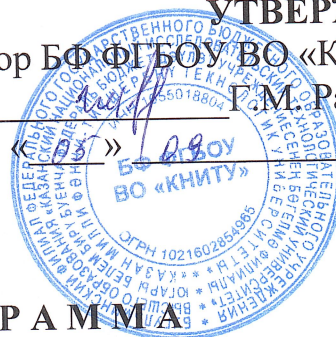


Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Бугульминский филиал федерального государственного бюджетного
образовательного учреждения высшего образования
«Казанский национальный исследовательский технологический университет»
(БФ ФГБОУ ВО «КНИТУ»)

УТВЕРЖДАЮ
Директор БФ ФГБОУ ВО «КНИТУ»



Г.М. Рахимова
2019 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

По дисциплине **Б1.В.ОД.11 «Процессы и аппараты химической технологии»**

Направление подготовки **15.03.02 «Технологические машины и оборудование»**

Профиль подготовки **«Оборудование нефтегазопереработки»**

Квалификация выпускника **БАКАЛАВР**

Форма обучения **заочная**

Кафедра-разработчик рабочей программы **ХТОМ**

Курс, семестр **3 и 4 курс, 6 и 7 семестры**

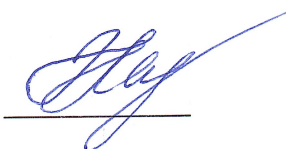
	Часы	Зачетные единицы
Лекции	10	0,3
Практические занятия	4	0,1
Семинарские занятия	-	-
Лабораторные занятия	24	0,7
Самостоятельная работа (Курсовой проект)	237	6,6
Форма аттестации	зачет – 6 сем (4) экзамен – 7 сем (9)	0,3
Всего	288	8

Бугульма, 2019 г.

Рабочая программа составлена на основе требований Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования (приказ Министерства образования и науки Российской Федерации №1170 от 20 октября 2015г.) по направлению 15.03.02 «Технологические машины и оборудование» для профиля «Оборудование нефтегазопереработки», на основании учебного плана набора обучающихся 2019 года.

Разработчик программы:

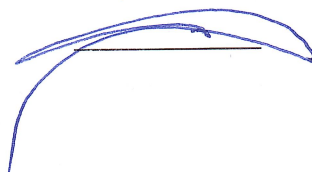
Доцент кафедры ХТОМ



Э.М. Хасаншина

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры ТМО протокол от 27.05 2019 г. № 10

Зав. кафедрой ХТОМ

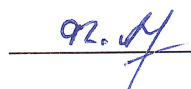


Е.С. Буслаев

УТВЕРЖДЕНО

Протокол заседания методической комиссии филиала, реализующего подготовку образовательной программы от 27.05 2019 г. № 10

Председатель комиссии, доцент



Ф.К. Ахмедзянова

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 (модуля) в структуре образовательной программы

Дисциплина «Процессы и аппараты химической технологии» относится к вариативной части ООП и формирует у бакалавров по направлению подготовки 15.03.02 «Технологические машины и оборудование» набор знаний, умений, навыков и компетенций.

Для успешного освоения дисциплины «Процессы и аппараты химической технологии» бакалавр по направлению подготовки 15.03.02 «Технологические машины и оборудование» должен освоить материал предшествующих дисциплин:

- а) Б1.Б.6 «Физика»;*
- б) Б1.Б.7 Химия;*
- в) Б1.Б.10 «Теоретическая механика»;*
- г) Б1.Б.12 «Сопротивление материалов»;*
- д) Б1.Б.18 «Механика жидкости и газа»;*
- е) Б1.Б.22 «Термодинамика»;*
- ж) Б1.В.ОД.4 «Физическая химия»;*
- з) Б1.В.ОД.10 «Теплообмен»;*
- и) Б1.В.ДВ.11.1 «Процессы и агрегаты нефтегазовых технологий»*

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

а) Б1.В.ОД.11 «Машины и аппараты нефтегазопереработки»;

б) Б1.В.ДВ.7.1 «Современные методы расчёта химико-технологических систем».

Знания, полученные при изучении дисциплины «Процессы и аппараты химической технологии» могут быть использованы при прохождении *Производственной практики (практики по получению профессиональных умений и опыта профессиональной деятельности, Преддипломной практики и выполнении и защите выпускной квалификационной работы, включая подготовку к процедуре защиты и процедуру защиты.*

3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины:

(ПК-2) - умением моделировать технические объекты и технологические процессы с использованием стандартных пакетов и средств автоматизированного проектирования, готовностью проводить эксперименты по заданным методикам с обработкой и анализом результатов;

(ПК-4) - способностью участвовать в работе над инновационными проектами, используя базовые методы исследовательской деятельности.

В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

1) Знать:

а) основы теории переноса импульса, тепла и массы;

б) принципы физического моделирования химико-технологических процессов;

в) промышленные способы передачи тепла; 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 основные характеристики процессов тепло- и массопередачи;

б) 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 8 зачетных единиц, 288 часов.

