

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

*Экологический факультет*

Рекомендовано МССН

## **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**Наименование дисциплины**

**Процессы и аппараты химической технологии**

**Рекомендуется для направления подготовки/специальности**

241000. «Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии,  
нефтехимии и биотехнологии»

**1. Целью освоения дисциплины** является подготовка выпускника магистратуры в области процессов и аппаратов химической технологии (ПАХТ) для осуществления проектно-производственной и научной деятельности. А именно - изучение технологии производства разнообразных химических продуктов и материалов, которая включает ряд однотипных физических и физико-химических процессов, характеризующих общими закономерностями, то есть основных процессов и аппаратов химической технологии. Эти процессы в различных производствах проводятся в аналогичных по принципу действия аппаратах.

Дисциплина «Процессы и аппараты химической технологии» (ПАХТ) состоит из двух частей:

- теоретические основы химической технологии;
- типовые процессы и аппараты химической технологии.

В первой части излагаются общие теоретические закономерности типовых процессов; основы методологии решения теоретических и прикладных задач; анализ механизмов переноса и выявление общих закономерностей их протекания; формулируются обобщенные методы физического и математического моделирования и расчета процессов и аппаратов.

Вторая часть состоит из трех основных разделов, содержание которых раскрывает прикладные инженерные вопросы основ химической технологии: гидромеханические процессы и аппараты; тепловые процессы и аппараты; массообменные процессы и аппараты. В этих разделах даются теоретические обоснования каждого типового технологического процесса, рассматриваются основные конструкции аппаратов и методика их расчета.

Эта цель достигается путем решения следующих **задач**:

- а) формирование знаний о теоретических основах процессов химической технологии и конструкциях аппаратов для их проведения,
- б) обучение технологии получения конечного результата – выбора оптимальных режимных параметров протекающих процессов и расчета основных размеров соответствующих аппаратов,
- в) обучение способам применения полученных знаний для решения практических задач,
- г) раскрытие сущности процессов, происходящих в промышленных аппаратах.

## **2. Место дисциплины в структуре ОП ВО:**

Дисциплина Программы «Процессы и аппараты химической технологии» относится к **базовой части блока 1** учебного плана.

Для успешного освоения дисциплины «Процессы и аппараты химической технологии» обучающийся должен освоить материал предшествующих дисциплин: а) математика, б) информатика, в) физика, г) общая и неорганическая химия, д) физическая химия

## **3. Требования к результатам освоения дисциплины:**

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

**ОПК-3; ОПК-4; ПК-2; ПК-17**

**ОПК-3.** Способен осуществлять планирование, проведение, обработку и анализ результатов научного и производственного эксперимента.

**ОПК-4.** Способен понимать принципы работы современных информационных технологий и использовать их для решения задач профессиональной деятельности.

**ПК-2** - способность участвовать в совершенствовании технологических процессов с позиций энерго- и ресурсосбережения, минимизации воздействия на окружающую среду;

**ПК-17** - способность участвовать в проектировании отдельных стадий технологических процессов с использованием современных информационных технологий;

В результате изучения дисциплины студент должен:

**знать:**

- **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.

**уметь:**

- анализировать методы расчета гидромеханических, тепловых, массообменных и механических процессов, пользоваться методами масштабирования, подобия и анализа размерностей.
- разрабатывать принципиальные технологические схемы подготовки, обезвреживания и переработки многокомпонентных отходов;
- обосновывать и выбирать оптимальные варианты применения тех или иных машин и аппаратов и при необходимости разрабатывать новые конструкции.

