

Министерство науки и высшего образования 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
Направление подготовки 18.03.01 «Химическая технология»
(шифр) (наименование)
Профиль подготовки для всех профилей данного направления
Квалификация (степень) выпускника БАКАЛАВР
Форма обучения ОЧНАЯ
Институт, факультет ИНХН, ИХТИ, ИП
Кафедра-разработчик рабочей программы «Процессы и аппараты химической технологии»
Курс 2,3, семестр 4,5

	Часы	Зачетные единицы
Лекции	54	1,5
Практические занятия	36	1
Семинарские занятия	-	-
Лабораторные занятия	99	2,75
Самостоятельная работа	108	3
Форма аттестации	Экзамен 4, 5 семестр, 63	1,75
Всего	360	10

Казань, 2018 г.

Рабочая программа составлена с учетом требований Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования №1005 от 11.08.2016

(номер, дата утверждения)

по направлению 18.03.01 «Химическая технология»

(шифр) (наименование)

для профиля для всех профилей данного направления,

на основании учебного плана набора обучающихся 2017 - 2018 года и примерной программы по дисциплине.

Разработчик программы:

доцент каф. ПАХТ
(должность)


(подпись)

А.В. Малыгин
(Ф.И.О)

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры ПАХТ,
протокол от 31.08.2018 г. № 11

Зав. кафедрой ПАХТ


(подпись)

А.В. Клинов
(Ф.И.О.)

СОГЛАСОВАНО

Ответственный за направление 18.03.01

Профессор

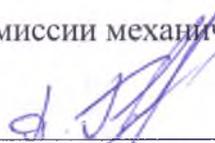

(подпись)

Н.Ю. Башкирцева
(Ф.И.О.)

УТВЕРЖДЕНО

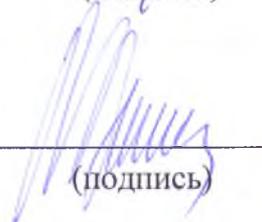
Протокол заседания методической комиссии механического факультета от 11.09 2018 г.
№ 8

Председатель комиссии, доцент


(подпись)

А.В. Гаврилов
(Ф.И.О.)

Начальник УМЦ, доцент


(подпись)

Л.А. Китаева
(Ф.И.О.)

1. 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 «Процессы и аппараты химической технологии» относится к базовой части ООП и формирует у бакалавров по направлению подготовки 18.03.01 «Химическая технология» набор специальных знаний и компетенций.

Для успешного освоения дисциплины «Процессы и аппараты химической технологии» бакалавр по направлению подготовки 18.03.01 «Химическая технология» должен освоить материал предшествующих дисциплин:

- а) Математика,*
- б) Информатика,*
- в) Физика,*
- г) Общая и неорганическая химия,*
- д) Прикладная механика,*
- е) Физическая химия,*
- ж) Техническая термодинамика и теплотехника.*

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

- а) Общая химическая технология,*
- б) Химические реакторы,*
- в) Моделирование химико-технологических процессов,*
- г) Системы управления химико-технологическими процессами.*

Знания, полученные при изучении дисциплины «Процессы и аппараты химической технологии» могут быть использованы при прохождении производственной, преддипломной практик и выполнении выпускных квалификационных работ по направлению подготовки 18.03.01 «Химическая технология».

3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

ПК-1 – способностью и готовностью осуществлять технологический процесс в соответствии с регламентом и использовать технические средства для измерения основных параметров технологического процесса, свойств сырья и продукции;

ПК-4 – способностью принимать конкретные технические решения при разработке технологических процессов, выбирать технические средства и технологии с учетом экологических последствий их применения;

ПК-9 – способностью анализировать техническую документацию, подбирать оборудование, готовить заявки на приобретение и ремонт оборудования;

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 10 зачетных единиц, 360 часов.

№ п/п	Раздел дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы (в часах)				Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра) Форма промежуточной аттестации (по семестрам)
				Лекция	Практические занятия	Лабораторные работы	СРС	
1	Введение	4	1	2	-	-	-	
2	Теоретические основы курса	4	2-7	12	-	14	8	Выступление по теме коллоквиума, защита лабораторных работ
3	Гидромеханические ПАХТ	4	8-15	16	12	29	8	Выступление по теме коллоквиума, защита лабораторных работ, защита расчетных заданий
4	Теплообменные ПАХТ	4	16-18	6	6	2	2	Выступление по теме коллоквиума, защита лабораторных работ, защита расчетных заданий
	Итого в 4 сем.			36	18	45	18	Экзамен
4	Теплообменные ПАХТ	5	1-4	4	6	16	35	Выступление по теме коллоквиума, защита лабораторных работ, защита расчетных заданий
5	Массообменные ПАХТ	5	5-18	14	12	38	55	Выступление по теме коллоквиума, защита лабораторных работ, защита расчетных заданий
	Итого в 5 сем.			18	18	54	90	Экзамен

5. Содержание лекционных занятий по темам.

