

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Казанский национальный исследовательский технологический университет»
(ФГБОУ ВО «КНИТУ»)

УТВЕРЖДАЮ


Проректор по УР
А.В. Бурмистров
« 24 » 09 2018 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

По дисциплине Б1.Б.20. Процессы и аппараты химической технологии

Специальность 18.05.01 «Химическая технология энергонасыщенных мате-
(шифр) (наименование)

риалов и изделий»

Специализация подготовки для всех специализаций данной специальности

Квалификация выпускника ИНЖЕНЕР

Форма обучения ОЧНАЯ

Институт, факультет ИХТИ, ФЭМИ, ФЭТИБ

Кафедра-разработчик рабочей программы «Процессы и аппараты хими-
ческой технологии»

Курс 3,4, семестр 5,6,7

	Часы	Зачетные единицы
Лекции	54	1,5
Лабораторные занятия	45	1,25
Практические занятия	72	2
Самостоятельная работа	189	5,25
Формы аттестации	Зачет 5,6 Экзамен 5,6 72	2
Курсовой проект	7 сем.	
Всего	432	12

Казань, 2018 г.

Рабочая программа составлена с учетом требований Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования №1176 от 12.09.2016г.

по специальности 18.05.01 «Химическая технология энерго-
(номер) (дата утверждения)
(шифр) (наименование)

насыщенных материалов и изделий», для всех специализаций данной специальности на основании учебного плана набора обучающихся 2016 – 2018 гг.

Типовая программа по дисциплине отсутствует.

Разработчик программы:

профессор каф. ПАХТ

(должность)

Зиннатуллин Н.Х.

(подпись) (Ф.И.О.)

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры ПАХТ.

Протокол от 31.08.2018 г. № 11

Зав. кафедрой ПАХТ, профессор

Клинов А.В.

(подпись)

(Ф.И.О.)

СОГЛАСОВАНО

Протокол заседания методической комиссии ИХТИ от 12.09.2018 г. № 8

Председатель комиссии, профессор

Базотов В.Я.

(подпись)

(Ф.И.О.)

УТВЕРЖДЕНО

Протокол заседания методической комиссии механического факультета от 2018 г. № 8 от 17.09.2018г.

Председатель комиссии, доцент

Гаврилов А.В.

(подпись)

(Ф.И.О.)

Начальник УМЦ, доцент

Китаева Л.А.

(подпись)

(Ф.И.О.)

Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины «Процессы и аппараты химической технологии» являются:

- 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 ООП ВО

Дисциплина Б1.Б.20. «Процессы и аппараты химической технологии» относится к базовой части ООП.

Для успешного освоения дисциплины «Процессы и аппараты химических технологий» инженер по специальности 18.05.01 «Химическая технология энергонасыщенных материалов и изделий» должен освоить материал предшествующих дисциплин:

- а) математика,*
- б) информатика,*
- в) физика,*
- г) общая и неорганическая химия,*
- д) теоретическая механика,*
- е) физическая химия,*
- ж) техническая термодинамика.*

Дисциплина «Процессы и аппараты химической технологии» является предшествующей и необходима для успешного усвоения последующих дисциплин:

- а) общая химическая технология,*
- б) химические реакторы,*
- в) системы управления химико-технологическими процессами.*

Знания, полученные при изучении дисциплины Б1.Б.20. «Процессы и аппараты химической технологии» могут быть использованы при прохождении производственной, преддипломной практик и выполнении выпускных квалификационных работ по специальности 18.05.01 «Химическая технология энергонасыщенных материалов и изделий».

3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

ОПК-2 – способностью профессионально использовать современное технологическое и аналитическое оборудование, способностью к проведению научного исследования и анализу полученных при его проведении результатов;

ПК-1 – способностью осуществлять технологический процесс в соответствии с регламентом и использовать технические средства для контроля его основных параметров, свойств сырья и готовой продукции;

ПК-4 – способностью к решению профессиональных производственных задач, включающих разработку норм выработки и технологических нормативов расхода сырья, материалов и энергетических затрат, обеспечение требований по стандартизации, сертификации и качеству продукции, совершенствование контроля технологического процесса;

ПК-7 – способностью анализировать технологический процесс как объект управления, использовать современные системы управления качеством, применительно к конкретным условиям производства, на основе международных стандартов;

В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

- 1) Знать: а) основы теории переноса импульса, тепла и массы;
б) принципы физического моделирования химико-технологических процессов;
в) основные уравнения движения жидкостей; основы теории теплопередачи; основы теории массопередачи в системах со свободной и неподвижной границей раздела фаз;
г) типовые процессы химической технологии, соответствующие аппараты и методы их расчета.

