

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Нижекамский химико-технологический институт (филиал)  
федерального государственного бюджетного образовательного учреждения  
высшего образования  
«Казанский национальный исследовательский технологический университет»  
(НХТИ ФГБОУ ВО «КНИТУ»)



УТВЕРЖДАЮ  
Заместитель директора по УР

Н.И. Никифорова

30.05.2022 г.

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

По дисциплине Б1.В.04 «Процессы и аппараты химических технологий»  
Направление подготовки 20.03.01 Техносферная безопасность  
Профиль/ программа Безопасность технологических процессов и производств  
Квалификация выпускника бакалавр  
Формы обучения очно-заочная и заочная\*  
Факультет Механический  
Кафедра-разработчик рабочей программы ПАХТ  
Курс III, семестр 5

Объем	Часы	ЗЕТ
Лекции	9/6*	0,25/0,17*
Лабораторные занятия	18/6*	0,5/0,17*
Самостоятельная работа	54/111*	1,5/3,08*
Контроль самостоятельной работы	36/12*	1/0,33*
Контроль - экзамен	27/9*	0,75/0,25*
Всего	144/144*	4/4*

Нижнекамск, 2022 г.

Рабочая программа составлена с учетом требований Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования (№ 680 от 25.05.2020) по направлению 20.03.01 Техносферная безопасность (ТБ) на основании учебного плана набора обучающихся 2022 года.

Разработчик программы:  
Доцент каф. ПАХТ



М.Г. Гарипов

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры ПАХТ,  
протокол от 06.04.2022 г. № 7

Зав. кафедрой



Д.Н. Латыпов  
(Ф.И.О.)

## **1. Цели освоения дисциплины**

Целями освоения дисциплины Б1.В.04 «Процессы и аппараты химических технологий» (ПАХТ) являются:

- а) формирование знаний о теоретических основах процессов химических технологий, законах, описывающих их; конструкциях распространенных и перспективных аппаратов и принципах их работы; технологических схемах установок;
- б) обучение методикам расчета процессов и аппаратов с применением компьютеров; принципам моделирования и масштабного перехода; правильного выбора аппаратов и машин по справочникам и каталогам и способам их интенсификации.

## **2. Место дисциплины (модуля) в структуре основной образовательной программы**

Дисциплина ПАХТ относится к части ООП, формируемой участниками образовательных отношений, и формирует у бакалавров по направлению подготовки 20.03.01ТБ набор знаний, умений, навыков и компетенций, необходимых для выполнения организационно-управленческой, экспертной, надзорной и инспекционно-аудиторской деятельности.

Для успешного освоения дисциплины ПАХТ бакалавр по направлению подготовки 20.03.01ТБ должен освоить материал предшествующих дисциплин:

- а) Б1.О.12 Математика;
- б) Б1.О.13 Физика;
- в) Б1.О.16 Информационные технологии (информатика);
- б) Б1.О.17 Общая химия;
- в) Б1.О.18 Инженерная и компьютерная графика;

Дисциплина ПАХТ является предшествующей и необходима для успешного усвоения последующих дисциплин:

- а) Б1.В.08 Промышленная безопасность;
- б) Б1.В.ДВ.02.01 Надёжность технологического оборудования;
- в) Б1.В.ДВ.02.02 Основы расчёта и конструирования оборудования.

Знания, полученные при изучении дисциплины ПАХТ, могут быть использованы при прохождении практик (учебной, преддипломной) и выполнении выпускной квалификационной работы по направлению подготовки 20.03.01 ТБ.

## **2. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины**

*Компетенция:*

*ПК-3- способен разрабатывать в организации мероприятия по охране окружающей среды и обеспечивать экологическую безопасность и документальное оформление отчетности в соответствии с установленными требованиями.*

*Индикаторы компетенции:*

*ПК-3.1-способен разрабатывать в организации мероприятия по охране окружающей среды и обеспечивать экологическую безопасность и документальное оформление отчетности в соответствии с установленными требованиями;*

*ПК-3.2- умеет выявлять источники и причины и оценивать последствия аварийных выбросов и сбросов загрязняющих веществ и сверхнормативного образования отходов в окружающую среду в организации;*

*ПК-3.3- владеет навыками выявления, анализа причин и внесения предложений по устранению источников аварийных выбросов и сбросов загрязняющих веществ, сверхнормативного образования отходов в окружающую среду в организации.*

*Компетенция:*

*ПК-5- способен разрабатывать способы контроля внедряемых на предприятии мероприятий в области охраны окружающей среды.*

*Индикаторы компетенции:*

*ПК-5.1- знает методы и средства обеспечения экологической безопасности, технологическое оборудование организации и принципы его работы;*

*ПК-5.2- умеет анализировать основные направления повышения экологической безопасности организации с учетом специфики производства;*

*ПК-5.3- Владеет способами контроля и предупреждения возникновения чрезвычайных ситуаций в области природоохраны на предприятии.*

**В результате освоения дисциплины обучающийся должен:**

- 1) *Знать*: а) закономерности основных нехимических процессов химической технологии;
- б) принципы устройства и работы аппаратов и машин для проведения химико-технологических процессов;
- в) технологические схемы основных нехимических процессов химических технологий;
- г) современные достижения науки и техники в области химических технологий.
- 2) *Уметь*: а) правильно применять теоретические знания при решении конкретных задач обоснованного выбора конструкции и рабочих режимов аппаратов, технологических схем;
- б) самостоятельно проводить расчеты аппаратов;
- в) решать задачи по различным разделам дисциплины ПАХТ и составлять тепловой и материальный баланс различных аппаратов.
- 3) *Владеть*: а) понятийно-терминологическим аппаратом в области химических технологий;
- б) способностью проектировать типовые процессы и аппараты, пользоваться справочной технической литературой, ГОСТами, составлять техническую документацию в соответствии с ЕСКД;
- в) навыками моделирования и оптимизации производственных установок и технологических схем;
- г) современными информационными технологиями.

