МИНОБРНАУКИ РОССИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Самарский государственный технический университет»
(ФГБОУ ВО «СамГТУ»)

УТВЕРЖДАЮ:
Первый проректор-проректор по учебной работе
_____ / Д.Е. Овчинников
"_____" _____ 20___ г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Б1.О.03.07 «Процессы и аппараты биотехнологии»

Код и направление подготовки (специальность)	19.03.01 Биотехнология
Направленность (профиль)	Биоинженерия и промышленная экология
Квалификация	Бакалавр
Форма обучения	Очная
Год начала подготовки	2025
Институт / факультет	Институт нефтегазовых технологий
Выпускающая кафедра	кафедра "Химическая технология и промышленная экология"
Кафедра-разработчик	кафедра "Химическая технология и промышленная экология"
Объем дисциплины, ч. / з.е.	216 / 6
Форма контроля (промежуточная аттестация)	Зачет, Экзамен

Самара 2025

Б1.О.03.07 «Процессы и аппараты биотехнологии»

Рабочая программа дисциплины разработана в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки (специальности) **19.03.01 Биотехнология**, утвержденного приказом Министерства образования и науки РФ от № 193 от 11.03.2015 и соответствующего учебного плана.

Разработчик РПД:

Доцент, кандидат химических наук, доцент	А.Ю Чуркина
(должность, степень, ученое звание)	(ФИО)

Заведующий кафедрой	О.В. Тупицына, доктор технических наук, доцент
	(ФИО, степень, ученое звание)

СОГЛАСОВАНО:

Председатель методического совета факультета / института (или учебно-методической комиссии)	А.Ю Чуркина, кандидат химических наук, доцент
	(ФИО, степень, ученое звание)
Руководитель образовательной программы	О.В. Тупицына, доктор технических наук, доцент
	(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 16
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) 22
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			
Общеинженерные и технологические навыки	ОПК-4 Способен проектировать отдельные элементы технических и технологических систем, технических объектов, технологических процессов биотехнологического производства на основе применения базовых инженерных и технологических знаний	ОПК-4.1 Знает способы проектирования отдельных элементов технических и технологических систем, технических объектов, технологических процессов биотехнологического производства на основе применения базовых инженерных и технологических знаний	Владеть навыками работы со справочной и технической литературой, нормативными документами, использования методик проектирования гидравлических сетей, аппаратов биотехнологического производства, подбора типового оборудования, отдельных элементов аппаратов
			Знать общие теоретические закономерности процессов переноса импульса, массы, энергии
			Уметь работать со справочной и технической литературой, нормативными документами, выполнять технологический расчет гидравлических сетей, аппаратов биотехнологического производства, производить подбор типового оборудования, отдельных элементов аппаратов
		ОПК-4.2 Применяет способы проектирования отдельных элементов технических и технологических систем, технических объектов, технологических процессов биотехнологического производства на основе применения базовых инженерных и технологических знаний	Владеть навыками применения основных методик проектирования гидравлических сетей, аппаратов биотехнологического производства

			Знать основные методики проектирования гидравлических сетей, аппаратов биотехнологического производства
			Уметь применять основные методики проектирования гидравлических сетей, аппаратов биотехнологического производства
Использование инструментов и оборудования	ОПК-5 Способен эксплуатировать технологическое оборудование, выполнять технологические операции, управлять биотехнологическими процессами, контролировать количественные и качественные показатели получаемой продукции	ОПК-5.1 Способен эксплуатировать технологическое оборудование	Владеть навыками понимания технологических схем основных процессов биотехнологического производства, определения назначения аппаратов, включенных в технологическую схему
			Знать технологические схемы основных процессов биотехнологического производства, конструкции типовых гидравлических машин, аппаратов, назначение аппаратов, включенных в технологическую схему
			Уметь понимать технологические схемы основных процессов биотехнологического производства, определять назначение аппаратов, включенных в технологическую схему
		ОПК-5.2 Выполняет технологические операции и управляет биотехнологическими процессами	Владеть навыками применения методов проведения экспериментов и наблюдений при изучении процессов биотехнологического производства
			Знать методы проведения экспериментов и наблюдений при изучении процессов биотехнологического производства

			Уметь применять методы проведения экспериментов и наблюдений при изучении процессов биотехнологического производства
		ОПК-5.3 Умеет контролировать количественные и качественные показатели получаемой продукции	

2. Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

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

Код компетенции	Предшествующие дисциплины	Параллельно осваиваемые дисциплины	Последующие дисциплины
ОПК-4	Прикладная механика; Электротехника и электроника		Подготовка к процедуре защиты и защиты выпускной квалификационной работы; Подготовка к сдаче и сдача государственного экзамена; Проектирование биотехнологических предприятий
ОПК-5			Оборудование биотехнологических предприятий; Подготовка к процедуре защиты и защиты выпускной квалификационной работы; Подготовка к сдаче и сдача государственного экзамена; Системы управления биотехнологическими процессами

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
Аудиторная контактная работа (всего), в том числе:	128	80	48
Лабораторные работы	48	32	16
Лекции	48	32	16
Практические занятия	32	16	16
Внеаудиторная контактная работа, КСР	30	15	15

Самостоятельная работа (всего), в том числе:	22	13	9
выполнение курсовых проектов	3	0	3
подготовка к коллоквиуму	12	9	3
подготовка к участию в собеседовании	7	4	3
Контроль	36	0	36
Итого: час	216	108	108
Итого: з.е.	6	3	3

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 гидравлики и гидромеханические процессы	24	16	10	8	58
2	Основы теплопередачи	8	16	8	8	40
3	Массообменные процессы	14	16	14	5	49
4	Механические процессы	2	0	0	1	3
	КСР	0	0	0	0	30
	Контроль	0	0	0	0	36
	Итого	48	48	32	22	216