- 2) Уметь: а) определять характер движения жидкостей и газов;
б) определять основные характеристики процессов тепло- и массопередачи;
в) рассчитывать параметры и выбирать аппаратуру для конкретного химико-технологического процесса.
- 3) Владеть: а) методами технологических расчетов отдельных узлов и деталей химического оборудования;
б) навыками проектирования простейших аппаратов химической промышленности;
в) методами определения оптимальных и рациональных технологических режимов работы оборудования.

4. Структура и содержание дисциплины «Процессы и аппараты химической технологии»

Общая трудоемкость дисциплины составляет 12 зачетных единиц, 432 часа.

№ п/п	Раздел дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы (в часах)				Формы текущего контроля успеваемо- сти (по неделям семе- стра) Форма промежуточ- ной аттестации (по семестрам)
				Лекции	Лабо- ратор. заня- тия	Прак- тич. занятия	СРС	
1	Введение	5	1	2	2	-	-	
2	Теоретические осно- вы процессов хими- ческой технологии	5	2-4	6	2	6	36	Выступление на коллоквиуме, защита лабораторной работы
3	Гидромеханические процессы и аппараты	5	5-13	18	5	12	45	Выступление на кол- локвиуме, защита ла- бораторной и рас- четной работы
4	Тепловые процессы и аппараты	5	14-18	10	-	-	-	
	Итого в 5 семестре	5	-	36	9	18	81	
	Тепловые процессы и аппараты	6	-	-	12	14	30	Выступление на кол- локвиуме, защита ла- бораторной и рас- четной работы
5	Массообменные про- цессы и аппараты	6	1-9	18	24	22	60	Выступление на кол- локвиуме, защита ла- бораторной и рас- четной работы
	Итого в 6 семестре	6	-	18	36	36	90	Зачет Экзамен
6	Курсовой проект	7				18	18	Защита курсового проекта
	Итого в 7 семестре	-	-			18	18	
	Итого:	5-7		54	45	72	189	

5. Содержание лекций по темам

Использование указанных учебных пособий, лекций в электронном виде, а также демонстрационного материала в виде слайдов, позволяет существенно ускорить темп чтения лекций и изложить курс за 54 часа.

№ п/п	Раздел дисциплины	Ча сы	Краткое содержание	Компетен- ции
1	2	3	4	5
1	Введение	2	Предмет, цели и задачи курса. Классификация основных процессов химической технологии. Стационарные и нестационарные, непрерывные и периодические процессы. Режимы движения жидких сред. Гипотеза сплошности среды. Режимы течения сред. Классификация сил и напряжений, действующих в жидких средах	ОПК-2 ПК-1 ПК-4 ПК-7
2	Теоретические основы процессов химической технологии - основы теории переноса - моделирование химико-технологических процессов	2 2	Механизмы переноса субстанций. Уравнения переноса субстанций. Законы сохранения: законы сохранения массы, импульса и энергии, их математическая запись в интегральной и локальной формах (уравнения Навье-Стокса, Эйлера, Бернулли, нестационарные уравнения Фурье-Киргофа, Фурье, Фика). Уравнение Бернулли для потока вязкой жидкости. Математическое моделирование, его основные этапы. Физическое моделирование. Основы теории подобия. Подобие гидромеханических, тепловых и массообменных процессов. Критерии и симплексы подобия. Критериальные уравнения. Проблема масштабного перехода для промышленных аппаратов. Понятие о сопряженном физическом и математическом моделировании. Роль ученых КНИТУ.	ОПК-2 ПК-1 ПК-7

