

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  
Р.Ф. Хамидуллин  
« 19 » мая 2022 г.



### РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

По дисциплине Процессы и аппараты химической технологии  
Направление подготовки 18.03.01 «Химическая технология»  
Профиль/специализация Химическая технология природных  
энергоносителей и углеродных материалов  
Квалификация выпускника БАКАЛАВР  
Форма обучения очная/заочная  
Институт, факультет БФ ФГБОУ ВО «КНИТУ»  
Кафедра-разработчик рабочей программы ХТОМ  
Курс, семестр очная форма 2,3 курсы, 4-6 семестры  
Курс, семестр заочная форма 2,3 курсы, 4-6 семестры

	Часы (очная форма обучения)	Зачетные единицы	Часы (заочная форма обучения)	Зачетные единицы
Лекции	36	1	12	0,33
Лабораторные занятия	54	1,5	20	0,56
Практические занятия	54	1,5	22	0,61
Контроль самостоятельной работы	54	1,5	12	0,33
Самостоятельная работа	171	4,75	348	9,67
Форма аттестации	Экзамен, КП	1,75	Экзамен, КП	0,5
Всего	432	12	432	12

Бугульма, 2022 г.

Рабочая программа составлена с учетом требований Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования № 922 от 07.08.2020 г. по направлению подготовки 18.03.01 «Химическая технология» на основании учебного плана набора обучающихся 2022 года.

Разработчик программы:

доцент кафедры ХТОМ



(подпись)

Хасаншина Э.М.

(Ф.И.О.)

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры ХТОМ, протокол от 18 мая 2022 г. № 9

Зав. кафедрой ХТОМ, профессор



(подпись)

Хамидуллин Р.Ф.

(Ф.И.О.)

**УТВЕРЖДЕНО**

Начальник УМО, доцент



(подпись)

Ахмедзянова Ф. К.

(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 образовательной программы**

Дисциплина «Процессы и аппараты химической технологии» относится к обязательной части образовательной программы и формирует у бакалавров по направлению подготовки 18.03.01 «Химическая технология» набор специальных знаний, умений, навыков 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) Б1.О.15 Инженерная и компьютерная графика;
- б) Б1.О.19 Аналитическая химия и физико-химические методы анализа;
- в) Б1.О.24 Прикладная механика;
- г) Б1.О.26 Техническая термодинамика и теплотехника.

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

- а) Б1.О.04 Правоведение;
- б) Б1.О.06 Основы проектной деятельности;
- в) Б1.О.25 Системы управления химико-технологическими процессами.

Знания, полученные при изучении дисциплины «Процессы и аппараты химической технологии» могут быть использованы при прохождении производственной практики (технологической практики); преддипломной практики (в том числе научно-исследовательская работа), выполнении и защите выпускной квалификационной работы, включая подготовку к процедуре защиты и процедуру защиты.

### **3. Компетенции и индикаторы достижения компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины:**

*УК-2 Способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений*

*УК-2.1 Знает виды ресурсов и ограничений для решения профессиональных задач; основные методы оценки разных способов решения задач; действующее законодательство и правовые нормы, регулирующие профессиональную деятельность*

*УК-2.2 Умеет определять круг задач в рамках поставленной цели, анализировать и выбирать альтернативные способы решения*



*УК-2.3 Владеет навыками разработки цели и задач проекта; методами оценки потребности в ресурсах, продолжительности и стоимости проекта; навыками работы с нормативно-правовой документацией*

*ОПК-4 Способен обеспечивать проведение технологического процесса, использовать технические средства для контроля параметров технологического процесса, свойств сырья и готовой продукции, осуществлять изменение параметров технологического процесса при изменении свойств сырья*

*ОПК-4.1 Знает процессы химической технологии, аппараты и методы их расчета, основные понятия управления технологическими процессами, методы оптимизации химико-технологических процессов, методологию исследования взаимодействия процессов химических превращений и явлений переноса;*

*ОПК-4.2 Умеет подбирать параметры и выбирать аппаратуру для конкретного химико-технологического процесса, оценивать технологическую эффективность производства, применять методы вычислительной математики и математической статистики для моделирования и оптимизации химико-технологических процессов*

*ОПК-4.3 Владеет навыками технологических расчетов, определения технологических показателей процесса, управления химико-технологическими системами и методами регулирования химико-технологических процессов*

*ОПК-6 Способен понимать принципы работы современных информационных технологий и использовать их для решения задач профессиональной деятельности*

*ОПК-6.1 Знает прикладное современное программное обеспечение, применяемое в отрасли*

*ОПК-6.2 Умеет выбрать и применить оптимальную прикладную программу для решения конкретной задачи*

*ОПК-6.3 Владеет навыками применения цифровых технологий для решения задач профессиональной 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) 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.





Таблица 1 б

## Объем дисциплины (модуля) для заочной формы обучения

№ п/п	Раздел дисциплины	Семестр	Виды учебной работы (в часах)					Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации по разделам
			Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	КСР	СРС	
1	Теоретические основы	3	2				7	Лабораторная, работа, реферат, доклад.
2	Механизмы и уравнения переноса. Законы сохранения. Моделирование. Межфазный перенос субстанций.	4	1	1	2	1	34	Лабораторная, работа, реферат, доклад
3	Гидромеханические ПАХТ	4	1	1	2	1	34	Лабораторная, работа, реферат, доклад.
4	Прикладная гидромеханика. Перемещение жидкостей, сжатие и перемещение газов.	4	1	2	3	1	34	Лабораторная, работа, реферат, доклад
5	Разделение неоднородных систем. Перемешивание в жидких средах.	4	1	2	3	1	36	Лабораторная, работа, контрольная работа, реферат, доклад.
6	Теплообменные ПАХТ	5	1	1	2	1	36	Лабораторная, работа, реферат, доклад
7	Теплообмен. Промышленные способы передачи тепла. Выпаривание.	5	1	1	2	1	36	реферат, доклад,.
8	Массообменные ПАХТ	5	2	2	2	1	36	реферат, доклад,.
9	Массообмен. Абсорбция. Перегонка. Экстракция.	5	2	2	4	1	37	Контрольная работа, реферат, доклад,.
10	Технологический расчет аппарата	6		2		1	5	Практические занятия
11	Гидравлический расчет аппарата	6		2		1	5	Практические занятия
12	Механический расчет аппарата	6		2		1	6	Практические занятия
13	Графическая часть проекта: технологическая схема установки функциональная, чертеж общего вида основного аппарата	6		4		1	6	Практические занятия
	Курсовой проект						36	Защита курсового проекта
	Форма аттестации							Экзамен (18 ч)

5. Содержание лекционных занятий (таблица 2 а – очная форма, таблица 2 б – заочная форма)



Таблица 2 а

№ п/п	Раздел дисциплины	Часы	Тема лекционного занятия	Краткое содержание	Индикаторы достижения компетенции
1	Теоретические основы	2	Предмет и задачи курса процессов и аппаратов химической технологии.	Предмет и задачи курса процессов и аппаратов химической технологии. Общие сведения о процессах химической технологии.	УК-2.1; УК-2.2; УК-2.3; ОПК-4.1; ОПК-4.2; ОПК-4.3; ОПК-6.1; ОПК-6.2; ОПК-6.3
2	Механизмы и уравнения переноса. Законы сохранения. Моделирование. Межфазный перенос субстанций.	4	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	УК-2.1; УК-2.2; УК-2.3; ОПК-4.1; ОПК-4.2; ОПК-4.3; ОПК-6.1; ОПК-6.2; ОПК-6.3
3	Гидромеханические ПАХТ	4	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.	УК-2.1; УК-2.2; УК-2.3; ОПК-4.1; ОПК-4.2; ОПК-4.3; ОПК-6.1; ОПК-6.2; ОПК-6.3
4	Прикладная гидромеханика. Перемещение жидкостей, сжатие и перемещение газов.	4	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. 2. <b>Гидростатика.</b> Основные задачи гидростатики. Абсолютный и относительный покой жидкости. Основные законы гидростатики 3. <b>Гидродинамика.</b> Предмет и задачи гидродинамики - науки о закономерностях поведения движущейся жидкости. Внутренняя и внешняя задачи гидродинамики.	УК-2.1; УК-2.2; УК-2.3; ОПК-4.1; ОПК-4.2; ОПК-4.3; ОПК-6.1; ОПК-6.2; ОПК-6.3
5	Разделение неоднородных систем. Перемешивание в жидких средах.	4	.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	УК-2.1; УК-2.2; УК-2.3; ОПК-4.1; ОПК-4.2; ОПК-4.3; ОПК-6.1; ОПК-6.2; ОПК-6.3