**владеть:**

- навыками составления принципиальных схем переработки на основании фактических и литературных данных и с использованием принятых условных обозначений.
- 

#### 4. Объем дисциплины и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет **3** зачетных единиц.

Вид учебной работы	Всего часов	Модули			
		9	10	11	12
<b>Аудиторные занятия (всего)</b>	<b>60</b>	<b>36</b>	24		
В том числе:	-				
Лекции	26	18	8		
Практические работы (ПР)	34	18	16		
Контроль	13	9	4		
<b>Самостоятельная работа (всего)</b>	<b>35</b>	<b>27</b>	8		
<b>Общая трудоемкость</b>	час	<b>108</b>	<b>72</b>	<b>36</b>	
	зач. ед.	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	

## 5. Содержание дисциплины

### 5.1. Содержание разделов дисциплины

<b>Наименование дисциплины</b>		<b>Процессы и аппараты химической технологии</b>
<b>Объём дисциплины</b>		<b>3 ЗЕ (108 час.)</b>
<b>Краткое содержание дисциплины</b>		
<b>Название разделов (тем) дисциплины</b>	<b>Краткое содержание разделов (тем) дисциплины:</b>	
1. Общие положения.	1. Классификация основных процессов и аппаратов. Принципы расчёта аппаратов и машин. Периодические и непрерывные процессы. Определение основных размеров аппаратов. Методы теории подобия. Метод анализа размерностей.	
2. Гидромеханические процессы и аппараты.	2. Общие вопросы прикладной гидромеханики. Основные критерии гидродинамического подобия. Гидродинамические режимы вязкой жидкости. Гидравлическое сопротивление трубопроводов. Движение жидкости через неподвижные, пористые и зернистые слои. Гидродинамика псевдооживленного слоя. Перемещение жидкостей и газов. Трубопроводы. Арматура. Классификация гидравлических машин. Динамические насосы. Насосы объёмного типа. Перемещение, сжатие и разряжение газов. Центробежные, осевые и струйные машины. Разделение жидких и газовых гетерогенных систем. Суспензии и эмульсии. Приготовление суспензий и эмульсий. Разделение в поле сил тяжести (отстаивание). Разделение суспензий в поле сил давления (фильтрование). Газовые фильтры. Жидкостные фильтры. Разделение в поле центробежных сил. Разделение неоднородных смесей под действием электрического поля. Мокрая очистка газов. Разделение флотацией. Перемешивание в жидких средах.	
3. Тепловые процессы и аппараты.	3. Основы теплопередачи. Тепловой баланс. Механизм передачи теплоты. Тепловое подобие. Теплопередача. Источники энергии. Теплообменная аппаратура. Теплоносители. Нагревание. Охлаждение. Выпаривание. Свойство растворов и методы выпаривания.	

4. Массообменные процессы и аппараты.

Выпарные аппараты. Простое выпаривание. Многократное выпаривание. Адиабатные выпарные установки. Выпарные установки с тепловым насосом. Искусственное охлаждение. Хладоагенты. Парокомпрессорные холодильные машины. Газокомпрессорные холодильные машины. Абсорбционные холодильные установки. Пароэжекторная холодильная установка. Водоиспарительные холодильные машины. Глубокое охлаждение.

4. Основы массопередачи. Материальный баланс массообменных процессов. Подобие диффузионных процессов. Модифицированные уравнения массопередачи. Абсорбция. Материальный баланс и кинетика процесса. Принципиальные схемы абсорбции. Конструкция абсорберов. Дистилляция и ректификация. Принципиальные схемы процессов ректификации. Материальный и тепловой балансы ректификации. Ректификационные аппараты. Расчёт тарельчатых ректификационных колонн. Экстракция. Жидкостная экстракция. Конструкция экстракторов. Характеристики и выбор экстракторов. Принципиальные схемы экстракции. Экстрагирование в системе твёрдое тело – жидкость. Равновесие и скорость выщелачивания. Способы растворения и выщелачивания. Устройство экстракционных аппаратов. Адсорбция. Равновесие в процессах адсорбции и ионном обмене. Десорбция. Адсорбенты и ионообменные смолы. Устройство адсорберов. Сушка. Равновесие в процессе сушки. Кинетика сушки. Конвективная сушка. Процессы изменения параметров воздуха на диаграмме  $i - x$ . Принципиальные схемы конвективной сушки. Контактная сушка. Специальные виды сушки. Конструкции сушилок. Кристаллизация. Материальный и тепловой баланс кристаллизации. Устройство кристаллизаторов. Мембранные процессы. Методы мембранного разделения. Мембраны. Аппараты для мембранного разделения.

