

УТВЕРЖДАЮ:

Проректор по учебной работе

_____ / О.В. Юсупова

" ____ " _____ 20__ г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Б1.О.03.07 «Процессы и аппараты химической технологии»

Код и направление подготовки (специальность)	18.03.01 Химическая технология
Направленность (профиль)	Химическая технология органических веществ
Квалификация	Бакалавр
Форма обучения	Очная
Год начала подготовки	2022
Институт / факультет	Химико-технологический факультет (ХТФ)
Выпускающая кафедра	кафедра "Технология органического и нефтехимического синтеза"
Кафедра-разработчик	кафедра "Химическая технология и промышленная экология"
Объем дисциплины, ч. / з.е.	396 / 11
Форма контроля (промежуточная аттестация)	Зачет, Экзамен

Б1.О.03.07 «Процессы и аппараты химической технологии»

Рабочая программа дисциплины разработана в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки (специальности) **18.03.01 Химическая технология**, утвержденного приказом Министерства образования и науки РФ от № 922 от 07.08.2020 и соответствующего учебного плана.

Разработчик РПД:

Доцент, кандидат химических
наук, доцент

(должность, степень, ученое звание)

В.В Филиппов

(ФИО)

Заведующий кафедрой

О.В. Тупицына, доктор
технических наук, доцент

(ФИО, степень, ученое звание)

СОГЛАСОВАНО:

Председатель методического совета
факультета / института (или учебно-
методической комиссии)

Ю.А Дружинина, кандидат
химических наук

(ФИО, степень, ученое звание)

Руководитель образовательной
программы

А.Б. Соколов, кандидат
химических наук, доцент

(ФИО, степень, ученое звание)

Заведующий выпускающей кафедрой

Е.Л. Красных, доктор
химических наук, профессор

(ФИО, степень, ученое звание)

Содержание

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы	4
2. Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы	6
3. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся	6
4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам), с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий	7
4.1 Содержание лекционных занятий	7
4.2 Содержание лабораторных занятий	13
4.3 Содержание практических занятий	15
4.4. Содержание самостоятельной работы	17
5. Перечень учебной литературы и учебно-методического обеспечения по дисциплине (модулю)	19
6. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения	21
7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», профессиональных баз данных, информационно-справочных систем	21
8. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)	21
9. Методические материалы	22
10. Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю)	24

**1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю),
соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной
программы**

Наименование категории (группы) компетенций	Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Результаты обучения (знать, уметь, владеть, соотнесенные с индикаторами достижения компетенции)
Общепрофессиональные компетенции			
Инженерная и технологическая подготовка	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 основы теории переноса импульса, тепла и массы; принципы физического моделирования химико-технологических процессов; основные уравнения движения жидкостей; основы теории теплопередачи; основы теории массопередачи в системах со свободной и неподвижной границей раздела фаз; типовые процессы химической технологии, соответствующие аппараты и методы их расчета	Знать основы теории переноса импульса, тепла и массы; принципы физического моделирования химико-технологических процессов; основные уравнения движения жидкостей; основы теории теплопередачи; основы теории массопередачи в системах со свободной и неподвижной границей раздела фаз; типовые процессы химической технологии, соответствующие аппараты и методы их расчета
		ОПК-4.12 Владеет методами технологических расчетов отдельных узлов химического оборудования	Владеть методами технологических расчетов отдельных узлов химического оборудования
		ОПК-4.14 Владеет методами расчета и анализа процессов в химических реакторах, определения технологических показателей процесса; методами выбора химических реакторов	Владеть методами расчета и анализа процессов в химических реакторах, определения технологических показателей процесса; методами выбора химических реакторов

		ОПК-4.5 Знает основы теории процесса в химическом реакторе, методологию исследования взаимодействия процессов химических превращений и явлений переноса на всех масштабных уровнях, методику выбора реактора и расчета процесса в нем; основные реакционные процессы и реакторы химической и нефтехимической технологии	Знать основы теории процесса в химическом реакторе, методологию исследования взаимодействия процессов химических превращений и явлений переноса на всех масштабных уровнях, методику выбора реактора и расчета процесса в нем; основные реакционные процессы и реакторы химической и нефтехимической технологии
		ОПК-4.7 Умеет определять характер движения жидкостей и газов; основные характеристики процессов тепло- и массопередачи; рассчитывать параметры и выбирать аппаратуру для конкретного химико-технологического процесса	Уметь определять характер движения жидкостей и газов; основные характеристики процессов тепло- и массопередачи; рассчитывать параметры и выбирать аппаратуру для конкретного химико-технологического процесса
		ОПК-4.8 Умеет рассчитывать основные характеристики химического процесса, выбирать рациональную схему производства заданного продукта, оценивать технологическую эффективность производства	Уметь рассчитывать основные характеристики химического процесса, выбирать рациональную схему производства заданного продукта, оценивать технологическую эффективность производства
		ОПК-4.9 Умеет выбрать тип реактора и рассчитать технологические параметры для заданного процесса; определить параметры наилучшей организации процесса в химическом реакторе	Уметь выбрать тип реактора и рассчитать технологические параметры для заданного процесса; определить параметры наилучшей организации процесса в химическом реакторе
Универсальные компетенции			
Разработка и реализация проектов	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-2.3 Знает технологические расчеты аппаратов химической промышленности	Знать технологические расчеты аппаратов химической промышленности

		УК-2.5 Умеет осуществлять решение конкретной задачи проекта, выбирая оптимальный способ и исходя из действующих правил и условий при выполнении проектной документации и имеющихся ресурсов и ограничений	Уметь осуществлять решение конкретной задачи проекта, выбирая оптимальный способ и исходя из действующих правил и условий при выполнении проектной документации и имеющихся ресурсов и ограничений
		УК-2.6 Умеет решать конкретные задачи проекта требуемого качества и за установленное время	Уметь решать конкретные задачи проекта требуемого качества и за установленное время

2. Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы: **базовая часть**

Код компетенции	Предшествующие дисциплины	Параллельно осваиваемые дисциплины	Последующие дисциплины
ОПК-4	Аналитическая химия и физико-химические методы анализа; Учебная практика: технологическая (проектно-технологическая) практика	Аналитическая химия и физико-химические методы анализа; Общая химическая технология и основы моделирования	Общая химическая технология и основы моделирования; Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы; Подготовка к сдаче и сдача государственного экзамена; Системы управления химико-технологическими процессами
УК-2	Инженерная и компьютерная графика; Прикладная механика	Прикладная механика	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы; Подготовка к сдаче и сдача государственного экзамена

3. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся

Вид учебной работы	Всего часов / часов в электронной форме	4 семестр часов / часов в электронной форме	5 семестр часов / часов в электронной форме	6 семестр часов / часов в электронной форме
Аудиторная контактная работа (всего), в том числе:	144	16	64	64
Лекции	80	16	32	32
Лабораторные работы	32	0	16	16
Практические занятия	32	0	16	16

Внеаудиторная контактная работа, КСР	11	3	4	4
Самостоятельная работа (всего), в том числе:	151	89	31	31
подготовка к зачету	40	40	0	0
подготовка к лекциям	59	49	5	5
выполнение курсовых работ	5	0	5	0
подготовка к лабораторным работам	17	0	11	6
подготовка к экзамену	20	0	10	10
выполнение курсовых проектов	10	0	0	10
Контроль	90	0	45	45
Итого: час	396	108	144	144
Итого: з.е.	11	3	4	4

4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам), с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий

№ раздела	Наименование раздела дисциплины	Виды учебной нагрузки и их трудоемкость, часы				
		ЛЗ	ЛР	ПЗ	СРС	Всего часов
1	Основы технической гидравлики и используемое оборудование	24	4	0	57	85
2	Теплообмен в химической технологии и используемое оборудование	24	12	16	36	88
3	Массопередача в химической технологии. Аппаратурное оформление процессов.	32	16	16	58	122
	КСР	0	0	0	0	11
	Контроль	0	0	0	0	90
	Итого	80	32	32	151	396

4.1 Содержание лекционных занятий

№ занятия	Наименование раздела	Тема лекции	Содержание лекции (перечень дидактических единиц: рассматриваемых подтем, вопросов)	Количество часов / часов в электронной форме
4 семестр				

1	Основы технической гидравлики и используемое оборудование	Тема 1.1. Предмет и задачи курса.	Структура современного химического предприятия. Типы реализуемых процес-сов, их назначение, область применения. Виды аппаратов, предназначенных для проведения процессов. Способы организации процессов.	2
2	Основы технической гидравлики и используемое оборудование	Тема 1.2. Физические свойства жидкостей и газов, их расчёт.	Плотность индивидуальных жидкостей и их смесей. Относительная плотность. Плотность газов. Вязкость индивидуальных жидкостей и их смесей. Индекс вязкости. Вязкость газов. Способы нахождения.	2
3	Основы технической гидравлики и используемое оборудование	Тема 1.3. Основы технической гидравлики.	Гидростатика. Покоящаяся жидкость. Гидростатическое давление. Абсолютное и избыточное давление. Способы измерения давления. Задача гидростатики. Дифференциальные уравнения равновесия Эйлера. Основное уравнение гидростатики. Практические приложения основного уравнения гидростатики. Расчёт высоты гидрозатвора в жидкостном сепараторе.	2
4	Основы технической гидравлики и используемое оборудование	Тема 1.4. Гидродинамика.	Предмет изучения гидродинамики. Внутренняя, внешняя и смешанная задачи. Характеристики потока жидкости. Расходы массовый и объёмный. Уравнения расхода. Средняя скорость движения потока. Связь сечения потока и скорости. Рекомендованные скорости различных сред в трубопроводах.	2
5	Основы технической гидравлики и используемое оборудование	Тема 1.5. Режимы движения потока.	Опыты Осборна Рейнольдса. Параметры, влияющие на характер движения. Критерий Рейнольдса и его численные значения для движения потока в прямых трубах и каналах. Движение потока некруглого сечения. Понятие эквивалентного диаметра. Расчёт эквивалентного диаметра для различных профилей	2
6	Основы технической гидравлики и используемое оборудование	Тема 1.5. Продолжение.	Распределение скорости по сечению трубопровода при установившемся ламинарном движении. Закон Стокса. Расчёт расхода жидкости при ламинарном течении. Уравнение Пуазейля	2
7	Основы технической гидравлики и используемое оборудование	Тема 1.6. Материальный и энергетический баланс потока.	Уравнение неразрывности потока. Субстанциональная производная. Понятие идеальной жидкости. Дифференциальные уравнения движения Эйлера для по-тока идеальной жидкости. Уравнение Бернулли и анализ входящих в него членов. Практические приложения уравнения Бернулли	2