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 гидравлики и гидромеханические процессы	Тема 1.1. Принципы классификации процессов и аппаратов биотехнологии. Тема 1.2. Общие закономерности процессов переноса количества движения, энергии и массы.	Основные задачи дисциплины «Процессы и аппараты биотехнологии». Связь курса с предыдущими и последующими учебными дисциплинами. Принципы классификации процессов, протекающих в жидких и газообразных средах. Применение закона сохранения массы и законов термодинамики к процессам биотехнологического производства. Закон сохранения массы. Закон сохранения энергии.	2

2	Основы гидравлики и гидромеханические процессы	Тема 1.3. Гидростатика.	Гидростатическое давление и его свойства. Принципы измерения гидростатического давления. Манометры. Дифференциальные уравнения равновесия Эйлера. Основное уравнение гидростатики, его практические приложения.	2
3	Основы гидравлики и гидромеханические процессы	Тема 1.4. Гидродинамика.	Основные параметры потока жидкости: скорость и расход. Установившиеся и неустановившиеся потоки. Закон внутреннего трения Ньютона. Вязкость жидкостей и газов. Характер движения реальных текучих сред. Распределение скоростей в поперечном сечении потока при ламинарном и турбулентном движении. Понятие локальной и истинной скорости.	2
4	Основы гидравлики и гидромеханические процессы	Тема 1.5. Гидравлические сопротивления в трубопроводах.	Сопротивление трения и местные сопротивления. Расчет коэффициентов трения. Зоны трения. Определение оптимального диаметра трубопровода. Понятие неньютоновской жидкости.	2
5	Основы гидравлики и гидромеханические процессы	Тема 1.6. Понятие физического и математического моделирования.	Теория подобия, ее основные принципы. Подобие условий однозначности. Инварианты подобия: критерии и симплексы. Обобщенные (критериальные) уравнения. Принципы составления математической модели процессов.	2
6	Основы гидравлики и гидромеханические процессы	Тема 1.7. Гидравлическое моделирование.	Проблемы масштабного перехода и теория подобия. Структура потока. Модели гидродинамической структуры потока: идеального смешения, идеального вытеснения, ячеечная, диффузионная, комбинированная. Кривые отклика.	2
7	Основы гидравлики и гидромеханические процессы	Тема 1.8. Перемещение жидкостей.	Насосы. Классификация насосов. Основные параметры: производительность, давление (напор), мощность, КПД. Высота всасывания насоса. Особенности перекачивания горячих и вязких жидкостей. Графики подачи насоса. Работа насоса на сеть, рабочая точка. Конструкции насосов. Сравнительная характеристика основных типов насосов и области их применения.	2
8	Основы гидравлики и гидромеханические процессы	Тема 1.9. Гидродинамика псевдоожиженых зернистых слоев.	Основные характеристики зернистого слоя: порозность, удельная поверхность, эквивалентный диаметр каналов и частиц слоя. Гидродинамика псевдоожиженных зернистых слоев: скорость псевдоожижения и скорость витания. Пневмо- и гидротранспорт зернистых материалов. Потери давления при пневмотранспорте. Понятие виброкипящего слоя.	2

9	Основы гидравлики и гидромеханические процессы	Тема 1.10. Разделение газовых и жидких гетерогенных систем. Осаждение под действием силы тяжести	Классификация неоднородных систем и методы их разделения. Осаждение под действием силы тяжести (отстаивание): скорость осаждения и ее расчет, производительность отстойников. Конструкции отстойников: отстойник полунепрерывного действия с наклонными перегородками, одноярусный гребковый отстойник непрерывного действия, многоярусные отстойники.	2
10	Основы гидравлики и гидромеханические процессы	Тема 1.11. Фильтрование.	Фильтрующие перегородки. Сжимаемые и несжимаемые осадки. Основные уравнения фильтрации. Фильтрование при постоянной скорости процесса. Фильтрование при постоянной движущей силе процесса. Конструкции фильтров: рукавный фильтр с механическим встряхиванием и обратной продувкой ткани, рамный фильтр-пресс, нутч-фильтр, барабанный вакуум-фильтр, дисковый фильтр, вибрационный фильтр, ленточный вакуум-фильтр.	2
11	Основы гидравлики и гидромеханические процессы	Тема 1.12. Центробежное осаждение.	Устройство и принцип действия центрифуги и циклона. Фактор разделения. Скорость осаждения. Конструкции циклонов и центрифуг: циклон конструкции НИИОГаз, батарейный циклон, гидроциклон, центрифуга с пульсирующим поршнем для выгрузки осадка, центрифуга со шнековым устройством для выгрузки осадка, жидкостный сепаратор тарельчатого типа, сверхцентрифуги.	2
12	Основы гидравлики и гидромеханические процессы	Тема 1.13. Способы перемешивания.	Способы перемешивания: пневматическое, циркуляционное, статическое, механическое. Эффективность и интенсивность перемешивания. Расчет мощности на механическое перемешивание. Конструкции мешалок, их выбор и области применения.	2
13	Основы теплопередачи	Тема 2.1. Общая характеристика процессов теплообмена. Тема 2.2. Теплопроводность.	Понятие теплопередачи. Движущая сила тепловых процессов. Понятие теплоносителя. Основные теплоносители и способы подвода (отведения) тепла. Виды теплообмена: теплопроводность, теплоотдача (конвекция), тепловое излучение. Механизм передачи тепла теплопроводностью. Закон Фурье. Коэффициенты теплопроводности жидкостей, газов и твердых тел. Теплопроводность одно- и многослойных плоских и цилиндрических стенок.	2