5. Механические процессы и аппараты.	5. Измельчение твёрдых материалов. Оборудование для измельчения. Крупное дробление. Среднее и мелкое дробление. Тонкое измельчение. Свертонкое измельчение. Классификация, дозирование и смешение твёрдых материалов. Классификация материалов. Дозирование сыпучих материалов. Смешение сыпучих материалов. Перемещение твёрдых материалов. Устройство непрерывного транспорта для горизонтального перемещения. Устройство непрерывного транспорта для вертикального и смешанного перемещения.
--------------------------------------	---

## 5.2. Разделы дисциплин и виды занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Лекц.	Практ. зан.	Лаб. зан.	Контроль	СРС	Всего час.
1.	Общие положения.	2	2		1	6	11
2.	Гидромеханические процессы и аппараты.	6	8		2	6	22
3.	Тепловые процессы и аппараты.	6	8		2	6	22
4.	Массообменные процессы и аппараты.	6	8		2	6	22
5	Механические процессы и аппараты.	6	8		2	6	22
	Тестирование				4	5	9
	<b>ИТОГО</b>	<b>26</b>	<b>34</b>		<b>13</b>	<b>35</b>	<b>108</b>

## 7. Практические занятия (семинары)

№ п/п	№ раздела дисциплины	Тематика практических занятий (семинаров)	Трудоёмкость (час.)
1.		Введение. Общие закономерности химико-технологических процессов. Технологические принципы организации ресурсосберегающего производства	2
2		Критерии гидродинамического подобия. Теорема Бернулли. Физико-химические свойства веществ. Режимы течения жидкостей.	4
3		Расчет вентиляторов и насосов, гидравлическое сопротивление.	4
4		Гидродинамические методы разделения, перемешивание	4
5		Теплопередача в химической аппаратуре. Конвективная теплообмена. Теплообмена не сопровождающаяся и сопровождающаяся изменением агрегатного состояния.	4
6		Теплообмена при тепловом излучении твердых тел. Теплообмена при непосредственном соприкосновении потоков. Теплообмена при неустановившемся режиме.	4
7		Выпаривание и кристаллизация. Умеренное и глубокое охлаждение.	4

8		Сушка. Перегонка, ректификация, абсорбция. Основные закономерности Методы расчетов.	4
9		Адсорбция. Экстрагирование..	
	<b>ИТОГО</b>		34

## 8. Материально-техническое обеспечение дисциплины:

Лекционные аудитории, оборудованные для проведения интерактивных лекций: видеопроектор, экран настенный, др. оборудование, комплект интерактивных презентаций.

## 9. Информационное обеспечение дисциплины

а) базы данных, информационно-справочные и поисковые системы

<http://www.waste.ru/modules/library/viewcat.php?cid=5>

## 10. Учебно-методическое обеспечение дисциплины:

### *Основная литература*

1. Касаткин А. Г. Основные процессы и аппараты химической технологии: Учебник для вузов. — 9-е изд. — М.: Химия, 1973. — 752 с.
2. Павлов К. Ф., Романков П. Г., Носков А. А. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии / Под ред. П. Г. Романкова. Учеб. пособие для вузов. — 10-е изд. — Л.: Химия, 1987. — 576 с.
3. Плановский А. Н., Николаев П. И. Процессы и аппараты химической и нефтехимической технологии: Учебник для вузов. — 3-е изд. — М.: Химия, 1987. - 496 с.
4. Плановский А. Н., Рамм В. М., Каган С. З. Процессы и аппараты химической технологии: Учебник для техникумов. — М.: Химия, 1966. — 848с.
5. Баранов Д.А. Процессы и аппараты: Учебник для студ. учреждений сред. проф. образования / Д.А. Баранов, А.М. Кутепов. – М.: Издательский центр «Академия», 2004. – 304 с.
6. Я. Циборовский. Процессы химической технологии, Гос. научно – техническое издательство химической литературы, Ленинград, 1958, 932 с.
7. Гельперин Н.И. Основные процессы и аппараты химической технологии. В двух книгах. – М.: Химия, 1981. – 812 с., ил.
8. Молоканов Ю.К. Процессы и аппараты нефтегазопереработки. Учебник для техникумов, 2 – изд. М.: Химия, 1987, 368 с.
9. Луканин А.В. Инженерная биотехнология: процессы и аппараты микробиологических производств: учеб. пособие. – М.: ИНФРА-М, 2016, -451 с.