Использование изданных учебных пособий и электронных версий курса лекций, а также демонстрационного материала в виде слайдов для графо- и мультимедийного проекторов позволяет существенно ускорить темп чтения лекций и изложить курс за 54 часа.

№ п/п	Раздел дисциплины	Часы	Тема лекционного занятия	Краткое содержание	Формируемые компетенции
1	Введение	2	Введение в курс «Процессы и аппараты химической тех-	Предмет, цели и задачи дисциплины, её роль в подготовке бакалавров по направлению «Химическая технология». Классификация основных процессов химической технологии. Гипотеза сплошности сре-	ПК-1, ПК-4, ПК-9

			нологии»	ды; силы и напряжения, действующие в жидких средах; режимы движения.	
2	Теоретические основы процессов химической технологии	2	Механизмы и уравнения переноса	Иерархия характерных масштабов; способы усреднения; молекулярный, конвективный и турбулентный механизмы переноса; условия макроскопического проявления и направление процессов переноса, выражения для потоков массы, энергии и импульса за счет различных механизмов	<i>ПК-1, ПК-4, ПК-9</i>
3		4	Законы сохранения	Законы сохранения массы, импульса и энергии, их математическая запись в интегральной и локальной формах, анализ полученных уравнений, частные случаи (уравнения Навье-Стокса, Эйлера, Бернулли, Фурье-Кирхгофа, нестационарные уравнения Фурье, Фика); теоретическое описание процессов переноса, условия однозначности; поля скорости, давления, температуры, концентраций; понятие о пограничных слоях; аналогия процессов переноса	<i>ПК-1, ПК-4, ПК-9</i>
4		4	Моделирование	Цели, основные понятия и этапы математического и физического моделирования, теория подобия, проблема масштабного перехода; структура потоков в аппаратах, ее основные характеристики и модели, моделирование структуры потоков с помощью перечисленных методов моделирования	<i>ПК-1, ПК-4, ПК-9</i>
5		2	Межфазный перенос субстанций	Вывод уравнений массо-, тепло- и импульсоотдачи в локальной и интегральной формах, подобие соответствующих процессов; определение коэффициентов массо-, тепло- и импульсоотдачи, аналогия процессов массо-, тепло- и импульсоотдачи; уравнения массо-, тепло- и импульсопередачи, определение соответствующих коэффициентов	<i>ПК-1, ПК-4, ПК-9</i>
6	Гидромеханические ПАХТ	6	Гидромеханика	Гидростатика: абсолютный и относительный покой, поле давления и поверхности равного давления, основное уравнение гидростатики. Гидродинамика: характеристики движения сред (поток и его геометрические элементы, установившиеся, равномерное и неравномерное, напорное и безнапорное течение; идеальная и реальная жидкость, виды напора, гидравлическое сопротивление, потерянные напор и давление, коэффициенты гидравлического сопротивления и трения). Решение уравнений движения и неразрывности для стабилизированного течения в цилиндрической трубе при ла-	<i>ПК-1, ПК-4, ПК-9</i>