№ п/п	Раздел дисциплины	Курс	Виды учебной работы (в часах)				Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации по разделам
			Лекции	Семинар (Практические занятия, лабораторные практикумы)	Лабораторные работы	СРС	
1	Теоретические основы	3	1		2	17	Лабораторная работа, отчет по индивидуальному ДЗ
2	Механизмы и уравнения переноса. Законы сохранения. Моделирование. Межфазный перенос субстанций.	3	1		2	17	Лабораторная работа, отчет по индивидуальному ДЗ
3	Гидромеханические ПАХТ	3	1		2	17	Лабораторная работа, отчет по индивидуальному ДЗ
4	Прикладная	3	1		2	17	Лабораторная

	гидромеханика. Перемещение жидкостей, сжатие и перемещение газов.						работа, отчет по индивидуальному ДЗ
5	Разделение неоднородных систем. Перемешивание в жидких средах.	3	2		4	18	Лабораторная работа, отчет по индивидуальному ДЗ
Форма аттестации							Зачет
6	Теплообменные ПАХТ	4	1	1	2	37	Лабораторная работа
7	Теплообмен. Промышленные способы передачи тепла. Выпаривание.	4	1	1	2	37	Лабораторная работа
8	Массообменные ПАХТ	4	1	1	4	37	Лабораторная работа
9	Массообмен. Абсорбция. Перегонка. Экстракция.	4	1	1	4	40	Лабораторная работа, расчетная работа
Форма аттестации							Экзамен, курсовой проект

5. Содержание лекционных занятий по темам

№ п/п	Раздел дисциплины	Часы	Тема лекционного занятия	Краткое содержание	Формируемые компетенции
1	Теоретические основы	1	Предмет и задачи курса процессов и аппаратов химической технологии.	Предмет и задачи курса процессов и аппаратов химической технологии. Общие сведения о процессах химической технологии. Знакомство с современным состоянием химической и других смежных с ней отраслями промышленности, их основными общими характеристиками и проблемами, а так же возможными путями их решения. Место и роль процессов и аппаратов химической технологии в современном мире химической промышленности.	ПК-2, ПК-4
2	Механизмы и уравнения переноса. Законы сохранения	1	Законы сохранения массы, энергии и импульса	Законы сохранения массы, энергии и импульса – как основы составления балансовых уравнений (материальных и тепловых балансов, балансов действующих на систему сил и баланса количества движения). Законы термодинамического равновесия – как основы определения условий переноса	ПК-2, ПК-4.

	ния. Моделирование. Межфазный перенос субстанций.			массы, энергии и импульса (возможности и направления переноса, предел протекания процессов переноса, их движущие силы).	
3	Гидрометрические ПАХТ	1	Основные теоретические методы исследований типовых химико-технологических процессов и аппаратов.	Место и роль теоретических исследований в задачах химической технологии. Исследование механизмов процессов на микро- и макроуровнях.	ПК-2, ПК-4
4	Прикладная гидромеханика. Перемещение жидкостей, сжатие и перемещение газов.	1	1. Основы гидравлики. 2. Гидростатика. 3. Гидродинамика.	1. Введение в гидравлику. Предмет и задачи гидравлики - науки о закономерностях поведения жидкостей. Основные понятия, термины и определения: системы координат: гидродинамические понятия точки, элементарного объема, элементарной поверхности, элементарной частицы. Классификация сил, действующих на жидкость. Скалярные и векторные величины. Представление о градиенте. Представление о жидкостях как о сплошных средах. Капельные и упругие жидкости. Идеальная и реальная жидкость. Основные физические свойства жидкостей: плотность и удельный вес, сжимаемость, свойство жидкости к расширению, поверхностное натяжение. Понятие о критических параметрах: критическая температура, критическое давление и критический объем. Гидростатика. Основные задачи гидростатики. Абсолютный и относительный покой жидкости. Основные законы гидростатики: закон распределения давления – дифференциальные уравнения равновесия Эйлера для относительного и абсолютного покоя, основной закон гидростатики – как частный случай выражения общего закона сохранения энергии для покоящейся жидкости, закон Паскаля, уравнение поверхности уровня. Гидродинамика. Предмет и задачи	ПК-2, ПК-4

			<p>гидродинамики - науки о закономерностях поведения движущейся жидкости. Внутренняя и внешняя задачи гидродинамики. Смешанная задача. Понятия о скоростях движения: локальная и средняя скорости. Методы Лагранжа и Эйлера для описания кинематики жидких сред. Представление о потоке жидкости как потоке элементарных частиц: линия тока, элементарная струйка (трубка тока), поток. Поле скоростей. Стационарный и нестационарный потоки. Закон внутреннего трения Ньютона. Ньютоновские и неньютоновские жидкости, общая характеристика реологических свойств неньютоновских жидкостей. Вязкость жидкости и её физическая сущность, как мера оценки переноса количества движения. Основные характеристики движения жидкостей: скорость потока, объёмный и массовый расходы. Гидродинамические режимы течения жидкостей в условиях внутренней и внешней задач гидродинамики. Опыт и число Рейнольдса. Определяющий геометрический размер в условиях внутренней и внешней задачи гидродинамики: гидравлический радиус, эквивалентный диаметр и др. Общие характеристики ламинарных и турбулентных потоков жидкости. Основные уравнения гидродинамики: дифференциальные уравнения неразрывности потока и движения жидкости Навье-Стокса и Эйлера, их практическое применение в вопросах гидродинамики. Различные формы записи дифференциальных уравнений движения жидкости Навье-Стокса. Особенности течения вихревой жидкости. Уравнение Бернулли для описания течения идеальных и реальных жидкостей – как частный случай выражения общего закона сохранения энергии движущейся жидкости. Представления о турбулентных потоках жидкостей. Структура турбулентных потоков интенсивность и масштаб турбулентности турбулентная</p>	
--	--	--	--	--