### *Дополнительная литература*

1. Андреев С.Е., Петров В.Е., Зверевич В.В. Дробление, измельчение и грохочение полезных ископаемых. М.: Недра, 1980.
2. Анохин В.Д., Плисс В.А., Монахов В.Н. Вибрационные сепараторы. М.: Недра, 1991., 157 с.
3. Мизонов В.Е., Ушаков С.Г. Аэродинамическая классификация порошков. – М., Химия, 1989. -160 с.
4. Луканин А.В. и др. Способ утилизации бетонного лома. Патент РФ №2425723 от 10.09.2011 г.
5. Луканин А.В. Утилизация бетонного лома в крупных городах. Экологический вестник России (ЭВР), январь, 2012., с.8-11.
6. Луканин А.В. Утилизация мелких фракций вторичного щебня. Экология производства, №2, 2012, с. 46-52.
7. Справочник по пыле- и золоулавливанию / М.И. Биргер, А.Ю. Вальдберг, Б.И. Мягков и др., под общ. ред. А.А. Русанова. -2-е изд., перераб. и доп. -М.: Энергоатомиздат, 1983. -312 с., ил.

8. Стабников В.Н. Лысянский В.М., Попов В.Д. Процессы и аппараты пищевых производств. – М.: Агропромиздат, 1985, -503 с.
9. Лыков А.В. Теория сушки. М., Энергия, 1968, 472 с.
10. Лыков М.В. Сушка в химической промышленности. М., Химия, 1970, 429 с.
11. Лыков М.В., Леончик Б.И. Распылительные сушилки, М., Машиностроение, 1966, 331 с.
12. Рамм В.М. Абсорбция газов. М.: Химия, 1976. - 656 с.

### ***Нормативные правовые акты***

#### **11. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)**

Промежуточные срезы знаний проводятся после изучения каждого из основных разделов дисциплины. Промежуточный срез знаний проводится письменно (тестирование), а также устно (коллоквиумы). Тесты могут использоваться студентами в процессе самостоятельной подготовки как по отдельным темам, так и по дисциплине в целом. В процессе всего обучения студенты выполняют индивидуальные задания, готовят реферат по разделам курса ПАХТ. Защита реферата включает четыре составляющие: оформление текста работы в соответствии с требованиями к оформлению текстов печатных работ; устный доклад; качество презентации; умение отвечать на вопросы (владение материалом). К требованиям оформления текста относятся: наличие введения с описанием актуальности работы, цели и задач; наличие в тексте ссылок на первоисточники; наличие заключения с выводами по работе.

Изучение дисциплины заканчивается экзаменом.



