

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

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по УР
А.В. Бурмистров

«31» октября 2017 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 СПЕЦИАЛИСТ
Форма обучения ОЧНАЯ

— Институт, факультет ИХТИ, ФЭМИ, ЭТИБ
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	54	1,5
Практические занятия	72	2
Самостоятельная работа	180	5
Формы аттестации	Зачет 5,6 Экзамен 5,6 72	2
Курсовой проект	7 семестр	
Всего	432	12

Казань, 2017 г.

Рабочая программа составлена с учетом требований Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования №1176 от 12.09.2016г. (номер) (дата утверждения)
по специальности 18.05.01 «Химическая технология энерго- (шифр) (наименование)
насыщенных материалов и изделий», для всех специализаций данной специальности на основании учебного плана набора обучающихся 2016 г.
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 20.10.2017 г. № 2

Зав. кафедрой ПАХТ, профессор


(подпись) Клинов А.В.
(Ф.И.О.)

СОГЛАСОВАНО

Протокол заседания методической комиссии ИХТИ от 24.10 2017 г. № 35

Председатель комиссии, профессор


(подпись)

Базотов В.Я.
(Ф.И.О.)

УТВЕРЖДЕНО

Протокол заседания методической комиссии механического факультета от 30.10 2017 г. № 7

Председатель комиссии, доцент


(подпись)

Гаврилов А.В.
(Ф.И.О.)

Начальник УМЦ, доцент


(подпись)

Китаева Л.А.
(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» специалист 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 успеваемости (по неделям семестра) Форма промежуточной аттестации (по семестрам)
				Лекции	Лаборатор. занятия	Практич. занятия	СРС	
1	Введение	5	1	2	-	2	-	
2	Теоретические основы процессов химической технологии	5	2-6	10	-	4	36	Выступление на коллоквиуме
3	Гидромеханические процессы и аппараты	5	7-15	18	22	12	36	Выступление на коллоквиуме, защита лабораторной и расчетной работы
		5						Зачет Экзамен
4	Тепловые процессы и аппараты	5 6	16-18 1	6 2	8	2	30	Выступление на коллоквиуме, защита лабораторной и расчетной работы
5	Массообменные процессы и аппараты	6	2-9	16	24	34	60	Выступление на коллоквиуме, защита лабораторной и расчетной работы
		6						Зачет Экзамен
6	Курсовой проект	7				18	18	Защита курсового проекта
	Итого:	5-7		54	54	72	180	

1	2	3	4	5
	<ul style="list-style-type: none"> - гидродинамическая структура потоков - межфазный перенос веществ 	<p>2</p> <p>1</p>	<p>Характеристики структуры потока: поля скоростей, время пребывания элементов потока в аппарате, функция распределения времени пребывания. Модели структуры потоков: идеального вытеснения, идеального смешения, ячеечная, диффузионная. Идентификация моделей. Кривые отклика.</p> <p>Уравнения массо-, тепло-, и импульсоотдачи. Коэффициенты массо-, тепло-, и импульсоотдачи, аналогия этих процессов.</p> <p>Уравнения массо-, тепло- и импульсопередачи, определение соответствующих коэффициентов.</p>	
3	<p>Гидромеханические процессы и аппараты:</p> <ul style="list-style-type: none"> - гидростатика - гидравлика однофазных потоков - гидравлика двухфазных потоков - разделение неоднородных систем 	<p>18</p> <p>2</p> <p>4</p> <p>4</p> <p>3</p>	<p>Основные уравнение гидростатики. Сила давления жидкости на стенки сосудов (плоские и криволинейные поверхности). Относительный покой. Закон Паскаля.</p> <p>Классификация жидкостей. Методы исследования жидкости. 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.</p> <p>Система жидкость (газ) – твердое тело. Характеристика зернистого слоя. Режимы взаимодействия жидкости с зернистым слоем. Сопротивление неподвижного зернистого слоя. Расчет скорости псевдооживления, 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.</p> <p>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.</p>	<p>ОПК-2</p> <p>ПК-1</p> <p>ПК-4</p> <p>ПК-7</p>

