная работа, ак.ч.	40			40	
Лекции (ЛК)	20			20	
Лабораторные работы (ЛР)					
Практические/семинарские занятия (СЗ)	20			20	
Самостоятельная работа обучающихся, ак.ч.	68			68	
Контроль (экзамен/зачет с оценкой), ак.ч.					
Общая трудоемкость дисциплины	ак.ч.	108		108	
	зач.ед.	3		3	

Таблица 4.3. Виды учебной работы по периодам освоения ОП ВО для **ЗАОЧНОЙ** формы обучения\*

Вид учебной работы	ВСЕГО, ак.ч.	Семестр(-ы)			
		1	2	3	4
<i>Контактная работа, ак.ч.</i>	12			12	
Лекции (ЛК)	6			6	
Лабораторные работы (ЛР)					
Практические/семинарские занятия (СЗ)	6			6	
<i>Самостоятельная работа обучающихся, ак.ч.</i>	92			92	
<i>Контроль (экзамен/зачет с оценкой), ак.ч.</i>	4			4	
Общая трудоемкость дисциплины	ак.ч.	108		108	
	зач.ед.	3		3	

## 5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Таблица 5.1. Содержание дисциплины (модуля) по видам учебной работы

Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела (темы)	Вид учебной работы*
Раздел 1. ОБЩИЕ ПОНЯТИЯ. КЛАССИФИКАЦИЯ ОСНОВНЫХ ПРОЦЕССОВ. ПРИЕМЫ МАСШТАБИРОВАНИЯ. МЕХАНИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ.	Тема 1.1. Классификация основных процессов и аппаратов. Технологический процесс. Стадии и операции. Материальный и энергетический балансы. Принципы анализа и расчета. Основы теории подобия.	ЛК
	Тема 1.2. Механические процессы и аппараты. Дозирование материалов. Дозаторы, питатели. Измельчение твердых материалов. Классификация способов дробления. уравнения Кирпичева — Кика и Риттингера. Измельчающие машины, их классификация и устройство.	ЛК
Раздел 2. ГИДРОДИНАМИКА, ГИДРАВЛИКА. ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ И ЗАКОНОМЕРНОСТИ.	Тема 2.1. Гидродинамические режимы вязкой жидкости. Гидравлическое сопротивление трубопроводов. Уравнение Вейсбаха—Дарси. Движение жидкости через неподвижные, пористые и зернистые слои. Основные характеристики. Гидродинамика псевдоожиженного слоя. Классификация гидравлических машин. Уравнения Бернулли.	ЛК
	Тема 2.2. Общие вопросы прикладной гидромеханики. Гидростатика. Гидродинамика. Основные критерии гидродинамического подобия.	ЛК, ЛР
	Тема 2.3. Теоретические основы растворения, классификация. Перемешивание в жидких средах. Конструкции механических мешалок. Основные способы разделения твердой и жидкой фаз. Разделение в поле сил тяжести (отстаивание). Разделение суспензий в поле сил давления (фильтрование).	ЛК, ЛР
	Тема 2.4. Основные конструктивные типы фильтров. Мощность. Напор. Динамические насосы. Перемещение, сжатие и разрежение газов. Центробежные машины.	ЛК
	Тема 2.5. Разделение в поле центробежных сил. Фактор разделения. Осадительные и фильтрующие центрифуги. Суперцентрифуги. Сепараторы. Циклонные процессы. Разделение неоднородных смесей под действием электрического поля. Мокрая очистка газов.	ЛК, ЛР

Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела (темы)	Вид учебной работы*
Раздел 3. ТЕПЛОВЫЕ ПРОЦЕССЫ	Тема 3.1. Тепловые процессы и аппараты. Тепловой баланс. Тепловые характеристики. Механизмы передачи теплоты. Закон Фурье. Закон Ньютона. Тепловое подобие. Теплоотдача при свободном и вынужденном движении жидкости. Теплоотдача при изменении агрегатного состояния. Тепловое излучение. Основы теплопередачи.	ЛК, ЛР
	Тема 3.2 Теплоносители. Подвод и отвод тепла. Теплообменная аппаратура. Нагревание. Охлаждение. Теплообменные аппараты. Поверхностные (рекуперативные) теплообменники. Регенеративные теплообменные аппараты. Теплообменники смешения. Расчет поверхности теплообменных аппаратов.	ЛК, ЛР
	Тема 3.3. Выпаривание растворов. Свойства растворов. Концентрация, температурная депрессия, теплота растворения (концентрирования). Способы и методы выпаривания. Выпарные аппараты. Конструкции выпарных аппаратов. Простое выпаривание. Материальный и тепловой баланс. Многократное выпаривание. Прямоточные и противоточные многокорпусные установки. Адиабатные выпарные установки.	ЛК, ЛР
Раздел 4 МАССОБМЕННЫЕ ПРОЦЕССЫ И АППАРАТЫ.	Тема 4.1 Массообменные процессы и аппараты. Основы массопередачи. Способы выражения состава фаз двухкомпонентных систем. Материальный баланс. Уравнения рабочих линий.	ЛК
	Тема 4.2. Первый, второй законы Фика. Молекулярная диффузия. Конвективная диффузия. Коэффициенты масс отдачи и массопередачи. Подобие диффузионных процессов. Движущая сила процесса массопередачи. Модифицированные уравнения массопередачи. Массопередачи в системах с твердой фазой	ЛК, ЛР
	Тема 4.3. Абсорбция. Правило фаз Гиббса. Законом растворимости Генри. Закон Дальтона. Закон Рауля. Материальный баланс процесса абсорбции. Степень извлечения (поглощения). Кинетика процесса. Уравнения коэффициентов массопередачи. Принципиальные схемы абсорбции. Десорбция. Конструкции абсорберов-поверхностные, пленочные, насадочные, барботажные, распыливающие.	ЛК
	Тема 4.4. Дистилляция и ректификация. Простая дистилляция (простая перегонка). Однократное испарение. Фракционная перегонка. Дистилляцию в токе водяного пара, инертного газа. Молекулярная дистилляция. Ректификация. Непрерывно действующая ректификационная установка. Материальный баланс. Уравнения рабочих линий процесса ректификации в укрепляющей и исчерпывающей частях колонны. Флегмовое число. Тепловой баланс.	ЛК
	Тема 4.5. Периодически действующие ректификационные установки, режимы работы. Экстрактивная ректификация Азеотропная ректификация. Расчет тарельчатых ректификационных колонн.	
Раздел 5. ИСКУССТВЕННОЕ	Тема 5.1. Мембранные процессы. Характеристики мембранного процесса. Баромембранные процессы разделения жидких сред - микрофильтрация, ультрафильтрация и обратный осмос. Диализ,	ЛК, ЛР

Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела (темы)	Вид учебной работы*
ОХЛАЖДЕНИЕ И МЕМБРАННЫЕ ПРОЦЕССЫ	электродиализ. Мембраны, основные типы. Влияние различных факторов на процесс мембранного разделения. Аппараты для мембранного разделения.	
	Тема 5.2. Искусственное охлаждение. Хладагенты. Парокомпрессионные холодильные машины. Цикл с «влажным» и «сухим» ходом компрессора. Основные параметры, характеризующие работу компрессионной установки в обоих циклах. Абсорбционные холодильные установки. Пароэжекторная холодильная установка. Глубокое охлаждение.	ЛК

## 6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Таблица 6.1. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Тип аудитории	Оснащение аудитории	Специализированное учебное/лабораторное оборудование, ПО и материалы для освоения дисциплины (при необходимости)
Лекционная	Аудитория для проведения занятий лекционного типа, оснащенная комплектом специализированной мебели; доской (экраном) и техническими средствами мультимедиа презентаций.	Да
Семинарская	Аудитория для проведения занятий семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, оснащенная комплектом специализированной мебели и техническими средствами мультимедиа презентаций.	Да
Для самостоятельной работы обучающихся	Аудитория для самостоятельной работы обучающихся (может использоваться для проведения семинарских занятий и консультаций), оснащенная комплектом специализированной мебели и компьютерами с доступом в ЭИОС.	Да

\* - аудитория для самостоятельной работы обучающихся указывается **ОБЯЗАТЕЛЬНО!**

## 7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Основная литература:

1. Луканин А.В. Инженерная экология: защита литосферы от твердых промышленных и бытовых отходов. Учебное пособие. М., ИНФРА-М. 2018, -556 с. (материалы размещены в системе ТУИС РУДН)



2. Луканин А.В. Инженерная экология: процессы и аппараты очистки сточных вод и переработки осадков: учеб. пособие. – М.: ИНФРА-М, 2017. – 605 с. +Доп. материалы. (материалы размещены в системе ТУИС РУДН)
3. Луканин А.В. Монография. Очистка газовоздушных выбросов, - Москва: ИНФРА-М, 2021. 200 с. (материалы размещены в системе ТУИС РУДН)