14	Основы теплопередачи	Тема 2.3. Конвективный перенос теплоты.	Механизм передачи тепла конвекцией. Закон охлаждения Ньютона. Дифференциальное уравнение конвективного теплообмена (уравнение Фурье – Кирхгофа). Подобие тепловых процессов. Конденсация паров: пленочная, капельная, смешанная. Влияние неконденсирующихся газов на коэффициент теплоотдачи. Кипение жидкостей: пузырьковый (ядерный) и пленочный режим.	2
15	Основы теплопередачи	Тема 2.4. Теплопередача.	Основное уравнение теплопередачи. Теплопередача при постоянных температурах. Расчет коэффициентов теплопередачи для плоских и цилиндрических стенок. Определение средней разности температур между теплоносителями. Теплоизоляционные материалы и расчет толщины тепловой изоляции.	2
16	Основы теплопередачи	Тема 2.5. Классификация теплообменников по конструктивным признакам и по назначению.	Сравнительная характеристика теплообменников различных типов: кожухотрубчатых, «труба в трубе», воздушного охлаждения, пластинчатых, спиральных, выпарных, с мешалкой, «с рубашкой».	2
			Итого за семестр:	**32**
5 семестр				
17	Массообменные процессы	Тема 3.1. Теоретические основы массообменных процессов.	Понятие массообменного процесса (МОП). Классификация и виды МОП. Движущая сила МОП. Понятие массопередачи и массоотдачи. Способы выражения состава фаз. Основное уравнение массопередачи. Равновесие в массообменных процессах: правило фаз Гиббса, фазовое равновесие, линия равновесия. Материальный баланс МОП. Уравнение рабочей линии. Направление МОП. Скорость МОП. Механизм процессов массопереноса. Основные законы диффузии: законы Фика, дифференциальное уравнение массообмена в движущейся среде (конвективногомассообмена). Уравнение массоотдачи (закон массоотдачи Щукарева). Подобие массообменных процессов. Уравнение массопередачи. Связь коэффициентов массоотдачи и массопередачи. Выражение движущей силы массопередачи через разность концентраций.	2

18	Массообменные процессы	Тема 3.2. Выражение движущей силы массопередачи через число единиц переноса. Тема 3.3. Модифицированные уравнения массопередачи.	Физический смысл числа единиц переноса. Понятие и физический смысл высоты единицы переноса (ВЕП). Гипотеза теоретической тарелки. Модифицированные уравнения массопередачи: основная характеристика – объем аппарата, высота аппарата, теоретическая тарелка (теоретическая ступень изменения концентрации). Графический расчет числа теоретических тарелок). Расчет основных размеров массообменных аппаратов: диаметр, рабочая высота, число реальных (действительных) тарелок. Основные принципы построения математических моделей массообменных аппаратов.	2
19	Массообменные процессы	Тема 3.4. Абсорбция газов.	Статика процессов абсорбции. Равновесие в системах «газ – жидкость». Основные понятия. Виды абсорбции. Закон Генри. Закон Дальтона. Влияние температуры и давления на процесс абсорбции. Закон Рауля. Расчет абсорбционных аппаратов. Уравнения материального баланса и рабочей линии процесса абсорбции. Минимальный и оптимальный расход абсорбента. Тепловой баланс неизотермической абсорбции. Основные принципы определения диаметра и высоты абсорбера. Устройство абсорбционных аппаратов. Классификация абсорберов по способу образования поверхности раздела фаз. Конструкция, сравнительная характеристика и области применения абсорберов различных типов. Десорбция и методы ее проведение.	2
20	Массообменные процессы	Тема 3.5. Адсорбция газов и паров.	Основные понятия. Виды адсорбции, область применения. Классификация и характеристики промышленных адсорбентов. Изотермы адсорбции. Адсорбция в неподвижном слое адсорбента. Математическая модель процесса адсорбции в зернистом слое адсорбента. Конструктивное оформление процессов адсорбции. Сравнительная характеристика, область применения и особенности расчета адсорберов различных типов: с неподвижным слоем адсорбента, с псевдоожиженным и плотно движущимся слоем адсорбента. Методы проведения десорбции.	2

21	Массообменные процессы	Тема 3.6. Перегонка и ректификация	Законы равновесия в системе «жидкость – пар». Основные понятия: перегонка, низкокипящий компонент (НКК), высококипящий компонент (ВКК), относительная летучесть. Определение, область применения варианты проведения простой перегонки (дистилляции) и ректификации. Фазовое равновесие в системе «жидкость – пар»: закон Дальтона, закон Рауля. Простая перегонка (дистилляция). Процессы однократного и постепенного испарения: назначение, схемы установок, расчет (материальный и тепловой баланс). Понятие доли отгона. Ректификация. Сущность процессов, протекающих при ректификации. Схема ректификационной установки непрерывного действия для разделения бинарной смеси. Понятие флегмы, флегмового числа, питательной тарелки (зоны питания), укрепляющей и исчерпывающей частей колонны. Основные допущения, принимаемые для расчета процесса ректификации. Материальный баланс ректификационной колонны. Уравнения линий изменения рабочих концентраций.	2
22	Массообменные процессы	Тема 3.6. Перегонка и ректификация (продолжение).	Влияние изменения температуры и давления на параметры процесса ректификации. Определение фазового состояния смеси. Расчет оптимального флегмового числа. Определение давления в колонне и температурного режима. Графическое и аналитическое определение количества тарелок в колонне. Тепловой баланс ректификационной колонны. Классификация ректификационных колонн. Конструкция и основные параметры тарелок различных типов. Виды переливных устройств. Гидравлический расчет тарелки. Определение основных размеров ректификационной колонны. Способы создания орошения и подвода тепла в колонну. Ректификация многокомпонентных смесей: аппаратурное и технологическое оформление, основные принципы расчета.	2