8	Основы технической гидравлики и используемое оборудование	Тема 1.7. Продолжение	Расчёт коэффициента трения при ламинарном и турбулентном движении. Местные сопротивления, их виды и учёт при нахождении сопротивления сети.	2
Итого за семестр:				16
5 семестр				
9	Основы технической гидравлики и используемое оборудование	Тема 1.8. Транспорт жидкостей.	Классификация насосов. Основные параметры насосов. Производительность (подача) насоса. Напор насоса. Высота всасывания. Явление кавитации. Кавитационный запас и его расчёт. Мощность насоса.	2
10	Основы технической гидравлики и используемое оборудование	Тема 1.8. Продолжение.	Центробежные насосы. Устройство, принцип действия. Характеристика центробежного насоса. Работа насоса на сеть. Рабочая точка центробежного насоса.	2
11	Основы технической гидравлики и используемое оборудование	Тема 1.8. Продолжение.	Насосы возвратно-поступательного действия. Поршневые и плунжерные насосы. Их характеристики и диаграммы подачи. Поршневые насосы двойного действия. Триплекс-насосы. Сравнительная характеристика и область применения насосов различных типов.	2
12	Основы технической гидравлики и используемое оборудование	Тема 1.9. Гидродинамика зернистых материалов	Характеристики слоя зернистого (пористого) материала. Движение жидкости через зернистый слой. Сопротивление зернистого слоя. Гидродинамика псевдооживленных слоёв.	2
13	Теплообмен в химической технологии и используемое оборудование	Тема 2.1. Основы теплопередачи.	Направление переноса теплоты. Следствие из второго закона термодинамики. Основное уравнение теплопередачи. Анализ членов основного уравнения теплопередачи. Теплофизические свойства веществ: удельная теплоёмкость и удельная теплота испарения (конденсации), их нахождение.	2
14	Теплообмен в химической технологии и используемое оборудование	Тема 2.2. Тепловые балансы.	Четыре случая теплообмена. Горячий поток охлаждается, холодный нагревается. Горячий поток конденсируется, холодный нагревается. Горячий поток охлаждается, холодный кипит. Горячий поток конденсируется, холодный кипит.	2
15	Теплообмен в химической технологии и используемое оборудование	Тема 2.3. Расчёт средней разности температур.	Способы организации теплообмена: прямоток, противоток, смешанный ток, перекрёстный ток. Сравнительная характеристика различных способов организации теплообмена. Расчёт средней разности температур.	2

16	Теплообмен в химической технологии и используемое оборудование	Тема 2.4. Способы передачи теплоты.	Передача теплоты теплопроводностью. Понятие температурного поля, изотермы. Градиент температуры. Закон Фурье. Коэффициент теплопроводности, размерность, значения для различных веществ. Дифференциальное уравнение теплопроводности Фурье. Коэффициент температуропроводности, его физический смысл и размерность. Теплопроводность плоской стенки. Теплопроводность многослойной плоской стенки.	2
17	Теплообмен в химической технологии и используемое оборудование	Тема 2.4. Продолжение.	Передача теплоты излучением. Понятия абсолютно чёрного, абсолютно белого (зеркального) и абсолютно прозрачного тел. Закон Стефана-Больцмана. Степень черноты. Взаимное излучение двух тел. Закон Кирхгофа.	2
18	Теплообмен в химической технологии и используемое оборудование	Тема 2.4. Продолжение.	Передача теплоты конвекцией. Свободная и вынужденная конвекция. Конвективный теплообмен. Закон охлаждения Ньютона. Коэффициент теплоотдачи, его физический смысл и размерность. Дифференциальное уравнение конвективного теплообмена.	2
19	Теплообмен в химической технологии и используемое оборудование	Тема 2.5. Тепловое подобие.	Преобразование уравнения Фурье-Кирхгофа. Критерии теплового подобия. Критериальные уравнения.	2
20	Теплообмен в химической технологии и используемое оборудование	Тема 2.6. Теплоотдача.	Теплоотдача при конденсации пара на пучке горизонтальных и вертикальных труб. Теплоотдача при кипении жидкостей. Виды кипения. Теплоотдача при пузырьковом кипении. Кипение в трубах. Кипение в межтрубном пространстве. Ребойлеры.	2
21	Теплообмен в химической технологии и используемое оборудование	Тема 2.7. Теплопередача.	Расчёт коэффициента теплопередачи по значениям коэффициентов теплоотдачи. Способы интенсификации процесса теплопередачи. Термические сопротивления, их влияние на процесс теплообмена.	2
22	Теплообмен в химической технологии и используемое оборудование	Тема 2.8. Промышленные теплоносители и хладагенты.	Водяной пар как теплоноситель, его параметры, получение и транспорт. Насыщенный водяной пар, влажный водяной пар, перегретый водяной пар, мятый водяной пар, пролётный водяной пар. Вода и воздух как промышленные хладагенты. Обратное водоснабжение, его организация.	2

23	Теплообмен в химической технологии и используемое оборудование	Тема 2.9. Горение органического топлива.	Расчёт процесса горения жидкого и газообразного топлив. Коэффициент избытка воздуха.	2
24	Теплообмен в химической технологии и используемое оборудование	Тема 2.10. Основы устройства и расчёт трубчатых печей	Основные элементы трубчатых печей. Расчёт камер радиации и конвекции. Гидравлический расчёт змеевика печи.	2
Итого за семестр:				32
6 семестр				
25	Массопередача в химической технологии. Аппаратурное оформление процессов.	Тема 3.1. Массообменные процессы. Общие сведения	Место и значение массообменных процессов в химической технологии. Классификация массообменных процессов. Агрегатное состояние фаз. Аб-сорбция. Сущность процесса, область применения. Перегонка и ректифика-ция. Сущность процесса, область применения. Экстракция. Сущность процесса, область применения. Адсорбция. Сущность процесса, область применения. Сушка влажных материалов. Сущность процесса, область применения. Кристаллизация и ионный обмен. Сущность процесса, область применения.	2
26	Массопередача в химической технологии. Аппаратурное оформление процессов.	Тема. 3.1 Продолжение.	Сравнение процессов теплопередачи и массопередачи. Основное уравнение теплопередачи и уравнение массопередачи, их сравнение.	2
27	Массопередача в химической технологии. Аппаратурное оформление процессов.	Тема 3.2. Материальный баланс процесса массопередачи.	Материальный баланс процесса массопередачи. Составление материального баланса для случая перехода вещества из газовой фазы в жидкую	2
28	Массопередача в химической технологии. Аппаратурное оформление процессов.	Тема 3.3. Движущая сила процессов массопередачи.	Понятие о фазовом равновесии. Химические потенциалы. Равновесная и ра-бочая концентрации. Способы выражение концентраций. Способы выраже-ние и расчёта средней движущей силы. Общее число единиц переноса. Понятие о теоретической ступени контакта фаз (теоретической тарелке). Определение числа теоретических тарелок графическим методом.	2

29	Массопередача в химической технологии. Аппаратурное оформление процессов.	Тема 3.4.Механизм переноса вещества.	Молекулярная диффузия. Первый закон Фика. Коэффициент молекулярной диффузии. Уравнение массоотдачи. Коэффициент массоотдачи.	2
30	Массопередача в химической технологии. Аппаратурное оформление процессов.	Тема 3.4. Продолжение.	Диффузионное подобие. Дифференциальное уравнение конвективного массообмена. Критерии диффузионного подобия. Расчёт коэффициентов массоотдачи по критериальным уравнениям. Связь коэффициентов массоотдачи и массопередачи. Лимитирующие стадии процес-са.	2
31	Массопередача в химической технологии. Аппаратурное оформление процессов.	Тема 3.5.Общие сведения об устройстве массообменных аппаратов	Типы массообменных аппаратов. Аппараты с непрерывным и ступенчатым контактом фаз. Расчёт высоты и диаметра колонных аппаратов. Модифицированные уравнения массопередачи. Расчёт высоты колонны. Расчёт диаметра колонны.	2
32	Массопередача в химической технологии. Аппаратурное оформление процессов.	Тема 3.6. Абсорбция газов и паров.	Назначение и область применения абсорбции. Равновесие при абсорбции. Влияние температуры и давления на растворимость газов. Материальный баланс процесса. Минимальный и оптимальный расходы абсорбента. Неизотермическая абсорбция.	2
33	Массопередача в химической технологии. Аппаратурное оформление процессов.	Тема 3.7. Перегонка и ректификация.	Назначение и область применения ректификации. Термины и определения. Равновесие жидкость – пар в иде-альных бинарных смесях. Закон Рауля. Уравнения изотерм паровой и жидкой фаз. Способы расчёта температур начала и конца кипения жидкости, начала и конца конденсации пара при заданном давлении. Уравнение линии равновесия между жидкостью и паром. Диаграмма линии равновесия.	2
34	Массопередача в химической технологии. Аппаратурное оформление процессов.	Тема 3.7. Продолжение.	Классификация процессов перегонки и способы её проведения. Простая перегонка. Схема установки. Материальный баланс про-цесса и его изображение на графике изобар. Перегонка с дефлегмацией. Схе-ма установки. Понятие о флегмовом числе. Процесс однократного испарения. Схема, изображение на графике изобар.	2
35	Массопередача в химической технологии. Аппаратурное оформление процессов.	Тема 3.7. Продолжение.	Ректификационная установка и её основные элементы. Материальный баланс процесса. Уравнения рабочих линий верха и низа колонны.	2

36	Массопередача в химической технологии. Аппаратурное оформление процессов.	Тема 3.7. Продолжение.	Пределы изменения флегмового числа. Минимальное флегмовое число. Влияние флегмового числа на параметры проектируемой ректификационной установки. Выбор оптимального флегмового числа. Оптимизация капитальных и эксплуатационных затрат.	2
37	Массопередача в химической технологии. Аппаратурное оформление процессов.	Тема 3.7. Продолжение.	Тепловой баланс ректификационной установки. Составление теплового баланса. Расчёт тепловой нагрузки на кипятильник. Способы подвода теплоты в куб колонны. Способы создания орошения в колонне.	2
38	Массопередача в химической технологии. Аппаратурное оформление процессов.	Тема 3.7. Продолжение	Выбор давления в колонне. Способы создания орошения в колонне. Способы создания парового потока в колонне.	2
39	Массопередача в химической технологии. Аппаратурное оформление процессов.	Тема 3.8. Продолжение.	Конструкции контактных устройств абсорбционных и ректификационных колонн. Насадочные колонны. Типы насадки. Та-рельчатые колонны. Конструкции тарелок.	2
40	Массопередача в химической технологии. Аппаратурное оформление процессов.	Тема 3.9. Экстракция.	Назначение и область применения экстракции. Равновесие жидкость – жидкость в двойных и тройных системах. Треугольная диаграмма Гиббса и её свойства. Требования в экстрагенту и первичному растворителю. Способы организации экстракции и методы их расчёта. Одноступенчатая экстракция. Одноступенчатая экстракция с перекрёстным током. Противоточная экстракция.	2
Итого за семестр:				32
Итого:				80

4.2 Содержание лабораторных занятий

№ занятия	Наименование раздела	Тема лабораторного занятия	Содержание лабораторного занятия (перечень дидактических единиц; рассматриваемых подтем, вопросов)	Количество часов / часов в электронной форме
5 семестр				
1	Основы технической гидравлики и используемое оборудование	Лабораторная работа № 1. Гидравлические сопротивления сети.	Потери давления на трение и местные сопротивления. Расчетные и экспериментальные коэффициенты трения и коэффициенты местных сопротивлений. Построение характеристики сети.	2