*Дополнительная литература:*

1. Ключенкова М.И., Луканин А.В. Защита окружающей среды от промышленных газовых выбросов. Учебное пособие. М.: ИНФРА-М, 2016, - 142 с. (материалы размещены в системе ТУИС РУДН)
2. Луканин А.В., Процессы и аппараты биотехнологической очистки сточных вод. Учебное пособие. М.: ИНФРА-М, 2016, -242 с. (материалы размещены в системе ТУИС РУДН)
3. Луканин А.В., Инженерная биотехнология: процессы и аппараты микробиологических производств: учебное пособие. М.: ИНФРА-М, 2016, - 451 с. (материалы размещены в системе ТУИС РУДН)
4. Луканин А.В., Процессы и аппараты биотехнологической очистки сточных вод. Учебное пособие. М.: Университет машиностроения, 2014. -224 с. (материалы размещены в системе ТУИС РУДН)
5. Ключенкова М.И., Луканин А.В. Защита окружающей среды от промышленных газовых выбросов. Учебное пособие. М., Моск. гос. университет инженерной экологии (МГУИЭ), 2012 г., -145 с. (материалы размещены в системе ТУИС РУДН)

*Ресурсы информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»:*

1. ЭБС РУДН и сторонние ЭБС, к которым студенты университета имеют доступ на основании заключенных договоров:

- Электронно-библиотечная система РУДН – ЭБС РУДН <http://lib.rudn.ru/MegaPro/Web>
- ЭБС «Университетская библиотека онлайн» <http://www.biblioclub.ru>
- ЭБС Юрайт <http://www.biblio-online.ru>
- ЭБС «Консультант студента» [www.studentlibrary.ru](http://www.studentlibrary.ru)
- ЭБС «Лань» <http://e.lanbook.com/>
- ЭБС «Троицкий мост»

2. Базы данных и поисковые системы:

- электронный фонд правовой и нормативно-технической документации <http://docs.cntd.ru/>

- поисковая система Яндекс <https://www.yandex.ru/>
- поисковая система Google <https://www.google.ru/>
- реферативная база данных SCOPUS <http://www.elsevierscience.ru/products/scopus/>

*Учебно-методические материалы для самостоятельной работы обучающихся при освоении дисциплины/модуля\*:*

1. Курс лекций по дисциплине «Процессы и аппараты химической технологии».
2. Методические указания по выполнению и оформлению курсовой работы/проекта по дисциплине «Процессы и аппараты химической технологии» (при наличии КР/КП).

## 8. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СИСТЕМА ОЦЕНИВАНИЯ УРОВНЯ СФОРМИРОВАННОСТИ КОМПЕТЕНЦИЙ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Оценочные материалы и балльно-рейтинговая система\* оценивания уровня сформированности компетенций (части компетенций) по итогам освоения дисциплины «Процессы и аппараты химической технологии» представлены в Приложении к настоящей Рабочей программе дисциплины.

### РАЗРАБОТЧИК:

**Профессор** департамента  
экологической безопасности и  
менеджмента качества  
продукции института  
экологии РУДН

Должность, БУП

Подпись

**Луканин А.В.**

Фамилия И.О.

### РУКОВОДИТЕЛЬ БУП:

**Департамент** экологической  
безопасности и менеджмента  
качества продукции  
института экологии РУДН

Наименование БУП

Подпись

**Савенкова Е.В.**

Фамилия И.О.

### РУКОВОДИТЕЛЬ ОП ВО:

**Доцент** департамента  
экологической безопасности и  
менеджмента качества  
продукции института  
экологии РУДН

Должность, БУП

Подпись

**Харламова М.Д.**

Фамилия И.О.