23	Массообменные процессы	Тема 3.7. Сушка. Тема 3.8. Экстракция.	Основные понятия. Виды сушки. Связь влаги с твердым материалом. Свойства влажного воздуха. Диаграмма Л.К. Рамзина. Конвективная сушка. Материальный и тепловой баланс конвективной сушки. Изображение процесса сушки на диаграмме Л. К. Рамзина. Равновесие процессов сушки. Скорость сушки. Конструктивное оформление процессов сушки. Сравнительная характеристика и область применения сушилок различных типов: радиационная, диэлектрическая, сублимационная. Оптимизация процессов сушки. Расчет процессов экстракции. Методы экстрагирования. Одно- и многоступенчатая экстракция: материальный баланс, определение состава фаз, расчет расхода экстрагента.	2
24	Механические процессы	Тема 4.1. Измельчение материалов. Тема 4.2. Сортирование и классификация твердых сыпучих материалов.	Способы и виды измельчения. Степень измельчения. Теории измельчения. Схемы циклов измельчения. Расход энергии на измельчение. Основные типы измельчающих машин для тонкого и сверхтонкого измельчения. Сита и ситовый анализ. Конструкция машин для сортировки и классификации. Гидравлическая классификация и конструкция гидравлических классификаторов.	2
			Итого за семестр:	**16**
			Итого:	**48**

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**
4 семестр				
1	Основы гидравлики и гидромеханические процессы	Лабораторная работа № 1. Гидравлическое сопротивление сети. Центробежный насос	Потери давления на трение. Расчетные и экспериментальные коэффициенты трения. Построение характеристики сети. Устройство и принцип действия центробежных насосов. Законы пропорциональности центробежных насосов.	2
2	Основы гидравлики и гидромеханические процессы	Лабораторная работа № 1. Гидравлическое сопротивление сети. Центробежный насос	Потери давления на трение. Расчетные и экспериментальные коэффициенты трения. Построение характеристики сети. Устройство и принцип действия центробежных насосов. Законы пропорциональности центробежных насосов.	2

3	Основы гидравлики и гидромеханические процессы	Лабораторная работа № 1. Гидравлическое сопротивление сети. Центробежный насос	Потери давления на трение. Расчетные и экспериментальные коэффициенты трения. Построение характеристики сети. Устройство и принцип действия центробежных насосов. Законы пропорциональности центробежных насосов.	2
4	Основы гидравлики и гидромеханические процессы	Лабораторная работа № 1. Гидравлическое сопротивление сети. Центробежный насос	Потери давления на трение. Расчетные и экспериментальные коэффициенты трения. Построение характеристики сети. Устройство и принцип действия центробежных насосов. Законы пропорциональности центробежных насосов.	2
5	Основы гидравлики и гидромеханические процессы	Лабораторная работа № 2. Определение некоторых параметров работы пневмотранспорта.	Определение критерия Архимеда. Насыпная, кажущаяся и истинная плотности. Потери напора для псевдоожиженного слоя. Потери напора при пневмотранспорте сыпучего материала.	2
6	Основы гидравлики и гидромеханические процессы	Лабораторная работа № 2. Определение некоторых параметров работы пневмотранспорта.	Определение критерия Архимеда. Насыпная, кажущаяся и истинная плотности. Потери напора для псевдоожиженного слоя. Потери напора при пневмотранспорте сыпучего материала.	2
7	Основы гидравлики и гидромеханические процессы	Лабораторная работа № 2. Определение некоторых параметров работы пневмотранспорта.	Определение критерия Архимеда. Насыпная, кажущаяся и истинная плотности. Потери напора для псевдоожиженного слоя. Потери напора при пневмотранспорте сыпучего материала.	2
8	Основы гидравлики и гидромеханические процессы	Лабораторная работа № 2. Определение некоторых параметров работы пневмотранспорта.	Определение критерия Архимеда. Насыпная, кажущаяся и истинная плотности. Потери напора для псевдоожиженного слоя. Потери напора при пневмотранспорте сыпучего материала.	2
9	Основы теплопередачи	Лабораторная работа № 3. Изучение процесса теплообмена в теплообменнике 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
10	Основы теплопередачи	Лабораторная работа № 3. Изучение процесса теплообмена в теплообменнике 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
11	Основы теплопередачи	Лабораторная работа № 3. Изучение процесса теплообмена в теплообменнике 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

12	Основы теплопередачи	Лабораторная работа № 3. Изучение процесса теплообмена в теплообменнике 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
13	Основы теплопередачи	Лабораторная работа № 4. Исследование процесса утилизации низкотемпературных ВЭР (вторичных энергоресурсов).	Характеристика ВЭР. Особенности теплообмена при непосредственном соприкосновении потоков. Тепловой баланс скруббера. Свойства влажного воздуха. Коэффициент теплопередачи, его зависимость от технологических параметров в контактном теплообменнике.	2
14	Основы теплопередачи	Лабораторная работа № 4. Исследование процесса утилизации низкотемпературных ВЭР (вторичных энергоресурсов).	Характеристика ВЭР. Особенности теплообмена при непосредственном соприкосновении потоков. Тепловой баланс скруббера. Свойства влажного воздуха. Коэффициент теплопередачи, его зависимость от технологических параметров в контактном теплообменнике.	2
15	Основы теплопередачи	Лабораторная работа № 4. Исследование процесса утилизации низкотемпературных ВЭР (вторичных энергоресурсов).	Характеристика ВЭР. Особенности теплообмена при непосредственном соприкосновении потоков. Тепловой баланс скруббера. Свойства влажного воздуха. Коэффициент теплопередачи, его зависимость от технологических параметров в контактном теплообменнике.	2
16	Основы теплопередачи	Лабораторная работа № 4. Исследование процесса утилизации низкотемпературных ВЭР (вторичных энергоресурсов).	Характеристика ВЭР. Особенности теплообмена при непосредственном соприкосновении потоков. Тепловой баланс скруббера. Свойства влажного воздуха. Коэффициент теплопередачи, его зависимость от технологических параметров в контактном теплообменнике.	2
Итого за семестр:				**32**
5 семестр				
17	Массообменные процессы	Лабораторная работа № 5. Изучение массоотдачи в жидкой фазе.	Уравнение массоотдачи. Коэффициент массоотдачи, его экспериментальное определение. Расчет коэффициента массоотдачи с использованием критериев диффузионного подобия.	2
18	Массообменные процессы	Лабораторная работа № 5. Изучение массоотдачи в жидкой фазе.	Уравнение массоотдачи. Коэффициент массоотдачи, его экспериментальное определение. Расчет коэффициента массоотдачи с использованием критериев диффузионного подобия.	2
19	Массообменные процессы	Лабораторная работа № 6. Изучение процесса адсорбции на стационарном слое адсорбента.	Изучение зависимости коэффициента массопередачи от скорости газа. Расчет коэффициента массопередачи и коэффициента защитного действия слоя адсорбента по экспериментальным данным.	2