2	Основы технической гидравлики и используемое оборудование	Лабораторная работа № 1. Гидравлические сопротивления сети.	Потери давления на трение и местные сопротивления. Расчетные и экспериментальные коэффициенты трения и коэффициенты местных сопротивлений. Построение характеристики сети.	2
3	Теплообмен в химической технологии и используемое оборудование	Лабораторная работа № 3. Изучение процесса теплообмена в тепло-обменнике типа «труба в трубе».	Тепловой баланс и определение температурного напора для прямоточного и противоточного движения теплоносителей. Скорость теплоносителей. Коэффициенты теплоотдачи. Расчетные и экспериментальные коэффициенты теплопередачи.	2
4	Теплообмен в химической технологии и используемое оборудование	Лабораторная работа № 3. Изучение процесса теплообмена в тепло-обменнике типа «труба в трубе».	Тепловой баланс и определение температурного напора для прямоточного и противоточного движения теплоносителей. Скорость теплоносителей. Коэффициенты теплоотдачи. Расчетные и экспериментальные коэффициенты теплопередачи.	2
5	Теплообмен в химической технологии и используемое оборудование	Лабораторная работа № 3. Изучение процесса теплообмена в тепло-обменнике типа «труба в трубе».	Тепловой баланс и определение температурного напора для прямоточного и противоточного движения теплоносителей. Скорость теплоносителей. Коэффициенты теплоотдачи. Расчетные и экспериментальные коэффициенты теплопередачи.	2
6	Теплообмен в химической технологии и используемое оборудование	Лабораторная работа № 3. Изучение процесса теплообмена в тепло-обменнике типа «труба в трубе».	Тепловой баланс и определение температурного напора для прямоточного и противоточного движения теплоносителей. Скорость теплоносителей. Коэффициенты теплоотдачи. Расчетные и экспериментальные коэффициенты теплопередачи.	2
7	Теплообмен в химической технологии и используемое оборудование	Лабораторная работа № 3. Изучение процесса теплообмена в тепло-обменнике типа «труба в трубе».	Тепловой баланс и определение температурного напора для прямоточного и противоточного движения теплоносителей. Скорость теплоносителей. Коэффициенты теплоотдачи. Расчетные и экспериментальные коэффициенты теплопередачи.	2
8	Теплообмен в химической технологии и используемое оборудование	Лабораторная работа № 3. Изучение процесса теплообмена в тепло-обменнике типа «труба в трубе».	Тепловой баланс и определение температурного напора для прямоточного и противоточного движения теплоносителей. Скорость теплоносителей. Коэффициенты теплоотдачи. Расчетные и экспериментальные коэффициенты теплопередачи.	2
Итого за семестр:				16
6 семестр				

9	Массопередача в химической технологии. Аппаратурное оформление процессов.	Лабораторная работа № 5. Гидродинамика насадочных аппаратов.	Устройство насадочных колонн. Характеристика насадки. Гидродинамические режимы работы насадочных аппаратов.	2
10	Массопередача в химической технологии. Аппаратурное оформление процессов.	Лабораторная работа № 5. Гидродинамика насадочных аппаратов.	Устройство насадочных колонн. Характеристика насадки. Гидродинамические режимы работы насадочных аппаратов.	2
11	Массопередача в химической технологии. Аппаратурное оформление процессов.	Лабораторная работа № 6. Ректификация смеси этиловый спирт-вода.	Равновесие в системе жидкость-пар. Флегмовое число. Число теоретических тарелок. Конструкции контактных устройств.	2
12	Массопередача в химической технологии. Аппаратурное оформление процессов.	Лабораторная работа № 6. Ректификация смеси этиловый спирт-вода.	Равновесие в системе жидкость-пар. Флегмовое число. Число теоретических тарелок. Конструкции контактных устройств.	2
13	Массопередача в химической технологии. Аппаратурное оформление процессов.	Лабораторная работа № 6. Ректификация смеси этиловый спирт-вода.	Равновесие в системе жидкость-пар. Флегмовое число. Число теоретических тарелок. Конструкции контактных устройств.	2
14	Массопередача в химической технологии. Аппаратурное оформление процессов.	Лабораторная работа № 6. Ректификация смеси этиловый спирт-вода.	Равновесие в системе жидкость-пар. Флегмовое число. Число теоретических тарелок. Конструкции контактных устройств.	2
15	Массопередача в химической технологии. Аппаратурное оформление процессов.	Лабораторная работа № 6. Ректификация смеси этиловый спирт-вода.	Равновесие в системе жидкость-пар. Флегмовое число. Число теоретических тарелок. Конструкции контактных устройств.	2
16	Массопередача в химической технологии. Аппаратурное оформление процессов.	Лабораторная работа № 6. Ректификация смеси этиловый спирт-вода.	Равновесие в системе жидкость-пар. Флегмовое число. Число теоретических тарелок. Конструкции контактных устройств.	2
Итого за семестр:				16
Итого:				32

4.3 Содержание практических занятий

№ занятия	Наименование раздела	Тема практического занятия	Содержание практического занятия (перечень дидактических единиц: рассматриваемых подтем, вопросов)	Количество часов / часов в электронной форме
5 семестр				
1	Теплообмен в химической технологии и используемое оборудование	Тепловые балансы процессов теплообмена.	Тепловые балансы процессов теплообмена без фазовых превращений. Теплота процессов нагрева и охлаждения. Средние температуры теплоносителей.	2
2	Теплообмен в химической технологии и используемое оборудование	Тепловые балансы процессов теплообмена (продолжение).	Тепловые балансы процессов теплообмена с фазовыми превращениями. Теплота процессов испарения и конденсации. Удельная теплота фазового перехода.	2
3	Теплообмен в химической технологии и используемое оборудование	Расчет кожухотрубчатого теплообменника.	Определение среднего температурного напора для различных схем взаимного движения теплоносителей. Ориентировочные значения коэффициентов теплопередачи. Расчет поверхности теплообмена.	2
4	Теплообмен в химической технологии и используемое оборудование	Расчет кожухотрубчатого теплообменника (продолжение).	Ориентировочные значения коэффициентов теплоотдачи. Расчет ко-эффициентов теплоотдачи. Влияние числа перегородок в трубном и межтрубном пространстве теплообменника на скорость теплоотдачи.	2
5	Теплообмен в химической технологии и используемое оборудование	Расчет кожухотрубчатого теплообменника (продолжение).	Расчет коэффициентов теплопередачи. Термическое сопротивление стенки, теплопроводность металла. Лимитирующий коэффициент теплоотдачи. Ориентировочный и поверочный расчет теплообменника (алгоритм).	2
6	Теплообмен в химической технологии и используемое оборудование	Расчет кожухотрубчатого теплообменника (продолжение).	Гидравлическое сопротивление кожухотрубчатого теплообменника. Расчет толщины тепловой изоляции.	2
7	Теплообмен в химической технологии и используемое оборудование	Элементы расчета трубчатой печи.	Сгорание жидкого и газообразного топлива. Расчет состава продуктов сгорания. Теоретическое количество воздуха, подаваемого на горение. Расчет КПД печи.	2
8	Теплообмен в химической технологии и используемое оборудование	Элементы расчета трубчатой печи (продолжение).	Тепловой баланс печи. Определение потерь тепла с уходящими дымовыми газами и потери тепла в атмосферу. Расход топлива.	2
Итого за семестр:				16
6 семестр				

9	Массопередача в химической технологии. Аппаратурное оформление процессов.	Способы выражения состава фаз.	Виды концентраций. Пересчет из одного вида концентрации в другой.	2
10	Массопередача в химической технологии. Аппаратурное оформление процессов.	Массоотдача и массопередача.	Расчет средней движущей силы массопередачи. Определение числа единиц переноса. Расчет коэффициентов массоотдачи и массопередачи.	2
11	Массопередача в химической технологии. Аппаратурное оформление процессов.	Перегонка и ректификация.	Закон Рауля. Расчет и построение кривой равновесия для бинарной смеси на диаграмме у-х. Определение фазового состояния системы.	2
12	Массопередача в химической технологии. Аппаратурное оформление процессов.	Перегонка и ректификация (продолжение).	Материальный и тепловой баланс периодической простой перегонки.	2
13	Массопередача в химической технологии. Аппаратурное оформление процессов.	Перегонка и ректификация (продолжение).	Материальный и тепловой баланс непрерывной ректификации	2
14	Массопередача в химической технологии. Аппаратурное оформление процессов.	Перегонка и ректификация (продолжение).	Ректификация, расчет оптимального флегмового числа, диаметра и высоты ректификационной колонны.	2
15	Массопередача в химической технологии. Аппаратурное оформление процессов.	Экстракция	Расчет процесса одноступенчатой экстракции с использованием треугольных диаграмм.	2
16	Массопередача в химической технологии. Аппаратурное оформление процессов.	Экстракция	Расчет процесса многоступенчатой экстракции с использованием треугольных диаграмм.	2
Итого за семестр:				16
Итого:				32

4.4. Содержание самостоятельной работы

Наименование раздела	Вид самостоятельной работы	Содержание самостоятельной работы (перечень дидактических единиц: рассматриваемых подтем, вопросов)	Количество часов
4 семестр			
Основы технической гидравлики и используемое оборудование	Самостоятельное изучение конструкций приборов для измерения скорости и расхода жидкости.	Устройство, принцип действия, правила установки, достоинства, недостатки, диапазон применения приборов для измерения скорости и расхода жидкости.	7
Основы технической гидравлики и используемое оборудование	Самостоятельное изучение конструкций запорных и регулирующих устройств.	Устройство, принцип действия, правила установки, достоинства, недостатки, диапазон применения запорных и регулирующих устройств.	12
Основы технической гидравлики и используемое оборудование	Самостоятельное изучение конструкций насосов.	Устройство, принцип действия, управление подачей, правила пуска, достоинства, недостатки, диапазон применения насосов различных конструкций.	15
Основы технической гидравлики и используемое оборудование	Выполнение курсовой работы.	Гидравлические сопротивления трубопроводов и аппаратов. Подбор насоса для работы на данную сеть.	23
Итого за семестр:			57
5 семестр			
Теплообмен в химической технологии и используемое оборудование	Самостоятельное изучение конструкций теплообменных аппаратов и технологических печей	Устройство, принцип работы, достоинства, недостатки, диапазон применения теплообменников различных конструкций и печей с различным размещением камеры конвекции.	10
Теплообмен в химической технологии и используемое оборудование	Подготовка к лабораторной работе № 3 и оформление отчета	Процесс теплопередачи в теплообменнике типа «труба в трубе». Методика расчета коэффициентов теплоотдачи и теплопередачи.	10
Теплообмен в химической технологии и используемое оборудование	Самостоятельное изучение конструкций теплообменных аппаратов.	Поверхностные теплообменники, их классификация.	16
Итого за семестр:			36
6 семестр			