				вязкость. Особенности течения газов: изотермический и неизотермический потоки газов, течение газов с учётом фактора сжимаемости.	
5	Разделение неоднородных систем. Перемешивание в жидких средах.	2	.Классификация неоднородных систем и методов разделения.	Определение, возникновение, основные свойства и характеристики неоднородных систем. Цели и задачи процессов разделения. Особое значение способов и эффективность разделения неоднородных систем при решении экологических проблем. Принципы выбора методов разделения и сравнительные оценки эффективности процессов разделения.	ПК-2, ПК-4
6	Теплообменные ПАХТ	1	Тепловые процессы в химической технологии,	Тепловые процессы в химической технологии, их роль и значение в проведении химико-технологических процессов. Классификация способов переноса теплоты. Стационарный и нестационарный процессы теплопереноса. Основные понятия, определения и теплофизические свойства веществ: температурное поле, температурный градиент, тепловой поток, теплоёмкость, энтальпия, теплопроводность и температуропроводность.	ПК-2, ПК-4
7	Теплообмен. Промышленные способы передачи и тепла. Выпаривание.	1	Тепловые балансы.	Назначение, цель и методы составления тепловых балансов. Виды тепловых балансов для различных теплообменных процессов	ПК-2, ПК-4
8	Массообменные ПАХТ	1	Значение процессов массопереноса в химической технологии.	Значение процессов массопереноса в химической технологии. Движущая сила процессов массопереноса, классификация и общая характеристика массообменных процессов с участием газовой, жидкой и твердой фаз (массообменные процессы со свободной и фиксированной границами раздела фаз): абсорбция (десорбция), адсорбция, дистилляция, экстракция, кристаллизация, сушка. Основные принципы аналогии между процессами тепло- и массопереноса.	ПК-2, ПК-4
9	Массообмен.	1	1.Абсорбция 2.Перегонка	Абсорбция. Определение и общая характеристика процессов абсорбции.	ПК-2, ПК-4

	<p>Абсорбция. Перегонка. Экстракция.</p>		<p>(простая и сложная).</p>	<p>Практические области применения абсорбции. Физико-химические основы процессов массопереноса в системах газ-жидкость. Термодинамическое равновесие между фазами (правило фаз Гиббса и закон Генри). Выбор условий проведения процесса. Графическое представление процесса абсорбции на фазовой $y-x$ диаграмме. Изотермический и адиабатический процессы физической абсорбции. Материальный и тепловой балансы и уравнения линий рабочих концентраций. Минимальный и оптимальный расход абсорбента. Абсорбция многокомпонентных смесей. Кинетика процессов физической абсорбции. Общая характеристика хемосорбционных процессов. Аппаратурное оформление процессов абсорбции, устройство, общая характеристика и режимы работы насадочных, плёночных и тарельчатых абсорберов. Основные показатели процессов абсорбции и экономика процессов. Общая методика технологического и конструктивного расчетов абсорбционных аппаратов. Основные тенденции оптимизации режимно-технологических и конструктивных параметров процесса абсорбции. Десорбция. Основные цели и способы осуществления десорбционных процессов. Основные технологические схемы процессов абсорбции. Перегонка (простая и сложная). Физико-химические основы процессов массопереноса в системах жидкость-пар. Термодинамическое равновесие в системах (правило фаз Гиббса и закон Рауля). Идеальные и неидеальные системы. Основные типы бинарных смесей (по данным Торманна). Основопологающие законы перегонки Коновалова и Вревского. Фазовые диаграммы состояний ($t-x-y$, $y-x$ и энтальпийная $h-x-y$ диаграммы) бинарных смесей. Простая перегонка. Виды простой перегонки (простая, фракционная, с дефлегмацией и без дефлегмации, с водяным паром и инертным носителем). Материальный</p>	
--	--	--	-----------------------------	--	--

			<p>баланс и основные показатели процесса Сложная перегонка (ректификация). Определение и физико-химические основы ректификационного разделения жидких смесей. Схемы установок непрерывной и периодической ректификации. Принципы составления материального и теплового балансов. Основные показатели процесса ректификации: флегмовое число и коэффициент питания. Графическое представление процесса ректификации на $t-x-y$ диаграмме. Непрерывная ректификация бинарных смесей, материальный и тепловой балансы ректификационной установки. Основные характеристики процесса ректификации и уравнения линий рабочих концентраций фаз. Флегмовое число, его минимальное и оптимальное значение. Основные экономические показатели процесса ректификации. Влияние флегмового числа на характеристики ректификационных колонн и процесса ректификации. Основные способы питания ректификационных колонн: способы орошения колонн, способы ввода исходной смеси, способы питания колонн паром. Основные методы и особенности технологического расчёта ректификационных колонных аппаратов и подбор вспомогательного оборудования. Способы интенсификации процессов ректификации. Общие сведения и основные характеристики периодической ректификации, ректификации многокомпонентных смесей, азеотропных смесей и др. Экстрактивная и азеотропная ректификация</p>	
--	--	--	---	--

5. Содержание семинарских, практических занятий (лабораторного практикума)

Цель практических занятий – ознакомление на практике с основными физическими и химическими процессами химической технологии, знакомство с наиболее распространенными конструкциями химической аппаратуры и методами их расчета.