				сравнительные оценки эффективности процессов разделения.	
6	Теплообменные ПАХТ	4	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.	УК-2.1; УК-2.2; УК-2.3; ОПК-4.1; ОПК-4.2; ОПК-4.3; ОПК-6.1; ОПК-6.2; ОПК-6.3
7	Теплообмен. Промышленные способы передачи тепла. Выпаривание.	4	Тепловые балансы.	Назначение, цель и методы составления тепловых балансов. Виды тепловых балансов для различных теплообменных процессов	УК-2.1; УК-2.2; УК-2.3; ОПК-4.1; ОПК-4.2; ОПК-4.3; ОПК-6.1; ОПК-6.2; ОПК-6.3
8	Массообменные ПАХТ	4	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	УК-2.1; УК-2.2; УК-2.3; ОПК-4.1; ОПК-4.2; ОПК-4.3; ОПК-6.1; ОПК-6.2; ОПК-6.3
9	Массообмен. Абсорбция. Перегонка. Экстракция.	6	1.Абсорбция 2.Перегонка (простая и сложная).	<b>1.Абсорбция.</b> Определение и общая характеристика процессов абсорбции. Практические области применения абсорбции. Физико-химические основы процессов массопереноса в системах газ-жидкость. Десорбция. <b>2. Перегонка(простая и сложная).</b> Физико-химические основы процессов массопереноса в системах жидкость-пар. Термодинамическое равновесие в системах <b>Простая перегонка. Сложная перегонка (ректификация).</b>	УК-2.1; УК-2.2; УК-2.3; ОПК-4.1; ОПК-4.2; ОПК-4.3; ОПК-6.1; ОПК-6.2; ОПК-6.3

Таблица 2 б

№ п/п	Раздел дисциплины	Часы	Тема лекционного занятия	Краткое содержание	Индикаторы достижения компетенции
1	Теоретические основы	2	Предмет и задачи курса процессов и аппаратов химической технологии.	Предмет и задачи курса процессов и аппаратов химической технологии. Общие сведения о процессах химической технологии.	УК-2.1; УК-2.2; УК-2.3; ОПК-4.1; ОПК-4.2; ОПК-4.3; ОПК-6.1; ОПК-6.2; ОПК-6.3
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)	УК-2.1; УК-2.2; УК-2.3; ОПК-4.1; ОПК-4.2; ОПК-4.3; ОПК-6.1; ОПК-6.2; ОПК-6.3



	Моделирование. Межфазный перенос субстанций.			балансов, балансов действующих на систему сил и баланса количества движения). Законы термодинамического равновесия	
3	Гидромеханические 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.	УК-2.1; УК-2.2; УК-2.3; ОПК-4.1; ОПК-4.2; ОПК-4.3; ОПК-6.1; ОПК-6.2; ОПК-6.3
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. 2. <i>Гидростатика.</i> Основные задачи гидростатики. Абсолютный и относительный покой жидкости. Основные законы гидростатики 3. <i>Гидродинамика.</i> Предмет и задачи гидродинамики - науки о закономерностях поведения движущейся жидкости. Внутренняя и внешняя задачи гидродинамики.	УК-2.1; УК-2.2; УК-2.3; ОПК-4.1; ОПК-4.2; ОПК-4.3; ОПК-6.1; ОПК-6.2; ОПК-6.3
5	Разделение неоднородных систем. Перемешивание в жидких средах.	1	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.	УК-2.1; УК-2.2; УК-2.3; ОПК-4.1; ОПК-4.2; ОПК-4.3; ОПК-6.1; ОПК-6.2; ОПК-6.3
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.	УК-2.1; УК-2.2; УК-2.3; ОПК-4.1; ОПК-4.2; ОПК-4.3; ОПК-6.1; ОПК-6.2; ОПК-6.3
7	Теплообмен. Промышленные способы	1	Тепловые балансы.	Назначение, цель и методы составления тепловых балансов. Виды тепловых	УК-2.1; УК-2.2; УК-2.3; ОПК-4.1; ОПК-4.2; ОПК-4.3;

	передачи тепла. Выпаривание.			балансов для различных теплообменных процессов	ОПК-6.1; ОПК-6.2; ОПК-6.3
8	Массообменные ПАХТ	2	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	УК-2.1; УК-2.2; УК-2.3; ОПК-4.1; ОПК-4.2; ОПК-4.3; ОПК-6.1; ОПК-6.2; ОПК-6.3
9	Массообмен. Абсорбция. Перегонка. Экстракция.	2	1. Абсорбция 2. Перегонка (простая и сложная).	<i>1. Абсорбция.</i> Определение и общая характеристика процессов абсорбции. Практические области применения абсорбции. Физико-химические основы процессов массопереноса в системах газ-жидкость. Десорбция. <i>2. Перегонка (простая и сложная).</i> Физико-химические основы процессов массопереноса в системах жидкость-пар. Термодинамическое равновесие в системах. <i>Простая перегонка. Сложная перегонка (ректификация).</i>	УК-2.1; УК-2.2; УК-2.3; ОПК-4.1; ОПК-4.2; ОПК-4.3; ОПК-6.1; ОПК-6.2; ОПК-6.3

**6. Содержание практических занятий (таблица 3 а – очная форма, таблица 3 б – заочная форма)**

Таблица 3 а

№ п/п	Раздел дисциплины	Часы	Тема семинара, практического занятия, лабораторного практикума	Краткое содержание	Индикаторы достижения компетенции
1	Теоретические основы	2	Классификация основных процессов	Классификация основных процессов	УК-2.1; УК- 2.2; УК-2.3; ОПК-4.1; ОПК- 4.2; ОПК-4.3; ОПК-6.1; ОПК- 6.2; ОПК-6.3
2	Механизмы и уравнения переноса. Законы сохранения. Моделирование. Межфазный перенос субстанций.	4	Уравнения переноса	Молекулярный механизм, Конвективный механизм, Турбулентный механизм. Закон сохранения массы (ЗСМ) Закон сохранения энергии (ЗСЭ) Закон сохранения импульса (ЗСИ)	УК-2.1; УК- 2.2; УК-2.3; ОПК-4.1; ОПК- 4.2; ОПК-4.3; ОПК-6.1; ОПК- 6.2; ОПК-6.3
3	Гидромеханичес кие ПАХТ	4		Моделирование химико- технологических процессов Основные этапы математического моделирования	УК-2.1; УК- 2.2; УК-2.3; ОПК-4.1; ОПК- 4.2; ОПК-4.3;