Массопередача в химической технологии. Аппаратурное оформление процессов.	Выполнение курсового проекта	Расчёт теплообменного оборудования ректификационной колонны.	28
Массопередача в химической технологии. Аппаратурное оформление процессов.	Подготовка к лабораторным работам и оформление отчета.	Устройство насадочных колонн. Гидравлические сопротивления сухих и орошаемых насадочных контактных устройств. Непрерывная ректификация.	20
Массопередача в химической технологии. Аппаратурное оформление процессов.	Самостоятельное изучение конструкций массообменных аппаратов.	Устройство, принцип работы, достоинства, недостатки, диапазон применения массообменных аппаратов для осуществления процессов перегонки, экстракции, сушки, кристаллизации. Технологические схемы процессов.	10
Итого за семестр:			58
Итого:			151

5. Перечень учебной литературы и учебно-методического обеспечения по дисциплине (модулю)

№ п/п	Библиографическое описание	Ресурс НТБ СамГТУ (ЭБС СамГТУ, IPRbooks и т.д.)
Основная литература		
1	Основные процессы и аппараты химической технологии: Пособие по проектированию: Учеб. пособие / ред. Ю. И. Дытнерский.- М.: 1991.- 493 с	Книжный фонд
2	Основные процессы и аппараты химической технологии: Учеб.- М.: 2005.- 750 с	Книжный фонд
3	Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии: Учеб.пособие / К. Ф. Павлов, П. Г. Романков, А. А. Носков.- М.: 2007.- 575 с	Книжный фонд
4	Процессы и аппараты химической технологии: Справ.пособие / В. Д. Измайлов, В. В. Филиппов, Гос.образоват.учреждение высш.проф.образования Самар.гос.техн.ун-т.- Самара: 2006.- 43 с	Книжный фонд
5	Филиппов, В.В. Теплообмен в химической технологии. Теория. Основы проектирования : учеб.пособие / В. В. Филиппов; Самар.гос.техн.ун-т, Химическая технология и промышленная экология.- Самара, 2014.- 197 с.- Режим доступа: https://elib.samgtu.ru/getinfo?uid=els_samgtu elib 1922	Электронный ресурс
Дополнительная литература		
6	Использование огнетехнических процессов в отраслевых технологиях: учеб.пособие / А. А. Скороход, В. В. Шарихин, Самар.гос.техн.ун-т.- Самара: 2010.- 118 с	Книжный фонд

7	Процессы и аппараты нефтегазопереработки: учеб. / Ю. К. Молоканов.- М.: 1980.- 407 с	Книжный фонд
8	Процессы и аппараты химической технологии: Учеб.пособие / Под ред.А.А.Захаровой.- М.: 2006.- 522 с	Книжный фонд
9	Теоретические основы процессов химической технологии.Гидромеханические и тепловые процессы и аппараты.- : .- 414 с	Книжный фонд
10	Трубчатые печи: Учеб.пособие / В. В. Шарихин, А. А. Коновалов, А. А. Скороход, Самар.гос.техн.ун-т.- Самара: 2005.- 442 с	Книжный фонд
Учебно-методическое обеспечение		
11	Гидравлическое сопротивление сети : метод. указания к лабораторной работе по курсу "Процессы и аппараты химической технологии" / Самар.гос.техн.ун-т, Химическая технология и промышленная экология; сост. В. В. Филиппов .- 2-е изд., испр. и доп..- Самара, 2018.- 22 с..- Режим доступа: https://elib.samgtu.ru/getinfo?uid=els_samgtu elib 3397	Электронный ресурс
12	Гидравлическое сопротивление сети : метод.указания к лаб.работе по курсу "Процессы и аппараты хим.технологии" / Самар.гос.техн.ун-т, Химическая технология и промышленная экология; сост. В. В. Филиппов.- Самара, 2013.- 21 с..- Режим доступа: https://elib.samgtu.ru/getinfo?uid=els_samgtu elib 1919	Электронный ресурс
13	Изучение процесса адсорбции на стационарном слое адсорбента : метод.указания к лаб.работе / Самар.гос.техн.ун-т, Химическая технология и промышленная экология; сост. В. В. Филиппов.- Самара, 2014.- 28 с..- Режим доступа: https://elib.samgtu.ru/getinfo?uid=els_samgtu elib 1918	Электронный ресурс
14	Изучение процесса теплообмена в теплообменнике "труба в трубе" : метод. указания к лабораторной работе по курсу "Процессы и аппараты химических производств" / Самар.гос.техн.ун-т, Химическая технология и промышленная экология; сост. В. В. Филиппов .- 2-е изд., испр. и доп..- Самара, 2018.- 23 с..- Режим доступа: https://elib.samgtu.ru/getinfo?uid=els_samgtu elib 3398	Электронный ресурс
15	Методическое указание по теме "Методы теплового расчета топков": учебник / А.А.Скороход,В.В.Шарихин;Отв.за вып.Л.А.Торина;Ин-т повышения квалификации руководящих работников и специалистов м-ва нефтеперераб.и нефтехим.пром-сти СССР.Куйбышев.фил.Каф."Процессы и аппараты".- Куйбышев: 1973.- 117 с	Книжный фонд
16	Филиппов, В.В. Гидравлическое сопротивление сети : метод. указания к выполнению курсовой работы (4 семестр) по " Процессам и аппаратам химической технологии" / В. В. Филиппов; Самар.гос.техн.ун-т.- Самара, 2017.- 36 с..- Режим доступа: https://elib.samgtu.ru/getinfo?uid=els_samgtu elib 2697	Электронный ресурс
17	Филиппов, В.В. Расчет конденсатора бинарной смеси : метод. указания по курсовому проектированию по дисциплине "Процессы и аппараты химической технологии" / В. В. Филиппов; Самар.гос.техн.ун-т, Химическая технология и промышленная экология.- Самара, 2017.- 46 с..- Режим доступа: https://elib.samgtu.ru/getinfo?uid=els_samgtu elib 2722	Электронный ресурс

18	Филиппов, В.В. Ректификации бинарной смеси : методические указания к лабораторной работе / В. В. Филиппов; Самар.гос.техн.ун-т, Химическая технология и промышленная экология .- 3-е изд., испр. и доп..- Самара, 2019.- 39 с..- Режим доступа: https://elib.samgtu.ru/getinfo?uid=els_samgtu elib 3749	Электронный ресурс
----	--	--------------------

Доступ обучающихся к ЭР НТБ СамГТУ (elib.samgtu.ru) осуществляется посредством электронной информационной образовательной среды университета и сайта НТБ СамГТУ по логину и паролю.

6. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения

При проведении лекционных занятий используется мультимедийное оборудование.

Организовано взаимодействие обучающегося и преподавателя с использованием электронной ин-формационной образовательной среды университета.

№ п/п	Наименование	Производитель	Способ распространения
1	Microsoft Office 2007 Open License Academic	Microsoft (Зарубежный)	Лицензионное
2	Microsoft Windows XP Professional операционная система	Microsoft (Зарубежный)	Лицензионное

7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», профессиональных баз данных, информационно-справочных систем

№ п/п	Наименование	Краткое описание	Режим доступа
1	Журнал "Нефтегазовая вертикаль"	http://www.ngv.ru/	Ресурсы открытого доступа
2	Журнал «Известия высших учебных заведений. Нефть и газ». Полнотекстовый архив журнала (2005-2013 гг.)	http://www.tsogu.ru/university/subdivisions/bibliotechno-informatsionnyj-tsentr/nauchnye-zhurnaly/izvestija-vuzov-neft-i-gaz/	Ресурсы открытого доступа
3	Журнал Вестник СамГТУ. Серия «Технические науки».	http://vestnik-teh.samgtu.ru/	Ресурсы открытого доступа
4	Научная электронная библиотека	http://elibrary.ru/	Ресурсы открытого доступа
5	Нефтепереработка и нефтехимия. Электронная библиотека.	http://oilr.ru/	Ресурсы открытого доступа

8. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)

Лекционные занятия

- комплект электронных презентаций/слайдов;
- аудитория, оборудованная учебной мебелью (столы, стулья для обучающихся, стол, стул для преподавателя), оснащенная презентационной техникой (проектор, экран, компьютер / ноутбук).

- раздаточный материал «Конструкции насосов», «Конструкции теплообменников», «Конструкции массообменных аппаратов и контактных устройств», «Технологические схемы процессов перегонки».

Практические занятия

- аудитория, оборудованная учебной мебелью (столы, стулья для обучающихся, стол, стул для преподавателя), оснащенная презентационной техникой (проектор, экран, компьютер / ноутбук, интерактивная доска);
- пакеты ПО общего назначения.

Лабораторные занятия

Проводятся в комплексной учебной лаборатории кафедры «Химическая технология и промышленная экология» (ауд. 106, 108 1 корпус), оборудованной учебной мебелью (столы, стулья для обучающихся, столы, стулья для преподавателя), оснащенной вытяжными шкафами, лабораторными стендами лабораторных работ, компьютерами, электронными приборами для фиксации экспериментальных данных.

Самостоятельная работа

- рабочие места для самостоятельной работы обучающихся в читальных залах НТБ СамГТУ и компьютерных классах ИВЦ СамГТУ, оснащенные компьютерами с доступом в Интернет, предназначенные для работы в электронной информационной образовательной среде;

- пакеты ПО общего назначения (MS Excel, MS Word);
- рабочее место преподавателя, оснащенное компьютером с доступом в Интернет;
- материально-техническое обеспечение НТБ СамГТУ;
- ресурсы ИВЦ СамГТУ.

9. Методические материалы

Методические рекомендации при работе на лекции

До лекции студент должен просмотреть учебно-методическую и научную литературу по теме лекции с тем, чтобы иметь представление о проблемах, которые будут разбираться в лекции.

Перед началом лекции обучающимся сообщается тема лекции, план, вопросы, подлежащие рассмотрению, доводятся основные литературные источники. Весь учебный материал, сообщаемый преподавателем, должен не просто прослушиваться. Он должен быть активно воспринят, т.е. услышан, осмыслен, понят, зафиксирован на бумаге и закреплен в памяти. Приступая к слушанию нового учебного

материала, полезно мысленно установить его связь с ранее изученным. Следя за техникой чтения лекции (акцент на существенном, повышение тона, изменение ритма, пауза и т.п.), необходимо вслед за преподавателем уметь выделять основные категории, законы и определять их содержание, проблемы, предполагать их возможные решения, доказательства и выводы. Осуществляя такую работу, можно значительно облегчить себе понимание учебного материала, его конспектирование и дальнейшее изучение.