№ п/п	Раздел дисциплины	Часы	Тема семинара, практического занятия, лабораторного практикума	Краткое содержание	Формируемые компетенции
6	Теплообменные ПАХТ	1	Роль и значение тепловых процессов в проведении химико-технологических процессов.	Движущие силы процессов теплообмена. Тепловое равновесие. Основные задачи статики и кинетики процессов теплообмена.	ПК-2, ПК-4
7	Теплообмен. Промышленные способы передачи и тепла. Выпаривание.	1	1. Передача теплоты теплопроводностью 2. Конвективный теплоперенос 3. Теплоотдача 4. Теплообмен излучением. 5. Выпаривание.	Передача теплоты теплопроводностью. Температурное поле, его основные параметры и характеристики. Уравнение теплопроводности Фурье и дифференциальное уравнение теплопроводности. Решения дифференциального уравнения теплопроводности для плоской и цилиндрических стенок в условиях стационарности процесса без внутренних источников теплоты. Уравнение теплопроводности при наличии внутренних источников тепла. Конвективный теплоперенос. Теплообмен в условиях естественной и вынужденной конвекции. Уравнение теплоотдачи (закон охлаждения Ньютона-Рихмана). Коэффициент теплоотдачи и движущая сила. Представления о механизме процесса конвективного теплообмена в условиях ламинарного и турбулентного потоков. Тепловой пограничный слой. Температурное поле в условиях конвекции. Дифференциальное уравнение конвективного теплообмена Фурье-Кирхгофа. Тепловое подобие и основные критерии теплового подобия. Общий вид критериальных уравнений для расчета конвективного теплообмена. Теплоотдача в условиях естественной и вынужденной конвекции без изменения агрегатного состояния теплоносителей. Основная цель и принципы расчета кинетики процесса. Теплоотдача при изменении агрегатного состояния теплоносителей (конденсация паров и	ПК-2, ПК-4

			<p>кипение жидкостей). Основы расчета кинетики процесса. Теплообмен излучением. Виды излучений. Физическая сущность процесса инфракрасного излучения и основные закономерности переноса теплоты излучением. Использование лучистого теплообмена на практике. Теплопередача. Основное уравнение теплопередачи при постоянных и переменных температурах теплоносителей. Принципы расчета коэффициентов теплопередачи. Движущая сила процессов теплопередачи. Практическое использование уравнения теплопередачи в проектных и поверочных расчётах. Промышленные способы подвода и отвода теплоты в аппаратах химической технологии. Классификация теплоносителей, их сравнительная характеристика и области применения: перегретый и насыщенный пар, нагретая и перегретая вода, высокотемпературные органические теплоносители (ВОТ), ионные теплоносители, расплавы металлов и другие виды теплоносителей. Теплообменные аппараты. Классификация теплообменных аппаратов, их конструктивные характеристики и особенности практического их использования. Каталоги на теплообменную аппаратуру. Основные методы теплового расчета теплообменных аппаратов: проектный, технологический и поверочный расчеты. Основные тенденции совершенствования конструкций теплообменных аппаратов. Нестационарный теплообмен в химической технологии. Вопросы нестационарного конвективного теплообмена. Тепловые балансы и определение времени нагревания в теплообменных установках периодического режима работы. Выпаривание. Назначение и сущность процессов выпаривания. Движущая сила процесса. Однократный и многократный процессы выпаривания. Основные типовые конструкции выпарных</p>
--	--	--	--

				<p>аппаратов и схемы выпарных установок. Материальный и тепловой балансы процессов выпаривания. Понятия о располагаемой и общей полезной разности температур. Виды температурных потерь в выпарных установках. Распределение полезной разности температур многокорпусных выпарных установок по корпусам. Методики тепловых расчётов и определение температурных режимов работы выпарных установок. Основные принципы подбора и оптимизации работы выпарных аппаратов и установок в целом. Вспомогательное оборудование. Основные методы повышения эффективности процессов выпаривания в химической и других смежных отраслях промышленности.</p>	
8	Массообменные ПАХТ	1	<p>1 Статика процессов массопереноса 2. Материальные балансы процессов массопереноса 3. Кинетика процессов массопереноса. 4. Основы расчета массообменных аппаратов.</p>	<p>Статика процессов массопереноса. Основные задачи статики. Способы выражения составов фаз. Движущие силы процессов массопереноса. Термодинамическое равновесие. Основные законы межфазового равновесия (правило фаз Гиббса, Дальтона, Генри и Рауля, совмещённые законы). Графическое изображение состояния равновесия между фазами для бинарных систем ($y-x$ диаграммы). Материальные балансы процессов массопереноса. Уравнения линий рабочих концентраций. Совместное графическое изображение линий равновесия и линий рабочих концентраций. Определение направления и движущих сил процессов массопереноса, основные способы регулирования направления массопереноса и движущих сил процессов. Кинетика процессов массопереноса. Основные задачи кинетики массообменных процессов. Представление о полях концентраций, стационарные и нестационарные поля. Градиент концентраций. Общие сведения и характеристика процессов массопереноса в пределах объёма одной фазы: молекулярная и конвективная диффузия. Основные модели механизмов массопереноса на границе раздела фаз. Уравнение массоотдачи и</p>	ПК-2, ПК-4