				Физическое моделирование. Теория подобия	ОПК-6.1; ОПК-6.2; ОПК-6.3
4	Прикладная гидромеханика. Перемещение жидкостей, сжатие и перемещение газов.	4		Гидравлика Гидростатика Гидродинамика Уравнения Бернулли	УК-2.1; УК-2.2; УК-2.3; ОПК-4.1; ОПК-4.2; ОПК-4.3; ОПК-6.1; ОПК-6.2; ОПК-6.3
5	Разделение неоднородных систем. Перемешивание в жидких средах.	4	Разделение неоднородных систем. Перемешивание в жидких средах.	Разделение неоднородных систем Осаждение. Осадительная камера Фильтрование	УК-2.1; УК-2.2; УК-2.3; ОПК-4.1; ОПК-4.2; ОПК-4.3; ОПК-6.1; ОПК-6.2; ОПК-6.3
6	Теплообменные ПАХТ	4	Роль и значение тепловых процессов в проведении химико-технологических процессов.	Движущие силы процессов теплообмена. Тепловое равновесие. Основные задачи статистики и кинетики процессов теплообмена.	УК-2.1; УК-2.2; УК-2.3; ОПК-4.1; ОПК-4.2; ОПК-4.3; ОПК-6.1; ОПК-6.2; ОПК-6.3
7	Теплообмен. Промышленные способы передачи тепла. Выпаривание.	4	1. Передача теплоты теплопроводностью 2. Конвективный теплоперенос 3. Теплоотдача 4. Теплообмен излучением. 5. Выпаривание.	.Передача теплоты теплопроводностью. Температурное поле, его основные параметры и характеристики.. Конвективный теплоперенос. Теплообмен в условиях естественной и вынужденной конвекции. Уравнение теплоотдачи. Теплоотдача при изменении агрегатного состояния теплоносителей (конденсация паров и кипение жидкостей). Основы расчета кинетики процесса. Теплообмен излучением. .Промышленные способы подвода и отвода теплоты в аппаратах химической технологии. .Теплообменные аппараты. .Нестационарный теплообмен в химической технологии. Выпаривание.	УК-2.1; УК-2.2; УК-2.3; ОПК-4.1; ОПК-4.2; ОПК-4.3; ОПК-6.1; ОПК-6.2; ОПК-6.3
8	Массообменные ПАХТ	4	1.Статика процессов массопереноса 2.Материальные балансы процессов массопереноса 3.Кинетика процессов массопереноса. 4.Основы расчета	<b>Статика процессов массопереноса.</b> Основные задачи статистики. Способы выражения составов фаз. Движущие силы процессов массопереноса. Термодинамическое равновесие. Основные законы межфазового равновесия <b>Кинетика процессов массопереноса.</b> Основные задачи кинетики массообменных процессов. Представление о полях концентраций, стационарные и	УК-2.1; УК-2.2; УК-2.3; ОПК-4.1; ОПК-4.2; ОПК-4.3; ОПК-6.1; ОПК-6.2; ОПК-6.3

			массообменных аппаратов.	нестационарные поля. Градиент концентраций. Общие сведения и характеристика процессов массопереноса в пределах объёма одной фазы: молекулярная и конвективная диффузия. <b>Массопередача.</b> 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. <b>Основы расчета массообменных аппаратов.</b>	
9	Массообмен. Абсорбция. Перегонка. Экстракция.	6	1. Жидкостная экстракция. 1. Адсорбция. 2. Сушка.	. 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. Адсорбция. Ионный обмен. Растворение в системе жидкость-твёрдое. Кристаллизация.. Сушка. Мембранные процессы разделения.	УК-2.1; УК-2.2; УК-2.3; ОПК-4.1; ОПК-4.2; ОПК-4.3; ОПК-6.1; ОПК-6.2; ОПК-6.3
10	Технологический расчет аппарата	4	Технологический расчет	Выполнение технологического расчета заданного аппарата	УК-2.1; УК-2.2; УК-2.3; ОПК-4.1; ОПК-4.2; ОПК-4.3; ОПК-6.1; ОПК-6.2; ОПК-6.3
11	Гидравлический расчет аппарата	4	Гидравлический расчет	Выполнение гидравлического расчета заданного аппарата	УК-2.1; УК-2.2; УК-2.3; ОПК-4.1; ОПК-4.2; ОПК-4.3; ОПК-6.1; ОПК-6.2; ОПК-6.3
12	Механический расчет аппарата	4	Механический расчет.	Выполнение механического расчета заданного аппарата	УК-2.1; УК-2.2; УК-2.3; ОПК-4.1; ОПК-4.2; ОПК-4.3; ОПК-6.1; ОПК-



					6.2; ОПК-6.3
13	Графическая часть проекта: технологическая схема установки функциональная, чертеж общего вида основного аппарата	6	Графическая часть проекта: технологическая схема установки функциональная, чертеж общего вида основного аппарата	Подготовка графической части проекта:	УК-2.1; УК-2.2; УК-2.3; ОПК-4.1; ОПК-4.2; ОПК-4.3; ОПК-6.1; ОПК-6.2; ОПК-6.3

Таблица 3 б

№ п/п	Раздел дисциплины	Часы	Тема семинара, практического занятия, лабораторного практикума	Краткое содержание	Индикаторы достижения компетенции
1	Теоретические основы		Классификация основных процессов	Классификация основных процессов	УК-2.1; УК-2.2; УК-2.3; ОПК-4.1; ОПК-4.2; ОПК-4.3; ОПК-6.1; ОПК-6.2; ОПК-6.3
2	Механизмы и уравнения переноса. Законы сохранения. Моделирование. Межфазный перенос субстанций.	1	Уравнения переноса	Молекулярный механизм, Конвективный механизм, Турбулентный механизм. Закон сохранения массы (ЗСМ) Закон сохранения энергии (ЗСЭ) Закон сохранения импульса (ЗСИ)	УК-2.1; УК-2.2; УК-2.3; ОПК-4.1; ОПК-4.2; ОПК-4.3; ОПК-6.1; ОПК-6.2; ОПК-6.3
3	Гидромеханические ПАХТ	1		Моделирование химико-технологических процессов Основные этапы математического моделирования Физическое моделирование. Теория подобия	УК-2.1; УК-2.2; УК-2.3; ОПК-4.1; ОПК-4.2; ОПК-4.3; ОПК-6.1; ОПК-6.2; ОПК-6.3
4	Прикладная гидромеханика. Перемещение жидкостей, сжатие и перемещение газов.	2		Гидравлика Гидростатика Гидродинамика Уравнения Бернулли	УК-2.1; УК-2.2; УК-2.3; ОПК-4.1; ОПК-4.2; ОПК-4.3; ОПК-6.1; ОПК-6.2; ОПК-6.3
5	Разделение неоднородных систем. Перемешивание в жидких средах.	2	Разделение неоднородных систем. Перемешивание в жидких средах.	Разделение неоднородных систем Осаждение. Осадительная камера Фильтрация	УК-2.1; УК-2.2; УК-2.3; ОПК-4.1; ОПК-4.2; ОПК-4.3; ОПК-6.1; ОПК-6.2; ОПК-6.3
6	Теплообменные ПАХТ	1	Роль и значение тепловых процессов в	Движущие силы процессов теплообмена. Тепловое равновесие. Основные задачи	УК-2.1; УК-2.2; УК-2.3; ОПК-

			проведении химико-технологических процессов.	статике и кинетики процессов теплообмена.	4.1; ОПК-4.2; ОПК-4.3; ОПК-6.1; ОПК-6.2; ОПК-6.3
7	Теплообмен. Промышленные способы передачи 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.. Конвективный теплоперенос. Теплообмен в условиях естественной и вынужденной конвекции. Уравнение теплоотдачи. Теплоотдача Теплоотдача при изменении агрегатного состояния теплоносителей (конденсация паров и кипение жидкостей). Основы расчета кинетики процесса. Теплообмен излучением. Промышленные способы подвода и отвода теплоты в аппаратах химической технологии. Теплообменные аппараты. Нестационарный теплообмен в химической технологии. Выпаривание.	УК-2.1; УК-2.2; УК-2.3; ОПК-4.1; ОПК-4.2; ОПК-4.3; ОПК-6.1; ОПК-6.2; ОПК-6.3
8	Массообменные ПАХТ	2	1.Статика процессов массопереноса 2.Материальные балансы процессов массопереноса 3.Кинетика процессов массопереноса. 4.Основы расчета массообменных аппаратов.	<b>Статика процессов массопереноса.</b> Основные задачи статике. Способы выражения составов фаз. Движущие силы процессов массопереноса. Термодинамическое равновесие. Основные законы межфазового равновесия <b>Кинетика процессов массопереноса.</b> Основные задачи кинетики массообменных процессов. Представление о полях концентраций, стационарные и нестационарные поля. Градиент концентраций. Общие сведения и характеристика процессов массопереноса в пределах объема одной фазы: молекулярная и конвективная диффузия. <b>Массопередача.</b> Уравнения массопередачи, определение средних движущих сил процессов массопередачи. Основные кинетические показатели процесса массопередачи и методы их расчета: коэффициенты массопередачи, в т.ч. объемный коэффициент массопередачи, общие и частные числа единиц. <b>Основы расчета массообменных аппаратов.</b>	УК-2.1; УК-2.2; УК-2.3; ОПК-4.1; ОПК-4.2; ОПК-4.3; ОПК-6.1; ОПК-6.2; ОПК-6.3
9	Массообмен. Абсорбция. Перегонка.	2	Жидкостная экстракция. Адсорбция.	. Жидкостная экстракция. Краткие сведения и общая характеристика процессов	УК-2.1; УК-2.2; УК-2.3; ОПК-4.1; ОПК-4.2;