# **ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ**

**По учебной дисциплине**

**«Процессы и аппараты химической технологии»**

**Направление 18.03.02 Энерго- и ресурсосберегающие процессы в  
химической технологии, нефтехимии и биотехнологии**

**Квалификация выпускника: бакалавр**

13. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине

Код контролируемой компетенции или ее части	Контролируемый раздел дисциплины	Контролируемая тема дисциплины	Наименование оценочного средства					Баллы раздела	Экзамен
			Работа на	Самостоятельно	Промежуточная	Лекция	Итоговое тестирование		
УК-2 (УК-2.1; УК-2.2; УК-2.3), ОПК-2 (ОПК-2.1; ОПК-2.3)	ВВЕДЕНИЕ. ОБЩИЕ ПОНЯТИЯ. КЛАССИФИКАЦИЯ ОСНОВНЫХ ПРОЦЕССОВ. ПРИЕМЫ МАСШТАБИРОВАНИЯ . МЕХАНИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ	Классификация основных процессов и аппаратов. Технологический процесс. Стадии и операции. Материальный и энергетический балансы. Принципы анализа и расчета. Основы теории подобия.	1	1	2	1		2	1
		Механические процессы и аппараты. Дозирование материалов. Дозаторы, питатели. Измельчение твердых материалов. Классификация способов дробления уравнения Кирпичева — Кика и Риттингера. Измельчающие машины, их классификация и устройство.	1	1	2	1		2	1
УК-2 (УК-2.1; УК-2.2; УК-2.3), ОПК-2 (ОПК-2.1; ОПК-2.3)	ГИДРОДИНАМИКА, ГИДРАВЛИКА. ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ И ЗАКОНОМЕРНОСТИ	Гидродинамические режимы вязкой жидкости. Гидравлическое сопротивление трубопроводов. Уравнение Вейсбаха—Дарси. Движение жидкости через неподвижные, пористые и зернистые слои. Основные характеристики. Гидродинамика псевдоожиженного слоя. Классификация гидравлических машин. уравнения Бернулли.	4	2	3	1		3	1
		Общие вопросы прикладной гидромеханики. Гидростатика. Гидродинамика. Основные критерии гидродинамического подобия. Теоретические основы растворения, классификация. Перемешивание в жидких средах. Конструкции механических мешалок. Основные способы разделения	4	2	3	1		5	1

		твердой и жидкой фаз. Разделение в поле сил тяжести (отстаивание). Разделение суспензий в поле сил давления (фильтрование).								
		Основные конструктивные типы фильтров. Мощность. Напор. Динамические насосы. Перемещение, сжатие и разрежение газов. Центробежные машины.	4	2	3	1		10	2	
		Разделение в поле центробежных сил. Фактор разделения. Осадительные и фильтрующие центрифуги. Суперцентрифуги. Сепараторы. Циклонные процессы. Разделение неоднородных смесей под действием электрического поля. Мокрая очистка газов.	4	2	2	1		10	1	
УК-2 (УК-2.1; УК-2.2; УК-2.3), ОПК-2 (ОПК-2.1; ОПК-2.3)	ТЕПЛОВЫЕ ПРОЦЕССЫ	Тепловые процессы и аппараты. Тепловой баланс. Тепловые характеристиками. Механизмы передачи теплоты. Закон Фурье. Закон Ньютона. Тепловое подобие. Теплоотдача при свободном и вынужденном движении жидкости. Теплоотдача при изменении агрегатного состояния. Тепловое излучение. Основы теплопередачи.	2	2		1	5	10	1	
		Теплоносители. Подвод и отвод тепла. Теплообменная аппарата. Нагревание. Охлаждение. Теплообменные аппараты. Поверхностные (рекуперативные) теплообменники. Регенеративные теплообменные аппараты. Теплообменники смешения. Расчет поверхности теплообменных аппаратов.	1	1	1	1	5	5	1	
		Выпаривание растворов. Свойства растворов. Концентрация, температурная депрессия, теплота растворения (концентрирования). Способы и методы выпаривания. Выпарные аппараты. Конструкции выпарных аппаратов. Простое выпаривание. Материальный и тепловой баланс. Многократное выпаривание. Прямоточные и противоточные многокорпусные установки. Адиабатные выпарные установки.	1	1	1	1	5	5	1	

УК-2 (УК-2.1; УК-2.2; УК-2.3), ОПК-2 (ОПК-2.1; ОПК-2.3)	МАССООБМЕННЫЕ ПРОЦЕССЫ И АППАРАТЫ	Массообменные процессы и аппараты. Основы массопередачи. Способы выражения состава фаз двухкомпонентных систем. Материальный баланс. Уравнения рабочих линий.	4	2		1	4	11	1	
		Первый, второй законы Фика. Молекулярная диффузия. Конвективная диффузия. Коэффициенты массоотдачи и массопередачи. Подобие диффузионных процессов. Движущая сила процесса массопередачи. Модифицированные уравнения массопередачи. Массопередача в системах с твердой фазой.	4	2			3	5		
		Абсорбция. Правило фаз Гиббса. Законом растворимости Генри. Закон Дальтона. Закон Рауля. Материальный баланс процесса абсорбции. Степень извлечения (поглощения). Кинетика процесса. Уравнения коэффициентов массопередачи. Принципиальные схемы абсорбции. Десорбция. Конструкции абсорберов-поверхностные, пленочные, насадочные, барботажные, распыливающие.	4	2			3	5	1	
		Дистилляция и ректификация. Простая дистилляция (простая перегонка). Однократное испарение. Фракционная перегонка. Дистилляцию в токе водяного пара, инертного газа. Молекулярная дистилляция. Ректификация. Непрерывно действующая ректификационная установка. Материальный баланс. Уравнения рабочих линий процесса ректификации в укрепляющей и исчерпывающей частях колонны. Флегмовое число. Тепловой баланс.	4	2		1	4	1		
		Периодически действующие ректификационные установки, режимы работы. Экстрактивная ректификация Азеотропная ректификация. Расчет тарельчатых ректификационных колонн.	4	2		1	4	1	1	