			<p>коэффициенты массоотдачи. Уравнения молекулярной диффузии (1-ый и 2-ой законы Фика). Дифференциальное уравнение конвективного массопереноса (конвективной диффузии). Решения дифференциального уравнения конвективной диффузии для практических задач при помощи теории подобия: подобие процессов массопереноса, основные диффузионные критерии подобия: диффузионные критерии подобия Фурье, Нуссельта (Шервуда), Пекле и Прандтля (Шмидта). Основные виды критериальных уравнений для расчёта скорости процессов массоотдачи. Массопередача. Уравнения массопередачи, определение средних движущих сил процессов массопередачи. Основные кинетические показатели процесса массопередачи и методы их расчёта: коэффициенты массопередачи, в т.ч. объёмный коэффициент массопередачи, общие и частные числа единиц переноса (ОЧЕП и ЧЕП) и высоты единиц переноса (ОВЕП и ВЕП). Понятие и определение теоретической ступени изменения концентраций или теоретической тарелки, высота эквивалентная одной теоретической ступени изменения концентраций или одной теоретической тарелке. Действительная или реальная ступень изменения концентраций или действительная тарелка. Общий коэффициент полезного действия тарелки и коэффициент эффективности по Мэрффри. Определение кинетической кривой процесса массопередачи. Основы расчета массообменных аппаратов. Основные типовые конструкции аппаратов колонного типа: массообменные аппараты с фиксированной и со свободной поверхностью контакта фаз, плёночные массообменные аппараты. Общие принципы определения и расчета режимно-технологических параметров работы и нахождения основных геометрических размеров колонных аппаратов: диаметра и высоты колонных аппаратов. Представления об оптимальных гидродинамических</p>	
--	--	--	--	--

				режимах работы аппаратов. Макроэкономика массообменных процессов.	
9	Массообмен. Адсорбция. Перегонка. Экстракция.	1	1. Жидкостная экстракция. 2. Адсорбция. 3. Сушка.	<p>Жидкостная экстракция. Краткие сведения и общая характеристика процессов экстракции в системах жидкость-жидкость. Равновесие в системах жидкость-жидкость, изотермы экстракции и треугольные диаграммы. Материальный баланс процесса жидкостной экстракции и основные кинетические закономерности процесса. Способы проведения экстракции и основные типы экстракционных аппаратов. Принципы технологического расчёта экстракторов. Массообменные процессы в системах жидкость-твёрдое: адсорбция, ионный обмен, растворение и кристаллизация. Общие сведения о процессах с участием твёрдой фазы: основные закономерности процессов массопереноса в твёрдой и внешней фазах, уравнения диффузии и массоотдачи. Уравнение массопроводности Адсорбция. Назначение и практическое применение процессов адсорбции. Основные промышленные адсорбенты. Термодинамика равновесия при адсорбции. Материальный баланс и основные кинетические закономерности процесса адсорбции. Характеристики неравновесной адсорбции. Устройство и принципы работы адсорбционных аппаратов: адсорберы с неподвижным слоем адсорбента, адсорберы с псевдооживленным слоем адсорбента. Основные задачи и принципы проведения технологического расчёта адсорберов. Десорбция, основные задачи и методы проведения процесса. Ионный обмен. Физико-химические основы ионообменных процессов: катионный и анионный обмен, равновесие при ионообменных процессах. Общие сведения о кинетике ионного обмена. Растворение в системе жидкость-твёрдое. Определение и практическое применение процессов растворения, основы кинетики процессов растворения: основной закон кинетики растворения Шукарёва, скорость и время полного</p>	ПК-2, ПК-4

			<p>растворения, материальный баланс процесса. Процессы экстрагирования из твёрдого тела: структура твёрдых тел и механизм процессов избирательного растворения, кинетика процессов экстрагирования, внутри- и внешнедиффузионные режимы экстрагирования. Основные способы и аппаратное оформление процессов экстрагирования и растворения: карусельные и колонные экстракционные аппараты, экстракторы слоевого типа и др. Кристаллизация. Определение процесса кристаллизации и практическое применение процессов. Термодинамика равновесия при кристаллизации в жидких растворах и диаграммы равновесия между фазами: пар-жидкость-твёрдое тело. Материальный и тепловой балансы процесса кристаллизации. Основные кинетические закономерности процесса кристаллизации: уравнения массоотдачи и массопередачи, скорость процесса кристаллизации. Основы разделения смесей растворённых веществ методом кристаллизации: материальный баланс и распределение концентраций веществ между фазами, определение коэффициента разделения. Многократная перекристаллизация и методы её практической реализации: последовательное фракционирование, противоточная кристаллизация и др. Основные принципы устройства и работы кристаллизаторов: вальцовый, ленточный, объёмный (реакторный) и другие типы аппаратов. Процессы кристаллизации расплавов: сущность метода и его практическое применение.</p> <p>Сушка. Определение процесса сушки, общая характеристика процесса и области применения. Методы сушки. Основные задачи статики и кинетики процесса. Динамика и технология процесса сушки влажных материалов. Классификация процессов сушки. Способы сушки влажных материалов: конвективная сушка, сублимационная сушка, радиационная сушка, сушка токами высокой частоты, сушка со спутником, комбинированные способы. Статика процессов сушки. Основные</p>	
--	--	--	--	--