1	2	3	4	5
	- гидродинамическая структура потоков - межфазный перенос субстанций	1 1	Модели структуры потоков: идеального вытеснения, идеального смешения, ячеечная, диффузионная. Идентификация моделей. Кривые отклика. Уравнения массо-, тепло-, и импульсоотдачи. Коэффициенты массо-, тепло-, и импульсоотдачи, аналогия этих процессов. Уравнения массо-, тепло- и импульсопередачи, определение соответствующих коэффициентов.	
3	Гидромеханические процессы и аппараты: - гидростатика - гидравлика однофазных потоков - гидравлика двухфазных потоков - разделение неоднородных систем	2 4 4 2	Основные уравнение гидростатики. Сила давления жидкости на стенки сосудов (плоские и криволинейные поверхности). Относительный покой. Закон Паскаля. Классификация жидкостей. Поток жидкости и его геометрические элементы и гидравлические параметры. Гидравлическое сопротивление аппаратов и трубопроводов. Сопротивление трубопроводов по длине. Формулы Пуазейля и Дарси-Вейсбаха. График Никурадзе. Движение жидкости в некруглых трубах. Местные гидравлические сопротивления. Расчет простых и сложных трубопроводов. Определение оптимального диаметра трубопровода. Особенности течения газа. Система жидкость (газ) – твердое тело. Характеристика зернистого слоя. Режимы взаимодействия жидкости с зернистым слоем. Сопротивление неподвижного зернистого 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. Неоднородные системы и методы их разделения. Отстаивание, конструкции отстойников, схемы их расчета. Осаждение под действием центробежных сил. Циклоны, их конструкции и расчет. Осадительные центрифуги, их конструкции и расчет. Фильтрация суспензий. Виды осадков. Конструкции фильтров, фильтрующих центрифуг. Уравнение фильтрования. Очистка газов фильтрованием. Мокрая очистка газов, конструкции скрубберов.	ОПК-2 ПК-1 ПК-4 ПК-7

1	2	3	4	5
	- транспортирование жидкостей - сжатие и перемещение газов - перемешивание в жидких средах	2 2 2	Очистка газов в электрическом поле. Выбор аппаратов для разделения неоднородных систем Классификация насосов. Основные параметры насосов: производительность, напор, мощность, КПД. Динамические (лопастные) насосы. Устройство и принцип действия центробежных насосов. Основное уравнение центробежных насосов. Рабочие характеристики. Работа центробежного насоса на сеть. Высота всасывания центробежного насоса. Формулы пропорциональности. Вихревые и осевые насосы: принцип действия, конструкции и сравнительная характеристика. Объемные насосы. Устройство и принцип действия поршневых насосов. Производительность и закон подачи. Графики подачи. Классификация машин для сжатия и перемещения газов. Поршневые компрессоры. Процессы сжатия газа. Мощность компрессора. Многоступенчатое сжатие газа. Сравнение и области применения компрессоров различных типов. Виды перемешивания. Интенсивность и эффективность перемешивания. Механическое перемешивание. Конструкции мешалок. Расход энергии на перемешивание. Расчет мешалок.	
4	Тепловые процессы и аппараты - теплообмен - промышленные способы передачи тепла	4 2	Кондуктивный теплообмен в плоской и цилиндрической стенке. Конвективный теплообмен в плоском пограничном слое и трубах при ламинарном и турбулентном режимах течения. Теплообмен при изменении теплофизических характеристик теплоносителя и его фазового состояния. Теплообмен при непосредственном контакте теплоносителей. Радиационно-конвективная теплоотдача. Оптимизация и интенсификация теплообмена. Виды теплоносителей. Классификация и конструкции теплообменников. Методика расчета теплообменника.	ОПК-2 ПК-1 ПК-4 ПК-7

1	2	3	4	5
	- выпаривание	4	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.	
5	Массообменные процессы и аппараты - массообмен -массообмен в системах со свободной границей фаз	2 8	Фазовые равновесия. 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. Специфика расчета аппаратов со ступенчатым контактом фаз, теоретические тарелки, эффективность по Мэрфри, аналитический и графический способы определения числа тарелок. <u>Абсорбция.</u> Общие сведения, схема установки. Равновесие при абсорбции, закон Генри. Прямоток и противоток: уравнения рабочих линий, минимальный и оптимальный расход абсорбента. Конструкции абсорберов. <u>Перегонка.</u> Общие сведения. Равновесие в системе пар – жидкость, закон Рауля. Простая перегонка, перегонка с дефлегмацией, схемы установок. Ректификация. Схемы установок непрерывной и периодической ректификации. <u>Экстракция.</u> Общие сведения. Схема установки, равновесие в системе жидкость – жидкость. Одноступенчатая экстракция, материальный баланс, рабочая линия. Многоступенчатая и противоточная непрерывные экстракции. Конструкции жидкостных экстракторов.	ОПК-2 ПК-1 ПК-4 ПК-7

1	2	3	4	5
	- массообмен в системах с твердой фазой	8	<u>Сушка.</u> 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. <u>Адсорбция.</u> Общие сведения. Равновесие при адсорбции. Кинетика процесса, схемы и стадии процесса адсорбции. Классификация и конструкции адсорберов. Ионнообмен. <u>Экстрагирование в системе твердое тело-жидкость.</u> Растворение. Экстрагирование растворенного вещества. Экстрагирование твердого вещества. Способы экстрагирования и растворения. Устройство и принцип действия экстракторов. <u>Кристаллизация.</u> Общие сведения. Равновесие в системе кристалл – раствор. Кинетика процесса. Материальный и тепловой балансы кристаллизации. Конструкции кристаллизаторов. <u>Мембранные процессы.</u> Общие сведения. Типы мембран. Механизм и кинетика мембранных процессов. Конструкции мембранных аппаратов.	