Конспектирование лекции позволяет обработать, систематизировать и лучше сохранить полученную информацию с тем, чтобы в будущем можно было восстановить в памяти основные, содержательные моменты. Типичная ошибка, совершаемая обучающимся, дословное конспектирование речи преподавателя. Как правило, при записи «слово в слово» не остается времени на обдумывание, анализ и синтез информации. Отбирая нужную информацию, главные мысли, проблемы, решения и выводы, необходимо сокращать текст, строить его таким образом, чтобы потом можно было легко в нем разобраться. Желательно оставить в рабочих конспектах поля, на которых можно будет делать пометки из рекомендованной литературы, дополняющие материал прослушанной лекции, а также подчеркивающие особую важность тех или иных теоретических положений. С окончанием лекции работа над конспектом не может считаться завершённой. Нужно еще восстановить отдельные места, проверить, все ли понятно, уточнить что-то на консультации и т.п. с тем, чтобы конспект мог быть использован в процессе подготовки к практическим занятиям, зачету, экзамену. Конспект лекции – незаменимый учебный документ, необходимый для самостоятельной работы.

Методические рекомендации при подготовке и работе на практическом занятии

Практические занятия по дисциплине проводятся в целях выработки практических умений и приобретения навыков в решении профессиональных задач.

Рекомендуется следующая схема подготовки к практическому занятию:

1. ознакомление с планом практического занятия, который отражает содержание предложенной темы;
2. проработка конспекта лекции;
3. чтение рекомендованной литературы;
4. подготовка ответов на вопросы плана практического занятия;
5. выполнение тестовых заданий, задач и др.

Подготовка обучающегося к практическому занятию производится по вопросам, разработанным для каждой темы практических занятий и (или) лекций. В процессе подготовки к практическим занятиям, необходимо обратить особое внимание на самостоятельное изучение рекомендованной литературы.

Работа студентов во время практического занятия осуществляется на основе заданий, которые выдаются обучающимся в начале или во время занятия. На практических занятиях приветствуется активное участие в обсуждении конкретных ситуаций, способность на основе полученных знаний находить наиболее эффективные решения поставленных проблем, уметь находить полезный дополнительный материал по тематике занятий. Обучающимся необходимо обращать внимание на основные понятия, алгоритмы, определять практическую значимость рассматриваемых вопросов. На практических занятиях обучающиеся должны уметь выполнить расчет по заданным параметрам или выработать определенные решения по обозначенной проблеме. Задания могут быть групповые и индивидуальные. В зависимости от сложности предлагаемых заданий, целей занятия, общей подготовки обучающихся преподаватель может подсказать обучающимся алгоритм решения или первое действие, или указать общее направление рассуждений. Полученные результаты обсуждаются с позиций их адекватности или эффективности в рассмотренной ситуации.

Методические рекомендации при работе на лабораторном занятии

Проведение лабораторной работы делится на две условные части: теоретическую и практическую.

Необходимыми структурными элементами занятия являются проведение лабораторной работы, проверка усвоенного материала, включающая обсуждение теоретических основ выполняемой работы.

Перед лабораторной работой, как правило, проводится технико-теоретический инструктаж по

использованию необходимого оборудования. Преподаватель корректирует деятельность обучающегося в процессе выполнения работы (при необходимости). После завершения лабораторной работы подводятся итоги, обсуждаются результаты деятельности.

Возможны следующие формы организации лабораторных работ: фронтальная, групповая и индивидуальная. При фронтальной форме выполняется одна и та же работа (при этом возможны различные варианты заданий). При групповой форме работа выполняется группой (командой). При индивидуальной форме обучающимися выполняются индивидуальные работы.

По каждой лабораторной работе имеются методические указания по их выполнению, включающие необходимый теоретический и практический материал, содержащие элементы и последовательную инструкцию по проведению выбранной работы, индивидуальные варианты заданий, требования и форму отчётности по данной работе.

Методические рекомендации по выполнению самостоятельной работы

Организация самостоятельной работы обучающихся ориентируется на активные методы овладения знаниями, развитие творческих способностей, переход от поточного к индивидуализированному обучению с учетом потребностей и возможностей обучающегося.

Самостоятельная работа с учебниками, учебными пособиями, научной, справочной литературой, материалами периодических изданий и Интернета является наиболее эффективным методом получения дополнительных знаний, позволяет значительно активизировать процесс овладения информацией, способствует более глубокому усвоению изучаемого материала. Все новые понятия по изучаемой теме необходимо выучить наизусть и внести в глоссарий, который целесообразно вести с самого начала изучения курса.

Самостоятельная работа реализуется:

- непосредственно в процессе аудиторных занятий;
- на лекциях, практических занятиях;
- в контакте с преподавателем вне рамок расписания;
- на консультациях по учебным вопросам, в ходе творческих контактов, при ликвидации задолженностей, при выполнении индивидуальных заданий и т.д.;
- в библиотеке, дома, на кафедре при выполнении обучающимся учебных и практических задач.

Эффективным средством осуществления обучающимся самостоятельной работы является электронная информационно-образовательная среда университета, которая обеспечивает доступ к учебным планам, рабочим программам дисциплин (модулей), практик, к изданиям электронных библиотечных систем.

10. Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю)

Фонд оценочных средств представлен в приложении № 1.

Приложение 1 к рабочей программе дисциплины
Б1.О.03.07 «Процессы и аппараты химической
технологии»

**Фонд оценочных средств
по дисциплине
Б1.О.03.07 «Процессы и аппараты химической технологии»**

Код и направление подготовки (специальность)	18.03.01 Химическая технология
Направленность (профиль)	Химическая технология органических веществ
Квалификация	Бакалавр
Форма обучения	Очная
Год начала подготовки	2022
Институт / факультет	Химико-технологический факультет (ХТФ)
Выпускающая кафедра	кафедра "Технология органического и нефтехимического синтеза"
Кафедра-разработчик	кафедра "Химическая технология и промышленная экология"
Объем дисциплины, ч. / з.е.	396 / 11
Форма контроля (промежуточная аттестация)	Зачет, Экзамен

**Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю),
соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной
программы**

Наименование категории (группы) компетенций	Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Результаты обучения (знать, уметь, владеть, соотнесенные с индикаторами достижения компетенции)
Общепрофессиональные компетенции			
Инженерная и технологическая подготовка	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 основы теории переноса импульса, тепла и массы; принципы физического моделирования химико-технологических процессов; основные уравнения движения жидкостей; основы теории теплопередачи; основы теории массопередачи в системах со свободной и неподвижной границей раздела фаз; типовые процессы химической технологии, соответствующие аппараты и методы их расчета	Знать основы теории переноса импульса, тепла и массы; принципы физического моделирования химико-технологических процессов; основные уравнения движения жидкостей; основы теории теплопередачи; основы теории массопередачи в системах со свободной и неподвижной границей раздела фаз; типовые процессы химической технологии, соответствующие аппараты и методы их расчета
		ОПК-4.12 Владеет методами технологических расчетов отдельных узлов химического оборудования	Владеть методами технологических расчетов отдельных узлов химического оборудования
		ОПК-4.14 Владеет методами расчета и анализа процессов в химических реакторах, определения технологических показателей процесса; методами выбора химических реакторов	Владеть методами расчета и анализа процессов в химических реакторах, определения технологических показателей процесса; методами выбора химических реакторов

		ОПК-4.5 Знает основы теории процесса в химическом реакторе, методологию исследования взаимодействия процессов химических превращений и явлений переноса на всех масштабных уровнях, методику выбора реактора и расчета процесса в нем; основные реакционные процессы и реакторы химической и нефтехимической технологии	Знать основы теории процесса в химическом реакторе, методологию исследования взаимодействия процессов химических превращений и явлений переноса на всех масштабных уровнях, методику выбора реактора и расчета процесса в нем; основные реакционные процессы и реакторы химической и нефтехимической технологии
		ОПК-4.7 Умеет определять характер движения жидкостей и газов; основные характеристики процессов тепло- и массопередачи; рассчитывать параметры и выбирать аппаратуру для конкретного химико-технологического процесса	Уметь определять характер движения жидкостей и газов; основные характеристики процессов тепло- и массопередачи; рассчитывать параметры и выбирать аппаратуру для конкретного химико-технологического процесса
		ОПК-4.8 Умеет рассчитывать основные характеристики химического процесса, выбирать рациональную схему производства заданного продукта, оценивать технологическую эффективность производства	Уметь рассчитывать основные характеристики химического процесса, выбирать рациональную схему производства заданного продукта, оценивать технологическую эффективность производства
		ОПК-4.9 Умеет выбрать тип реактора и рассчитать технологические параметры для заданного процесса; определить параметры наилучшей организации процесса в химическом реакторе	Уметь выбрать тип реактора и рассчитать технологические параметры для заданного процесса; определить параметры наилучшей организации процесса в химическом реакторе
Универсальные компетенции			
Разработка и реализация проектов	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-2.3 Знает технологические расчеты аппаратов химической промышленности	Знать технологические расчеты аппаратов химической промышленности

		<p>УК-2.5 Умеет осуществлять решение конкретной задачи проекта, выбирая оптимальный способ и исходя из действующих правил и условий при выполнении проектной документации и имеющихся ресурсов и ограничений</p>	<p>Уметь осуществлять решение конкретной задачи проекта, выбирая оптимальный способ и исходя из действующих правил и условий при выполнении проектной документации и имеющихся ресурсов и ограничений</p>
		<p>УК-2.6 Умеет решать конкретные задачи проекта требуемого качества и за установленное время</p>	<p>Уметь решать конкретные задачи проекта требуемого качества и за установленное время</p>

3. Типовые контрольные задания или иные материалы для оценки знаний, умений, навыков, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения ОПОП

Перечень подлежащих оценке результатов обучения (показателей проявления компетенций: владений, умений, знаний) при использовании предусмотренных рабочей программой дисциплины оценочных средств, представлены в табл. 2.

Типовые задания и др. материалы, указанные в табл.2, представлены в соответствии с рабочей программы дисциплины.

3.1. Перечень вопросов для промежуточной аттестации

Перечень вопросов для подготовки к зачету 4 семестр

1. Гидростатика. Представление о жидкостях как о сплошных средах. Понятие о реальной и идеальной жидкостях.
2. Дифференциальное уравнение равновесия Эйлера.
3. Основное уравнение гидростатики.
4. Гидродинамика. Понятие о гидравлическом радиусе и эквивалентном диаметре.
5. Скорость и расход жидкости.
6. Стационарный и нестационарный потоки жидкости.
7. Физический смысл закона внутреннего трения. Вязкость.
8. Гидродинамические режимы движения вязкой жидкости. Критерий Рейнольдса.
9. Уравнение неразрывности потока. Материальный баланс потока.
10. Дифференциальное уравнение движения Эйлера.
11. Дифференциальное уравнение движения реальной жидкости (уравнение Навье-Стокса).
12. Уравнение Бернулли для идеальной и реальной жидкостей.
13. Гидродинамическое сопротивление трубопроводов. Потери давления на трение и местные сопротивления и их расчет.
14. Расчет оптимального диаметра трубопровода.
15. Гидродинамика зернистых слоев. Основные характеристики зернистого слоя: порозность, удельная поверхность, эквивалентный диаметр каналов и частиц слоя.
16. Характеристика псевдооживленных зернистых слоев. Скорость псевдооживления и скорость витания.
17. Пневно- и гидротранспорт зернистых материалов. Потери давления при пневмотранспорте.
18. Гидродинамика неньютоновских жидкостей. Понятие неньютоновской жидкости. Течение неньютоновских жидкостей, кривые течения. Бингамовские пластичные жидкости.
19. Гидродинамика неньютоновских жидкостей. Понятие неньютоновской жидкости. Течение неньютоновских жидкостей, кривые течения. Псевдопластичные жидкости.
20. Гидродинамика неньютоновских жидкостей. Понятие неньютоновской жидкости. Течение неньютоновских жидкостей, кривые течения. Дилатантные жидкости.
21. Гидродинамика неньютоновских жидкостей. Понятие неньютоновской жидкости. Течение неньютоновских жидкостей, кривые течения. Тиксотропные, реопектантные, вязкоупругие (максвелловские) жидкости.
22. Основы теории обобщенных переменных и принципы моделирования. Теория подобия. Подобие и аналогия физических явлений и процессов. Теоремы подобия.