	Экстракция.		Сушка.	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. Адсорбция. Ионный обмен. Растворение в системе жидкость-твёрдое. Кристаллизация.. Сушка. Мембранные процессы разделения.	ОПК-4.3; ОПК-6.1; ОПК-6.2; ОПК-6.3
10	Технологический расчёт аппарата	2	Технологический расчёт	Выполнение технологического расчёта заданного аппарата	УК-2.1; УК-2.2; УК-2.3; ОПК-4.1; ОПК-4.2; ОПК-4.3; ОПК-6.1; ОПК-6.2; ОПК-6.3
11	Гидравлический расчёт аппарата	2	Гидравлический расчёт	Выполнение гидравлического расчёта заданного аппарата	УК-2.1; УК-2.2; УК-2.3; ОПК-4.1; ОПК-4.2; ОПК-4.3; ОПК-6.1; ОПК-6.2; ОПК-6.3
12	Механический расчёт аппарата	2	Механический расчёт.	Выполнение механического расчёта заданного аппарата	УК-2.1; УК-2.2; УК-2.3; ОПК-4.1; ОПК-4.2; ОПК-4.3; ОПК-6.1; ОПК-6.2; ОПК-6.3
13	Графическая часть проекта	4	Графическая часть проекта: технологическая схема установки функциональная, чертеж общего вида основного аппарата	Подготовка графической части проекта:	УК-2.1; УК-2.2; УК-2.3; ОПК-4.1; ОПК-4.2; ОПК-4.3; ОПК-6.1; ОПК-6.2; ОПК-6.3

**7. Содержание лабораторных занятий (таблица 4 а – очная форма, таблица 4 б – заочная форма)**

Таблица 4 а

№ п/п	Раздел дисциплины	Часы	Наименование лабораторной работы	Краткое содержание	Индикаторы достижения компетенции
1	Теоретические	6	ПАХП	Знакомство с современным	УК-2.1; УК-2.2;

	основы			состоянием химической и других смежных с ней отраслями промышленности, их основными общими характеристиками и проблемами, а так же возможными путями их решения.	УК-2.3; ОПК-4.1; ОПК-4.2; ОПК-4.3; ОПК-6.1; ОПК-6.2; ОПК-6.3
2	Механизмы и уравнения переноса. Законы сохранения. Моделирование. Межфазный перенос субстанций.	6	Законы переноса массы, энергии и импульса	<i>Законы переноса массы, энергии и импульса</i> 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 определения интенсивности протекающих химико-технологических процессов и в конечном итоге - производительности аппаратов. Дифференциальные уравнения, описывающие поля скоростей, температур и концентраций. Аналогия между ними. Методы анализа этих уравнений. Условия аналитического решения дифференциальных уравнений (условия однозначности).	УК-2.1; УК-2.2; УК-2.3; ОПК-4.1; ОПК-4.2; ОПК-4.3; ОПК-6.1; ОПК-6.2; ОПК-6.3
3	Гидромеханические ПАХТ	8	Основные экспериментальные методы исследований типовых химико-технологических процессов и аппаратов.	Исследование механизмов процессов на микро- и макроуровнях.	УК-2.1; УК-2.2; УК-2.3; ОПК-4.1; ОПК-4.2; ОПК-4.3; ОПК-6.1; ОПК-6.2; ОПК-6.3
4	Прикладная гидромеханика. Перемещение жидкостей, сжатие и перемещение газов.	8	Сжатие и разрежение газов.	Устройство основных приборов для практического измерения уровня давлений.	УК-2.1; УК-2.2; УК-2.3; ОПК-4.1; ОПК-4.2; ОПК-4.3; ОПК-6.1; ОПК-6.2; ОПК-6.3
5	Разделение неоднородных систем. Перемешивание в жидких средах.	8	Разделение неоднородных систем.	Основные типовые конструкции циклонов и отстойных центрифуг, устройства и характеристики их работы.	УК-2.1; УК-2.2; УК-2.3; ОПК-4.1; ОПК-4.2; ОПК-4.3; ОПК-6.1; ОПК-6.2; ОПК-6.3
6	Теплообменные ПАХТ	4	Теплоперенос	Стационарный и нестационарный процессы теплопереноса. Основные понятия, определения и теплофизические свойства веществ: температурное поле, температурный градиент, тепловой поток, теплоёмкость, энтальпия, теплопроводность и температуропроводность	УК-2.1; УК-2.2; УК-2.3; ОПК-4.1; ОПК-4.2; ОПК-4.3; ОПК-6.1; ОПК-6.2; ОПК-6.3



7	Теплообмен. Промышленные способы передачи тепла. Выпаривание.	4	Теплообменны е 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.	УК-2.1; УК-2.2; УК-2.3; ОПК-4.1; ОПК-4.2; ОПК-4.3; ОПК-6.1; ОПК-6.2; ОПК-6.3
8	Массообменные ПАХТ	4	Массообменны е ПАХТ	<b>Основы расчета массообменных аппаратов.</b> Основные типовые конструкции аппаратов колонного типа: массообменные аппараты с фиксированной и со свободной поверхностью контакта фаз, плёночные массообменные аппараты.	УК-2.1; УК-2.2; УК-2.3; ОПК-4.1; ОПК-4.2; ОПК-4.3; ОПК-6.1; ОПК-6.2; ОПК-6.3
9	Массообмен. Абсорбция. Перегонка. Экстракция.	6	Кристаллизаци я.	<b>Кристаллизация.</b> Определение процесса кристаллизации и практическое применение процессов.	УК-2.1; УК-2.2; УК-2.3; ОПК-4.1; ОПК-4.2; ОПК-4.3; ОПК-6.1; ОПК-6.2; ОПК-6.3

Лабораторные работы проводятся в помещении учебной лаборатории.

Таблица 4 б

№ п/п	Раздел дисциплины	Часы	Наименование лабораторной работы	Краткое содержание	Индикаторы достижения компетенции
1	Теоретические основы		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.	УК-2.1; УК-2.2; УК-2.3; ОПК-4.1; ОПК-4.2; ОПК-4.3; ОПК-6.1; ОПК-6.2; ОПК-6.3
2	Механизмы и уравнения переноса. Законы сохранения. Моделирование. Межфазный перенос субстанций.	2	Законы переноса массы, энергии и импульса	<b>Законы переноса массы, энергии и импульса</b> 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 определения интенсивности протекающих химико-технологических процессов и в конечном итоге - производительности аппаратов. Дифференциальные уравнения, описывающие поля скоростей, температур и концентраций. Аналогия между ними. Методы анализа этих уравнений. Условия	УК-2.1; УК-2.2; УК-2.3; ОПК-4.1; ОПК-4.2; ОПК-4.3; ОПК-6.1; ОПК-6.2; ОПК-6.3