#### 4. Структура и содержание дисциплины ПАХТ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 ЗЕТ, 144 часа.

№ п / п	Раздел дисциплины	Семестр	Виды учебной работы в часах				Оценочные средства для промежуточ ной аттестации по разделам
			Лекции	Лабо р. рабо ты	КСР	СРС	
1	Теоретическое основы процессов химических технологий	5	3,9/2,6*	4/3*	12,42/4,14*	18,72/38,52*	Лабораторная работа. Контрольная работа*. Тест.
2	Гидромеханические процессы	5	0,39/0,26*	4/0*	9,66/3,22*	14,56/29,96*	Лабораторная работа. Тест.

3	Теплообменные процессы	5	1,56/1,04*	4/0*	4,14/1,38*	6,24/12,84*	Лабораторная работа. Контрольная работа*. Тест.
4	Массообменные процессы	5	3,12/2,08*	6/3*	9,66/3,22*	14,56/29,96*	Лабораторная работа. Контрольная работа*. Деловая игра. Тест.
	Всего		9/6*	18/6*	36/12**	54/111*	
	Форма контроля						Экзамен-27/27* часов

### 5. Содержание лекционных занятий по темам

№ п/п	Раздел дисциплины	Часы	Тема лекционного занятия	Краткое содержание	Индикаторы достижения компетенции
1	Теоретические основы процессов химических технологий	0,39/0,26*	1. Введение	Краткий исторический экскурс. Предмет и задачи дисциплины. Классификация основных процессов химической технологии. Значение ПАХТ в решении экономических и экологических проблем в промышленности. Вклад отечественных ученых в науку о ПАХТ. Стационарные и нестационарные процессы. Непрерывные и периодические процессы. Режимы движения сред. Классификация сил и напряжений, действующих в жидких средах.	ПК-3.1; ПК-3.2; ПК-3.3; ПК-5.1; ПК-5.2; ПК-5.3
		0,39/0,26*	2. Основы теории переноса	Основные понятия: система и окружающая среда, разновидности систем, параметры системы. Субстанции. Потoki субстанций. Механизмы переноса субстанций. Уравнения переноса субстанций. Законы сохранения: законы сохранения массы, импульса и энергии, их математическая запись в интегральной и локальной формах. Основные балансовые соотношения. Анализ полученных уравнений, частные случаи (уравнения Навье-Стокса, Эйлера, Бернулли, Фурье-Кирхгофа, Фурье, неразрывности, Фика). Исчерпывающее описание процессов	ПК-3.1; ПК-3.2; ПК-3.3; ПК-5.1; ПК-5.2; ПК-5.3

				переноса, условия однозначности; поля скорости, давления, температуры, концентраций; понятие о пограничных слоях; аналогия переноса.	
		0,39/0,26*	3.Межфазный перенос веществ	Уравнения массо- и теплоотдачи. Коэффициенты массо- и теплоотдачи, аналогия этих процессов. Уравнения массо- и теплопередачи, определение соответствующих коэффициентов.	ПК-3.1; ПК-3.2; ПК-3.3; ПК-5.1; ПК-5.2; ПК-5.3
		0,39/0,26*	4. Моделирование химико-технологических процессов	Математическое моделирование, его основные этапы. Физическое моделирование. Основы теории подобия. Константы и инварианты (симплексы и критерии) подобия. Подobie гидромеханических, тепловых и массообменных процессов. Критериальные уравнения. Проблема масштабного перехода для промышленных аппаратов. Понятие о сопряженном физическом и математическом моделировании. Роль ученых КГТУ.	ПК-3.1; ПК-3.2; ПК-3.3; ПК-5.1; ПК-5.2; ПК-5.3
		0,39/0,26*	5.Гидродинамическая структура потоков	Характеристики структуры потока: поле локальных скоростей, время пребывания (фактическое и среднее) элементов частиц потока (частиц жидкости) в рабочей зоне (РЗ) аппарата или реактора, функция распределения элементов потока по времени из пребывания в РЗ. Использование трассера (метки). Кривые отклика (выходные кривые). Структура потока в идеальных моделях (идеального вытеснения и идеального смешения). Структура потока в реальных системах. Ячеечная и диффузионная модели.	ПК-3.1; ПК-3.2; ПК-3.3; ПК-5.1; ПК-5.2; ПК-5.3
		0,39/0,26*	6.Прикладная гидромеханика	Гидростатика. Основное уравнение гидростатики. Сила давления жидкости на стенки сосудов (плоские и криволинейные поверхности). Гидродинамика. Классификация жидкостей. Виды движения жидкости. Поток жидкости и его геометрические элементы и гидравлические параметры. Уравнение Бернулли для потока идеальной и вязкой жидкости. Гидравлическое сопротивление аппаратов и трубопроводов. Сопротивление круглых трубопроводов по длине. Формулы Пуазейля и Дарси-Вейсбаха. График Никурадзе. Движение жидкости в некруглых трубах. Местные гидравлические сопротивления. Расчет простых и сложных	ПК-3.1; ПК-3.2; ПК-3.3; ПК-5.1; ПК-5.2; ПК-5.3