23. Получение уравнений с обобщенными переменными (критериальные уравнения). Использование критериев подобия для обработки экспериментальных данных.
24. Понятие математического моделирования. Метод анализа размерностей и его использование для составления математических моделей процесса.
25. Проблемы масштабного перехода в теории подобия, приближенное моделирование.
26. Структура потока. Модели гидродинамической структуры потока: идеального смешения, идеального вытеснения, ячеечная, диффузионная, комбинированная. Кривые отклика.
27. Перемещение жидкостей. Насосы. Классификация насосов. Основные параметры: производительность, давление, мощность, КПД. Расчет напора насоса и высоты всасывания.
28. Графики подачи насоса. Работа насоса на сеть рабочая точка.
29. Сравнительные характеристики основных типов насосов и области их применения. Выбор насосов. Конструкции насосов.

Перечень вопросов для подготовки к экзамену 5 семестр

30. Тепловые процессы в химической промышленности. Основные понятия и определения (температурное поле, градиент температур, тепловой поток). Механизмы переноса тепла: теплопроводность, лучистый теплообмен, конвекция.
31. Закон теплопроводности Фурье. Коэффициент теплопроводности. Поведение коэффициента теплопроводности газов, жидкостей и твердых тел при изменении температуры и давления.
32. Закон охлаждения Ньютона. Коэффициент теплоотдачи. Механизм теплоотдачи.
33. Дифференциальное уравнение конвективного теплообмена.
34. Критерии теплового подобия. Обобщенное критериальное уравнение теплового подобия. Определение коэффициента теплоотдачи.
35. Основное уравнение теплопередачи. Связь между коэффициентами теплоотдачи и теплопередачи.
36. Движущая сила процесса теплопередачи. Взаимное направление движения теплоносителей, его оптимальный выбор.
37. Конструкции и расчет тепловых аппаратов. Требования, предъявляемые к теплоносителям, их сравнительные характеристики и области применения. Определение требуемого расхода теплоносителей (тепловой баланс).
38. Классификация теплообменных аппаратов. Основы расчета теплообменных аппаратов.
39. Сравнительные характеристики теплообменников разных видов, достоинства, недостатки, область применения.
40. Лучистый теплообмен. Основные понятия. Законы излучения.
41. Совместное излучение двух твердых тел.
42. Совместный перенос тепла конвекцией и излучением.
43. Трубчатые печи. Особенности теплообмена в трубчатых печах. Основные показатели работы трубчатой печи. Тепловой баланс печи.
44. Расчет процесса горения жидкого и газообразного топлива. Теплота сгорания топлива.
45. Расход топлива. Методика Н.И. Белокопя.
46. Основы теории массопередачи. Законы фазового равновесия.
47. Материальный баланс и уравнение рабочей линии массообменного процесса.

48. Кинетика массообменных процессов. Механизм переноса массы. Молекулярная диффузия. Закон Фика. Направление процесса массопереноса.
49. Уравнение массоотдачи. Коэффициент массоотдачи.
50. Основное уравнение массопередачи. Связь коэффициентов массопередачи и массоотдачи.
51. Дифференциальное уравнение конвективного переноса.
52. Подобие диффузионных процессов. Критерии диффузионного подобия и их физический смысл. Обобщенное критериальное уравнение.
53. Непрерывный и ступенчатый контакт фаз в массообменных аппаратах. Движущая сила процесса. Число единиц переноса. Высота единицы переноса. Способы расчета числа единиц переноса: графическое интегрирование, аналитический расчет.
54. Аппараты со ступенчатым контактом фаз (тарельчатые). Степень изменения концентрации. Гипотеза теоретической тарелки. Графоаналитический расчет числа теоретических тарелок.
55. Колонные массообменные аппараты. Устройство насадочных колонных аппаратов.
56. Насадки, их виды, материалы, из которых они изготавливаются. Основные характеристики насадок. Требования к насадкам. Понятие пристеночного эффекта и методы борьбы с ним.
57. Гидродинамические режимы работы насадочных колонных аппаратов.
58. Гидравлический расчет насадочной колонны.
59. Устройство тарельчатых колонных аппаратов. Основные характеристики тарелок. Тарелки с переливными устройствами. Виды переливных устройств.
60. Гидродинамические режимы работы тарелок с переливными устройствами.
61. Тарелки без переливных устройств (провальные). Гидродинамические режимы работы провальных тарелок.
62. Гидравлическое сопротивление тарелки.
63. Определение диаметра массообменного аппарата.
64. Определение объема рабочей зоны массообменного аппарата.
65. Определение высоты рабочей зоны колонного аппарата через число единиц переноса, число теоретических тарелок, число теоретических ступеней изменения концентрации
66. Массопередача с твердой фазой. Особенности массопередачи с твердой фазой. Механизм процесса, понятие лимитирующей стадии.
67. Закономерности массопередачи с твердой фазой. Диффузионные критерии подобия процессов массопередачи с твердой фазой.

Перечень вопросов для подготовки к экзамену 6 семестр

68. Перегонка (дистилляция, ректификация). Основные понятия: перегонка, низкокипящий компонент (НК), высококипящий компонент (ВК), дистиллят, кубовый остаток, относительная летучесть. Определение, область применения, варианты проведения простой перегонки (дистилляции) и ректификации.
69. Законы равновесия в системе «жидкость – пар». Фазовое равновесие в системе «жидкость – пар». Закон Дальтона. Закон Рауля. Диаграммы равновесного состояния.
70. Отклонения от закона Рауля в реальных смесях. Понятие азеотропной смеси.
71. Простая перегонка (дистилляция). Виды простой перегонки (однократное испарение, многократная и постепенная дистилляция). Материальный баланс однократного испарения. Понятие доли отгона. Изображение процесса однократного испарения на фазовых диаграммах.

72. Простая перегонка (дистилляция). Виды простой перегонки (однократное испарение, многократная и постепенная дистилляция). Тепловой баланс однократного испарения. Изображение процесса однократного испарения на фазовых диаграммах.
73. Аппаратурное оформление процесса однократного испарения.
74. Процесс многократной перегонки. Изображение процесса многократного испарения на фазовых диаграммах.
75. Процесс периодической постепенной простой перегонки, фракционная перегонка: особенности, схемы установок.
76. Материальный и тепловой баланс периодической перегонки. Определение среднего состава дистиллята (фракции дистиллята).
77. Ректификация. Схема ректификационной установки непрерывного действия для разделения бинарной смеси. Понятие флегмы, флегмового числа, питательной тарелки (зоны питания), укрепляющей и исчерпывающей частей колонны.
78. Основные допущения, принимаемые для расчета процесса ректификации. Схема ректификационной колонны. Материальный баланс ректификационной колонны. Уравнения линий изменения рабочих концентраций.
79. Линия состава фаз. Определение фазового состояния смеси. Влияние на параметры процесса ректификации величины флегмового числа, агрегатного состояния сырья, поступающего на разделение, изменения давления в колонне.
80. Понятие минимального флегмового числа. Расчет оптимального флегмового числа.
81. Определение давления в колонне и температурного режима.
82. Графическое и аналитическое определение количества тарелок в колонне.
83. Тепловой баланс ректификационной колонны.
84. Классификация ректификационных колонн. Конструкция, сравнительная характеристика и области применения тарельчатых и насадочных ректификационных колонн.
85. Определение основных размеров ректификационной колонны.
86. Способы создания орошения и подвода тепла в колонну.
87. Ректификация многокомпонентных смесей: аппаратное и технологическое оформление, основные принципы расчета.
88. Экстракция. Определение экстракции. Области применения экстракции, физические основы процесса. Требования, предъявляемые к растворителю. Влияние температуры на процесс экстракции.
89. Треугольные диаграммы, их свойства. Кривая равновесия фаз жидкой тройной системы.
90. Расчет процессов экстракции. Методы экстрагирования. Одноступенчатая экстракция: материальный баланс, определение состава фаз, расчет расхода экстрагента.
91. Расчет процессов экстракции. Методы экстрагирования. Многоступенчатая экстракция: материальный баланс, определение состава фаз, расчет расхода экстрагента.
92. Конструктивное оформление процессов экстракции. Сравнительная характеристика и область применения экстракторов различных типов: смесительно-отстойного, распылительного колонного, насадочного, ситчатого колонного, роторно-дискового, пульсационного.
93. Методы регенерации экстрагента.
94. Сушка. Определение сушки. Виды сушки. Связь влаги с твердым материалом. Свойства влажного воздуха. Диаграмма Л.К. Рамзина (диаграмма I-x).
95. Равновесие процессов сушки. Скорость сушки: кинетические кривые, время сушки.