20	Массообменные процессы	Лабораторная работа № 6. Изучение процесса адсорбции на стационарном слое адсорбента.	Изучение зависимости коэффициента массопередачи от скорости газа. Расчет коэффициента массопередачи и коэффициента защитного действия слоя адсорбента по экспериментальным данным.	2
21	Массообменные процессы	Лабораторная работа № 6. Изучение процесса адсорбции на стационарном слое адсорбента.	Изучение зависимости коэффициента массопередачи от скорости газа. Расчет коэффициента массопередачи и коэффициента защитного действия слоя адсорбента по экспериментальным данным.	2
22	Массообменные процессы	Лабораторная работа № 6. Изучение процесса адсорбции на стационарном слое адсорбента.	Изучение зависимости коэффициента массопередачи от скорости газа. Расчет коэффициента массопередачи и коэффициента защитного действия слоя адсорбента по экспериментальным данным.	2
23	Массообменные процессы	Лабораторная работа № 7. Ректификация бинарной смеси.	Равновесие в системе жидкость-пар. Флегмовое число. Число теоретических тарелок. Конструкции контактных устройств.	2
24	Массообменные процессы	Лабораторная работа № 7. Ректификация бинарной смеси.	Равновесие в системе жидкость-пар. Флегмовое число. Число теоретических тарелок. Конструкции контактных устройств.	2
Итого за семестр:				**16**
Итого:				**48**

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**
4 семестр				
1	Основы гидравлики и гидромеханические процессы	Системы единиц измерения.	Системы единиц измерения СИ, СГС, МКГСС. Переводные множители в систему СИ для основных расчетных величин. Внесистемные единицы измерения основных расчетных величин.	2
2	Основы гидравлики и гидромеханические процессы	Гидростатика.	Расчет гидростатического давления на дно и стенки сосуда.	2
3	Основы гидравлики и гидромеханические процессы	Гидродинамика.	Определение режима течения жидкости. Критерий Рейнольдса. Понятие эквивалентного диаметра для поперечных сечений потока некруглой формы. Объемный и массовый расход жидкости. Скорость потока.	2
4	Основы гидравлики и гидромеханические процессы	Гидродинамика (продолжение).	Расчет сопротивления гидравлической сети. Подбор насоса. Определение оптимального диаметра трубопровода.	2

5	Основы гидравлики и гидромеханические процессы	Гидродинамика псевдоожиженного слоя.	Расчет скорости псевдоожижения сыпучих материалов.	2
6	Основы теплопередачи	Тепловые балансы процессов теплообмена.	Тепловые балансы процессов теплообмена без фазовых превращений. Теплота процессов нагрева и охлаждения. Средние температуры теплоносителей. Тепловые балансы процессов теплообмена с фазовыми превращениями. Теплота процессов испарения и конденсации. Удельная теплота фазового перехода.	2
7	Основы теплопередачи	Теплопередача.	Расчет коэффициентов теплоотдачи и теплопередачи.	2
8	Основы теплопередачи	Расчет кожухотрубчатого теплообменника.	Определение среднего температурного напора для различных схем взаимного движения теплоносителей. Ориентировочные значения коэффициентов теплопередачи. Расчет поверхности теплообмена.	2
9	Основы теплопередачи	Расчет кожухотрубчатого теплообменника (продолжение).	Поверочный расчет теплообменника.	2
			Итого за семестр:	**18**
5 семестр				
10	Массообменные процессы	Теоретические основы массообменных процессов.	Расчет движущей силы и определение направления массообменного процесса.	2
11	Массообменные процессы	Расчет абсорбера.	Определение средней движущей силы процесса.	2
12	Массообменные процессы	Расчет абсорбера (продолжение)	Расчет диаметра и высоты абсорбера.	2
13	Массообменные процессы	Ректификация.	Материальный баланс процесса.	2
14	Массообменные процессы	Ректификация (продолжение).	Расчет температуры и давления по высоте колонны.	2
15	Массообменные процессы	Ректификация (продолжение).	Расчет диаметра и высоты ректификационной колонны.	2
16	Массообменные процессы	Сушка.	Диаграмма состояния влажного воздуха (Л.К. Рамзина) и определение параметров воздуха по диаграмме.	2
			Итого за семестр:	**14**
			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 гидравлики и гидромеханические процессы	Подготовка к участию в собеседовании (отчету по лабораторной работе № 1).	Гидравлические сопротивления трубопроводов. Характеристика гидравлической сети. Устройство и принцип действия центробежных насосов. Законы пропорциональности центробежных насосов.	1
Основы гидравлики и гидромеханические процессы	Подготовка к участию в собеседовании (отчету по лабораторной работе № 2).	Гидродинамика зернистых слоев в условиях псевдоожижения и пневмотранспорта.	1
Основы гидравлики и гидромеханические процессы	Подготовка к коллоквиуму	Дидактические единицы соответствуют дидактическим единицам лекций в 4 семестре по данному разделу.	6
Основы теплопередачи	Подготовка к участию в собеседовании (отчету по лабораторной работе № 3).	Процесс теплопередачи в теплообменнике типа «труба в трубе». Методика расчета коэффициентов теплоотдачи и теплопередачи.	1
Основы теплопередачи	Подготовка к участию в собеседовании (отчету по лабораторной работе № 4).	Утилизация низкотемпературных вторичных энергетических ресурсов. Скрубберный процесс.	1
Основы теплопередачи	Подготовка к коллоквиуму	Дидактические единицы соответствуют дидактическим единицам лекций в 4 семестре по данному разделу.	3
		Итого за семестр:	**13**
5 семестр			
Основы теплопередачи	Выполнение курсового проекта	Методика проектных расчетов теплообменных аппаратов.	3
Массообменные процессы	Подготовка к участию в собеседовании (отчету по лабораторной работе № 5).	Массоотдача. Критерии диффузионного подобия. Методика расчета коэффициента массоотдачи в жидкой фазе.	1