характеристики влажных материалов как объектов процесса высушивания: Классификация влажных материалов, формы связи влаги с твёрдым материалом, основные виды влаги. Равновесие фаз при сушке. Движущие силы процессов переноса влаги во внутри-диффузионной и во внешне-диффузионной областях процесса сушки влажных материалов. Основные теплофизические свойства влажного воздуха, диаграмма состояния влажного воздуха Рамзина и её использование в практических расчётах. Материальный и тепловой баланс процесса конвективной сушки. Идеальная и реальная конвективная сушилка. Основные способы конвективного процесса сушки и расчёт процессов сушки по диаграмме Рамзина: простая сушка, сушка с промежуточным подогревом воздуха по зонам, сушка с частичной рециркуляцией отработанного воздуха. Основные кинетические закономерности процесса сушки: кривые сушки и кривые скорости процесса, уравнение массопереноса при сушке, продолжительность процесса. Основные вопросы технологии процессов сушки, качество высушенных материалов. Основные конструкции и принципы работы конвективных сушильных аппаратов и основные экономические показатели их эксплуатации: сушилки с неподвижным или движущимся плотным слоем материала, сушилки с перемешиванием материала, сушилки с кипящим слоем, распылительные сушилки и другие типы сушилок. Методы повышения эффективности процессов сушки.

Мембранные процессы разделения. Физико-химические основы процессов массопереноса через полупроницаемые перегородки. Классификация мембранных процессов (обратный осмос, ультрафильтрация, диализ, электродиализ и др.). Практическое применение мембранных процессов разделения в современной химической технологии. Типы мембран и их основные характеристики. Общая характеристика аппаратного

				оформления мембранных процессов разделения: аппараты с плоскими мембранами, аппараты с трубчатыми мембранами, аппараты с рулонными мембранами и др. Основы технологического расчёта мембранных процессов разделения смесей: материальный баланс, расчёт поверхности мембраны, расчёт концентрационной поляризации. Экономические показатели мембранных процессов.	
--	--	--	--	---	--

7. Содержание лабораторных занятий (если предусмотрено учебным планом)

Цель лабораторных занятий - приобретение и совершенствование практических навыков; освоение методов обработки опытных данных; изучение устройств, принципов действия, режимов работы аппаратов на примерах модельных установок.

№ п/п	Раздел дисциплины	Часы	Наименование лабораторной работы	Краткое содержание	Формируемые компетенции
1	Теоретические основы	2	ПАХП	Знакомство с современным состоянием химической и других смежных с ней отраслями промышленности, их основными общими характеристиками и проблемами, а так же возможными путями их решения.	ПК-2, ПК-4
2	Механизмы и уравнения переноса. Законы сохранения. Моделирование. Межфазный перенос веществ.	2	Законы переноса массы, энергии и импульса	Законы переноса массы, энергии и импульса в сплошных средах – как основы анализа и моделирования типовых процессов химической технологии и аналогия этих процессов. Определение плотности потоков массы, энергии и импульса, как основы	ПК-2, ПК-4

				<p>определения интенсивности протекающих химико-технологических процессов и в конечном итоге - производительности аппаратов.</p> <p>Дифференциальные уравнения, описывающие поля скоростей, температур и концентраций. Аналогия между ними. Методы анализа этих уравнений. Условия аналитического решения дифференциальных уравнений (условия однозначности).</p>	
3	Гидромеханические ПАХТ	2	Основные экспериментальные методы исследований типовых химико-технологических процессов и аппаратов.	Исследование механизмов процессов на микро- и макроуровнях.	ПК-2, ПК-4
4	Прикладная гидромеханика. Перемещение жидкостей, сжатие и перемещение газов.	2	Сжатие и разрежение газов.	Устройство основных приборов для практического измерения уровня давлений.	ПК-2, ПК-4
5	Разделение неоднородных систем. Перемешивание в жидких средах.	4	Разделение неоднородных систем.	Основные типовые конструкции циклонов и отстойных центрифуг, устройства и характеристики их работы.	ПК-2, ПК-4
6	Теплообменные ПАХТ	2	Теплоперенос	Стационарный и нестационарный процессы теплопереноса. Основные понятия, определения и	ПК-2, ПК-4