6. Содержание лабораторных занятий

Цели лабораторного практикума заключаются в следующем:

1. Закрепление и углубление знаний по теории основных процессов химической технологии.
2. Приобретение и совершенствование навыков экспериментальных исследований. Освоение методов обработки опытных данных.
3. Изучение устройств, принципов действия, режимов работы аппаратов на примерах модельных установок.
4. Ознакомление с оборудованием и измерительными приборами, а также с организацией и методикой проведения экспериментов.

№ п/п	Разделы дисциплины	Часы	Наименование лабораторной работы	Краткое содержание работы	Формируемые компетенции
1	2	3	4	5	6
1	1	2	Определение режима течения воды в цилиндрической трубе круглого сечения.	Визуальное наблюдение течения жидкости в цилиндрической трубе круглого сечения. Определение значения критерия Рейнольдса, соответствующего наблюдаемым режимам течения.	ОПК-2 ПК-1

1	2	3	4	5	6
2	2	2	Экспериментальная демонстрация уравнения Бернулли.	Уяснение физического смысла уравнения Бернулли. Определение потерь напора в трубопроводе переменного сечения. Построение диаграммы Бернулли.	ПК-1 ПК-4
3	3	2	Определение потерь напора в прямой цилиндрической трубе.	Опытное определение потерь напора при различных скоростях воды и сравнение их с расчетными значениями.	ПК-4 ПК-7
4	3	3	Испытание центробежного насоса.	Испытание центробежного насоса. Построение рабочих характеристик насоса при $n=const$ по опытными данным. Определение оптимальных параметров насоса.	ОПК-2
5	4	4	Определение потерь давления в теплообменных аппаратах.	Ознакомление с конструкциями теплообменников. Экспериментальное определение потери давления в трубном и межтрубном пространствах теплообменника при различных скоростях движения теплоносителя и сравнение их с расчетными.	ПК-1 ПК-4 ПК-7
6	4	4	Изучение теплообмена в теплообменнике типа "труба в трубе".	Ознакомление с конструкцией теплообменника типа "труба в трубе". Определение опытных и расчетных значений коэффициента теплопередачи при различных условиях проведения опыта. Анализ влияния различных факторов на коэффициент теплоотдачи и теплопередачи.	ОПК-2 ПК-7
7	4	4	Изучение процесса дистилляции.	Определение мощности на проведение дистилляции, расходов и температур теплоносителей. Определение опытных и расчетных значений потерь тепла в окружающую среду, КПД установки.	ОПК-2 ПК-4
8	5	4	Изучение гидродинамики насадочной колонны.	Визуальное изучение гидродинамических режимов работы насадочной колонны. Определение опытных и расчетных значений гидравлических сопротивлений сухой и орошаемой насадки. Определение скорости воздуха в точке инверсии фаз.	ПК-1 ПК-7
9	5	4	Изучение гидродинамики тарельчатых колонн.	Визуальное наблюдение режимов работы ситчатой и колпачковой тарелок. Определение опытных и расчетных значений гидравлического сопротивления сухих и орошаемых тарелок. Сопоставление гидравлических сопротивлений ситчатых и колпачковых тарелок.	ОПК-2 ПК-4
10	5	4	Изучение процесса абсорбции.	Ознакомление с работой насадочного абсорбера. Определение опытных и расчетных значений коэффициента массопередачи, определение зависимости коэффициента массопередачи от расхода газа и жидкости.	ПК-1 ПК-4

1	2	3	4	5	6
11	5	4	Изучение процесса массоотдачи при растворении твердого вещества в аппарате с механическим перемешиванием.	Экспериментальное определение коэффициентов массоотдачи. Процесс описать при помощи критериального уравнения. Определение пределов использования полученного уравнения.	ПК-1 ПК-7
12	5	4	Изучение процесса ректификации.	Знакомство с устройством и работой установки периодической ректификации. Определение ВЭТС лабораторной установки. Нахождение опытных и расчетных значений ЧЕП и ВЕП лабораторной пленочной ректификационной колонны.	ПК-1 ПК-7
13	5	4	Изучение процесса конвективной сушки.	По опытным данным построение кривой сушки, определение скорости сушки и построение кривой скорости сушки. Сопоставление расчетного и опытного значений коэффициента массоотдачи.	ОПК-2 ПК-7

