

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)

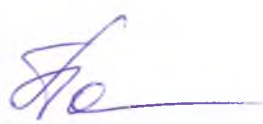
А.В. Клинов

(Ф.И.О.)

СОГЛАСОВАНО

Ответственный за направление 18.03.01

Профессор


(подпись)

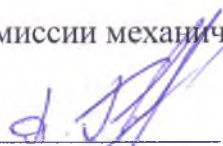
Н.Ю. Башкирцева

(Ф.И.О.)

УТВЕРЖДЕНО

Протокол заседания методической комиссии механического факультета от 11.09 201 8 г.
№ 8

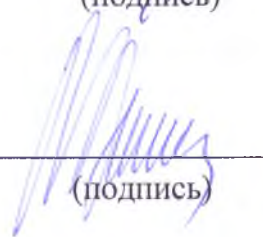
Председатель комиссии, доцент


(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>

				минарном и турбулентном режимах, пленочного течение жидкости при ламинарном и турбулентном режимах (поля скорости, потока импульса, давления). Движение пленки жидкости, взаимодействие 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.	
7		4	Перемещение жидкостей, сжатие и перемещение газов	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.	<i>ПК-1, ПК-4, ПК-9</i>
8		4	Разделение неоднородных систем.	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.	<i>ПК-1, ПК-4, ПК-9</i>
9		2	Перемешивание в жидких средах	Суть, цели, эффективность и интенсивность перемешивания. Механическое перемешивание. Классификация аппаратов для перемешивания. Расчет аппаратов для перемешивания. Выбор аппаратов для перемешивания.	<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.	ПК-9
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.	ПК-1, ПК-4, ПК-9
11		2	Промышленные способы передачи тепла	Виды теплоносителей. Подвод и отвод теплоты. Классификация и конструкции теплообменников. Методика расчета теплообменника.	ПК-1, ПК-4, ПК-9
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.	ПК-1, ПК-4, ПК-9
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,	ПК-1, ПК-4, ПК-9

				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 Мэрффи, 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»	ПК-1, ПК-4
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	ПК-1, ПК-4
14		4	Изучение гидродинамики тарельчатых колонн	ПК-1, ПК-4
15		6	Изучение процесса абсорбции	ПК-1, ПК-4
16		6	Изучение процесса ректификации	ПК-1, ПК-4
17		6	Изучение процесса массоотдачи при растворении твердого вещества в аппарате с механическим перемешиванием	ПК-1, ПК-4
18		6	Изучение процесса конвективной сушки	ПК-1, ПК-4
19		6	Изучение процесса периодической адсорбции	ПК-1, ПК-4

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	ПК-1, ПК-4
2	Законы сохранения	2	Подготовка к коллоквиуму, лабораторной работе, обработка результатов, оформление отчетов	ПК-1, ПК-4
3	Моделирование	2	Подготовка к коллоквиуму, лабораторной работе, обработка результатов, оформление отчетов	ПК-1, ПК-4
4	Межфазный перенос субстанций	2	Подготовка к коллоквиуму	ПК-1, ПК-4
5	Гидромеханика	2	Подготовка к коллоквиуму, лабораторной работе, обработка результатов, оформление отчетов	ПК-1, ПК-4
6	Перемещение жидкостей, сжатие и перемещение газов	2	Подготовка к коллоквиуму, лабораторной работе, обработка результатов, выполнение расчетного задания, оформление отчетов	ПК-1, ПК-4, ПК-9

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-й - $a_k = 0,4$; $a_p = 0,3$; $a_d = 0,3$;

5-й - $a_k = 0,4$; $a_p = 0,3$; $a_d = 0,3$;

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 .

$$R^3 = 8 \left(\sum_{i=1}^n B_i^3 \right) / n, \text{ где } B_i^3 - \text{балл за соответствующий экзаменационный вопрос, } n - \text{количество вопросов в билете.}$$

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. Разинов, А.И. Процессы и аппараты химической технологии: учебное пособие / А.И.Разинов, А.В.Клинов, Г.С.Дьяконов. – Казань: Изд-во КНИТУ, 2017. – 860 с.	115 экз. в УНИЦ КНИТУ Электронные источники: http://ft.kstu.ru/ft/Razinov-Protces-sy_i_apparaty_khimicheskoy_tekhnologii.pdf https://e.lanbook.com/book/102086
2. 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
3. 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. Касаткин, А.Г. Основные процессы и аппараты химической технологии / А.Г.Касаткин. – 14-е изд., стереотип., – М.: Альянс, 2007. – 750 с.	99 экз. в УНИЦ КНИТУ
2. Дытнерский, Ю.И. Процессы и аппараты химической технологии: в 2 кн. / Ю.И.Дытнерский. – 3-е изд. – М.: Химия, 2002. – 768 с	Ч.1: 849 экз. в УНИЦ КНИТУ Ч.2: 853 экз. в УНИЦ КНИТУ
3. 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

4. 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
5. 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
6. 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

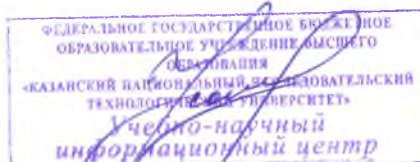
10.3 Электронные источники информации

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



И.И. Усольцева

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:

- а. комплект электронных презентаций/слайдов,
- б. аудитория, оснащенная презентационной техникой (проектор, экран, 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 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.

Лист переутверждения рабочей программы

Рабочая программа по дисциплине «Процессы и аппараты химической технологии»

(наименование дисциплины)

По направлению 18.03.01 «Химическая технология»

(шифр)

(название)

для всех профилей данного направления

для набора обучающихся 2019 г., очной формы обучения

пересмотрена на заседании кафедры ПАХТ

(наименование кафедры)

Дата переутверждения РП	Наличие изменений	Наличие изменений в списке литературы	Подпись разработчика РП Малыгин А.В.	Подпись заведующего кафедрой Клинов А.В.	Подпись начальника УМЦ Китаева Л.А.
Протокол заседания кафедры №7 от 03.07.2019	Есть*	Нет			

* 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 2010-2016 Standard
2. Mathcad Education-University Edition
3. Аскон Компас 3Dv14