				трубопроводов. Определение оптимального диаметра трубопровода. Особенности течения газа.	
		0,39/0,26*	7.Основы динамики двухфазных потоков.	Система жидкость (газ) – твердое тело. Течение жидкости через неподвижные зернистые слои и пористые перегородки. Режимы взаимодействия жидкости с зернистым слоем. Сопротивление неподвижного зернистого слоя. Гидродинамика псевдоожиженного слоя. Расчет скорости псевдоожижения, витания (осаждения) и уноса. Гидро- и пневмотранспорт. Элементы гидродинамики систем газ (пар) – жидкость, жидкость – жидкость. Пленочное течение жидкости, барботаж, движение капель жидкости в сплошной среде.	ПК-3.1; ПК-3.2; ПК-3.3; ПК-5.1; ПК-5.2; ПК-5.3
		0,39/0,26*	8.Транспортирование жидкостей	Классификация насосов. Основные параметры насосов: производительность, напор, мощность, КПД. Динамические (лопастные) насосы. Устройство и принцип действия центробежных насосов. Рабочие характеристики. Работа центробежного насоса на сеть. Формулы пропорциональности. Универсальная характеристика центробежного насоса. Вихревые и осевые насосы. Принцип действия, конструкции и сравнительная характеристика. Объемные насосы. Устройство, принцип действия и производительность поршневых насосов.	ПК-3.1; ПК-3.2; ПК-3.3; ПК-5.1; ПК-5.2; ПК-5.3
		0,39/0,26*	9.Сжатие и перемещение газов	Классификация машин для сжатия и перемещения газов. Поршневые компрессоры. Объемный КПД и коэффициент подачи. Процессы сжатия газа. Мощность компрессора. Многоступенчатое сжатие газа. Сравнение и области применения компрессоров различных типов.	ПК-3.1; ПК-3.2; ПК-3.3; ПК-5.1; ПК-5.2; ПК-5.3
		0,39/0,26*	10.Перемешивание в жидких средах	Виды перемешивания. Интенсивность и эффективность перемешивания. Механическое перемешивание. Конструкции мешалок. Расход энергии на перемешивание. Расчет мешалок.	ПК-3.1; ПК-3.2; ПК-3.3; ПК-5.1; ПК-5.2; ПК-5.3



2	Гидро механические процессы	0,39/0,26*	11.Разделение неоднородных систем	<p>Характеристика неоднородных систем и способов их образования и разделения. Основные способы разделения неоднородных систем и их экологическое значение.</p> <p>Гравитационное осаждение. Скорость осаждения. Конструкции отстойников и их расчет.</p> <p>Центробежное осаждение. Осадительное центрифугирование и циклонный процесс. Фактор разделения. Классификация центрифуг. Конструкции осадительных центрифуг и циклонов и их расчет.</p> <p>Фильтрация суспензий под действием перепада давлений. Режимы и виды фильтрации. Сжимаемые и несжимаемые осадки. Основное дифференциальное уравнение фильтрации. Стадии фильтрации. Фильтровальные перегородки. Классификация и конструкции фильтров и их расчет.</p> <p>Фильтрация в центробежном поле (фильтровальное центрифугирование). Конструкции фильтрующих центрифуг и их расчет.</p> <p>Электроосаждение газовзвесей .</p> <p>Конструкции электроосадителей (трубчатый и пластинчатый).</p> <p>Мокрый способ газоочистки (мокрое пылеулавливание). Конструкции мокрых пылеуловителей (тарельчатый, насадочный и т.д.). Выбор аппарата для разделения неоднородных систем.</p>	ПК-3.1; ПК-3.2; ПК-3.3; ПК-5.1; ПК-5.2; ПК-5.3
	Теплообменные процессы	0,39/0,26*	12.Теоретические основы теплообменных процессов.	<p>Основные тепловые процессы и температурные схемы. Тепловой баланс. Кондуктивный теплообмен в плоской и цилиндрической стенке. Конвективный теплообмен в плоском пограничном слое и трубах при ламинарном и турбулентном режимах течения. Теплообмен с телами сложной формы. Теплообмен при изменении теплофизических характеристик теплоносителя и его фазового состояния. Теплообмен при непосредственном контакте теплоносителей. Радиационно-конвективная теплоотдача. Оптимизация и интенсификация теплообмена.</p>	ПК-3.1; ПК-3.2; ПК-3.3; ПК-5.1; ПК-5.2; ПК-5.3

		0,39/0,26*	13.Теплоносители.	Греющие теплоносители. Нагревание водяным паром и парами органических теплоносителей. Нагревание водой, органическими, ионными и жидкометаллическими теплоносителями. Нагревание топочными газами и электрическим током. Охлаждающие теплоносители. Охлаждение водой и воздухом. Охлаждение льдом, испарением низкокипящих жидкостей и хладагентами.	ПК-3.1; ПК-3.2; ПК-3.3; ПК-5.1; ПК-5.2; ПК-5.3
		0,39/0,26*	14.Теплообменная аппаратура.	Теплообменная аппаратура. Классификация теплообменных аппаратов. Конструкции рекуперативных теплообменников (кожухотрубных, двухтрубчатых и т.д.). Конструкции смесительных и регенеративных теплообменников. Методика расчета теплообменника.	ПК-3.1; ПК-3.2; ПК-3.3; ПК-5.1; ПК-5.2; ПК-5.3
		0,39/0,26*	15.Выпаривание.	Способы выпаривания. Классификация и конструкции выпарных аппаратов. Схемы многокорпусных выпарных установок. Материальный и тепловой балансы выпарной установки. Температурные потери. Способы распределения полезной разности температур по корпусам. Методика расчета многокорпусной выпарной установки.	ПК-3.1; ПК-3.2; ПК-3.3; ПК-5.1; ПК-5.2; ПК-5.3
	Массообменные процессы.	0,39/0,26*	16.Теоретические основы массообменных процессов. Фазовое равновесие.	Уравнения материального баланса, рабочих и равновесных линий. Модификации уравнений массопередачи: основное уравнение массопередачи, объемные коэффициенты массоотдачи и массопередачи, число и высота единиц переноса. Аналогия тепло- и массообмена. Упрощенные модели массоотдачи. Классификация и основы расчета массообменных аппаратов. Технологический расчет аппаратов с непрерывным контактом фаз, теоретические тарелки, эффективность по Мерффри, аналитический и графический способы определения числа тарелок. Фазовое равновесие.	ПК-3.1; ПК-3.2; ПК-3.3; ПК-5.1; ПК-5.2; ПК-5.3