7. Содержание практических занятий

В ходе практических занятий предусматривается обсуждение наиболее сложных тем, что обеспечивает более глубокое понимание дисциплины, а также выполнение индивидуальных расчетных заданий: решение примеров и задач, ознакомление с конструкциями аппаратов для проведения гидромеханических и тепло- и массообменных процессов.

№ п/п	Разделы дисциплины	Часы	Темы практических занятий	Краткое содержание занятий	Формируемые компетенции
1	2	4	Уравнения переноса и законы сохранения.	Потоки и механизмы переноса субстанций. Уравнения Фика, Фурье и Ньютона. Законы сохранения массы, энергии, импульса и их математическая запись.	ОПК-2 ПК-4
2	2	2	Математическое и физическое моделирование.	Основные этапы математического моделирования. Физическое моделирование, подобия гидромеханических, тепловых и массообменных процессов. Критериальные уравнения подобия. Масштабный переход.	ОПК-2 ПК-1 ПК-4
3	3	2	Гидравлика однофазных потоков.	Гидростатика. Гидравлическое сопротивление аппаратов и трубопроводов. Потери напора по длине и местные. Основные уравнения. Расчет простых и сложных трубопроводов. Течение газа. Оптимальный диаметр трубопровода.	ПК-4 ПК-7
4	3	2	Гидравлика двухфазных потоков.	Системы газ-твердое тело, газ-жидкость и жидкость-жидкость. Основные закономерности взаимодействия фаз. Гидро- и пневмотранспорт, транспорт ЗПС. Псевдоожижение.	ПК-1 ПК-7

5	3	2	Перемещение жидкостей, сжатие и перемещение газов.	Основные параметры насосов. Динамические насосы, их рабочие характеристики. Объемные насосы, производительность и законы подачи. Процессы сжатия газа. Мощность компрессора. Многоступенчатое сжатие газа.	ОПК-2 ПК-4
6	3	2	Расчет основных рабочих параметров насосной установки. (расчетное задание)	Определяются диаметр сети трубопровода, средняя скорость жидкости, критерий Рейнольдса, коэффициент сопротивления и гидравлическое сопротивление сети. Зная статистический напор, определяется потребный напор. Строится характеристика сети. Для выбранного насоса определяются оптимальные параметры установки.	ПК-1 ПК-7
7	3	4	Разделение неоднородных систем.	Неоднородные системы и методы их разделения. осаждение и фильтрование. Аппаратурное оформление процессов осаждения и фильтрования ГНС и ЖНС.	ПК-4 ПК-7
8	4	2	Теплообмен. Промышленные способы передачи тепла.	Закономерности кондуктивного и конвективного теплообмена. Теплообмен при переменных параметрах теплоносителя. Радиационный теплообмен. Теплоносители. Классификация и конструкции теплообменников. Методика расчета теплообменника.	ОПК-2 ПК-7
9	4	4	Выпаривание.	Способы выпаривания. Классификация и конструкции выпарных аппаратов. Материальный и тепловой балансы установки. Температурные потери. Методика расчета трехкорпусной выпарной установки.	ПК-4 ПК-7
10	4	4	Расчет кожухотрубчатого теплообменника. (расчетное задание)	Определяется тепловая нагрузка, среднелогарифмическая разность температур и производится ориентировочный выбор теплообменника. Производится уточненный расчет поверхности теплообменника. Если уточненная поверхность меньше поверхности выбранного теплообменника, то расчет заканчивается; если больше, то выбирается теплообменник большей поверхности.	ПК-4 ПК-7
11	4	4	Расчет трехкорпусной выпарной установки. (расчетное задание)	Определяется количество выпариваемой воды, нагрузка распределяется по корпусам, определяется концентрация раствора по корпусам, распределяется перепад давления по корпусам. Распределяется полезная разность температур по корпусам и определяется поверхность нагрева.	ОПК-2 ПК-4
12	5	8	Массообмен. Абсорбция.	Фазовые равновесия. Уравнения материального баланса, рабочих и равновесных линий. Модификация уравнений массоотдачи и массопередачи. Технологический расчет аппаратов. Равновесие при абсорбции, закон Генри. Расчет расхода абсорбента.	ПК-1 ПК-4
13	5	6	Перегонка.	Равновесие в системе пар-жидкость, закон Рауля. Простая перегонка. Ректификация. Схемы установок непрерывной и периодической ректификации. Материальный и тепловой баланс непрерывной ректификации бинарных смесей. Ректификационные установки.	ОПК-2 ПК-7