		<p>Экстракция. Жидкостная экстракция. Закон распределения. Материальный баланс процесса экстракции. Кинетика процесса экстракции. Конструкции экстракторов. Принципиальные схемы экстракции. Экстрагирование в системе твердое тело — жидкость. Методы интенсификации процесса экстрагирования. Аппаратура для проведения процесса экстрагирования из твердых тел.</p>							
		<p>Адсорбция. Равновесие в процессах адсорбции и ионном обмене, теория Ленгмюра формула Фрейндлиха. Статическая и динамическая активность. Адсорбенты и ионообменные смолы. Классификация и устройство аппаратов для проведения адсорбции.</p>	1	1		1	2	1	1
		<p>Сушка. Способу подвода теплоты к высушиваемому материалу. Равновесие в процессе сушки. Кинетика сушки. Факторы, определяющие скорость сушки. Конвективная сушка. Материальный баланс. конвективной сушки. Тепловой баланс конвективной сушки. Диаграмма состояния влажного атмосферного воздуха (<math>i-x</math>). Процессы изменения параметров воздуха на диаграмме <math>i-x</math> - нагревание и охлаждение, смешение двух объемов воздуха, конденсация. Рабочая линия сушки. Движущая сила процесса сушки. Принципиальные схемы конвективной сушки. Контактная, радиационная, диэлектрическая, сублимационная сушка. Конструкции сушилок.</p>	1	1		1	2	1	
		<p>Кристаллизация. Явлениями полиморфизма, образования кристаллогидратов и изоморфизма. Кривая растворимости. Кристаллизация изогидрическим и изотермическим способом. Материальный баланс потоков. Тепловой баланс процесса. Кристаллизационное оборудование.</p>	1	1		1	2	1	
УК-2 (УК-2.1; УК-2.2; УК-2.3), ОПК-2	ИСКУССТВЕННОЕ ОХЛАЖДЕНИЕ И МЕМБРАННЫЕ ПРОЦЕССЫ	<p>Искусственное охлаждение. Хладагенты. Парокомпрессионные холодильные машины. Цикл с «влажным» и «сухим» ходом компрессора. Основные параметры, характеризующие работу компрессионной установки в обоих циклах. Абсорбционные холодильные</p>	1	1		1	2	8	

(ОПК-2.1; ОПК-2.3)		установки. Пароэжекторная холодильная установка. Глубокое охлаждение.								
	<b>ИТОГО</b>	<b>5 разделов, 19 тем</b>	<b>56</b>	<b>28</b>	<b>17</b>	<b>16</b>	<b>39</b>	<b>86</b>	<b>14</b>	



*БРС оценки знаний студентов*

**по дисциплине «Процессы и аппараты химической технологии»**

<b>Вид задания</b>	<b>Число заданий</b>	<b>Кол-во баллов</b>	<b>Сумма баллов</b>
1. Работа на занятии	<b>16</b>	1	16
2. Домашние задания	16	3	48
3. Контрольная работа	2	11	22
4. Экзамен/зачёт	1	14	14
<b>ИТОГО</b>			<b>100</b>

<b>Баллы БРС</b>	<b>Традиционные оценки РФ</b>	<b>Оценки ECTS</b>
95 - 100	5	A
86 - 94		B
69 - 85	4	C
61 - 68	3	D
51 - 60		E
31 - 50	2	FX
0 - 30		F

**ОБРАЗЦЫ ТЕСТОВ**

**Компетенции: УК-2 (УК-2.1; УК-2.2; УК-2.3), ОПК-2 (ОПК-2.1; ОПК-2.3)**

***Критерии оценки ответов на вопросы теста:***

Ответ на каждый вопрос оценивается от 0 до 1 баллов:

<b>Критерии оценки ответа</b>	<b>Баллы</b>		
	<b>Ответ не соответствует критерию</b>	<b>Ответ частично соответствует критерию</b>	<b>Ответ полностью соответствует критерию</b>
Ответ является верным	0	0,5	1

**ПРИМЕРНЫЕ ВОПРОСЫ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ ДОМАШНИХ ЗАДАНИЙ**

1. Какова основная цель процесса измельчения?
2. Какие существуют основные способы измельчения?
3. Какова основная цель процесса классификации твердых материалов?  
Какие существуют способы классификации. Основные типы и устройство грохотов?
5. Принцип действия и устройство гидравлических и воздушных классификаторов?
6. Основные типы дозирующих устройств.