96. Конвективная сушка. Материальный и тепловой баланс конвективной сушки. Изображение процесса конвективной сушки на диаграмме Л.К. Рамзина.
97. Варианты проведения конвективной сушки. Изображение процесса конвективной сушки на диаграмме Л.К. Рамзина.
98. Конструктивное оформление процессов сушки. Сравнительная характеристика и область применения сушилок различных типов: конвективные – камерные, туннельные, ленточные, петлевые, барабанные, с взвешенным слоем материала (одно- и многокамерные, непрерывного и периодического действия, распылительные), с пневмотранспортом материала; контактные – вакуум-сушильные шкафы, вальцовые сушилки, гребковые вакуум-сушилки.
99. Специальные виды сушки: сушка топочными газами, радиационная, диэлектрическая, сублимационная.
100. Оптимизация процессов сушки.
101. Экстракция в системе «твердое тело – жидкость». Механизм растворения и выщелачивания.
102. Равновесие и скорость процессов растворения и выщелачивания.
103. Материальный баланс процессов растворения и выщелачивания.
104. Способы проведения растворения и выщелачивания. Расчет экстракционных аппаратов. Диффузионные критерии подобия для описания твердофазной экстракции.
105. Сравнительная характеристика и область применения экстракторов различных типов: смесительно-отстойного, противоточного, карусельного, слоевого типа.
106. Кристаллизация. Понятие кристаллизации. Механизм кристаллизации, виды кристаллизации.
107. Равновесие при кристаллизации, материальный и тепловой баланс, кинетика процесса. Влияние условий проведения процесса на свойства кристаллов.
108. Использование кристаллизации для разделения смесей. Расчет кристаллизаторов.
109. Сравнительная характеристика и область применения кристаллизаторов различных типов: поверхностных (вальцового, ленточного), объемных (аппарата с рубашкой, качающегося, с псевдооживленным слоем), поверхностно-объемных (барабанного).
110. Измельчение твердых материалов. Виды процессов измельчения. Способы проведения. Измельчающие машины. Понятия степени измельчения, ситовой классификации, фракции твердого материала. Схемы циклов измельчения.
111. Физико-механические основы измельчения. Расход энергии на измельчение.
112. Виды дробления. Способы организации и основные показатели процесса дробления.
113. Классификация дробилок. Принцип действия, конструкция, технические характеристики дробилок различных типов: щековой, конусной, валковой, молотковой.
114. Виды измельчения. Способы организации и основные показатели процесса измельчения.
115. Классификация мельниц. Принцип действия, конструкция, технические характеристики мельниц различных типов: барабанных, кольцевых, вибрационных, струйных, коллоидных.
116. Классификация и сортировка твердых материалов. Виды классификации и сортировки материалов.
117. Разделение зернистых материалов по крупности грохочением: сита и ситовой анализ, способы грохочения.
118. Устройство грохотов.
119. Разделение зернистых материалов по крупности воздушной сепарацией и

- гидравлической классификацией.
120. Разделение зернистых материалов по плотности гидравлической классификацией.
 121. Смешение твердых (сыпучих) и пастообразных материалов. Основные показатели процесса смешения твердых (сыпучих) и пастообразных материалов.
 122. Принцип действия, конструкция, технические характеристики смесителей различных типов: барабанного типа, шнековых, пневмо- и вибросмесителей.

Примеры экзаменационных билетов

5-й семестр



МИНОБРНАУКИ РОССИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«САМАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра «Химическая технология и промышленная экология»

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 1

Дисциплина «Процессы и аппараты химической технологии»

Направление 18.03.01 Факультет ХТФ Семестр 5
(шифр) (наименование факультета) (номер)

Профиль «Химическая технология органических веществ; Химическая
подготовки технология высокомолекулярных соединений»

1. Основные свойства жидкостей, их размерность в системе СИ. Понятие идеальной жидкости, отличия от реальной.
2. Промежуточные теплоносители. Водяной пар, его получение, транспорт и применение.
3. Задача по гидродинамике.
4. Задача по теплопередаче.

Составитель

Заведующий кафедрой

_____ доцент В.В.
Филиппов
«___» _____ 2019 года

_____ профессор А.В.
Васильев
«___» _____ 2019 года



МИНОБРНАУКИ РОССИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«САМАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра «Химическая технология и промышленная экология»

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 2

Дисциплина «Процессы и аппараты химической технологии»

Направление 18.03.01 Факультет ХТФ Семестр 5
(шифр) (наименование факультета) (номер)

Профиль
подготовки

«Химическая технология органических веществ; Химическая
технология высокомолекулярных соединений»

1. Гидродинамика и её задачи. Основные характеристики движения жидкости. Гидравлический радиус и эквивалентный диаметр.
2. Расчёт средней разности температур. Противоток и прямоток, их сравнительная характеристика.
3. Задача по гидродинамике.
4. Задача по теплопередаче.

Составитель

Заведующий кафедрой

_____ доцент В.В.
Филиппов
«___» _____ 2019 года

_____ профессор А.В.
Васильев
«___» _____ 2019 года

6-й семестр



МИНОБРНАУКИ РОССИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«САМАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра «Химическая технология и промышленная экология»

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 1

Дисциплина «Процессы и аппараты химической технологии»
Направление 18.03.01 Факультет ХТФ Семестр 6
(шифр) (наименование факультета) (номер)
Профиль «Химическая технология органических веществ; Химическая
подготовки технология высокомолекулярных соединений»

1. Виды массообменных процессов, их назначение и область применения. Примеры.
2. Расчет действительного флегмового числа и его влияние на параметры проектируемой ректификационной установки.
3. Задача №1 по ректификации.
4. Задача №2.

Составитель

Заведующий кафедрой

_____ доцент В.В.
Филиппов

_____ профессор А.В.
Васильев

« ___ » _____ 2019 года

« ___ » _____ 2019 года



МИНОБРНАУКИ РОССИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«САМАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра «Химическая технология и промышленная экология»

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 2

Дисциплина «Процессы и аппараты химической технологии»
Направление 18.03.01 Факультет ХТФ Семестр 6
(шифр) (наименование факультета) (номер)
Профиль «Химическая технология органических веществ; Химическая
подготовки технология высокомолекулярных соединений»

1. Движущая сила процессов массопередачи. Равновесная и рабочая концентрации. Уравнение массопередачи.
2. Выбор давления в ректификационной колонне. Примеры.
3. Задача №1 по ректификации.
4. Задача №2.

Составитель

Заведующий кафедрой

_____ доцент В.В.
Филиппов

_____ профессор А.В.
Васильев

«_____» _____ 2019 года

«_____» _____ 2019 года

3.2. Перечень вопросов для собеседования(отчета по лабораторным работам)

Лабораторная работа № 1. Гидравлические сопротивления сети

1. Цель работы, схема лабораторной установки, порядок проведения работы.
2. Уравнение Бернулли для движущегося потока реальной жидкости. Название каждого слагаемого и его единица измерения.
3. Понятие эквивалентного диаметра канала. Режимы движения жидкости. Физический смысл критерия Рейнольдса.
4. Расчет гидравлического сопротивления трубопровода.
5. Расчет потери энергии на преодоление сил трения. Определение коэффициента гидравлического трения для различных режимов движения потока.
6. Характеристика зон трения: гладкого и смешанного трения, автомодельной зоны.
7. Зависимость потери энергии на преодоление сил трения от скорости в турбулентном потоке жидкости для зон гладкого и смешанного трения, для автомодельной зоны.
8. Местные сопротивления: понятие, расчет потерянной энергии на преодоление местных сопротивлений. Определение коэффициентов местных сопротивлений.
9. Основные характеристики турбулентного потока: истинная и осредненная локальные скорости, турбулентная вязкость и масштаб турбулентности. Модель структуры потока при движении реальной жидкости.
10. Уравнение объемного расхода и неразрывности потока. Расчет средней скорости потока. Соотношение средней и максимальной скоростей жидкости в зависимости от режима движения потока.
11. Построение характеристики сети.
12. Единицы измерения плотности, удельного веса, вязкости, расхода, давления. Соотношение между единицами измерения физических величин в различных системах.

Лабораторная работа № 2. Исследование процесса псевдооживления и транспорта сыпучего материала

1. Применение пневмотранспорта в промышленности. Достоинства и недостатки пневмотранспорта.
2. Порозность слоя: понятие, расчет, предельные значения.
3. Влияние скорости воздуха на высоту и порозность слоя.
4. Скорость псевдооживления и скорость уноса: понятие, расчет. Влияние физических свойств транспортирующей среды (транспортирующего агента) и частиц на скорость псевдооживления.
5. Расчет общего гидравлического сопротивления пневмоствола.
6. Зависимость гидравлического сопротивления слоя зернистого материала от скорости газа.
7. Гидравлические методы измерения скорости и расхода жидкостей и газов в трубопроводах.
8. Абсолютное и избыточное давление. Приборы для измерения давления. Единицы давления. Соотношения между различными единицами давления.
9. Вязкость. Единицы измерения вязкости. Соотношение между единицами измерения вязкости в различных системах.

Лабораторная работа № 3. Изучение процесса теплообмена в теплообменнике типа «труба в трубе»

1. Цель работы, схема лабораторной установки, порядок проведения работы.
2. Способы распространения тепла в пространстве, их механизм.
3. Теплопроводность. Закон теплопроводности Фурье. Физический смысл коэффициента теплопроводности и ориентировочные значения для газов, жидкостей, твердых тел.
4. Понятие удельной теплоемкости и энтальпии (удельного количества теплоты). Уравнение теплового баланса: с изменением агрегатного состояния теплоносителей; без изменения агрегатного состояния теплоносителей.
5. Определение средней разности температур между теплоносителями (средней движущей силы процесса теплопередачи) при различных схемах движения теплоносителей.
6. Определение средней температуры теплоносителя.
7. Закон теплоотдачи Ньютона. Физический смысл коэффициента теплоотдачи. Расчет коэффициента теплоотдачи.
8. Критерий Нуссельта. Физический смысл и расчет критерия Нуссельта для случая теплоотдачи при турбулентном движении теплоносителя в прямых трубах и каналах.
9. Обобщенные (критериальные) уравнения теплоотдачи для стационарного и нестационарного процесса в условиях естественной и вынужденной конвекции. Критерии теплового подобия, их расчет и физический смысл.
10. Коэффициент теплопередачи: физический смысл, расчет для плоской стенки, ориентировочные значения для различных случаев теплопередачи.
11. Основное уравнение теплопередачи и его использование в инженерных расчетах.
12. Единицы измерения удельной теплоемкости, коэффициента теплопроводности, вязкости, теплового потока, коэффициентов теплоотдачи и теплопередачи в системе СИ. Соотношения между единицами измерения указанных физических величин в различных системах.
13. Конструкции теплообменных аппаратов: кожухотрубчатых (одно- и многоходовых; жесткого типа и с компенсацией температурных напряжений), типа «труба в трубе», пластинчатых, спиральных, аппаратов воздушного охлаждения.
14. Интенсификация процессов теплопередачи.
15. Со стороны какого теплоносителя и с какой целью производится оребрение теплообменной поверхности?

Лабораторная работа № 4. Исследование массоотдачи в жидкой фазе

1. Цель и порядок проведения работы, схема установки.
2. Растворимость газов в жидкостях. Влияние температуры и давления на растворимость газов.
3. Уравнение массоотдачи. Коэффициент массоотдачи. Параметры, влияющие на процесс массоотдачи.
4. Критерии диффузионного подобия.
5. Коэффициент молекулярной диффузии: физический смысл, единицы измерения, ориентировочные значения для систем «газ – газ» и «газ – жидкость».

Лабораторная работа № 5. Гидродинамика насадочных аппаратов

1. Цель работы и порядок проведения работы. Правила пуска и выключения установки.
2. Устройство насадочных колонн. Назначение насадки и требования к ней. Типы насадок. Характеристики насадки: свободный объем и удельная поверхность.
3. Уравнение объемного расхода. Понятие фиктивной и действительной средней скоростей воздуха, зависимость между этими скоростями.
4. Определение расхода воздуха и воды при выполнении работы. Используемые

приборы, их расположение в схеме установки и принцип действия.