		0,39/0,26*	17.Перегонка	Общие сведения. Равновесие в системе пар – жидкость, закон Рауля. Простая перегонка, перегонка с дефлегмацией, схемы установок. Ректификация. Схемы установок непрерывной и периодической ректификации. Непрерывная бинарная ректификация: материальный баланс, допущения, рабочие линии, минимальное и оптимальное флегмовые числа, тепловой баланс. Особенности периодической ректификации. Ректификация многокомпонентных смесей. Экстрактивная и азеотропная ректификация. Схемы установок. Конструкции ректификационных колонн.	ПК-3.1; ПК-3.2; ПК-3.3; ПК-5.1; ПК-5.2; ПК-5.3
		0,39/0,26*	18. Абсорбция.	Общие сведения, схема установки. Равновесие при абсорбции, закон Генри. Прямоток и противоток: уравнение рабочих линий, минимальный и оптимальный расход абсорбента. Конструкции абсорберов.	ПК-3.1; ПК-3.2; ПК-3.3; ПК-5.1; ПК-5.2; ПК-5.3
		0,39/0,26*	19. Экстракция	Общие сведения. Схема установки, равновесие в системе жидкость – жидкость. Одноступенчатая экстракция, материальный баланс, рабочая линия. Многоступенчатая перекрестная и противоточная непрерывная экстракция. Конструкции жидкостных экстракторов. Экстрагирование в системе твердое тело – жидкость, кинетика процесса, аппаратное оформление.	ПК-3.1; ПК-3.2; ПК-3.3; ПК-5.1; ПК-5.2; ПК-5.3
		0,39/0,26*	20. Сушка.	Общие сведения, виды сушки. Параметры влажного воздуха, диаграмма состояния, изображение процессов. Равновесие при сушке, формы связи влаги с материалом. Материальный и тепловой балансы, линия реальной сушки. Кинетика процесса. Классификация и конструкции сушилок.	ПК-3.1; ПК-3.2; ПК-3.3; ПК-5.1; ПК-5.2; ПК-5.3
		0,39/0,26*	21.Адсорбция.	Общие сведения. Равновесие при адсорбции. Кинетика процесса, схемы и стадии процесса адсорбции. Классификация и конструкции адсорберов. Ионобмен.	ПК-3.1; ПК-3.2; ПК-3.3; ПК-5.1; ПК-5.2; ПК-5.3
		0,39/0,26*	22. Кристаллизация.	Общие сведения. Равновесие в системе кристалл – раствор. Кинетика процесса. Конструкции кристаллизаторов.	ПК-3.1; ПК-3.2; ПК-3.3; ПК-5.1; ПК-5.2; ПК-5.3

		0,39/0,26*	23. Мембранные процессы.	Общие сведения. Типы мембран. Механизм и кинетика мембранных процессов. Конструкции мембранных аппаратов.	ПК-3.1; ПК-3.2; ПК-3.3; ПК-5.1; ПК-5.2; ПК-5.3
	Всего	9/6*			

## **6. Содержание практических занятий**

Учебным планом не предусмотрено проведение практических занятий по дисциплине ПАХТ.

## **7. Содержание лабораторных занятий**

Цель проведения лабораторных занятий – усвоение и закрепление лекционного материала, касающегося гидромеханических закономерностей однородной жидкости и системы жидкость-твердое тело, определения коэффициентов тепло- и массоотдачи в различных технологических процессах; выработка студентами умений проводить экспериментальные исследования гидромеханических, тепло- и массообменных процессов и обрабатывать результаты экспериментальных исследований.

<b>№ п/п</b>	<b>Раздел дисциплины</b>	<b>Часы</b>	<b>Наименование лабораторной работы</b>	<b>Формируемые компетенции</b>
1	Теоретические основы процессов химической технологии	4/3*	1.Определение режима течения воды в цилиндрической трубе	ПК-3.1; ПК-3.2; ПК-3.3; ПК-5.1; ПК-5.2; ПК-5.3
2	Гидромеханические процессы	4/0*	2. Псевдоожижение	ПК-3.1; ПК-3.2; ПК-3.3; ПК-5.1; ПК-5.2; ПК-5.3
3	Теплообменные процессы	4/0*	3. Теплопередача в теплообменнике типа «труба в трубе»	ПК-3.1; ПК-3.2; ПК-3.3; ПК-5.1; ПК-5.2; ПК-5.3
4	Массообменные процессы	6/3*	4. Изучение процесса ректификации	ПК-3.1; ПК-3.2; ПК-3.3; ПК-5.1; ПК-5.2; ПК-5.3
	Всего	18/6*		