7. Какие смешивающие устройства твердых материалов используются в промышленности?  
Какие устройства для перемещения твердых материалов используются в промышленности?
9. Какими основными свойствами и параметрами характеризуется реальная жидкость?
10. Какими видами энергии обладают покоящиеся и движущиеся жидкости?
11. Какие существуют гидродинамические режимы течения вязкой жидкости?
12. Как определяется гидравлическое сопротивление трубопровода?
13. Какими параметрами характеризуется работа гидравлических машин?
14. Какие типы насосов относятся к динамическим насосам и насосам объемного типа?
15. Какие существуют способы перемешивания?
16. Какие конструкции механических мешалок существуют?
17. Основные способы разделения твердой и жидкой фаз.
18. Опишите работу отстойников, виды отстойников.
19. Разделение суспензий в поле сил давления (фильтрование). Опишите работу фильтров.
- 20.
- 21.
22. Приведите виды центрифуг, принцип их действия.
23. Жидкостные тарельчатые сепараторы. Циклоны, принцип действия, виды циклонов.
- 24.
25. Мокрая фильтрация. Основные типы промышленных сухих (для отделения твердых частиц) и мокрых (для отделения капель) электрофильтров.
26. Какие типы мокрых пылеуловителей существуют?
27. Какими достоинствами обладает скруббер Вентури?
28. Что является движущей силой тепловых процессов?
29. Какие механизмы передачи теплоты существуют?
30. От чего зависит коэффициент теплопроводности?

31. В чем заключается сущность процесса теплопередачи?
32. Как определяется средняя движущая сила процесса теплопередачи?
33. Какие теплоизоляционные материалы применяются в промышленности?
- 3  
4
35. Какие требования предъявляются к современной теплообменной аппаратуре? Какие теплоносители используются в процессах нагревания и охлаждения?
37. На какие типы делятся теплообменники по принципу действия?
- 3  
8
39. Способы и методы выпаривания. Простое выпаривание, многократное выпаривание.
- В
40. Выпарные аппараты. Методы выпаривания. Конструкции выпарных аппаратов.
- а
41. Материальный и тепловой баланс выпаривания.
- и
- Многократное выпаривание. Прямоточная и противоточная многокорпусная установка.
- н
- Какие процессы относятся к массообменным процессам?
- е
44. Каким образом осуществляется перенос вещества между фазами в процессе массопередачи? От чего зависит коэффициент молекулярной диффузии?
- с
45. Каким образом определяется средняя движущая сила массообменных процессов?
- о
46. В чем заключаются физический смысл и особенности процесса абсорбции?
- в
47. Какими основными законами характеризуется равновесие в процессах абсорбции?
- о
48. Какие принципиальные схемы абсорбции существуют?
- н
49. Каким образом может осуществляться процесс десорбции?
- в
50. Какие основные типы абсорберов существуют?
- ы
51. В чем заключаются физический смысл и назначение процессов дистилляции и ректификации?
- д
52. Какие существуют способы процесса дистилляции?
- а
- а
- Схема непрерывнодействующей ректификационной установки.
- е
54. Какие типы ректификационных аппаратов используют в промышленности?
- р
55. В чем заключаются принцип и назначение процессов экстракции?
- Свойства растворов.