Массообменные процессы	Подготовка к участию в собеседовании (отчету по лабораторной работе № 6).	Адсорбенты природные и синтетические. Цеолиты. Иониты. Селективные свойства адсорбентов. Требования к промышленным адсорбентам. Понятие статической и динамической активности (емкости) адсорбента.	1
Массообменные процессы	Подготовка к участию в собеседовании (отчету по лабораторной работе № 7).	Периодическая ректификация в аппаратах насадочного и тарельчатого типа. Методика расчета периодической ректификации.	1
Массообменные процессы	Подготовка к коллоквиуму	Дидактические единицы соответствуют дидактическим единицам лекций в 5 семестре по данному разделу.	2
Механические процессы	Подготовка к коллоквиуму	Дидактические единицы соответствуют дидактическим единицам лекций в 5 семестре по данному разделу.	1
		Итого за семестр:	**9**
		Итого:	**22**

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	Касаткин, А.Г. Основные процессы и аппараты химической технологии : Учеб. / А. Г. Касаткин .- 13-е изд.,стер.-Перепеч.с 9-го изд.1973 г..- М., Альянс, 2006.- 750 с.	Книжный фонд
2	Луканин, А.В. Инженерная биотехнология : процессы и аппараты микробиологических производств: учеб. пособие / А. В. Луканин.- М., Инфра-М, 2022.- 450 с.	Книжный фонд
3	Основные процессы и аппараты химической технологии : пособие по проектированию: учеб. пособие / под ред. Ю. И. Дытнерского .- 5-е изд., стер.; Перепеч. с изд.1991 г..- М., АльянС, 2010.- 493 с.	Книжный фонд
4	Павлов, К.Ф. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии : Учеб.пособие / К. Ф. Павлов, П. Г. Романков, А. А. Носков .- 14-е изд.,стер.-Перепеч.с изд.1987 г..- М., Альянс, 2007.- 575 с.	Книжный фонд
5	Плаксин, Ю.М. Процессы и аппараты пищевых производств : Учеб. / Ю. М. Плаксин, Н. Н. Малахов, В. А. Ларин .- 2-е изд.,перераб.и доп..- М., КолосС, 2006.- 759 с.	Книжный фонд
Дополнительная литература		

6	Журавлева, Л.М. Расчет конденсатора : Учеб.-метод.пособие / Л. М. Журавлева, А. М. Чемерисова; Самар.гос.техн.ун-т.- Самара, 1999.- 57 с.	Книжный фонд
7	Измайлов, В.Д. Расчет теплообменных аппаратов : Учеб.пособие / В. Д. Измайлов, В. В. Филиппов; Самар.гос.техн.ун-т.- Самара, 2006.- 108 с.	Книжный фонд
8	Кретов, И.Т. Инженерные расчеты технологического оборудования предприятий бродильной промышленности : учеб.пособие / И. Т. Кретов, С. Т. Антипов, С. В. Шахов.- М, КолосС, 2006.- 391 с.	Книжный фонд
9	Основные процессы и аппараты пищевых производств : учеб.-методич.пособие / Самар.гос.техн.ун-т, Химическая технология и промышленная экология; сост. Л. М. Журавлёва.- Самара, 2010.- 82 с..- Режим доступа: https://elib.samgtu.ru/getinfo?uid=els_samgtu||elib||252	Электронный ресурс
10	Процессы и аппараты пищевых производств : тесты для самостоят.контроля знаний / Самар.гос.техн.ун-т, Химическая технология и промышленная экология; сост.: Л. М. Журавлева, А. Ю. Чуркина.- Самара, 2012.- 73 с..- Режим доступа: https://elib.samgtu.ru/getinfo?uid=els_samgtu||elib||1916	Электронный ресурс
11	Расчет кипятильника ректификационной колонны : учеб.пособие / Самар.гос.техн.ун-т, Химическая технология и промышленная экология; сост. Л. М. Журавлева.- Самара, 2014.- 70 с..- Режим доступа: https://elib.samgtu.ru/getinfo?uid=els_samgtu||elib||965	Электронный ресурс
12	Расчет теплообменных аппаратов пищевых производств : учеб.-метод.пособие / Самар.гос.техн.ун-т, Химическая технология и промышленная экология; сост.: Л. М. Журавлёва, Н. Е. Чернышова.- Самара, 2013.- 183 с..- Режим доступа: https://elib.samgtu.ru/getinfo?uid=els_samgtu||elib||1915	Электронный ресурс
Учебно-методическое обеспечение		
13	Изучение массоотдачи в жидкой фазе : метод. указания / Самар.гос.техн.ун-т, Химическая технология и промышленная экология; сост. В. В. Филиппов.- Самара, 2014.- 23 с..- Режим доступа: https://elib.samgtu.ru/getinfo?uid=els_samgtu||elib||2216	Электронный ресурс
14	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
15	ИХ-290 Исследование процесса утилизации низкотемпературных ВЭР (вторичных энергоресурсов) : метод.указания к лаборатор. работе / сост.: Н. В. Финаева, В. Д. Измайлов; Самар.гос.техн.ун-т, Хим. технология и пром. экология.- Самара, Самар. гос. техн. ун-т, 2005.- 29 с.	Книжный фонд
16	Филиппов, В.В. Гидравлическое сопротивление сети. Центробежный насос : методические указания к лабораторной работе / В. В. Филиппов, А. Ю. Чуркина; Самарский государственный технический университет, Химическая технология и промышленная экология .- 3-е изд., испр. и доп..- Самара, 2023.- 19 с..- Режим доступа: https://elib.samgtu.ru/getinfo?uid=els_samgtu||elib||5734	Электронный ресурс