## 8. Самостоятельная работа бакалавра

№ п/п	Темы, выносимые на самостоятельную работу	Часы	Форма СРС	Индикаторы достижения компетенции
1	Основы теории переноса субстанции	2,08/4,28*	Подготовка к лабораторному занятию и экзамену	ПК-3.1; ПК-3.2; ПК-3.3; ПК-5.1; ПК-5.2; ПК-5.3
2	Межфазный перенос субстанций	2,08/4,28*	Подготовка к лабораторному занятию и экзамену	ПК-3.1; ПК-3.2; ПК-3.3; ПК-5.1; ПК-5.2; ПК-5.3
3	Моделирование ХТП	2,08/4,28*	Подготовка к лабораторному занятию и экзамену	ПК-3.1; ПК-3.2; ПК-3.3; ПК-5.1; ПК-5.2; ПК-5.3
4	Гидродинамическая структура потока	2,08/4,28*	Подготовка к лабораторному занятию и экзамену	ПК-3.1; ПК-3.2; ПК-3.3; ПК-5.1; ПК-5.2; ПК-5.3
5	Гидростатика	2,08/4,28*	Подготовка к лабораторному занятию и экзамену	ПК-3.1; ПК-3.2; ПК-3.3; ПК-5.1; ПК-5.2; ПК-5.3
6	Расчет простых и сложных трубопроводов	2,08/4,28*	Подготовка к лабораторному занятию и экзамену	ПК-3.1; ПК-3.2; ПК-3.3; ПК-5.1; ПК-5.2; ПК-5.3

7	Основы гидродинамики двухфазных потоков	2,08/4,28*	Подготовка к лабораторному занятию и экзамену	ПК-3.1; ПК-3.2; ПК-3.3; ПК-5.1; ПК-5.2; ПК-5.3
8	Компрессорные машины	2,08/4,28*	Подготовка к лабораторному занятию и экзамену	ПК-3.1; ПК-3.2; ПК-3.3; ПК-5.1; ПК-5.2; ПК-5.3
9	Насосы	2,08/4,28*	Подготовка к лабораторному занятию и экзамену	ПК-3.1; ПК-3.2; ПК-3.3; ПК-5.1; ПК-5.2; ПК-5.3
10	Гравитационное осаждение	2,08/4,28*	Подготовка к лабораторному занятию и экзамену	ПК-3.1; ПК-3.2; ПК-3.3; ПК-5.1; ПК-5.2; ПК-5.3
11	Центробежное осаждение	2,08/4,28*	Подготовка к лабораторному занятию и экзамену	ПК-3.1; ПК-3.2; ПК-3.3; ПК-5.1; ПК-5.2; ПК-5.3
12	Электрическое осаждение	2,08/4,28*	Подготовка к лабораторному занятию и экзамену	ПК-3.1; ПК-3.2; ПК-3.3; ПК-5.1; ПК-5.2; ПК-5.3
13	Фильтрация	2,08/4,28*	Подготовка к лабораторному занятию и экзамену	ПК-3.1; ПК-3.2; ПК-3.3; ПК-5.1; ПК-5.2; ПК-5.3
14	Псевдоожижение	2,08/4,28*	Подготовка к лабораторному занятию и экзамену	ПК-3.1; ПК-3.2; ПК-3.3; ПК-5.1; ПК-5.2; ПК-5.3
15	Перемешивание в жидкой среде	2,08/4,28*	Подготовка к лабораторному занятию и	ПК-3.1; ПК-3.2; ПК-3.3; ПК-5.1; ПК-5.2; ПК-5.3

			экзамену	
16	Мокрое пылеулавливание	2,08/4,28*	Подготовка к лабораторному занятию и экзамену	ПК-3.1; ПК-3.2; ПК-3.3; ПК-5.1; ПК-5.2; ПК-5.3
17	Сложный теплообмен	2,08/4,28*	Подготовка к лабораторному занятию и экзамену	ПК-3.1; ПК-3.2; ПК-3.3; ПК-5.1; ПК-5.2; ПК-5.3
18	Выпаривание	2,08/4,28*	Подготовка к лабораторному занятию и экзамену	ПК-3.1; ПК-3.2; ПК-3.3; ПК-5.1; ПК-5.2; ПК-5.3
19	Теплообменная аппаратура	2,08/4,28*	Подготовка к лабораторному занятию и экзамену	ПК-3.1; ПК-3.2; ПК-3.3; ПК-5.1; ПК-5.2; ПК-5.3
20	Обычная ректификация	2,08/4,28*	Подготовка к лабораторному занятию и экзамену	ПК-3.1; ПК-3.2; ПК-3.3; ПК-5.1; ПК-5.2; ПК-5.3
21	Специальные методы ректификации	2,08/4,28*	Подготовка к лабораторному занятию и экзамену	ПК-3.1; ПК-3.2; ПК-3.3; ПК-5.1; ПК-5.2; ПК-5.3
22	Адсорбция	2,08/4,28*	Подготовка к лабораторному занятию и экзамену	ПК-3.1; ПК-3.2; ПК-3.3; ПК-5.1; ПК-5.2; ПК-5.3
23	Абсорбция	2,08/4,28*	Подготовка к лабораторному занятию и экзамену	ПК-3.1; ПК-3.2; ПК-3.3; ПК-5.1; ПК-5.2; ПК-5.3
24	Кристаллизация	2,08/4,28*	Подготовка к лабораторному занятию и экзамену	ПК-3.1; ПК-3.2; ПК-3.3; ПК-5.1; ПК-5.2; ПК-5.3
25	Сушка	2,08/4,28*	Подготовка к лабораторному занятию и экзамену	ПК-3.1; ПК-3.2; ПК-3.3; ПК-5.1; ПК-5.2; ПК-5.3
26	Мембранные процессы	2,08/4,28*	Подготовка к лабораторному занятию и экзамену	ПК-3.1; ПК-3.2; ПК-3.3; ПК-5.1; ПК-5.2; ПК-5.3
	Всего	54/111*		