				аналитического решения дифференциальных уравнений (условия однозначности).	
3	Гидромеханические ПАХТ	2	Основные экспериментальные методы исследований типовых химико-технологических процессов и аппаратов.	Исследование механизмов процессов на микро- и макроуровнях.	УК-2.1; УК-2.2; УК-2.3; ОПК-4.1; ОПК-4.2; ОПК-4.3; ОПК-6.1; ОПК-6.2; ОПК-6.3
4	Прикладная гидромеханика. Перемещение жидкостей, сжатие и перемещение газов.	3	Сжатие и разрежение газов.	Устройство основных приборов для практического измерения уровня давлений.	УК-2.1; УК-2.2; УК-2.3; ОПК-4.1; ОПК-4.2; ОПК-4.3; ОПК-6.1; ОПК-6.2; ОПК-6.3
5	Разделение неоднородных систем. Перемешивание в жидких средах.	3	Разделение неоднородных систем.	Основные типовые конструкции циклонов и отстойных центрифуг, устройства и характеристики их работы.	УК-2.1; УК-2.2; УК-2.3; ОПК-4.1; ОПК-4.2; ОПК-4.3; ОПК-6.1; ОПК-6.2; ОПК-6.3
6	Теплообменные ПАХТ	2	Теплоперенос	Стационарный и нестационарный процессы теплопереноса. Основные понятия, определения и теплофизические свойства веществ: температурное поле, температурный градиент, тепловой поток, теплоёмкость, энтальпия, теплопроводность и температуропроводность.	УК-2.1; УК-2.2; УК-2.3; ОПК-4.1; ОПК-4.2; ОПК-4.3; ОПК-6.1; ОПК-6.2; ОПК-6.3
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.	УК-2.1; УК-2.2; УК-2.3; ОПК-4.1; ОПК-4.2; ОПК-4.3; ОПК-6.1; ОПК-6.2; ОПК-6.3
8	Массообменные ПАХТ	2	Массообменные ПАХТ	<b>Основы расчета массообменных аппаратов.</b> Основные типовые конструкции аппаратов колонного типа: массообменные аппараты с фиксированной и со свободной поверхностью контакта фаз, плёночные массообменные аппараты.	УК-2.1; УК-2.2; УК-2.3; ОПК-4.1; ОПК-4.2; ОПК-4.3; ОПК-6.1; ОПК-6.2; ОПК-6.3
9	Массообмен. Абсорбция. Перегонка. Экстракция.	4	Кристаллизация.	<b>Кристаллизация.</b> Определение процесса кристаллизации и практическое применение процессов.	УК-2.1; УК-2.2; УК-2.3; ОПК-4.1; ОПК-4.2; ОПК-4.3; ОПК-6.1; ОПК-6.2;



					ОПК-6.3
--	--	--	--	--	---------

Лабораторные работы проводятся в помещении учебной лаборатории.

**8. Самостоятельная работа бакалавра (таблица 5 а – очная форма, таблица 5 б – заочная форма)**

Таблица 5 а

№ п/п	Темы, выносимые на самостоятельную работу	Часы	Форма СРС	Индикаторы достижения компетенции
1	Физические величины, определения, системы единиц измерений, правила использования систем измерений физических величин на территории РФ. Определение, нахождение и расчёт основных физико-химических и термодинамические свойства жидкостей и газов.	10	Текущая работа с лекционным материалом. Поиск информации по заданиям преподавателя и подготовка коллективных презентаций, подготовка к коллоквиуму, докладу написание реферата.	УК-2.1; УК-2.2; УК-2.3; ОПК-4.1; ОПК-4.2; ОПК-4.3; ОПК-6.1; ОПК-6.2; ОПК-6.3
2	Решение основных задач по гидростатике жидкостей и газов.	10	Текущая работа с лекционным материалом. Поиск информации по заданиям преподавателя и подготовка коллективных презентаций, подготовка к коллоквиуму, докладу написание реферата.	УК-2.1; УК-2.2; УК-2.3; ОПК-4.1; ОПК-4.2; ОПК-4.3; ОПК-6.1; ОПК-6.2; ОПК-6.3
3	Изучение конструкций аппаратов для хранения жидкостей и газов.	10	Текущая работа с лекционным материалом. Поиск информации по заданиям преподавателя и подготовка коллективных презентаций, подготовка к коллоквиуму, докладу написание реферата.	УК-2.1; УК-2.2; УК-2.3; ОПК-4.1; ОПК-4.2; ОПК-4.3; ОПК-6.1; ОПК-6.2; ОПК-6.3
4	Изучение принципиальных устройств машин и аппаратов для решения прикладных задач гидростатики: гидравлических прессов, измерения уровня жидкостей в резервуарах и ёмкостях, измерения гидростатического давления и перепадов давлений.	12	Текущая работа с лекционным материалом. Поиск информации по заданиям преподавателя и подготовка коллективных презентаций, подготовка к коллоквиуму, докладу написание реферата.	УК-2.1; УК-2.2; УК-2.3; ОПК-4.1; ОПК-4.2; ОПК-4.3; ОПК-6.1; ОПК-6.2; ОПК-6.3
5	Решение задач по основным вопросам гидродинамики жидкостей и газов.	12	Текущая работа с лекционным материалом. Поиск информации по заданиям преподавателя и подготовка коллективных презентаций, подготовка к коллоквиуму, докладу написание реферата.	УК-2.1; УК-2.2; УК-2.3; ОПК-4.1; ОПК-4.2; ОПК-4.3; ОПК-6.1; ОПК-6.2; ОПК-6.3
6	Расчёт гидравлических сопротивлений различных гидравлических систем трубопроводов и аппаратов.	20	Текущая работа с лекционным материалом. Поиск информации по заданиям преподавателя и подготовка коллективных презентаций, подготовка к коллоквиуму, докладу написание реферата.	УК-2.1; УК-2.2; УК-2.3; ОПК-4.1; ОПК-4.2; ОПК-4.3; ОПК-6.1; ОПК-6.2; ОПК-6.3
7	Изучение основных конструкций и принципов работы насосов и	20	Текущая работа с лекционным материалом. Поиск информации по	УК-2.1; УК-2.2; УК-2.3; ОПК-4.1; ОПК-

	вентиляторов. Подбор насосов и вентиляторов для перемещения жидкостей и газов.		заданиям преподавателя и подготовка коллективных презентаций, подготовка к коллоквиуму, докладу написание реферата.	4.2; ОПК-4.3; ОПК-6.1; ОПК-6.2; ОПК-6.3
8	Гидравлический расчёт параллельных трубопроводов и трубопроводов с путевым расходом жидкостей	20	Текущая работа с лекционным материалом. Поиск информации по заданиям преподавателя и подготовка коллективных презентаций, подготовка к коллоквиуму, докладу написание реферата.	УК-2.1; УК-2.2; УК-2.3; ОПК-4.1; ОПК-4.2; ОПК-4.3; ОПК-6.1; ОПК-6.2; ОПК-6.3
9	Гидравлический удар в трубопроводах и явление кавитации	21	Текущая работа с лекционным материалом. Поиск информации по заданиям преподавателя и подготовка коллективных презентаций, подготовка к коллоквиуму, докладу написание реферата.	УК-2.1; УК-2.2; УК-2.3; ОПК-4.1; ОПК-4.2; ОПК-4.3; ОПК-6.1; ОПК-6.2; ОПК-6.3
10	Технологический расчет аппарата	4	Выполнение расчетов. Подготовка к защите отчета произведенных расчетов	УК-2.1; УК-2.2; УК-2.3; ОПК-4.1; ОПК-4.2; ОПК-4.3; ОПК-6.1; ОПК-6.2; ОПК-6.3
11	Гидравлический расчет аппарата	4	Выполнение расчетов. Подготовка к защите отчета произведенных расчетов	УК-2.1; УК-2.2; УК-2.3; ОПК-4.1; ОПК-4.2; ОПК-4.3; ОПК-6.1; ОПК-6.2; ОПК-6.3
12	Механический расчет аппарата	4	Выполнение расчетов. Подготовка к защите отчета произведенных расчетов	УК-2.1; УК-2.2; УК-2.3; ОПК-4.1; ОПК-4.2; ОПК-4.3; ОПК-6.1; ОПК-6.2; ОПК-6.3
13	Графическая часть проекта: технологическая схема установки функциональная, чертеж общего вида основного аппарата	6	Выполнение графической части проекта. Подготовка к защите курсового проекта.	УК-2.1; УК-2.2; УК-2.3; ОПК-4.1; ОПК-4.2; ОПК-4.3; ОПК-6.1; ОПК-6.2; ОПК-6.3
	Курсовой проект	18	выполнение курсового проекта	УК-2.1; УК-2.2; УК-2.3; ОПК-4.1; ОПК-4.2; ОПК-4.3; ОПК-6.1; ОПК-6.2; ОПК-6.3