17	Филиппов, В.В. Изучение процесса теплообмена в теплообменнике «труба в трубе» : методические указания к лабораторной работе по курсу «Процессы и аппараты химических производств» / В. В. Филиппов; Самарский государственный технический университет, Химическая технология и промышленная экология .- 3-е изд., испр. и доп..- Самара, 2023.- 20 с..- Режим доступа: https://elib.samgtu.ru/getinfo?uid=els_samgtu||elib||5733	Электронный ресурс
18	Филиппов, В.В. Определение некоторых параметров работы пневмотранспорта : методические указания к лабораторной работе / В. В. Филиппов; Самарский государственный технический университет, Химическая технология и промышленная экология .- 3-е изд., испр. и доп..- Самара, 2023.- 20 с..- Режим доступа: https://elib.samgtu.ru/getinfo?uid=els_samgtu||elib||5732	Электронный ресурс
19	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	Консультант плюс	http://www.consultant.ru	Ресурсы открытого доступа
2	РОСПАТЕНТ	http://www1.fips.ru/wps/wcm/connect/content_ru/ru	Ресурсы открытого доступа
3	Сайты научно – технической библиотеки ФГБОУ СамГТУ	http://lib.sumgtu.ru/	Ресурсы открытого доступа

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

Лекционные занятия

- 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 массообмена».

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

- комплексная учебная лаборатория кафедры «Химическая технология и промышленная экология», оборудованная учебной мебелью (столы, стулья для обучающихся, столы, стулья для преподавателя), оснащенная вытяжными шкафами, лабораторными стендами (установками) «Ректификация бинарной смеси», «Ректификационная колонна», "Адсорбция на стационарном слое адсорбента", «Гидравлические сопротивления сети», «Гидросопротивление насадочной колонны», «Скруббер», «Массоотдача в жидкой фазе», «Пневмотранспорт», агрегатом отопительным (теплообменник типа «труба в трубе»), компьютерами, электронными приборами для фиксации экспериментальных данных.

Самостоятельная работа

- помещения для самостоятельной работы студентов, оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и доступом к электронной информационно-образовательной среде СамГТУ: читальный зал НТБ СамГТУ (ауд. 200 корпус № 8; ауд. 125 корпус № 1; ауд. 41, 31, 34, 35 Главный корпус библиотеки; ауд. 83а, 414, 416, 0209 АСА СамГТУ; ауд. 401 корпус №10).

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 завершенной. 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 биотехнологии»

Фонд оценочных средств
по дисциплине
Б1.О.03.07 «Процессы и аппараты биотехнологии»

Код и направление подготовки (специальность)	19.03.01 Биотехнология
Направленность (профиль)	Биоинженерия и промышленная экология
Квалификация	Бакалавр
Форма обучения	Очная
Год начала подготовки	2025
Институт / факультет	Институт нефтегазовых технологий
Выпускающая кафедра	кафедра "Химическая технология и промышленная экология"
Кафедра-разработчик	кафедра "Химическая технология и промышленная экология"
Объем дисциплины, ч. / з.е.	216 / 6
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			
Общеинженерные и технологические навыки	ОПК-4 Способен проектировать отдельные элементы технических и технологических систем, технических объектов, технологических процессов биотехнологического производства на основе применения базовых инженерных и технологических знаний	ОПК-4.1 Знает способы проектирования отдельных элементов технических и технологических систем, технических объектов, технологических процессов биотехнологического производства на основе применения базовых инженерных и технологических знаний	Владеть навыками работы со справочной и технической литературой, нормативными документами, использования методик проектирования гидравлических сетей, аппаратов биотехнологического производства, подбора типового оборудования, отдельных элементов аппаратов
			Знать общие теоретические закономерности процессов переноса импульса, массы, энергии
			Уметь работать со справочной и технической литературой, нормативными документами, выполнять технологический расчет гидравлических сетей, аппаратов биотехнологического производства, производить подбор типового оборудования, отдельных элементов аппаратов
		ОПК-4.2 Применяет способы проектирования отдельных элементов технических и технологических систем, технических объектов, технологических процессов биотехнологического производства на основе применения базовых инженерных и технологических знаний	Владеть навыками применения основных методик проектирования гидравлических сетей, аппаратов биотехнологического производства

			Знать основные методики проектирования гидравлических сетей, аппаратов биотехнологического производства
			Уметь применять основные методики проектирования гидравлических сетей, аппаратов биотехнологического производства
Использование инструментов и оборудования	ОПК-5 Способен эксплуатировать технологическое оборудование, выполнять технологические операции, управлять биотехнологическими процессами, контролировать количественные и качественные показатели получаемой продукции	ОПК-5.1 Способен эксплуатировать технологическое оборудование	Владеть навыками понимания технологических схем основных процессов биотехнологического производства, определения назначения аппаратов, включенных в технологическую схему
			Знать технологические схемы основных процессов биотехнологического производства, конструкции типовых гидравлических машин, аппаратов, назначение аппаратов, включенных в технологическую схему
			Уметь понимать технологические схемы основных процессов биотехнологического производства, определять назначение аппаратов, включенных в технологическую схему
		ОПК-5.2 Выполняет технологические операции и управляет биотехнологическими процессами	Владеть навыками применения методов проведения экспериментов и наблюдений при изучении процессов биотехнологического производства
			Знать методы проведения экспериментов и наблюдений при изучении процессов биотехнологического производства