				<p>минарном и турбулентном режимах, пленочного течение жидкости при ламинарном и турбулентном режимах (поля скорости, потока импульса, давления). Движение пленки жидкости, взаимодействующей с газовым потоком. Физическое моделирование при решении задач гидродинамики (истечение жидкости из отверстий, обтекание твердых тел, образование и движение газовых пузырей и капель, массовый барботаж, движение через слои зернистых материалов и насадок, псевдосжиженные слои, пневмо- и гидротранспорт). Расчет гидравлического сопротивления аппаратов и оптимизация движения в них. Движение неньютоновских жидкостей.</p>	
7		4	Перемещение жидкостей, сжатие и перемещение газов	<p>Классификация насосов и их основные характеристики. Динамические насосы: центробежные, осевые, вихревые, струйные, газлифты; объемные насосы: поршневые, диафрагмовые, шестеренные, пластинчатые, винтовые, Монтежю. Сравнительный анализ работы насосов различных типов. Классификация компрессорных машин и их основные характеристики. Термодинамические основы процесса сжатия. Объемные компрессоры: поршневые, пластинчатые, водокольцевые, с двумя вращающимися поршнями; динамические компрессоры: центробежные, осевые. Сравнительный анализ работы компрессорных машин.</p>	<i>ПК-1, ПК-4, ПК-9</i>
8		4	Разделение неоднородных систем.	<p>Неоднородные системы и методы их разделения. Отстаивание, конструкции отстойников, схема их расчета. Осаждение под действием центробежных сил. Циклоны, их конструкции и расчет. Осадительные центрифуги, их конструкции и расчет. Фильтрация суспензий: конструкции фильтров, фильтрующих центрифуг. Уравнения фильтрации. Расчет аппаратов для фильтрации. Очистка газов фильтрованием. Мокрая очистка газов, конструкции скрубберов. Очистка газов в электрическом поле, конструкции и расчет электроосодителей. Выбор аппаратов для разделения неоднородных систем.</p>	<i>ПК-1, ПК-4, ПК-9</i>
9		2	Перемешивание в жидких средах	<p>Суть, цели, эффективность и интенсивность перемешивания. Механическое перемешивание. Клас-</p>	<i>ПК-1, ПК-4,</i>

				сификация и конструкции мешалок. Характер движения жидкости в аппаратах с мешалками. Физическое моделирование аппаратов с мешалками. Определение мощности мешалки. Расчет мешалок. Пневматическое перемешивание. Другие способы перемешивания: в трубопроводах, с помощью смесителей, циркуляционное.	<i>ПК-9</i>
10	Теплообменные ПАХТ	6	Теплообмен	Кондуктивный теплообмен в плоской и цилиндрической стенке, их термические сопротивления. Конвективный теплообмен: гидродинамический и тепловой пограничные слои (ламинарный и турбулентный) на плоской пластине; теплообмен в трубах, участки гидродинамической и тепловой стабилизации, стабилизированный теплообмен при ламинарном и турбулентном режимах течения; физическое моделирование конвективного теплообмена (теплообмен с телами сложной формы, влияние на теплообмен изменения теплофизических характеристик теплоносителя, теплообмен при изменении фазового состояния теплоносителя); теплообмен излучением; нестационарный теплообмен. Оптимизация и интенсификация теплообмена.	<i>ПК-1, ПК-4, ПК-9</i>
11		2	Промышленные способы передачи тепла	Виды теплоносителей. Подвод и отвод теплоты. Классификация и конструкции теплообменников. Методика расчета теплообменника.	<i>ПК-1, ПК-4, ПК-9</i>
12		2	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.	<i>ПК-1, ПК-4, ПК-9</i>
13	Массообменные ПАХТ	2	Массообмен	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, особенности массообмена с твердой фазой. Упрощенные модели массоотдачи: пленочная, турбулентного диффузионного пограничного слоя Ландау-Левича,	<i>ПК-1, ПК-4, ПК-9</i>

				проницания и обновления поверхности. Основы классификации и 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.	
14		2	Абсорбция	Особенности равновесия и массопередачи в процессе абсорбции. Схемы процесса абсорбции. Минимальный и оптимальный расходы абсорбента. Десорбция. Устройство и принципы работы абсорберов.	<i>ПК-1, ПК-4, ПК-9</i>
15		4	Перегонка	Равновесие в двухкомпонентных парожидкостных системах. Простая перегонка (дистилляция): однократная, многократная, фракционная, с дефлегмацией. Непрерывная бинарная ректификация: схема установки, материальный баланс, рабочие линии, тепловой баланс, выбор флегмового числа, особенности расчета. Периодическая ректификация	<i>ПК-1, ПК-4, ПК-9</i>
16		1	Экстракция	Способы жидкостной экстракции. Одноступенчатая экстракция. Многоступенчатая перекрестная и противоточная экстракция. Непрерывная противоточная экстракция. Классификация и конструкции экстракторов	<i>ПК-1, ПК-4, ПК-9</i>
17		2	Процессы массообмена с твердой фазой	Массообмен в системе твердое тело-газ (жидкость). Общие сведения об адсорбции. Равновесие при адсорбции. Кинетика процесса. Схемы и стадии процесса адсорбции. Классификация и конструкции адсорберов. Расчет адсорберов. Ионнообмен. Равновесие и кинетика процесса экстрагирования, аппаратное оформление процесса.	<i>ПК-1, ПК-4, ПК-9</i>
18		1	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. Расчет сушилок.	<i>ПК-1, ПК-4, ПК-9</i>
19		1	Мембранные процессы	Общие сведения, классификация. Типы мембран. Механизмы и кинетика мембранных процессов. Конструкции мембранных аппаратов.	<i>ПК-1, ПК-4, ПК-9</i>