Таблица 5б

№ п/п	Темы, выносимые на самостоятельную работу	Часы	Форма СРС	Индикаторы достижения компетенции
1	Физические величины, определения, системы единиц измерений, правила использования систем измерений физических величин на территории РФ. Определение, нахождение и расчёт основных физико-химических и	7	Текущая работа с лекционным материалом. Поиск информации по заданиям преподавателя и подготовка коллективных презентаций, подготовка к коллоквиуму, докладу написание реферата.	УК-2.1; УК-2.2; УК-2.3; ОПК-4.1; ОПК-4.2; ОПК-4.3; ОПК-6.1; ОПК-6.2; ОПК-6.3



	термодинамические свойства жидкостей и газов.			
2	Решение основных задач по гидростатике жидкостей и газов.	34	Текущая работа с лекционным материалом. Поиск информации по заданиям преподавателя и подготовка коллективных презентаций, подготовка к коллоквиуму, докладу написание реферата.	УК-2.1; УК-2.2; УК-2.3; ОПК-4.1; ОПК-4.2; ОПК-4.3; ОПК-6.1; ОПК-6.2; ОПК-6.3
3	Изучение конструкций аппаратов для хранения жидкостей и газов.	34	Текущая работа с лекционным материалом. Поиск информации по заданиям преподавателя и подготовка коллективных презентаций, подготовка к коллоквиуму, докладу написание реферата.	УК-2.1; УК-2.2; УК-2.3; ОПК-4.1; ОПК-4.2; ОПК-4.3; ОПК-6.1; ОПК-6.2; ОПК-6.3
4	Изучение принципиальных устройств машин и аппаратов для решения прикладных задач гидростатики: гидравлических прессов, измерения уровня жидкостей в резервуарах и ёмкостях, измерения гидростатического давления и перепадов давлений.	34	Текущая работа с лекционным материалом. Поиск информации по заданиям преподавателя и подготовка коллективных презентаций, подготовка к коллоквиуму, докладу написание реферата.	УК-2.1; УК-2.2; УК-2.3; ОПК-4.1; ОПК-4.2; ОПК-4.3; ОПК-6.1; ОПК-6.2; ОПК-6.3
5	Решение задач по основным вопросам гидродинамики жидкостей и газов.	36	Текущая работа с лекционным материалом. Поиск информации по заданиям преподавателя и подготовка коллективных презентаций, подготовка к коллоквиуму, докладу написание реферата.	УК-2.1; УК-2.2; УК-2.3; ОПК-4.1; ОПК-4.2; ОПК-4.3; ОПК-6.1; ОПК-6.2; ОПК-6.3
6	Расчёт гидравлических сопротивлений различных гидравлических систем трубопроводов и аппаратов.	36	Текущая работа с лекционным материалом. Поиск информации по заданиям преподавателя и подготовка коллективных презентаций, подготовка к коллоквиуму, докладу написание реферата.	УК-2.1; УК-2.2; УК-2.3; ОПК-4.1; ОПК-4.2; ОПК-4.3; ОПК-6.1; ОПК-6.2; ОПК-6.3
7	Изучение основных конструкций и принципов работы насосов и вентиляторов. Подбор насосов и вентиляторов для перемещения жидкостей и газов.	36	Текущая работа с лекционным материалом. Поиск информации по заданиям преподавателя и подготовка коллективных презентаций, подготовка к коллоквиуму, докладу написание реферата.	УК-2.1; УК-2.2; УК-2.3; ОПК-4.1; ОПК-4.2; ОПК-4.3; ОПК-6.1; ОПК-6.2; ОПК-6.3
8	Гидравлический расчёт параллельных трубопроводов и трубопроводов с путевым расходом жидкостей	36	Текущая работа с лекционным материалом. Поиск информации по заданиям преподавателя и подготовка коллективных презентаций, подготовка к коллоквиуму, докладу написание реферата.	УК-2.1; УК-2.2; УК-2.3; ОПК-4.1; ОПК-4.2; ОПК-4.3; ОПК-6.1; ОПК-6.2; ОПК-6.3
9	Гидравлический удар в трубопроводах и явление кавитации	37	Текущая работа с лекционным материалом. Поиск информации по заданиям преподавателя и подготовка коллективных презентаций, подготовка к коллоквиуму, докладу написание реферата.	УК-2.1; УК-2.2; УК-2.3; ОПК-4.1; ОПК-4.2; ОПК-4.3; ОПК-6.1; ОПК-6.2; ОПК-6.3
10	Технологический расчет аппарата	5	Выполнение расчетов. Подготовка к защите отчета произведенных расчетов	УК-2.1; УК-2.2; УК-2.3; ОПК-4.1; ОПК-4.2; ОПК-4.3;

				ОПК-6.1; ОПК-6.2; ОПК-6.3
11	Гидравлический расчет аппарата	5	Выполнение расчетов. Подготовка к защите отчета произведенных расчетов	УК-2.1; УК-2.2; УК-2.3; ОПК-4.1; ОПК-4.2; ОПК-4.3; ОПК-6.1; ОПК-6.2; ОПК-6.3
12	Механический расчет аппарата	6	Выполнение расчетов. Подготовка к защите отчета произведенных расчетов	УК-2.1; УК-2.2; УК-2.3; ОПК-4.1; ОПК-4.2; ОПК-4.3; ОПК-6.1; ОПК-6.2; ОПК-6.3
13	Графическая часть проекта: технологическая схема установки функциональная, чертеж общего вида основного аппарата	6	Выполнение графической части проекта. Подготовка к защите курсового проекта.	УК-2.1; УК-2.2; УК-2.3; ОПК-4.1; ОПК-4.2; ОПК-4.3; ОПК-6.1; ОПК-6.2; ОПК-6.3
	Курсовой проект	18	выполнение курсового проекта	УК-2.1; УК-2.2; УК-2.3; ОПК-4.1; ОПК-4.2; ОПК-4.3; ОПК-6.1; ОПК-6.2; ОПК-6.3

**8.1 Контроль самостоятельной работы (таблица 6 а – заочная форма, таблица 6 б – заочная форма)**

Таблица 6 а

№ п/п	Темы, выносимые на самостоятельную работу	Часы	Форма КСР	Индикаторы достижения компетенции
1	Физические величины, определения, системы единиц измерений, правила использования систем измерений физических величин на территории РФ. Определение, нахождение и расчёт основных физико-химических и термодинамические свойства жидкостей и газов.	7	прием лабораторных работ и проверка отчетов, реферата, домашнего задания, консультирование	УК-2.1; УК-2.2; УК-2.3; ОПК-4.1; ОПК-4.2; ОПК-4.3; ОПК-6.1; ОПК-6.2; ОПК-6.3
2	Решение основных задач по гидростатике жидкостей и газов.	34	прием лабораторных работ и проверка отчетов, реферата, домашнего задания, консультирование	УК-2.1; УК-2.2; УК-2.3; ОПК-4.1; ОПК-4.2; ОПК-4.3; ОПК-6.1; ОПК-6.2; ОПК-6.3
3	Изучение конструкций аппаратов для хранения жидкостей и газов.	34	прием лабораторных работ и проверка отчетов, реферата, домашнего задания, консультирование	УК-2.1; УК-2.2; УК-2.3; ОПК-4.1; ОПК-4.2; ОПК-4.3; ОПК-6.1; ОПК-6.2; ОПК-6.3
4	Изучение принципиальных устройств машин и аппаратов для решения прикладных задач гидростатики:	34	прием лабораторных работ и проверка отчетов, реферата, домашнего задания, консультирование	УК-2.1; УК-2.2; УК-2.3; ОПК-4.1; ОПК-4.2; ОПК-4.3;