56. Какие требования предъявляются к экстрагентам (растворителям) в процессах жидкостной экстракции?
57. Какие основные конструкции жидкостных экстракторов применяются в промышленности?
58. Какие принципиальные схемы жидкостной экстракции используются в промышленности?
59. В чем заключаются принцип и особенности процесса экстрагирования?
60. В чем заключаются принцип и назначение процессов адсорбции и ионного обмена?
61. Какие вещества используются в качестве адсорбентов и ионообменных смол?
62. Какие основные типы аппаратов применяются для проведения процессов адсорбции и ионного обмена?
- 6  
3. Какие существуют способы подвода теплоты к высушиваемому  
м  
6  
а  
4  
65. Принципиальные схемы конвективной сушки.  
р  
66. Контактная сушка. Конструкции сушилок.  
к  
о  
67. В чем заключаются назначение и основные принципы процесса  
к  
кристаллизации?  
к  
68. Какие технические способы процесса кристаллизации используют в  
п  
промышленности?  
в  
69. Какие типы аппаратов используются для осуществления процесса  
к  
кристаллизации?  
к  
70. В чем заключается сущность процесса мембранного разделения?  
с  
71. Какие процессы относятся к мембранным?  
м  
72. Какие типы мембран используются в промышленности?  
к  
в  
73. Какие факторы оказывают основное влияние на процесс мембранного  
м  
разделения? Материальный и тепловой баланс конвективной сушки.  
ф  
факторы, определяющие скорость сушки.
74. Какие типы аппаратов используются для осуществления процессов мембранного разделения?
75. Какие виды хладагентов используются при осуществлении процесса умеренного охлаждения?
76. Какие холодильные машины могут применяться для осуществления процессов умеренного охлаждения?

77. В чем заключаются циклы с «влажным» и «сухим» ходом компрессора в парокompрессионных установках?
78. Какие параметры характеризуют работу парокompрессионной установки?
79. Каковы принципы и особенности эксплуатации абсорбционных холодильных установок?
80. В чем заключается принцип работы парожеткторных холодильных установок?

**Компетенции:** УК-2 (УК-2.1; УК-2.2; УК-2.3), ОПК-2 (ОПК-2.1; ОПК-2.3)

**Критерии оценки:**

Каждое домашнее задание оценивается от 0 до 3 баллов.

Критерии оценки	Критерии оценки	
	Ответ не соответствует критерию	Ответ полностью соответствует критерию
Домашнее задание выполнено в срок	0	0,5
Домашнее задание включает все требуемые элементы/информацию	0	2,5

**ВОПРОСЫ К ЭКЗАМЕНУ «ПРОЦЕССЫ И АППАРАТЫ ХИМИЧЕСКОЙ ТЕХНОЛОГИИ»**

1. Какова цель процесса классификации твердых материалов?
2. Какие существуют способы классификации. Основные типы и устройство грохотов?
3. Типы дозирующих устройств.
4. Смешивающие устройства твердых материалов
5. Свойства и параметры реальной жидкости
6. Видами энергии покоящиеся и движущиеся жидкости
7. Гидродинамические режимы течения вязкой жидкости
8. Гидравлическое сопротивление трубопровода
9. Параметры работы гидравлических машин
10. Какие типы насосов относятся к динамическим насосам и насосам объемного типа
11. Способы перемешивания. Конструкции механических мешалок.
12. Способы разделения твердой и жидкой фаз.
13. Опишите работу отстойников, виды отстойников.
14. Разделение суспензий в поле сил давления (фильтрование). Опишите

р

а

б

о

т

у

- Фактор разделения. Приведите виды центрифуг, принцип их действия.
- 16.Разделение под действием электрического поля. Электрофилтры. Типы сухих и мокрых электрофилтров.
  - 17.Мокрая очистка газов. Типы мокрых пылеуловителей
  - 18.Движущая сила тепловых процессов. Механизмы передачи теплоты
  - 19.От чего зависит коэффициент теплопроводности? Сущность процесса теплопередачи
  - 20.Как определяется средняя движущая сила процесса теплопередачи?
  - 21.Теплоизоляционные материалы в промышленности
  - 22.Теплоносители в процессах нагрева и охлаждения
  - 23.Какие требования предъявляются к современной теплообменной аппаратуре?
  - 24.Типы теплообменников по принципу действия
  - 25.В
  - 26.Способы и методы выпаривания. Простое выпаривание, многократное выпаривание.
  - 27.Выпарные аппараты. Методы выпаривания. Конструкции выпарных аппаратов.
  - 28.Многократное выпаривание. Прямоточная и противоточная многокорпусная установка.
  - 29.Какие процессы относятся к массообменным процессам?
  - 30.Как осуществляется перенос вещества между фазами
  - 31.Средняя движущая сила массообменных процессов
  - 32.В чем заключаются физический смысл процесса абсорбции? Типы абсорберов
  - 33.Основные законы равновесия в процессах абсорбции. Каким образом осуществляется процесс десорбции?
  - 34.Физический смысл и назначение процессов дистилляции и ректификации? Способы процесса дистилляции
  - 35.Схема непрерывно действующей ректификационной установки.
  - 36.Какие типы ректификационных аппаратов используют в промышленности?
  - 37.Принцип и назначение процессов экстракции
  - 38.Требования предъявляемые к экстрагентам (растворителям) в процессах жидкостной экстракции
  - 39.Основные конструкции жидкостных экстракторов. Схемы жидкостной экстракции.
  - 40.В чем заключаются принцип процесса экстрагирования?
  - 41.Процесс адсорбции и ионного обмена
  - 42.Какие вещества используются в качестве адсорбентов и ионообменных смол?
  - 43.Типы аппаратов для проведения процессов адсорбции и ионного обмена
  - 44.С
  - 45.К