### **8.1 Контроль самостоятельной работы**

№ п/п	Темы, выносимые на самостоятельную работу	Часы	Форма КСР	Индикаторы достижения компетенции
1	Основы теории переноса субстанции	1,38/0,26*	Приём лабораторной работы и отчёта по ней. Тестирование. Экзамен.	ПК-3.1; ПК-3.2; ПК-3.3; ПК-5.1; ПК-5.2; ПК-5.3
2	Межфазный перенос субстанций	1,38/0,26*	Приём лабораторной работы и отчёта по ней. Тестирование. Экзамен.	ПК-3.1; ПК-3.2; ПК-3.3; ПК-5.1; ПК-5.2; ПК-5.3
3	Моделирование ХТП	1,38/0,26*	Приём лабораторной работы и отчёта по ней. Тестирование. Экзамен.	ПК-3.1; ПК-3.2; ПК-3.3; ПК-5.1; ПК-5.2; ПК-5.3
4	Гидродинамическая структура потока	1,38/0,26*	Приём лабораторной работы и отчёта по ней.	ПК-3.1; ПК-3.2; ПК-3.3; ПК-5.1; ПК-5.2;

			Тестирование. Экзамен.	ПК-5.3
5	Гидростатика	1,38/0,26*	Приём лабораторной работы и отчёта по ней. Тестирование. Экзамен.	ПК-3.1; ПК-3.2; ПК-3.3; ПК-5.1; ПК-5.2; ПК-5.3
6	Расчет простых и сложных трубопроводов	1,38/0,26*	Приём лабораторной работы и отчёта по ней. Тестирование. Экзамен.	ПК-3.1; ПК-3.2; ПК-3.3; ПК-5.1; ПК-5.2; ПК-5.3
7	Основы гидродинамики двухфазных потоков	1,38/0,26*	Приём лабораторной работы и отчёта по ней. Тестирование. Экзамен.	ПК-3.1; ПК-3.2; ПК-3.3; ПК-5.1; ПК-5.2; ПК-5.3
8	Компрессорные машины	1,38/0,26*	Приём лабораторной работы и отчёта по ней. Тестирование. Экзамен.	ПК-3.1; ПК-3.2; ПК-3.3; ПК-5.1; ПК-5.2; ПК-5.3
9	Насосы	1,38/0,26*	Приём лабораторной работы и отчёта по ней. Тестирование. Экзамен.	ПК-3.1; ПК-3.2; ПК-3.3; ПК-5.1; ПК-5.2; ПК-5.3
10	Гравитационное осаждение	1,38/0,26*	Приём лабораторной работы и отчёта по ней. Тестирование. Экзамен.	ПК-3.1; ПК-3.2; ПК-3.3; ПК-5.1; ПК-5.2; ПК-5.3
11	Центробежное осаждение	1,38/0,26*	Приём лабораторной работы и отчёта по ней. Тестирование. Экзамен.	ПК-3.1; ПК-3.2; ПК-3.3; ПК-5.1; ПК-5.2; ПК-5.3
12	Электрическое осаждение	1,38/0,26*	Приём лабораторной работы и отчёта по ней. Тестирование. Экзамен.	ПК-3.1; ПК-3.2; ПК-3.3; ПК-5.1; ПК-5.2; ПК-5.3
13	Фильтрация	1,38/0,26*	Приём лабораторной работы и отчёта по ней. Тестирование. Экзамен.	ПК-3.1; ПК-3.2; ПК-3.3; ПК-5.1; ПК-5.2; ПК-5.3
14	Псевдоожижение	1,38/0,26*	Приём лабораторной работы и отчёта по ней. Тестирование. Экзамен.	ПК-3.1; ПК-3.2; ПК-3.3; ПК-5.1; ПК-5.2; ПК-5.3
15	Перемешивание в жидкой среде	1,38/0,26*	Приём лабораторной работы и отчёта по ней. Тестирование. Экзамен.	ПК-3.1; ПК-3.2; ПК-3.3; ПК-5.1; ПК-5.2; ПК-5.3
16	Мокрое пылеулавливание	1,38/0,26*	Приём лабораторной работы и отчёта по ней. Тестирование. Экзамен.	ПК-3.1; ПК-3.2; ПК-3.3; ПК-5.1; ПК-5.2; ПК-5.3
17	Сложный теплообмен	1,38/0,26*	Приём лабораторной работы и отчёта по ней. Тестирование. Экзамен.	ПК-3.1; ПК-3.2; ПК-3.3; ПК-5.1; ПК-5.2; ПК-5.3
18	Выпаривание	1,38/0,26*	Приём лабораторной работы и отчёта по ней. Тестирование. Экзамен.	ПК-3.1; ПК-3.2; ПК-3.3; ПК-5.1; ПК-5.2; ПК-5.3
19	Теплообменная аппаратура	1,38/0,26*	Приём лабораторной работы и отчёта по ней. Тестирование. Экзамен.	ПК-3.1; ПК-3.2; ПК-3.3; ПК-5.1; ПК-5.2; ПК-5.3
20	Обычная ректификация	1,38/0,26*	Приём лабораторной работы и отчёта по ней. Тестирование. Экзамен.	ПК-3.1; ПК-3.2; ПК-3.3; ПК-5.1; ПК-5.2; ПК-5.3
21	Специальные методы ректификации	1,38/0,26*	Приём лабораторной работы и отчёта по ней. Тестирование. Экзамен.	ПК-3.1; ПК-3.2; ПК-3.3; ПК-5.1; ПК-5.2; ПК-5.3