20		1	Кристаллизация и растворение	Общие сведения. Равновесие в системе кристалл-раствор. Кинетика процесса. Конструкции аппаратов. Повышение эффективности массообменных процессов. Критерии эффективности. Пути повышения эффективности. Совмещенные процессы.	<i>ПК-1, ПК-4, ПК-9</i>
----	--	---	-------------------------------------	---	-------------------------

6. Содержание практических занятий

Основными целями проведения практических занятий являются: закрепление и углубление знаний теоретического материала и приобретение навыков технологического расчета типовых аппаратов химической технологии.

№ п/п	Раздел Дисциплины	Часы	Тема практического занятия	Краткое содержание задания	Формируемые компетенции
1	3. Гидромеханические ПАХТ	4	Расчет центробежного насоса	Расчет потребного напора для перемещения жидкости по гидравлической сети и подбор нормализованного насоса	<i>ПК-4, ПК-9</i>
2		4	Расчет циклона	Определить основные размеры нормализованного циклона для заданной очистки газа от пыли	<i>ПК-4, ПК-9</i>
3		4	Расчет мешалки	Рассчитать пропеллерную и турбинную мешалки для равномерного распределения частиц твердой фазы в жидкой и выбрать потребляющую меньшую мощность	<i>ПК-4, ПК-9</i>
4	4. Теплообменные ПАХТ	6	Расчет кожухотрубчатого теплообменника	Рассчитать 2 варианта нормализованного теплообменника: при ламинарном и турбулентном движении теплоносителя по трубам, проанализировать их преимущества и недостатки	<i>ПК-4, ПК-9</i>
5		6	Расчет трехкорпусной выпарной установки	Рассчитать 2 варианта выпарной установки при различных способах распределения полезной разности температур по корпусам и выбрать наилучший из них	<i>ПК-4, ПК-9</i>
6	5. Массообменные ПАХТ	6	Расчет насадочного абсорбера	Рассчитать абсорбер обеспечивающий заданную степень поглощения, определив минимальный и рабочий расходы абсорбента, коэффициенты массоотдачи и массопередачи	<i>ПК-4, ПК-9</i>
7		6	Расчет тарельчатой ректификационной колонны	Рассчитать ректификационную колонну непрерывного действия, определив необходимое число действительных тарелок с помощью КПД колонны	<i>ПК-4, ПК-9</i>

7. 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	Раздел дисциплины	Часы	Наименование лабораторной работы	Формируемые компетенции
1	Теоретические основы процессов химической технологии	4	Определение режима течения воды в цилиндрической трубе круглого сечения	ПК-1, ПК-4
2		4	Экспериментальная демонстрация уравнения Бернулли	ПК-1, ПК-4
3		6	Изучение структуры потоков в аппаратах и ее влияния на процесс теплопередачи, ч. 1	ПК-1, ПК-4
4	Гидромеханические ПАХТ	5	Измерение давления и вакуума в покоящейся жидкости	ПК-1, ПК-4
5		5	Измерение расхода воды с помощью диафрагмы	ПК-1, ПК-4
6		4	Определение потерь напора в запорных устройствах	ПК-1, ПК-4
7		4	Определение потерь напора в прямой трубе круглого сечения	ПК-1, ПК-4
8		5	Изучение гидравлики зернистого слоя	ПК-1, ПК-4
9		6	Испытание центробежного насоса	ПК-1, ПК-4
10		Теплообменные ПАХТ	6	Изучение теплообмена в теплообменнике типа «труба в трубе»
11	6		Изучение структуры потоков в аппаратах и ее влияния на процесс теплопередачи, ч. 2	ПК-1, ПК-4
12	6		Изучение процесса дистилляции	ПК-1, ПК-4