				теплофизические свойства веществ: температурное поле, температурный градиент, тепловой поток, теплоёмкость, энтальпия, теплопроводность и температуропроводность	
7	Теплообмен. Промышленные способы передачи тепла. Выпаривание.	2	Теплообменные аппараты.	Классификация теплообменных аппаратов, их конструктивные характеристики и особенности практического их использования. Каталоги на теплообменную аппаратуру. Основные методы теплового расчета теплообменных аппаратов: проектный, технологический и поверочный расчеты.	ПК-2, ПК-4
8	Массообменные ПАХТ	4	Массообменные ПАХТ	Основы расчета массообменных аппаратов. Основные типовые конструкции аппаратов колонного типа: массообменные аппараты с фиксированной и со свободной поверхностью контакта фаз, плёночные массообменные аппараты.	ПК-2, ПК-4
9	Массообмен. Абсорбция. Перегонка. Экстракция.	4	Кристаллизация.	Кристаллизация. Определение процесса кристаллизации и практическое применение процессов.	ПК-2, ПК-4

Лабораторные работы проводятся в помещении учебной лаборатории 205 кафедры ХТОМ с использованием специального лабораторного оборудования.

8. Самостоятельная работа бакалавр

№ п/п	Темы, выносимые на самостоятельную работу	Часы	Форма СРС	Формируемые компетенции
1	Теоретические основы	17	Подготовка к лабораторным работам и оформление отчетов, выполнение индивидуального домашнего задания	ПК-2, ПК-4
2	Механизмы и уравнения переноса. Законы сохранения. Моделирование. Межфазный перенос веществ.	17	Подготовка к лабораторным работам и оформление отчетов, выполнение индивидуального домашнего задания	ПК-2, ПК-4
3	Гидромеханические ПАХТ	17	Подготовка к лабораторным работам и оформление отчетов, выполнение индивидуального домашнего задания	ПК-2, ПК-4
4	Прикладная гидромеханика. Перемещение жидкостей, сжатие и перемещение газов.	17	подготовка к лабораторным работам и оформление отчетов, выполнение типового расчета, написание реферата.	ПК-2, ПК-4
5	Разделение неоднородных систем. Перемешивание в жидких средах.	18	Подготовка к лабораторным работам и оформление отчетов, выполнение индивидуального домашнего задания	ПК-2, ПК-4
6	Теплообменные ПАХТ	37	Подготовка к лабораторным работам и оформление отчетов	ПК-2, ПК-4
7	Теплообмен. Промышленные способы передачи тепла. Выпаривание.	37	Подготовка к лабораторным работам и оформление отчетов	ПК-2, ПК-4
8	Массообменные ПАХТ	37	Подготовка к лабораторным работам и оформление отчетов	ПК-2, ПК-4
9	Массообмен. Абсорбция. Перегонка. Экстракция.	40	Подготовка к лабораторным работам и оформление отчетов, подготовка к расчетной работе	ПК-2, ПК-4

9. Использование рейтинговой системы оценки знаний.

При оценке результатов деятельности студентов в рамках дисциплины «Процессы и аппараты химической технологии» используется рейтинговая

система. Рейтинговая оценка формируется на основании текущего и промежуточного контроля. Максимальное и минимальное количество баллов по различным видам учебной работы определяются их сложностью. 3-й курс завершается проставлением зачета и соответствующего ему числа баллов (60÷100); 4-й курс завершается проставлением оценки и соответствующего ей числа баллов до экзамена (36÷60), на экзамене(24÷40), общее число баллов (60÷73-удовл., 74÷86- хор., 87÷100-отл).

При изучении дисциплины предусматривается зачет, экзамен, курсовой проект, выполнение и защита лабораторных работ, выполнение индивидуальных домашних заданий, выполнение расчетных заданий. За эти контрольные точки студент может получить минимальное и максимальное количество баллов (см. таблицу).

Оценочные средства	Кол-во	Min, баллов	Max, баллов
3-й курс			
Контрольная работа	1	36	60
Зачет		24	40
Итого		60	100
4-й курс			
Контрольная работа	1	36	64
Экзамен	1	24	40
Итого		60	100
Курсовой проект			
Выполнение КП		36	60
Защита КП		24	40
Итого		60	100

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	Количество экземпляров
1.Процессы и аппараты химической технологии : методические	ЭБС «Университетская

<p>указания / Министерство образования и науки России. Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Казанский национальный исследовательский технологический университет» ; сост. Н.И. Еникеева, Н.Б. Соеновская и др. - Казань : Издательство КНИТУ, 2014. - 72 с. - Библиогр.: с. 33-37. - ISBN табл., граф. ; То же [Электронный ресурс].</p>	<p>библиотека online» http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=428783 Доступ из любой точки Интернет после регистрации с компьютеров БФ ФГБОУ ВО «КНИТУ»</p>
<p>2.Фролов, В.Ф. Методы расчёта процессов и аппаратов химической технологии: (примеры и задачи) : учебное пособие / В.Ф. Фролов, П.Г. Романков, О.М. Флисюк. - Санкт-Петербург : Химиздат, 2010. - 544 с. - ISBN 978-5-93808-182-6 ; То же [Электронный ресурс].</p>	<p>ЭБС «Университетская библиотека online» http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=98345 Доступ из любой точки Интернет после регистрации с компьютеров БФ ФГБОУ ВО «КНИТУ»</p>