1	2	3	4	5
	<p>– транспортирование жидкостей</p> <p>– сжатие и перемещение газов</p> <p>– перемешивание в жидких средах</p>	<p>3</p> <p>2</p> <p>2</p>	<p>Очистка газов в электрическом поле. Выбор аппаратов для разделения неоднородных систем</p> <p>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 подач.</p> <p>Классификация машин для сжатия и перемещения газов. Поршневые компрессоры. Процессы сжатия газа. Мощность компрессора. Многоступенчатое сжатие газа. Сравнение и области применения компрессоров различных типов.</p> <p>Виды перемешивания. Интенсивность и эффективность перемешивания. Механическое перемешивание. Конструкции мешалок. Расход энергии на перемешивание. Расчет мешалок.</p>	
4	<p>Тепловые процессы и аппараты</p> <p>– теплообмен</p> <p>– промышленные способы передачи тепла</p>	<p>8</p> <p>4</p> <p>1</p>	<p>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.</p> <p>Виды теплоносителей. Классификация и конструкции теплообменников. Методика расчета теплообменника.</p>	<p>ОПК-2</p> <p>ПК-1</p> <p>ПК-4</p> <p>ПК-7</p>

1	2	3	4	5
	- массообмен в системах с твердой фазой	6	<p><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.</p> <p><u>Адсорбция.</u> Общие сведения. Равновесие при адсорбции. Кинетика процесса, схемы и стадии процесса адсорбции. Классификация и конструкции адсорберов. Ионнообмен.</p> <p><u>Экстрагирование в системе твердое тело-жидкость.</u> Растворение. Экстрагирование растворенного вещества. Экстрагирование твердого вещества. Способы экстрагирования и растворения. Устройство и принцип действия экстракторов.</p> <p><u>Кристаллизация.</u> Общие сведения. Равновесие в системе кристалл – раствор. Кинетика процесса. Материальный и тепловой балансы кристаллизации. Конструкции кристаллизаторов.</p> <p><u>Мембранные процессы.</u> Общие сведения. Типы мембран. Механизм и кинетика мембранных процессов. Конструкции мембранных аппаратов.</p>	

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	3	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	3	2	Измерение давления и вакуума в покоящейся жидкости.	Ознакомление с методикой измерения давления и вакуума приборами. Измерение 2-3 значений избыточного давления и вакуума на свободной поверхности. Определение расчетных значений абсолютного давления.	ПК-1 ПК-4
3	3	2	Экспериментальная демонстрация уравнения Бернулли.	Уяснение физического смысла уравнения Бернулли. Определение потерь напора в трубопроводе переменного сечения. Построение диаграммы Бернулли.	ПК-1 ПК-4
4	3	2	Измерение расхода воды с помощью диафрагмы.	Ознакомление с устройством и принципом измерения расхода с помощью диафрагмы. Проведение экспериментов и построение тарировочного графика по опытным данным.	ОПК-2 ПК-7
5	3	2	Определение потерь напора в запорных устройствах.	Ознакомление с запорными устройствами, экспериментальное определение потерь напора в вентилях и задвижках. Сравнение экспериментальных данных с расчетными.	ОПК-2 ПК-1
6	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
7	3	2	Определение скорости и расхода воды при истечении через отверстия и цилиндрический насадок.	Опытное определение скорости течения воды через отверстия в тонкой стенке и цилиндрический насадок и сравнение их с расчетными значениями. Определение времени опорожнения сосуда расчетным путем и экспериментальным.	ПК-1 ПК-4
8	3	4	Изучение гидравлики зернистого слоя.	Изучение зависимости сопротивления зернистого слоя от скорости воздуха. Определение критической скорости начала псевдооживления и порозности зернистого слоя. Сравнение опытных данных с расчетными.	ПК-4 ПК-7
9	3	4	Испытание центробежного насоса.	Испытание центробежного насоса. Построение рабочих характеристик насоса при $n=const$ по опытным данным. Определение оптимальных параметров насоса.	ОПК-2
10	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
11	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

1	2	3	4	5	6
12	5	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
13	5	2	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
14	5	2	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
15	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
16	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
17	5	4	Изучение процесса ректификации.	Знакомство с устройством и работой установки периодической ректификации. Определение ВЭС лабораторной установки. Нахождение опытных и расчетных значений ЧЭП и ВЕП лабораторной пленочной ректификационной колонны.	ПК-1 ПК-7
18	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	2	2	Межфазный переход субстанций.	Уравнения массо-, тепло- и импульсоотдачи. Связь между коэффициентами субстанции отдачи и субстанции передачи. Аналогия процессов переноса.	ПК-1 ПК-4
4	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
5	3	2	Гидравлика двухфазных потоков.	Системы газ-твердое тело, газ-жидкость и жидкость-жидкость. Основные закономерности взаимодействия фаз. Гидро- и пневмотранспорт, транспорт ЗПС. Псевдооживление.	ПК-1 ПК-7
6	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
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	5	4	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