14	5	4	Расчет насадочного абсорбера. (расчетное задание)	Определяется масса поглощаемого вещества и расход абсорбента, движущая сила массопередачи, коэффициент массопередачи, скорость газа и диаметр абсорбера, поверхность массопередачи и высота абсорбера.	ОПК-2 ПК-7
15	5	4	Расчет тарельчатой ректификационной колонны. (расчетное задание)	Определяется расход дистиллята и кубового остатка. По данным флегмового числа и скорости пара в колонне определяется диаметр колонны, графически число тарелок. Из уравнения теплового баланса определяется расход греющего пара.	ПК-1 ПК-4

8. Самостоятельная работа студента

№ п/п	Темы, выносимые на самостоятельную работу	Часы	Форма СРС	Компе- тенция
1	Теоретические основы процессов химической технологии - законы переноса и сохранения субстанций - моделирование химико-технологических процессов - межфазный перенос субстанций	14 12 10	Подготовка к коллоквиуму.	ПК-4 ПК-7
2	Гидромеханические процессы и аппараты - гидростатика - гидравлика однофазных потоков - гидравлика двухфазных потоков - разделение неоднородных систем - транспортирование жидкостей - сжатие и перемещение газов	2 16 15 6 4 2	Подготовка к коллоквиуму, лабораторной работе, обработка результатов, выполнение расчетной работы, оформление отчетов.	ОПК-2 ПК-1 ПК-4 ПК-7
3	Тепловые процессы и аппараты - теплообмен - промышленные способы передачи тепла - выпаривание	10 10 10	Подготовка к коллоквиуму, лабораторной работе, обработка результатов, выполнение расчетной работы, оформление отчетов.	ОПК-2 ПК-1 ПК-4 ПК-7

4	Массообменные процессы и аппараты - массообмен - абсорбция - перегонка - экстракция - сушка - адсорбция - кристаллизация - мембранные процессы	10 6 12 6 10 6 6 4	Подготовка к коллоквиуму, лабораторной работе, обработка результатов, выполнение расчетной работы, оформление отчетов.	ОПК-2 ПК-1 ПК-4 ПК-7
5	Курсовое проектирование	18	Выполнение технологического и механического расчета аппарата, графической части, оформление отчета.	ОПК-2 ПК-1 ПК-7

Курсовой проект

Курсовой проект по ПАХТ выполняется и оформляется в соответствии с требованиями ЕСКД на технический проект и состоит из пояснительной записки и графической части.

Пояснительная записка содержит технологический, конструктивный, гидравлический и механический расчеты аппарата.

Графическая часть проекта включает в себя технологическую схему (формат А2 или А3), чертеж общего вида (формата А1).

Работа над курсовым проектом заканчивается публичной защитой. В учебное расписание включены аудиторные двухчасовые занятия по организации консультаций и проверки работ студентов над курсовым проектом.

Примерный перечень тем курсовых проектов

№	Название тем курсового проекта
1	Расчет и проектирование кожухотрубного теплообменника
2	Расчет и проектирование трехкорпусной выпарной установки
3	Расчет и проектирование насадочного абсорбера
4	Расчет и проектирование тарельчатой ректификационной колонны

9. Использование рейтинговой системы оценки знаний

При оценке результатов деятельности студентов в рамках дисциплины «Процессы и аппараты химической технологии» используется рейтинговая система, соответствующая «Положению о балльно-рейтинговой системе оценки знаний студентов и обеспечения качества учебного процесса» (Утверждено решением УМК Ученого совета ФГБОУ ВО «КНИТУ», протокол №7 от 4 сентября 2017 г.). Рейтинговая оценка формируется на основании текущего и промежуточного контроля.

При расчете текущего рейтинга $R^{тек}$ за семестр каждая работа студента оценивается баллами. По дисциплине "Процессы и аппараты химической технологии" предусмотрены лабораторные работы, коллоквиумы и расчетные работы.