13	Массообменные ПАХТ	4	Изучение гидродинамики насадочной колонны	<i>ПК-1, ПК-4</i>
14		4	Изучение гидродинамики тарельчатых колонн	<i>ПК-1, ПК-4</i>
15		6	Изучение процесса абсорбции	<i>ПК-1, ПК-4</i>
16		6	Изучение процесса ректификации	<i>ПК-1, ПК-4</i>
17		6	Изучение процесса массоотдачи при растворении твердого вещества в аппарате с механическим перемешиванием	<i>ПК-1, ПК-4</i>
18		6	Изучение процесса конвективной сушки	<i>ПК-1, ПК-4</i>
19		6	Изучение процесса периодической адсорбции	<i>ПК-1, ПК-4</i>

Лабораторные работы проводятся в помещении учебных лабораторий кафедры с использованием специального оборудования. В рамках лабораторного практикума предусмотрено проведение коллоквиумов по основным четырем разделам курса для лучшего освоения теоретического материала.

8. Самостоятельная работа бакалавра

№ п/п	Темы, выносимые на самостоятельную работу	Часы	Форма СРС	Формируемые компетенции
1	Механизмы и уравнения переноса	2	Подготовка к коллоквиуму, лабораторной работе, обработка результатов, оформление отчетов	<i>ПК-1, ПК-4</i>
2	Законы сохранения	2	Подготовка к коллоквиуму, лабораторной работе, обработка результатов, оформление отчетов	<i>ПК-1, ПК-4</i>
3	Моделирование	2	Подготовка к коллоквиуму, лабораторной работе, обработка результатов, оформление отчетов	<i>ПК-1, ПК-4</i>
4	Межфазный перенос субстанций	2	Подготовка к коллоквиуму	<i>ПК-1, ПК-4</i>
5	Гидромеханика	2	Подготовка к коллоквиуму, лабораторной работе, обработка результатов, оформление отчетов	<i>ПК-1, ПК-4</i>
6	Перемещение жидкостей, сжатие и перемещение газов	2	Подготовка к коллоквиуму, лабораторной работе, обработка результатов, выполнение расчетного задания, оформление отчетов	<i>ПК-1, ПК-4, ПК-9</i>

7	Разделение неоднородных систем.	2	Подготовка к коллоквиуму, выполнение расчетного задания, оформление отчетов	ПК-1, ПК-4, ПК-9
8	Перемешивание в жидких средах	2	Подготовка к коллоквиуму, выполнение расчетного задания, оформление отчетов	ПК-1, ПК-4, ПК-9
9	Теплообмен	11	Подготовка к коллоквиуму, лабораторной работе, обработка результатов, оформление отчетов	ПК-1, ПК-4
10	Промышленные способы передачи тепла	14	Подготовка к коллоквиуму, лабораторной работе, обработка результатов, выполнение расчетного задания, оформление отчетов	ПК-1, ПК-4, ПК-9
11	Выпаривание	12	Подготовка к коллоквиуму, лабораторной работе, обработка результатов, выполнение расчетного задания, оформление отчетов	ПК-1, ПК-4, ПК-9
12	Массообмен	8	Подготовка к коллоквиуму, лабораторной работе, обработка результатов, оформление отчетов	ПК-1, ПК-4
13	Абсорбция	14	Подготовка к коллоквиуму, лабораторной работе, обработка результатов, выполнение расчетного задания, оформление отчетов	ПК-1, ПК-4, ПК-9
14	Перегонка	14	Подготовка к коллоквиуму, лабораторной работе, обработка результатов, выполнение расчетного задания, оформление отчетов	ПК-1, ПК-4, ПК-9
15	Экстракция	3	Подготовка к коллоквиуму	ПК-1, ПК-4
16	Процессы массообмена с твердой фазой	6	Подготовка к коллоквиуму, лабораторной работе, обработка результатов, оформление отчетов	ПК-1, ПК-4
17	Сушка	6	Подготовка к коллоквиуму, лабораторной работе, обработка результатов, оформление отчетов	ПК-1, ПК-4
18	Мембранные процессы	2	Подготовка к коллоквиуму	ПК-1, ПК-4
19	Кристаллизация и растворение	2	Подготовка к коллоквиуму	ПК-1, ПК-4

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 по пятибалльной шкале (возможны дробные оценки, например, 3,8 или 4,5). Работа считается зачтенной, если изначальный балл ≥ 3 . В случае несвоевременной сдачи работы может вводиться понижающий коэффициент 0,8, а при отсутствии студента на занятии без уважительной причины и последующей отработки – коэффициент 0,6. По завершении семестра определяются средние баллы, набранные студентом по всем видам работ. Текущий рейтинг студента за семестр рассчитывается следующим образом:

$$R^{тек} = K \cdot \left(\sum_{i=1}^n a_i B_i \right), \text{ где } K - \text{коэффициент, равный } 20, B_i - \text{средний за семестр балл}$$

студента по работам вида i ; a_i - весовой множитель (доля), определённый лектором для ра-

бот вида i ; n – количество видов работ в семестре (лабораторные, практические, коллоквиумы).