5. Понятие и расчет эквивалентного диаметра канала.
6. Понятие эквивалентного диаметра частиц нешаровой формы.
7. Расчет гидравлического сопротивления сухой и орошаемой насадки.
8. Экспериментальное измерение гидравлического сопротивления насадки.
9. Плотность орошения. Влияние плотности орошения на гидравлическое сопротивление колонны.
10. Влияние скорости воздуха на гидравлическое сопротивление насадки.
11. Гидродинамические режимы работы насадочных колонных аппаратов.
12. Распределительные и опорные устройства насадочных колонн.
13. Конструкции тарелок: провальных, клапанных, колпачковых. Конструкция ситчатой и струйной (чешуйчатой) тарелки.
14. Крепление тарелок по высоте колонны.
15. Гидродинамические режимы работы тарельчатых колонных аппаратов.
16. Роль гидравлического затвора на тарелке.
17. Расчет гидравлического сопротивления тарелки.
18. Понятие пристеночного эффекта.

Лабораторная работа № 6. Ректификация смеси этиловый спирт-вода

1. Цель работы, схема лабораторной установки, порядок проведения работы.
2. Способы выражения состава фаз.
3. Равновесие в системе «жидкость – пар»: закон Рауля, закон Дальтона, закон Рауля – Дальтона. Способы построения линии равновесия на диаграмме «состав пара – состав жидкости» (в мольных долях). Влияние давления на положение линии равновесия.
4. Физические основы разделения жидких смесей ректификацией. Понятие коэффициента относительной летучести.
5. Периодическая и непрерывная ректификация.
6. Уравнение материального баланса ректификационных колонн непрерывного и периодического действия. Уравнения рабочих линий колонн непрерывного и периодического действия и их изображение на диаграмме «состав пара – состав жидкости».
7. Понятие флегмового числа. Расчет минимального и реального флегмового числа. Влияние флегмового числа на положение рабочих линий колонны непрерывного действия.
8. Определение числа теоретических ступеней изменения концентраций (числа теоретических тарелок) для колонны непрерывного действия. Движущая сила в паровой и жидкой фазах на теоретической тарелке. Влияние давления и флегмового числа на число теоретических тарелок в колонне непрерывного действия.
9. Определение числа реальных тарелок.
10. Определение числа единиц переноса в процессе ректификации.
11. Устройство и работа периодической насадочной ректификационной колонны. Назначение конденсатора-холодильника.
12. Конструкция контактных устройств насадочных и тарельчатых ректификационных аппаратов: назначение насадки и требования к ней; типы насадок; характеристики насадки; распределительные и опорные устройства насадочных колонн; конструкция провальных, клапанных, колпачковых тарелок; конструкция ситчатой и струйной тарелок; крепление тарелок по высоте колонны.

1-я контрольная, 5-й семестр

ВАРИАНТ 1

1. Определить плотность бензола при 74°C .
2. Определить при 80°C и давлении 3 ат плотность газовой смеси состава: метан 20%, этан 40%, пропан 30%, бутан 10% (проценты мольные).

2-я контрольная 5-й семестр

ВАРИАНТ 2

1. Этан с расходом $10000 \text{ м}^3/\text{час}$ (при н.у.) подаётся в трубный пучок кожухотрубчатого теплообменника. Число труб в пучке 579, их диаметр $16 \times 1.5 \text{ мм}$. Температура газа на входе в аппарат 250°C , на выходе 40°C . Давление 5 ат. Определить скорость и режим движения этана на входе в трубы и на выходе из них.
2. По горизонтальному трубопроводу длиной 50 км и внутренним диаметром 200 мм перекачивается метиловый спирт с расходом 70 т/час и средней температурой 20°C . Стенки трубопровода гладкие. Определить потери напора и давления на трение.

3-я контрольная 5-й семестр

ВАРИАНТ 1

1. Требуется охладить 10 т/час бензола от температуры кипения при атмосферном давлении до 40°C . Для охлаждения используется вода с начальной температурой 20°C и конечной 38°C . Рассчитать тепловую нагрузку на аппарат, расход охлаждающей воды в $\text{м}^3/\text{час}$ и среднюю разность температур для прямотока и противотока.
2. На базе оборудования имеется кожухотрубчатый теплообменник, состоящий из 45 труб диаметром $18 \times 2 \text{ мм}$ и длиной 3 м. Хватит ли его поверхности для конденсации при атмосферном давлении 750 кг/час бензола, если коэффициент теплопередачи равен $720 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \times \text{K})$. Найти также расход охлаждающей воды в $\text{м}^3/\text{час}$, если её начальная температура 20°C , конечная 42°C .

1-я контрольная 6-й семестр

Вариант 1

1. Смешаны два объёма бензола и три объёма толуола. Считая, что объём смеси равен сумме объёмов компонентов, определить
 - мольную долю бензола;
 - массовую долю бензола;
 - относительную массовую концентрацию бензола;
 - объёмную мольную концентрацию бензола;
 - плотность смеси.
2. Воздух при температуре 50°C насыщен паром этилового спирта. Определить мольную и массовую доли спирта в составе паровоздушной

смеси, если общее давление смеси равно 900 мм рт.ст. Константы уравнения Антуана для спирта: $A=18.91194$ $B=3803.98$; $C= - 41.68$.

2-я контрольная 6-й семестр

Вариант 1

1. Смешаны два объёма бензола и три объёма толуола. Считая, что объём смеси равен сумме объёмов компонентов, определить

- мольную долю бензола;
- массовую долю бензола;
- относительную массовую концентрацию бензола;
- объёмную мольную концентрацию бензола;
- плотность смеси.

2. Воздух при температуре 50°C насыщен паром этилового спирта. Определить мольную и массовую доли спирта в составе паровоздушной смеси, если общее давление смеси равно 900 мм рт.ст. Константы уравнения Антуана для спирта: $A=18.91194$ $B=3803.98$; $C= - 41.68$.

3-я контрольная 6-й семестр

Вариант 1

В ректификационную колонну подается 30 т/ч смеси гексан-гептан с концентрацией низкокипящего компонента 40% масс. Количество отбираемого дистиллята 12 т/ч. Уравнение рабочей линии верхней части колонны $y=0.75x+0.24$. Считать удельную теплоту конденсации верхнего продукта равной 340 кДж/кг.

Определить:

1. состав кубового остатка;
 2. объёмный расход воды в конденсаторе при условии, что она нагревается в нём с 20 до 40 С.
-

3. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций.

Максимальное количество баллов за семестр – 100. При проведении зачета могут быть учтены результаты освоения дисциплины за семестр. Оценка «зачтено» может быть выставлена студенту, если он набрал минимальное количество баллов по каждой контрольной точке.

Общее количество баллов за 4 семестр, максимум

Таблица 4

Вид работы (контрольные точки)		Максимальное количество баллов	Вес, %
1.	Факт присутствия на лекции с №1 по №7	84 балла	84
2.	Факт присутствия на лекции № 8	16 баллов	16
ИТОГО		100 баллов	100

Критерии оценивания присутствия на лекции

Таблица 5

№ п/п	Критерий	Баллы
1.	Присутствует ли студент на лекции с 1й по 7ю (за каждую лекцию)	Присутствует - 12 баллов; не присутствует - 1 балл
2.	Присутствует ли студент на лекции 8	Присутствует - 16 баллов; не присутствует - 1 балл
ИТОГО		Максимум - 100 баллов, минимум - 8 баллов.
При переводе в систему оценок «2», «3», «4», «5» - 100-80 баллов приравнивается оценке «5»; - 80-60 балла приравнивается оценке «4»; - 60-40 баллов приравнивается оценке «3»		

Общее количество баллов за 5 семестр, максимум

Таблица 6

Вид работы (контрольные точки)		Максимальное количество баллов	Вес, %
1.	Контрольная работа	60 балла	60
2.	Отчет по лабораторным работам	40 баллов	40
ИТОГО		100 баллов	100

Контрольная работа

За каждый верный ответ 10 баллов. **Минимум 5 баллов.** За каждое верно выполненную работу 20 баллов. Всего 3 контрольных работы в семестре. Всего за семестр 60 баллов.

Отчет по лабораторным работам

Критерии оценивания устного опроса (собеседования)

Таблица 7

№ п/п	Критерий	Баллы
1.	Соответствует ли содержание ответа изучаемому разделу и заданному вопросу	Соответствует - 5 балл; не соответствует - 0 баллов
2.	Есть ли фактологические ошибки, связанные с пониманием раздела (термины)	Нет ошибок - 3 балла, не более 3 ошибок - 1 балл; больше 3 ошибок - 0 баллов,
3.	Способность ведения дискуссии, убедительность аргументации, демонстрация заинтересованности.	Полностью соответствует - 2 балла; частично соответствует - 1 балл; не соответствует - 0 баллов
ИТОГО		Максимум - 10 баллов, минимум - 2 балла за один раздел. Всего 4 лабораторные работы, соответственно максимум 40 баллов, минимум – 10 баллов

При переводе в систему оценок «2», «3», «4», 5»
 - 40-35 баллов приравнивается оценке «5»;
 - 35-25 балла приравнивается оценке «4»;
 - 25-15 баллов приравнивается оценке «3»

Общее количество баллов за 6 семестр, максимум

Таблица 8

Вид работы (контрольные точки)		Максимальное количество баллов	Вес, %
1.	Контрольная работа	60 балла	60
2.	Отчет по лабораторным работам	40 баллов	40
ИТОГО		100 баллов	100

Контрольная работа

За каждый верный ответ 10 баллов. **Минимум 5 баллов.** За каждое верно выполненную работу 20 баллов. Всего 3 контрольных работы в семестре. Всего за семестр 60 баллов.

Отчет по лабораторным работам

Критерии оценивания устного опроса (собеседования)

Таблица 9

№ п/п	Критерий	Баллы
1.	Соответствует ли содержание ответа изучаемому разделу и заданному вопросу	Соответствует - 5 балл; не соответствует - 0 баллов
2.	Есть ли фактологические ошибки, связанные с пониманием раздела (термины)	Нет ошибок - 3 балла, не более 3 ошибок - 1 балл; больше 3 ошибок - 0 баллов,
3.	Способность ведения дискуссии, убедительность аргументации, демонстрация заинтересованности.	Полностью соответствует - 2 балла; частично соответствует - 1 балл; не соответствует - 0 баллов
ИТОГО		Максимум - 10 баллов, минимум - 2 балла за один раздел. Всего 4 лабораторные работы, соответственно максимум 40 баллов, минимум – 10 баллов
При переводе в систему оценок «2», «3», «4», 5» - 40-35 баллов приравнивается оценке «5»; - 35-25 балла приравнивается оценке «4»; - 25-15 баллов приравнивается оценке «3»		

Критерии и шкала оценивания результатов изучения дисциплины на промежуточной аттестации

Оценка «зачтено» во время ответа на зачете выставляется студенту, который

- демонстрирует глубокие систематизированные знания по предмету, владеет приемами рассуждения и сопоставляет материал из разных источников: теорию связывает с практикой, другими темами данного курса, других изучаемых предметов;

- правильно, аргументировано отвечает на все вопросы, с приведением примеров;

Оценка «не зачтено» во время ответа на зачете выставляется студенту, который

- не справился с 50% вопросов билета, в ответах на другие вопросы допустил существенные ошибки;

- не смог ответить на дополнительные вопросы, предложенные преподавателем;