Текущий рейтинг $R^{тек}$ студента за семестр рассчитывается по формуле:

$$R^{тек} = B_{л} + B_{к} + B_{р}$$

где $B_{л}$ – баллы за сдачу лабораторных работ, $B_{к}$ – баллы за сдачу коллоквиумов, $B_{р}$ – баллы за сдачу расчетных работ. Эти баллы определяются как:

$$B_{л} = a_{л} \cdot n_{л}, B_{к} = a_{к} \cdot n_{к}, B_{р} = a_{р} \cdot n_{р}$$

где $a_{л}$, $a_{к}$, $a_{р}$ – множительные лабораторные, коллоквиумные и расчетные коэффициенты, $n_{л}$, $n_{к}$, $n_{р}$ – количество лабораторных работ, коллоквиумов и расчетных работ соответственно. Значения множительных коэффициентов зависят от степени подготовленности студента.

$$\left. \begin{array}{lll} 5 - \text{семестр: } a_{л} = 2,3 \div 4,1, & n_{л} = 4 & \Sigma 9,2 \div 16,4 \\ a_{к} = 2,5 \div 4,1, & n_{к} = 9 & \Sigma 22,5 \div 36,9 \\ a_{р} = 4,3 \div 6,7, & n_{р} = 1 & \Sigma 4,3 \div 6,7 \end{array} \right\} \begin{array}{l} 36 \div 60 \text{ баллов-} \\ \text{зачтено} \end{array}$$

Коллоквиумы 2-х часовые

$$\left. \begin{array}{lll} 6 - \text{семестр: } a_{л} = 1,6 \div 2,6, & n_{л} = 9 & \Sigma 14,4 \div 23,4 \\ a_{к} = 1,5 \div 2,5, & n_{к} = 9 & \Sigma 13,5 \div 22,5 \\ a_{р} = 2,0 \div 3,5, & n_{р} = 4 & \Sigma 8,0 \div 14,0 \end{array} \right\} \begin{array}{l} 36 \div 60 \text{ баллов-} \\ \text{зачтено} \end{array}$$

Коллоквиумы 4-х часовые

Для получения зачета и допуска к экзамену, текущий рейтинг студента должен составить от 36 до 60 баллов. При положительной сдаче экзамена, студент может набрать $R^{экз}$ от 24 до 40 баллов. В 7 семестре курсовой проект: 60÷100 баллов.

Рейтинг по дисциплине $R^{дис}$ находится суммированием баллов текущего $R^{тек}$ и экзаменационного $R^э$ рейтингов. Перевод рейтинга по дисциплине в традиционную шкалу оценок осуществляется следующим образом:

$0 \leq R^{дис} < 60$ – неудовлетворительно;

$60 \leq R^{дис} < 73$ – удовлетворительно;

$73 \leq R^{дис} < 87$ – хорошо;

$87 \leq R^{дис} \leq 100$ – отлично.

10. Информационно-методическое обеспечение дисциплины

10.1 Основная литература

При изучении дисциплины «Процессы и аппараты химической технологии» в качестве основных источников информации рекомендуется использовать следующую литературу.

Основные источники информации	Кол-во экз.
1. Касаткин, А.Г. Основные процессы и аппараты химической технологии / А.Г.Касаткин. – 14-е изд., стереотип. – М.: Альянс, 2008. – 750 с.	99 экз. в УНИЦ КНИТУ
2. Разинов А.И. Гидромеханические и теплообменные процессы и аппараты химической технологии: учебное пособие /А.И. Разинов, О.В. Маминов, Г.С. Дьяконов - Казань: изд-во КГТУ, 2007. – 212 с.	416 экз. в УНИЦ КНИТУ
3. Павлов, К.Ф. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии / К.Ф.Павлов, П.Г. Романков, А.А.Носков. –13-е изд., стереотип. – М.: Альянс, 2007. – 575 с.	99 экз. в УНИЦ КНИТУ
4. Основные процессы и аппараты химической технологии: пособие по проектированию / Г.С. Борисов [и др.]; под ред. Ю.И. Дытнерского. – 3-е изд., стереотип. – М.: Альянс, 2007. – 496 с.	987 экз. в УНИЦ КНИТУ

10.2 Дополнительная литература

В качестве дополнительных источников информации рекомендуется использовать следующую литературу:

Дополнительные источники информации	Кол-во экз.
1. Основы конструирования и расчета химической аппаратуры: справочник / А.А. Лашинский, А.Р. Толчинский. – 4-е изд., стереотип. – М: Арис. 2010. – 753 С..	1000 экз. в УНИЦ КНИТУ
2. Проектный расчет оптимальной ректификационной колонны с колпачковыми, ситчатыми и клапанными тарелками для разделения бинарной смеси: метод. указания / сост. Г.С. Дьяконов [и др.]; Казан. гос. технол. ун-т. – Казань, 2008. – 20 с.	10 экз. в УНИЦ КНИТУ, 250 экз. на каф. ПАХТ