22	Адсорбция	1,38/0,26*	Приём лабораторной работы и отчёта по ней. Тестирование. Экзамен.	ПК-3.1; ПК-3.2; ПК-3.3; ПК-5.1; ПК-5.2; ПК-5.3
23	Абсорбция	1,38/0,26*	Приём лабораторной работы и отчёта по ней. Тестирование. Экзамен.	ПК-3.1; ПК-3.2; ПК-3.3; ПК-5.1; ПК-5.2; ПК-5.3
24	Кристаллизация	1,38/0,26*	Приём лабораторной работы и отчёта по ней. Тестирование. Экзамен.	ПК-3.1; ПК-3.2; ПК-3.3; ПК-5.1; ПК-5.2; ПК-5.3
25	Сушка	1,38/0,26*	Приём лабораторной работы и отчёта по ней. Тестирование. Экзамен.	ПК-3.1; ПК-3.2; ПК-3.3; ПК-5.1; ПК-5.2; ПК-5.3
26	Мембранные процессы	1,38/0,26*	Приём лабораторной работы и отчёта по ней. Тестирование. Экзамен.	ПК-3.1; ПК-3.2; ПК-3.3; ПК-5.1; ПК-5.2; ПК-5.3
	Всего	36/12*		

### ***Использование рейтинговой системы оценки знаний***

При оценке результатов деятельности студентов в рамках дисциплины ПАХТ используется рейтинговая система. Она формируется на основании текущего и промежуточного контроля. Максимальное и минимальное количество баллов по различным видам учебной работы описано в положении о рейтинговой системе.

<b><i>Оценочные средства</i></b>	<b><i>Кол-во</i></b>	<b><i>Min, баллов</i></b>	<b><i>Max, баллов</i></b>
<i>Лабораторная работа</i>	<i>4/2*</i>	<i>9</i>	<i>15</i>
<i>Контрольная работа</i>	<i>1</i>	<i>12</i>	<i>20</i>
<i>Деловая игра</i>	<i>1</i>	<i>3</i>	<i>5</i>
<i>Тест</i>	<i>1</i>	<i>12</i>	<i>20</i>
<i>Экзамен</i>	<i>1</i>	<i>24</i>	<i>40</i>
<i>Итого:</i>		<i>60</i>	<i>100</i>

### ***10. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины***

Оценочные средства для проведения текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации обучающихся и итоговой (государственной итоговой) аттестации разрабатываются согласно положению о Фондах оценочных средств, рассматриваются как составная часть рабочей программы и оформляются отдельным документом.

## **11. Информационно-методическое обеспечение**



## 11.1 Основная литература

При изучении ПАХТ в качестве основных источников информации рекомендуется использовать следующую литературу:

№ п\п	Основные источники информации	Кол-во экз.
1	Баранов, Д.А. Процессы и аппараты химической технологии [Электронный ресурс]: учебное пособие. – 2-е изд., стер.- С.П.б.: Издательство «Лань», 2018. – 408с. – (Учебники для вузов. Специальная литература). Режим доступа: <a href="https://e.lanbook.com/reader/book/98234">https://e.lanbook.com/reader/book/98234</a>	1(безлимитный доступ к ЭБС «Znanium» после регистрации с IP-адреса НХТИ)
2	Общий курс процессов и аппаратов химической технологии [Электронный ресурс] / Под ред. В.Г. Айнштейна: Учебник в 2 книгах. В.Г. Айнштейн, М.К. Захаров, Г.А. Носов. - М: Бином, 2014.-1758 с. - Режим доступа: <a href="http://znanium.com/bookread2.php?book=518458">http://znanium.com/bookread2.php?book=518458</a> , по паролю.- ЭБС «Znanium»	1(безлимитный доступ к ЭБС «Znanium» после регистрации с IP-адреса НХТИ)
3	Брюханов, О.Н. Тепломассообмен: Учебник [Электронный ресурс] / О.Н. Брюханов, С.Н. Шевченко. - М.: НИЦ ИНФРА-М, 2013. - 464 с.	1(безлимитный доступ к ЭБС «Znanium» после регистрации с IP-адреса НХТИ)

## 11.2 Дополнительная литература

В качестве дополнительных источников информации рекомендуется использовать следующую литературу:

№ п\п	Дополнительные источники информации	Количество экземпляров
1	Гидромеханические и теплообменные процессы : лабораторный практикум / М.Г. Гарипов, Д.Н. Латыпов. – Нижнекамск : НХТИ ФГБОУ ВО «КНИТУ», 2016. – 30 с.	100
2	Лабораторный практикум по механике жидкости и газа (учебное пособие) / М.Г. Гарипов, Д.Н. Латыпов. СПб:	100

	Свое издательство. 2019.-104 с.	
3	Кудинов, А.А.Тепломассообмен: учеб.пособие [Электронный ресурс] / А.А. Кудинов.- М.: Инфра – М., 2012.- 375 с.	1(безлимитный доступ к ЭБС «Znanium» после регистрации с IP-адреса НХТИ)
4	Лабораторный практикум по массообменным процессам (учебное пособие) / М.Г. Гарипов, Д.Н. Латыпов СПб: Свое издательство. 2021.-92 с.	100

### 11.3 Электронные источники информации

При изучении дисциплины ПАХТ рекомендуется использование электронных источников информации:

Адрес Интернет-ресурса	Наименование Интернет-ресурса
Федеральный портал «Российское образование» <a href="http://www.edu.ru/">http://www.edu.ru/</a>	Открытый Интернет-ресурс, свободный безлимитный доступ.
Федеральный центр информационно-образовательных ресурсов <a href="http://fcior.edu.ru/">http://fcior.edu.ru/</a>	Электронные образовательные ресурсы и сервисы для всех уровней и ступеней образования. Открытый Интернет-ресурс, свободный безлимитный доступ.
Информационная система «Единое окно доступа к образовательным ресурсам» <a href="http://window.edu.ru/">http://window.edu.ru/</a>	Российское образование: единое окно доступа к образовательным ресурсам, свободный безлимитный доступ.
<a href="http://elibrary.ru/defaultx.asp">http://elibrary.ru/defaultx.asp</a>	Научная электронная библиотека

### 11.4 Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы

1. Журнал « Теоретические основы химической технологии» - Доступ свободный:  
<https://www.elibrary.ru/contents.asp?id=39180218>.
2. Журнал « Известия ВУЗов».- Доступ свободный:  
[https://www.elibrary.ru/title\\_about.asp?id=7725](https://www.elibrary.ru/title_about.asp?id=7725).