	гидравлических прессов, измерения уровня жидкостей в резервуарах и ёмкостях, измерения гидростатического давления и перепадов давлений.			ОПК-6.1; ОПК-6.2; ОПК-6.3
5	Решение задач по основным вопросам гидродинамики жидкостей и газов.	36	прием лабораторных работ и проверка отчетов, реферата, домашнего задания, консультирование	УК-2.1; УК-2.2; УК-2.3; ОПК-4.1; ОПК-4.2; ОПК-4.3; ОПК-6.1; ОПК-6.2; ОПК-6.3
6	Расчёт гидравлических сопротивлений различных гидравлических систем трубопроводов и аппаратов.	36	прием лабораторных работ и проверка отчетов, реферата, домашнего задания, консультирование	УК-2.1; УК-2.2; УК-2.3; ОПК-4.1; ОПК-4.2; ОПК-4.3; ОПК-6.1; ОПК-6.2; ОПК-6.3
7	Изучение основных конструкций и принципов работы насосов и вентиляторов. Подбор насосов и вентиляторов для перемещения жидкостей и газов.	36	прием лабораторных работ и проверка отчетов, реферата, домашнего задания, консультирование	УК-2.1; УК-2.2; УК-2.3; ОПК-4.1; ОПК-4.2; ОПК-4.3; ОПК-6.1; ОПК-6.2; ОПК-6.3
8	Гидравлический расчёт параллельных трубопроводов и трубопроводов с путевым расходом жидкостей	36	прием лабораторных работ и проверка отчетов, реферата, домашнего задания, консультирование	УК-2.1; УК-2.2; УК-2.3; ОПК-4.1; ОПК-4.2; ОПК-4.3; ОПК-6.1; ОПК-6.2; ОПК-6.3
9	Гидравлический удар в трубопроводах и явление кавитации	37	прием лабораторных работ и проверка отчетов, реферата, домашнего задания, консультирование	УК-2.1; УК-2.2; УК-2.3; ОПК-4.1; ОПК-4.2; ОПК-4.3; ОПК-6.1; ОПК-6.2; ОПК-6.3
10	Технологический расчет аппарата	5	прием и проверка отчетов, домашнего задания, консультирование	УК-2.1; УК-2.2; УК-2.3; ОПК-4.1; ОПК-4.2; ОПК-4.3; ОПК-6.1; ОПК-6.2; ОПК-6.3
11	Гидравлический расчет аппарата	5	прием и проверка отчетов, домашнего задания, консультирование	УК-2.1; УК-2.2; УК-2.3; ОПК-4.1; ОПК-4.2; ОПК-4.3; ОПК-6.1; ОПК-6.2; ОПК-6.3
12	Механический расчет аппарата	6	прием и проверка отчетов, домашнего задания, консультирование	УК-2.1; УК-2.2; УК-2.3; ОПК-4.1; ОПК-4.2; ОПК-4.3; ОПК-6.1; ОПК-6.2; ОПК-6.3
13	Графическая часть проекта: технологическая схема установки функциональная, чертеж общего вида основного аппарата	6	прием и проверка отчетов, домашнего задания, консультирование	УК-2.1; УК-2.2; УК-2.3; ОПК-4.1; ОПК-4.2; ОПК-4.3; ОПК-6.1; ОПК-6.2; ОПК-6.3

	Курсовой проект	18	прием курсового проекта	УК-2.1; УК-2.2; УК-2.3; ОПК-4.1; ОПК-4.2; ОПК-4.3; ОПК-6.1; ОПК-6.2; ОПК-6.3
--	-----------------	----	-------------------------	--

Таблица 6 б

№ п/п	Темы, выносимые на самостоятельную работу	Часы	Форма КСР	Индикаторы достижения компетенции
1	Физические величины, определения, системы единиц измерений, правила использования систем измерений физических величин на территории РФ. Определение, нахождение и расчёт основных физико-химических и термодинамические свойства жидкостей и газов.	7	прием лабораторных работ и проверка отчетов, реферата, домашнего задания, консультирование	УК-2.1; УК-2.2; УК-2.3; ОПК-4.1; ОПК-4.2; ОПК-4.3; ОПК-6.1; ОПК-6.2; ОПК-6.3
2	Решение основных задач по гидростатике жидкостей и газов.	34	прием лабораторных работ и проверка отчетов, реферата, домашнего задания, консультирование	УК-2.1; УК-2.2; УК-2.3; ОПК-4.1; ОПК-4.2; ОПК-4.3; ОПК-6.1; ОПК-6.2; ОПК-6.3
3	Изучение конструкций аппаратов для хранения жидкостей и газов.	34	прием лабораторных работ и проверка отчетов, реферата, домашнего задания, консультирование	УК-2.1; УК-2.2; УК-2.3; ОПК-4.1; ОПК-4.2; ОПК-4.3; ОПК-6.1; ОПК-6.2; ОПК-6.3
4	Изучение принципиальных устройств машин и аппаратов для решения прикладных задач гидростатики: гидравлических прессов, измерения уровня жидкостей в резервуарах и ёмкостях, измерения гидростатического давления и перепадов давлений.	34	прием лабораторных работ и проверка отчетов, реферата, домашнего задания, консультирование	УК-2.1; УК-2.2; УК-2.3; ОПК-4.1; ОПК-4.2; ОПК-4.3; ОПК-6.1; ОПК-6.2; ОПК-6.3
5	Решение задач по основным вопросам гидродинамики жидкостей и газов.	36	прием лабораторных работ и проверка отчетов, реферата, домашнего задания, консультирование	УК-2.1; УК-2.2; УК-2.3; ОПК-4.1; ОПК-4.2; ОПК-4.3; ОПК-6.1; ОПК-6.2; ОПК-6.3
6	Расчёт гидравлических сопротивлений различных гидравлических систем трубопроводов и аппаратов.	36	прием лабораторных работ и проверка отчетов, реферата, домашнего задания, консультирование	УК-2.1; УК-2.2; УК-2.3; ОПК-4.1; ОПК-4.2; ОПК-4.3; ОПК-6.1; ОПК-6.2; ОПК-6.3
7	Изучение основных конструкций и принципов работы насосов и вентиляторов. Подбор	36	прием лабораторных работ и проверка отчетов, реферата, домашнего задания, консультирование	УК-2.1; УК-2.2; УК-2.3; ОПК-4.1; ОПК-4.2; ОПК-4.3;



	насосов и вентиляторов для перемещения жидкостей и газов.			ОПК-6.1; ОПК-6.2; ОПК-6.3
8	Гидравлический расчёт параллельных трубопроводов и трубопроводов с путевым расходом жидкостей	36	прием лабораторных работ и проверка отчетов, реферата, домашнего задания, консультирование	УК-2.1; УК-2.2; УК-2.3; ОПК-4.1; ОПК-4.2; ОПК-4.3; ОПК-6.1; ОПК-6.2; ОПК-6.3
9	Гидравлический удар в трубопроводах и явление кавитации	37	прием лабораторных работ и проверка отчетов, реферата, домашнего задания, консультирование	УК-2.1; УК-2.2; УК-2.3; ОПК-4.1; ОПК-4.2; ОПК-4.3; ОПК-6.1; ОПК-6.2; ОПК-6.3
10	Технологический расчет аппарата	5	прием и проверка отчетов, домашнего задания, консультирование	УК-2.1; УК-2.2; УК-2.3; ОПК-4.1; ОПК-4.2; ОПК-4.3; ОПК-6.1; ОПК-6.2; ОПК-6.3
11	Гидравлический расчет аппарата	5	прием и проверка отчетов, домашнего задания, консультирование	УК-2.1; УК-2.2; УК-2.3; ОПК-4.1; ОПК-4.2; ОПК-4.3; ОПК-6.1; ОПК-6.2; ОПК-6.3
12	Механический расчет аппарата	6	прием и проверка отчетов, домашнего задания, консультирование	УК-2.1; УК-2.2; УК-2.3; ОПК-4.1; ОПК-4.2; ОПК-4.3; ОПК-6.1; ОПК-6.2; ОПК-6.3
13	Графическая часть проекта: технологическая схема установки функциональная, чертеж общего вида основного аппарата	6	прием и проверка отчетов, домашнего задания, консультирование	УК-2.1; УК-2.2; УК-2.3; ОПК-4.1; ОПК-4.2; ОПК-4.3; ОПК-6.1; ОПК-6.2; ОПК-6.3
	Курсовой проект	18	прием курсового проекта	УК-2.1; УК-2.2; УК-2.3; ОПК-4.1; ОПК-4.2; ОПК-4.3; ОПК-6.1; ОПК-6.2; ОПК-6.3

### 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 описано в «Положении о балльно-рейтинговой системе оценки знаний студентов и обеспечения качества учебного процесса» ФГБОУ ВО КНИТУ.