11	5	4	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
----	---	---	------------	---	---------------

Расчетные работы

№ п/п	Разделы дисциплины	Часы	Наименование расчетных заданий	Краткое содержание задания	Формируемые компетенции
1	3	2	Расчет водопроводной сети.	Строится схема расчета, определяется магистральная линия. для магистральной линии определяются общие потери напора. Расчет ответвлений.	ОПК-2 ПК-4
2	3	2	Расчет основных рабочих параметров насосной установки.	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
3	4	2	Расчет кожухотрубчатого теплообменника.	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
4	4	4	Расчет трехкорпусной выпарной установки.	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
5	5	4	Расчет насадочного абсорбера.	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
6	5	4	Расчет тарельчатой ректификационной колонны.	Определяется расход дистиллята и кубового остатка. По данным флегмового числа и скорости пара в колонне определяется диаметр колонны, графически	ПК-1 ПК-4

				число тарелок. Из уравнения теплового баланса определяется расход греющего пара.	
7	5	2	Расчет сушилки.	Составляется материальный баланс конвективной сушилки. Определяется баланс влаги в сушилке и тепловой баланс сушильной установки. Графоаналитический расчет сушилки проводится по диаграмме Рамзина. После выбора основных размеров сушилки определяется продолжительность сушки.	ПК-4 ПК-7

8. Самостоятельная работа студента

№ п/п	Темы, выносимые на самостоятельную работу	Часы	Форма СРС	Компе- тенция
1	Теоретические основы процессов химической технологии	36	Подготовка к коллоквиуму.	ПК-4 ПК-7
	- законы переноса и сохранения субстанций	14		
	- моделирование химико-технологических процессов	12		
	- межфазный перенос субстанций	10		
2	Гидромеханические процессы и аппараты	36	Подготовка к коллоквиуму, лабораторной работе, обработка результатов, выполнение расчетной работы, оформление отчетов.	ОПК-2 ПК-1 ПК-4 ПК-7
	- гидростатика	2		
	- гидравлика однофазных потоков	10		
	- гидравлика двухфазных потоков	12		
	- разделение неоднородных систем	6		
	- транспортирование жидкостей	4		
- сжатие и перемещение газов	2			
3	Тепловые процессы и аппараты	30	Подготовка к коллоквиуму, лабораторной работе, обработка результатов, выполнение расчетной работы, оформление отчетов.	ОПК-2 ПК-1 ПК-4 ПК-7
	- теплообмен	10		
	- промышленные способы передачи тепла	10		
	- выпаривание	10		

4	Массообменные процессы и аппараты	60	Подготовка к коллоквиуму, лабораторной работе, обработка результатов, выполнение расчетной работы, оформление отчетов.	ОПК-2 ПК-1 ПК-4 ПК-7
	- массообмен	10		
	- абсорбция	6		
	- перегонка	12		
	- экстракция	6		
	- сушка	10		
	- адсорбция	6		
	- кристаллизация	6		
- мембранные процессы	4			
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 ВПО «КНИТУ», протокол №12 от 24 октября 2011 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:

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

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.

$$5 - \text{семестр: } a_{л} = 2,1 \div 3,5, \quad n_{л} = 9$$

$$a_{к} = 2,1 \div 3,3, \quad n_{к} = 6$$

$$a_{р} = 2,2 \div 4,0, \quad n_{р} = 2$$

$$6 - \text{семестр: } a_{л} = 1,6 \div 2,8, \quad n_{л} = 9$$

$$a_{к} = 1,5 \div 2,5, \quad n_{к} = 8$$

$$a_{р} = 1,8 \div 3,0, \quad n_{р} = 5$$

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.

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

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

73 $\leq R^{дис}$ \leq 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

– 20 с.	
3. Проектирование оптимальной многокорпусной выпарной установки: метод. указания / сост. Ф.А. Абдулкашاپова, 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

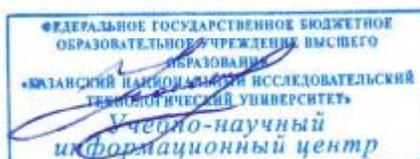
10.3 Электронные источники информации

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



Усольцева И. И.

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 54 часа аудиторных занятий.