Таким образом, для допуска к экзамену текущий рейтинг студента должен составить от 36 до 60 баллов. По дисциплине «Процессы и аппараты химической технологии» предусмотрены коллоквиумы, расчетные задания и лабораторные работы. Распределение весовых множителей по семестрам следующее:

$$4\text{-й} - a_k = 0,4; a_p = 0,3; a_{\text{л}} = 0,3;$$

$$5\text{-й} - a_k = 0,4; a_p = 0,3; a_{\text{л}} = 0,3;$$

При положительной сдаче экзамена студент может набрать R^3 от 24 до 40 баллов.

При этом каждый вопрос экзамена также оценивается по пятибалльной шкале. Балл вопроса учитывается при расчете R^3 , если он ≥ 3 .

$$R^3 = 8 \left(\sum_{i=1}^v B_i^3 \right) / v, \text{ где } B_i^3 \text{ - балл за соответствующий экзаменационный вопрос, } v \text{ -}$$

количество вопросов в билете.

Рейтинг по дисциплине $R^{\text{дис}}$ находится суммированием баллов текущего $R^{\text{тек}}$ и экзаменационного R^3 рейтингов. Перевод рейтинга по дисциплине в традиционную шкалу оценок представлен в таблице ниже:

Цифровое и словесное выражение оценки	Выражение в баллах БРС	Описание оценки в требованиях к уровню и объему компетенций	Описание примерной шкалы оценочных средств с позиций БРС
5 (отлично)	от 87 до 100 баллов в семестре	Освоен превосходный уровень компетенций	Лабораторные работы 15,66 - 18 балла; Выступления по теме коллоквиума 20,88 - 24 балла; Расчетные задания 15,66 - 18 баллов; Экзамен 34,8 - 40 баллов; Итого: 87 - 100 баллов
4 (хорошо)	от 73 до 87 баллов в семестре	Освоен продвинутый уровень компетенций	Лабораторные работы 13,14- 15,66 балла; Выступления по теме коллоквиума 17,52 - 20,88 балла; Расчетные задания 13,14- 15,66 балла; Экзамен 29,2 - 34,8 балла; Итого: 73 - 87 баллов
3 (удовлетворительно)	от 60 до 73 баллов в семестре	Освоен пороговый уровень компетенций	Лабораторные работы 10,8 - 13,14 балла; Выступления по теме коллоквиума 14,4 - 17,52 балла; Расчетные задания 10,8 - 13,14 балла; Экзамен 24 - 29,2 балла; Итого: 60 - 73 балла

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. Лащинский, 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. Аб-	11 экз. в УНИЦ КНИТУ, 53 экз. на каф. ПАХТ

дулкашапова, А.И. Разинов, И.П. Анашкин; Казан. гос. технол. ун-т. – Казань, 2009. – 20 с.	
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 «Рукопт» - <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, рассматриваются как составная часть рабочей программы и оформлены отдельным документом.

12. Материально-техническое обеспечение дисциплины

1. Лекционные занятия:

- a. комплект электронных презентаций/слайдов,
- b. аудитория, оснащенная презентационной техникой (проектор, экран, ноутбук),

2. Лабораторные занятия

- a. лаборатория гидравлики, оснащенная необходимым оборудованием,
- b. лаборатория тепло-массообменных установок, оснащенная необходимым оборудованием,
- c. компьютерный класс.

3. Прочее

- a. рабочее место преподавателя, оснащенное компьютером с доступом в Интернет,
- b. рабочие места студентов, оснащенные компьютерами с доступом в Интернет, предназначенные для работы в электронной 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. Занятия, проводимые в интерактивных формах, при изучении дисциплины «Процессы и аппараты химической технологии» составляют более 12 часов аудиторных занятий, требуемых учебным планом. Интерактивные методы способствуют лучшему усвоению лекционного материала и формируют знания, отношения, навыки поведения.

Лабораторный практикум изложен в учебном пособии, необходимый тираж которого имеется в библиотеке, что позволяет студентам самостоятельно готовиться к лабораторным работам, проводить обработку результатов и оформление отчёта.