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

Код контролируемой компетенции или ее части	Контролируемый раздел дисциплины	Контролируемая тема дисциплины	Наименование оценочного средства						Итоговая аттестация экзамен
			Работа на занятии	Сдача коллоквиума (работа над заданной темой)	Защита практической работы	Промежуточное тестирование	Защита реферата	Итоговое тестирование	
ОПК-3; ОПК-4;	Общие положения.	Классификация основных процессов и аппаратов. Принципы расчёта аппаратов и машин. Периодические и непрерывные процессы.	1			2	1		
		Определение основных размеров аппаратов. Методы теории подобия. Метод анализа размерностей.			3				
ОПК-3; ОПК-4; ПК-2; ПК-17	Гидромеханические процессы и аппараты.	Общие вопросы прикладной гидромеханики. Основные критерии гидродинамического подобия. Гидродинамические режимы вязкой жидкости. Гидравлическое сопротивление трубопроводов. Движение жидкости через неподвижные, пористые и зернистые слои. Гидродинамика псевдооживленного слоя.	1			2	1		
		Перемещение жидкостей и газов. Трубопроводы. Арматура. Классификация гидравлических		3					

		<p>машин. Динамические насосы. Насосы объёмного типа. Перемещение, сжатие и разряжение газов. Центробежные, осевые и струйные машины.</p> <p>Разделение жидких и газовых гетерогенных систем. Суспензии и эмульсии. Приготовление суспензий и эмульсий.</p>						
		<p>Разделение в поле сил тяжести (отстаивание). Разделение суспензий в поле сил давления (фильтрование). Газовые фильтры. Жидкостные фильтры. Разделение в поле центробежных сил. Разделение неоднородных смесей под действием электрического поля. Мокрая очистка газов. Разделение флотацией. Перемешивание в жидких средах.</p>		3				
ОПК-3; ОПК-4; ПК-2; ПК-17	Массобменные процессы и аппараты.	<p>Материальный баланс массообменных процессов. Подobie диффузионных процессов. Модифицированные уравнения массопередачи. Абсорбция. Материальный баланс и кинетика процесса. Принципиальные схемы абсорбции. Конструкция абсорберов.</p>		3		2	1	
		<p>Дистилляция и ректификация. Принципиальные схемы процессов ректификации. Материальный и тепловой балансы ректификации. Ректификационные аппараты. Расчёт тарельчатых ректификационных колонн. Экстракция. Жидкостная экстракция.</p>		3				

		<p>Конструкция экстракторов.          Характеристики и выбор экстракторов.          Принципиальные схемы экстракции.          Экстрагирование в системе твёрдое тело – жидкость. Равновесие и скорость выщелачивания. Способы растворения и выщелачивания.          Устройство экстракционных аппаратов.</p>							
		<p>Адсорбция. Равновесие в процессах адсорбции и ионном обмене.          Десорбция. Адсорбенты и ионообменные смолы. Устройство адсорберов. Сушка. Равновесие в процессе сушки. Кинетика сушки.          Конвективная сушка.</p>		3		2	1		
		<p>Процессы изменения параметров воздуха на диаграмме <math>i - x</math>.          Принципиальные схемы конвективной сушки. Контактная сушка.          Специальные виды сушки.          Конструкции сушилок.          Кристаллизация. Материальный и тепловой баланс кристаллизации.          Устройство кристаллизаторов.          Мембранные процессы. Методы мембранного разделения. Мембраны.          Аппараты для мембранного разделения.</p>		3					
ОПК-3; ОПК-4;	Механические процессы и аппараты.	<p>Измельчение твёрдых материалов.          Оборудование для измельчения.</p>				2	1		

ПК-2; ПК-17		Крупное дробление. Среднее и мелкое дробление. Тонкое измельчение. Свертонкое измельчение.				10	10	10	20
		Классификация, дозирование и смешение твёрдых материалов. Классификация материалов. Дозирование сыпучих материалов. Смешение сыпучих материалов. Перемещение твёрдых материалов. Устройство непрерывного транспорта для горизонтального перемещения. Устройство непрерывного транспорта для вертикального и смешанного							
<b>ИТОГО БАЛЛОВ (всего 100)</b>			<b>8</b>	<b>27</b>	<b>15</b>	<b>10</b>	<b>10</b>	<b>10</b>	<b>20</b>

Программа составлена в соответствии с требованиями ОС ВО РУДН

**Разработчик:**

Д.т.н., профессор

—



А.В. Луканин