10.2 Дополнительная литература

В качестве дополнительных источников информации рекомендуется использовать следующую литературу:

Дополнительные источники информации	Количество экземпляров
<p>1. Комиссаров, Ю. А. Процессы и аппараты химической технологии. В 5 ч. Часть 1 : учебник для академического бакалавриата / Ю. А. Комиссаров, Л. С. Гордеев, Д. П. Вент. — 2-е изд., перераб. и доп. — М. : Издательство Юрайт, 2016. — 226 с. — (Серия : Бакалавр. Академический курс).</p>	<p>Электронная библиотека «Юрайт». http:// www.biblio-online.ru/book/5C205394-11CB-4B7D-B368-D9B8B68BCA10. Доступ из любой точки Интернет после регистрации с компьютеров БФ ФГБОУ ВО «КНИТУ»</p>
<p>2.Алексеев, В.В. Лабораторный практикум по машинам и аппаратам химических производств : учебное пособие / В.В. Алексеев ; Министерство образования и науки России, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования</p>	<p>ЭБС «Университетская библиотека online» http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=258707 Доступ из любой точки Интернет после регистрации</p>

«Казанский национальный исследовательский технологический университет». - Казань : Издательство КНИТУ, 2011. - 212 с. : ил., табл., схем. - Библиогр. в кн. - ISBN 978-5-7882-1203-6 ; То же [Электронный ресурс].	с компьютеров БФ ФГБОУ ВО «КНИТУ»
3. Конструирование и расчёт элементов химического оборудования : учебник для вузов / И.И. Поникаров, С.И. Поникаров. - Москва: Альфа - М, 2010. - 379 с.	25
4. Расчёты машин и аппаратов химических производств и нефтегазопереработки: примеры и задачи : учебное пособие для вузов / Поникаров И.И. - Москва : Альфа - М, 2008. - 718 с.	30

10.3 Электронные источники информации

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

1. Российская государственная библиотека – Режим доступа: www.rsl.ru
2. Научная библиотека МГУ им. М.В. Ломоносова – Режим доступа: www.nbmggu.ru
3. Электронный каталог УНИЦ КНИТУ – Режим доступа: <http://ruslan.kstu.ru>
4. Электронная библиотека УНИЦ КНИТУ – Режим доступа: <http://ft.kstu.ru/ft/>
5. Электронная библиотека «Юрайт» - Режим доступа: <https://biblio-online.ru/>
6. Электронная библиотека Znanium.com - Режим доступа: <https://znanium.com/>

Согласовано:

Зав. библиотекой БФ ГОУ ВО «КНИТУ» *Александр А. Г. Лаптева*

11. Оценочные средства для определения результатов освоения дисциплины

Оценочные средства для проведения текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации обучающихся и итоговой (государственной итоговой) аттестации разрабатываются согласно положению о Фондах

оценочных средств, рассматриваются как составная часть рабочей программы и оформляются отдельным документом.

12. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля).

Для реализации учебного процесса по дисциплине «Процессы и аппараты химической технологии» требуется следующее материально-техническое обеспечение:

Наименование раздела (темы) дисциплины	Наименование учебной лаборатории, аудитории, класса	Перечень лабораторного оборудования, специализированной мебели и технических средств обучения	Перечень лицензионного программного обеспечения. Реквизиты подтверждающего документа
1-9	Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа (К. 104)	<ul style="list-style-type: none"> - мультимедийный проектор; - персональный компьютер; - настенный экран; - акустические колонки; - учебные столы, стулья; - доска передвижная; - стол преподавателя. 	MS Office 2007 Russian (от 16.10.2008 лицензия № 44684779); MS Office 2007 Professional Russian (от 16.10.2008 лицензия № 44684779)
	Учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации (К. 215)	<ul style="list-style-type: none"> - персональный компьютер (1); - доска; - учебные столы, стулья; - стол преподавателя 	MS Office 2007 Russian (от 16.10.2008 лицензия № 44684779); MS Office 2007 Professional Russian (от 16.10.2008 лицензия № 44684779)
	Помещение для самостоятельной работы (К. 210)	<ul style="list-style-type: none"> - персональный компьютер (4); - учебные столы, стулья. 	MS Office 2007 Russian (от 16.10.2008 лицензия № 44684779); MS Office 2007 Professional Russian (от 16.10.2008 лицензия № 44684779), MS Win Home 10

			64 Bin Russian (от 15.02. 2018), MS Office Home and Student 2016 Bin Russian (от 15.02. 2018)
--	--	--	---

13. Образовательные технологии.

1. Лекции. Наряду с традиционными видами лекционных занятий, также используются лекция-визуализация (с использованием различных форм наглядности: презентации по дисциплине, мультимедиа, рисунки, фото, схемы и таблицы); лекция-консультация (осуществляемая в формате «вопросы – ответы»).

2. Лабораторные занятия.

3. При организации самостоятельной работы используются следующие образовательные технологии: самообучение (индивидуальная и групповая самостоятельная работа – изучение базовой и дополнительной литературы, подготовка к практическим занятиям).