о

н

в

р

т

46. Принципиальные схемы конвективной сушки. Контактная сушка. Конструкции сушилок.
47. Назначение процесса кристаллизации. Способы процесса кристаллизации.
48. Какие типы аппаратов используются для осуществления процесса кристаллизации?
49. В чем заключается сущность процесса мембранного разделения? Какие процессы относятся к мембранным? Типы мембран используемые в промышленности?
50. Факторы оказывающие влияние на процесс мембранного разделения
51. Типы аппаратов для процессов мембранного разделения
52. Хладагенты для осуществления процесса умеренного охлаждения
53. Холодильные машины для процессов умеренного охлаждения
54. Циклы с «влажным» и «сухим» ходом компрессора в парокompрессионных установках
55. Какие параметры характеризуют работу парокompрессионной установки?
56. Принципы эксплуатации абсорбционных холодильных установок
57. В чем заключается принцип работы пароэжекторных холодильных установок?

**ПРИМЕРЫ экзаменационных билетов по дисциплине**

**«Процессы и аппараты химической технологии»**

**ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 1**

1. Какова цель процесса классификации твердых материалов? Способы классификации. Типы и устройство грохотов?
2. Гидродинамические режимы течения вязкой жидкости? Как определяется гидравлическое сопротивление трубопровода?
3. Какие процессы относятся к массообменным процессам? Как осуществляется перенос вещества между фазами

Составитель \_\_\_\_\_ ( профессор Луканин А.В.)

**ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 2**

1. Способы разделения твердой и жидкой фаз. Опишите работу отстойников, виды отстойников.

2. Движущая сила тепловых процессов. Механизмы передачи теплоты. От чего зависит коэффициент теплопроводности? Сущность процесса теплопередачи

3. С

п

о

с

о

б

Составитель  
Ы

\_\_\_\_\_ (профессор Луканин А.В.)

**Критерии оценки ответов на вопросы**

Ответ на каждый вопрос оценивается от 0 до 5 баллов: экзамен оценивается в 14 баллов

Критерии оценки ответа	Баллы		
	Ответ не соответствует критерию	Ответ частично соответствует критерию	Ответ полностью соответствует критерию
Ответ является верным	0	1	2
Обучающийся практически не пользуется подготовленным черновиком	0	0,5	1
Ответ показывает уверенное владение обучающего терминологическим и методологическим аппаратом дисциплины	0	0,5	1
Ответ показывает понимание обучающимся связей между предметом вопроса и другими разделами дисциплины и/или другими дисциплинами	0	0,5	1

**Компетенции:** УК-2 (УК-2.1; УК-2.2; УК-2.3), ОПК-2 (ОПК-2.1; ОПК-2.3)

**Шкала оценок**

Количество кредитов	Оценка	Неудовлетворительно		Удовлетворительно		Хорошо	Отлично	
		F(2)	FX(2+)	E(3)	D(3+)		B(5)	A(5+)
4	Оценка ECTS	F(2)	FX(2+)	E(3)	D(3+)	C(4)	B(5)	A(5+)
	Максимум 100 баллов	Менее 31	31-50	51-60	61-68	60-85	86-94	95-100

Программа составлена в соответствии с требованиями ОС ВО РУДН/ФГОС.



**РАЗРАБОТЧИК:**

**Профессор департамента  
экологической безопасности и  
менеджмента качества  
продукции института  
экологии РУДН**

Должность, БУП



Подпись

**Луканин А.В.**

Фамилия И.О.

**РУКОВОДИТЕЛЬ БУП:**

**Департамент экологической  
безопасности и менеджмента  
качества продукции  
института экологии РУДН**

Наименование БУП



Подпись

**Савенкова Е.В.**

Фамилия И.О.

**РУКОВОДИТЕЛЬ ОП ВО:**

**Доцент департамента  
экологической безопасности и  
менеджмента качества  
продукции института  
экологии РУДН**

Должность, БУП



Подпись

**Харламова М.Д.**

Фамилия И.О.