При изучении указанной дисциплины предусматривается выполнение лабораторных работ, контрольная работа, реферат, зачет, экзамен, курсовой проект. За эти контрольные точки студент может получить минимальное и максимальное количество баллов (см. таблицу). За экзамен студент может получить минимум 24 балла и максимум – 40 баллов. В итоге максимальный рейтинг за изучение дисциплины составляет 100 баллов (таблица 7).

Таблица 7

<i>Оценочные средства</i>	<i>Кол-во</i>	<i>Min, баллов</i>	<i>Max, баллов</i>
<b>4 семестр</b>			
<i>Контрольная работа</i>	<i>1</i>	<i>10</i>	<i>20</i>
<i>Лабораторная работа</i>	<i>5</i>	<i>20</i>	<i>30</i>
<i>Реферат</i>	<i>1</i>	<i>6</i>	<i>10</i>
<i>Экзамен</i>		<i>24</i>	<i>40</i>
<i>Итого</i>		<i>60</i>	<i>100</i>
<b>5 семестр</b>			
<i>Контрольная работа</i>	<i>1</i>	<i>10</i>	<i>18</i>
<i>Лабораторная работа</i>	<i>4</i>	<i>20</i>	<i>32</i>
<i>Реферат</i>	<i>1</i>	<i>6</i>	<i>10</i>
<i>Экзамен</i>		<i>24</i>	<i>40</i>
<i>Итого</i>		<i>60</i>	<i>100</i>
<b>6 семестр</b>			
<i>Защита курсового проекта</i>	<i>1</i>	<i>60</i>	<i>100</i>

### **10. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам 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.

### **11. Информационно-методическое обеспечение дисциплины**

#### **11.1 Основная литература**

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

<b>Основные источники информации</b>	<b>Кол-во экз.</b>
1. Баранов, Д.А. Процессы и аппараты химической технологии: учеб. пособие. — Санкт-Петербург: Лань, 2016. — 408 с.	ЭБС «Лань» <a href="https://e.lanbook.com/reader/book/87568">https://e.lanbook.com/reader/book/87568</a> Доступ с любой точки Интернет после регистрации с IP-адресов БФ ФГБОУ ВО «КНИТУ»
2. Леонтьева, А.И. Оборудование химических производств: в 2 частях / А.И. Леонтьева ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Тамбовский государственный технический университет». - Тамбов: Издательство ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2012. - Ч. 2. - 281 с.	ЭБС «Университетская библиотека online» <a href="http://biblioclub.ru/index.php?page=book_view_red&amp;book_id=277813">http://biblioclub.ru/index.php?page=book_view_red&amp;book_id=277813</a> Доступ с любой точки Интернет после регистрации с IP-адресов БФ ФГБОУ ВО «КНИТУ»

#### **11.2 Дополнительная литература**

В качестве дополнительных источников информации рекомендуется использовать следующую литературу:

<b>Дополнительные источники информации</b>	<b>Кол-во экз.</b>
1. Процессы и аппараты химической технологии: методические 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. Сосновская и др. - Казань : Издательство КНИТУ, 2014. - 72 с.	ЭБС «Университетская библиотека online» <a href="http://biblioclub.ru/index.php?page=book_view_red&amp;book_id=428783">http://biblioclub.ru/index.php?page=book_view_red&amp;book_id=428783</a> Доступ с любой точки Интернет после регистрации с IP-адресов БФ ФГБОУ ВО «КНИТУ»



### **11.3 Электронные источники информации**

При изучении дисциплины «Процессы и аппараты химической технологии» в качестве электронных источников информации, рекомендуется использовать следующие источники:

Научная Электронная Библиотека (НЭБ) – Режим доступа: <https://elibrary.ru/defaultx.asp>

ЭБС «БиблиоТех» – Режим доступа: <https://kstu.bibliotech.ru> по номеру читательского билета

ЭБС «Лань» – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/books/>

ЭБС «Университетская Библиотека Онлайн» – Режим доступа: <https://biblioclub.ru>

ЭБС «Юрайт» – Режим доступа: <https://urait.ru/>

Химическая информационная сеть. Наука. Образование. Технология. – Режим доступа <http://www.chem.msu.su/>, свободный

Журнал «Химия», №16, 2009. [Электронный ресурс] – Режим доступа: [http://him.1september.ru/view\\_article.php?id=200901601](http://him.1september.ru/view_article.php?id=200901601), свободный

**Согласовано:**

Библиотекарь



А.В. Хуснутдинова

### **11.4. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы.**

1. Виртуальная среда обучения КНИТУ - [https://moodle.kstu.ru/?id\\_e=68073](https://moodle.kstu.ru/?id_e=68073). Доступ по логину-паролю регистрации в КНИТУ.

2. Единое окно доступа к образовательным ресурсам (раздел Инфокоммуникационные системы и сети и информационные технологии) [http://window.edu.ru/catalog/?p\\_rubr=2.2.75.6](http://window.edu.ru/catalog/?p_rubr=2.2.75.6). Доступ свободный.

3. Министерство науки и высшего образования Российской Федерации <https://minobrnauki.gov.ru/>. Доступ свободный.

4. Справочная правовая система Консультант Плюс. Содержится огромный массив справочной правовой информации, российское и региональное законодательство, консультации для бюджетных организаций, комментарии законодательства, формы документов, проекты нормативных правовых актов, международные правовые акты, правовые акты, технические нормы и правила - <http://www.consultant.ru>

5. Электронные версии периодических изданий, размещенные на сайте информационных ресурсов [www.polpred.com](http://www.polpred.com).

### **12. Материально-техническое обеспечение дисциплины.**

Учебные аудитории для проведения учебных занятий оснащены оборудованием:

1. Учебные столы, стулья;

2. Учебная доска;

3. Компьютерные столы, стулья.

техническими средствами обучения:

1. Персональные компьютеры;

2. Мультимедийное оборудование.

Помещения для самостоятельной работы оснащены компьютерной техникой:

1. Персональный компьютер с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечены доступом в электронную информационную среду КНИТУ.

Лицензированное программное обеспечение и свободно распространяемое программное обеспечение, используемое в учебном процессе при освоении дисциплины

«Процессы и аппараты химической технологии»:

1. MOODLE – Виртуальная среда обучения КНИТУ;
  2. MS Teams: <https://products.office.com/ru-ru/microsoft-teams/download-app>;
  3. Управленческое ПО «Ваш финансовый аналитик 2: Сетевой»;
  4. Управленческое ПО, 1С: Предприятие 8. Комплект для обучения в высших и средних учебных заведениях;
  5. MS Office 2007 Russian (от 16.10.2008г. лицензия № 44684779);
  6. MS Office 2007 Professional Russian (от 16.10.2008г. лицензия № 44684779),
- MS Win Home 10 64 Bin Russian (от 15.02. 2018);
7. MS Office Home and Student 2016 Bin Russian (от 15.02. 2018).

### ***13. Образовательные технологии***

Количество занятий (*20 часов*), проводимых в интерактивных формах.

Основные интерактивные формы проведения учебных занятий:

- творческие задания;
- работа в малых группах;
- дискуссия;
- обучающие игры (ролевые игры, имитации, деловые игры и образовательные игры);
- изучение и закрепление нового материала на интерактивной лекции (лекция-беседа, лекция – дискуссия, лекция с разбором конкретных ситуаций, лекция с заранее запланированными ошибками, лекция- пресс-конференция, мини-лекция);
- эвристическая беседа;
- разработка проекта (метод проектов);
- системы дистанционного обучения.



## 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 профиля «Химическая технология природных энергоносителей и углеродных материалов»

для набора обучающихся 2022 года

пересмотрена на заседании кафедры ХТОМ  
(наименование кафедры)

№ п/п	№ раздела внесения изменений	Дата внесения изменений	Содержание изменений	Подпись разработчика РП	Подпись заведующего кафедрой	Подпись начальника УМО