3. Проектирование оптимальной многокорпусной выпарной установки: метод. указания / сост. Ф.А. Абдулкашапова, А.И. Разинов, И.П. Анашкин; Казан. гос. технол. ун-т. – Казань, 2009. – 20 с.	11 экз. в УНИЦ КНИТУ, 53 экз. на каф. ПАХТ
4. Проектирование оптимального насадочного абсорбера: метод. указания / сост. А.И. Разинов, И.П. Анашкин, Л.Р. Миннибаева; Казан. нац. иссл. технол. ун-т. – Казань, 2014. – 20 с.	10 экз. в УНИЦ КНИТУ, 50 экз. на каф. ПАХТ

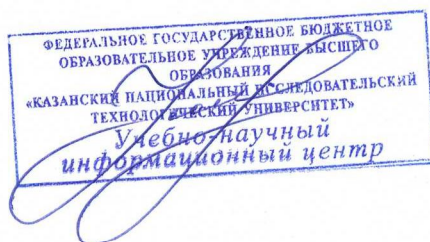
10.3 Электронные источники информации

При изучении дисциплины «Процессы и аппараты химической технологии» использование электронных источников информации:

1. Электронный каталог УНИЦ КНИТУ – [http:// ruslan.kstu.ru/](http://ruslan.kstu.ru/)
2. ЭБС «ЮРАЙТ» - <http://www.biblio-online.ru/>
3. ЭБС «Руконт» - <http://rucont.ru/>
4. ЭБС «Лань» - <http://e.lanbook.com/>
5. ЭБС «КнигаФонд» - <http://www.knigafund.ru/>

Согласовано:

Зав.сектором ОКУФ



11. Оценочные средства для определения результатов освоения дисциплины

Оценочные средства для проведения текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации обучающихся разработаны согласно положению о Фондах оценочных средств, рассматривается как составная часть рабочей программы и оформлены отдельным документом.

12. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

1. Лекционные занятия;
 - а. комплект электронных презентаций / слайдов,
 - б. аудитория, оснащенная презентационной техникой (проектор, экран, компьютер/ноутбук),
2. Лабораторные занятия
 - а. лаборатория гидравлики, оснащенная необходимым оборудованием,
 - б. лаборатория тепло-массообменных установок, оснащенная необходимым оборудованием,
 - с. компьютерный класс.
3. Прочее
 - а. рабочее место преподавателя, оснащенное компьютером с доступом в Интернет,
 - б. рабочие места студентов, оснащенные компьютерами с доступом в Интернет, предназначенные для работы в электронный образовательной среде.

13. Образовательные технологии

Весь лекционный курс обеспечен учебными пособиями, раздаточным материалом и комплектом слайдов, что позволяет вести активный диалог со студентами, при проведении коллоквиумов и защите лабораторных работ организуются дискуссии между студентами. Удельный вес занятий, проводимых в интерактивных формах в учебном процессе составляет 45 часов аудиторных занятий.

Лист переутверждения рабочей программы

Рабочая программа по дисциплине «Процессы и аппараты химической технологии»

По специальности 18.05.01 «Химическая технология энергонасыщенных материалов и изделий»

Для всех специализаций

для набора обучающихся 2019 г.

очная форма обучения

пересмотрена на заседании кафедры «Процессы и аппараты химической технологии»

(подпись главы кафедры)

№ п/п	Дата переутверждения РП (протокол заседания кафедры № от 20)	Наличие изменений	Наличие изменений в списке литературы	Подпись разработчика РП	Подпись заведующего кафедрой	Подпись начальника УМЦ Китаева Л.А.
1	Протокол заседания кафедры №7 от 03.07.2019	Есть*	Нет	Игнаткина Т.В. 	Клинов А.В. 	

* Пункт Профессиональные базы данных и информационные справочные системы

1. Стандартная справочная база данных NIST <https://webbook.nist.gov/chemistry/>.
2. База данных CoolProp <http://www.coolprop.org/v4/index.html>.

Дополнение в пункт 12: Лицензированное свободно распространяемое программное обеспечение, используемое в учебном процессе при освоении дисциплины «Процессы и аппараты химической технологии»:

1. MS Office Standard
2. Mathcad Education-University Edition
3. Аскон Компас 3Dv14