**Согласовано:**

Зав. отделом  
по библиотечному  
обслуживанию



Тарасова В.Я.

### 12. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

№ кабинета, название	Перечень основного оборудования в учебных кабинетах	Фактический адрес учебных кабинетов
106 Лаборатория тепло-массообмен	Комплект технического оснащения, учебного и лабораторного оборудования: оверхэд-проектор, экран на треноге, ноутбук, компьютеры с доступом к	423578, Республика Татарстан,

ных процессов	<p>сети «Интернет».</p> <p>Лабораторная установка для испытания различных конструкций теплообменников, лабораторная установка по ректификации.</p> <p><b>Мебель:</b> доска ученическая, сейф, столы, стулья, скамья.</p> <p><b>Программное обеспечение:</b> Windows7, MicrosoftOffice 2007, Антивирус Касперского.</p> <p><b>Оборудование и материалы, обеспечивающие соблюдение требований пожарной безопасности и охраны здоровья обучающихся:</b> огнетушитель.</p>	г. Нижнекамск, ул. 30 лет Победы, д. 5А
106 Кабинет для самостоятельно й работы студентов, групповых и индивидуальны х консультаций	<p><b>Комплект технического оснащения, учебного и лабораторного оборудования:</b> оверхэд-проектор, экран на треноге, ноутбук, компьютеры с доступом к сети «Интернет».</p> <p><b>Мебель:</b> доска ученическая, сейф, столы, стулья, скамья.</p> <p><b>Программное обеспечение:</b> Windows7, MicrosoftOffice 2007, Антивирус Касперского.</p> <p><b>Оборудование и материалы, обеспечивающие соблюдение требований пожарной безопасности и охраны здоровья обучающихся:</b> огнетушитель.</p>	423578, Республика Татарстан, г. Нижнекамск, ул. 30 лет Победы, д. 5А
121 Лаборатория пр оцессов и аппаратов химической технологии	<p><b>Комплект технического оснащения, учебного и лабораторного оборудования:</b> стенд «исследование гидродинамики зернистых материалов, установка для изучения теплообменного процесса в кожухотрубчатом теплообменнике, установка для определения температуры кипения жидкости, установка для определения констант фильтрования, установка «Теплопередача в теплообменнике « Труба в трубе», установка для изучения гидродинамической структуры потока жидкости., установка для определения режимов работы насадочной колонны, установка для изучения процесса ректификации, аппарат АРН-2, установка для перемешивания и растворения твердого вещества (перемешивающее устройство ПЭ-8100), экспериментальная установка, установка для исследования массообмена насадочных колонн, макет наружной установки производственного оборудования.</p> <p><b>Мебель:</b> раковина, доска аудиторная, тумба, шкаф, столы, стулья, скамья.</p> <p><b>Оборудование и материалы, обеспечивающие соблюдение требований пожарной безопасности и охраны здоровья обучающихся:</b> огнетушитель.</p>	423578, Республика Татарстан, г. Нижнекамск, ул. 30 лет Победы, д. 5А
121	<b>Мебель:</b> раковина, доска аудиторная, тумба, шкаф,	423578,

Кабинет курсового проектирования (выполнения курсовых работ)	столы, стулья, скамья. <b>Оборудование и материалы, обеспечивающие соблюдение требований пожарной безопасности и охраны здоровья обучающихся:</b> огнетушитель.	Республика Татарстан, г. Нижнекамск, ул. 30 лет Победы, д. 5А
123 Лаборатория гидравлики и гидравлических машин	<b>Комплект технического оснащения, учебного и лабораторного оборудования:</b> лабораторный стенд «Гидростатика» (Росучприбор), лабораторный стенд «Гидродинамика» (Росучприбор), лабораторная установка для определения характеристики центробежного насоса, лабораторно - промышленный комплекс «Частотно-регулируемый привод насосной станции». <b>Мебель:</b> доска ученическая, столы, стулья, скамья. <b>Оборудование и материалы, обеспечивающие соблюдение требований пожарной безопасности и охраны здоровья обучающихся:</b> огнетушитель.	423578, Республика Татарстан, г. Нижнекамск, ул. 30 лет Победы, д. 5А

### 13. Образовательные технологии

В процессе проведения аудиторных занятий применяются следующие образовательные технологии обучения (в интерактивной форме).

№ п/п	Тема	Вид занятия	Интерактивная форма	Часы
1	Теоретические основы процессов химических технологий	Лекция	Мозговой штурм	0,1; 0,05*
			Студенты-эксперты	0,1; 0,05*
2	Гидромеханические процессы	Лекция	Студенты-эксперты	0,1; 0,05*
		Лаб. занятие	Мозговой штурм	0,1; 0,05*
			Тест	0,3; 0,2*
3	Теплообменные процессы	Лекция	Мозговой штурм	0,1; 0,1*
			Студенты-эксперты	0,1; 0,1*
4	Массообменные процессы	Лекция	Студенты-эксперты	0,1; 0,1*
			Мозговой штурм	0,1; 0,1*
		Лаб. занятие	Тест	0,3; 0,2*
			Деловая игра	0,1; 0,1*