			Уметь применять методы проведения экспериментов и наблюдений при изучении процессов биотехнологического производства
		ОПК-5.3 Умеет контролировать количественные и качественные показатели получаемой продукции	

Матрица соответствия оценочных средств запланированным результатам обучения

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты обучения (знания, умения, владения)	Оценочные средства	Текущий контроль успеваемости	Промежуточная аттестация
Основы гидравлики и гидромеханические процессы				
ОПК-4.1 Знает способы проектирования отдельных элементов технических и технологических систем, технических объектов, технологических процессов биотехнологического производства на основе применения базовых инженерных и технологических знаний	**Знать** общие теоретические закономерности процессов переноса импульса, массы, энергии	Собеседование	Да	Да
		Коллоквиум	Да	Да
	Уметь работать со справочной и технической литературой, нормативными документами, выполнять технологический расчет гидравлических сетей, аппаратов биотехнологического производства, производить подбор типового оборудования, отдельных элементов аппаратов	Собеседование	Да	Да
		Коллоквиум	Да	Да
	Владеть навыками работы со справочной и технической литературой, нормативными документами, использования методик проектирования гидравлических сетей, аппаратов биотехнологического производства, подбора типового оборудования, отдельных элементов аппаратов	Собеседование	Да	Да
		Коллоквиум	Да	Да
ОПК-4.2 Применяет способы проектирования отдельных элементов технических и технологических систем, технических объектов, технологических процессов биотехнологического производства на основе применения базовых инженерных и технологических знаний	**Знать** основные методики проектирования гидравлических сетей, аппаратов биотехнологического производства	Собеседование	Да	Да
		Коллоквиум	Да	Да
	Уметь применять основные методики проектирования гидравлических сетей, аппаратов биотехнологического производства	Собеседование	Да	Да
		Коллоквиум	Да	Да
	Владеть навыками применения основных методик проектирования гидравлических сетей, аппаратов биотехнологического производства	Собеседование	Да	Да
		Коллоквиум	Да	Да
ОПК-5.1 Способен эксплуатировать технологическое оборудование	**Знать** технологические схемы основных процессов биотехнологического производства, конструкции типовых гидравлических машин, аппаратов, назначение аппаратов, включенных в технологическую схему	Собеседование	Да	Да
		Коллоквиум	Да	Да
	Уметь понимать технологические схемы основных процессов биотехнологического производства, определять назначение аппаратов, включенных в технологиче-	Собеседование	Да	Да
		Коллоквиум	Да	Да

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты обучения (знания, умения, владения)	Оценочные средства	Текущий контроль успеваемости	Промежуточная аттестация
	скую схему			
	Владеть навыками понимания технологических схем основных процессов биотехнологического производства, определения назначения аппаратов, включенных в технологическую схему	Собеседование	Да	Да
		Коллоквиум	Да	Да
ОПК-5.2 Выполняет технологические операции и управляет биотехнологическими процессами	**Знать** методы проведения экспериментов и наблюдений при изучении процессов биотехнологического производства	Собеседование	Да	Да
	Уметь применять методы проведения экспериментов и наблюдений при изучении процессов биотехнологического производства	Собеседование	Да	Да
	Владеть навыками применения методов проведения экспериментов и наблюдений при изучении процессов биотехнологического производства	Собеседование	Да	Да
ОПК-5.3 Умеет контролировать количественные и качественные показателей получаемой продукции	**Знать** методы проведения экспериментов и наблюдений при изучении процессов биотехнологического производства	Собеседование	Да	Да
	Уметь применять методы проведения экспериментов и наблюдений при изучении процессов биотехнологического производства	Собеседование	Да	Да
	Владеть навыками применения методов проведения экспериментов и наблюдений при изучении процессов биотехнологического производства	Собеседование	Да	Да
Основы теплопередачи				
ОПК-4.1 Знает способы проектирования отдельных элементов технических и технологических систем, технических объектов, технологических процессов биотехнологического производства на основе применения базовых инженерных и технологических знаний	**Знать** общие теоретические закономерности процессов переноса импульса, массы, энергии	Собеседование	Да	Да
		Курсовой проект	Нет	Да
		Коллоквиум	Да	Да
	Уметь работать со справочной и технической литературой, нормативными документами, выполнять технологический расчет гидравлических сетей, аппаратов биотехнологического производства, производить подбор типового оборудования, отдельных элементов аппаратов	Собеседование	Да	Да
		Курсовой проект	Нет	Да
		Коллоквиум	Да	Да
	Владеть навыками работы со	Собеседование	Да	Да

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты обучения (знания, умения, владения)	Оценочные средства	Текущий контроль успеваемости	Промежуточная аттестация
	справочной и технической литературой, нормативными документами, использования методик проектирования гидравлических сетей, аппаратов биотехнологического производства, подбора типового оборудования, отдельных элементов аппаратов	Курсовой проект	Нет	Да
		Коллоквиум	Да	Да
ОПК-4.2 Применяет способы проектирования отдельных элементов технических и технологических систем, технических объектов, технологических процессов биотехнологического производства на основе применения базовых инженерных и технологических знаний	**Знать** основные методики проектирования гидравлических сетей, аппаратов биотехнологического производства	Собеседование	Да	Да
		Курсовой проект	Нет	Да
		Коллоквиум	Да	Да
	Уметь применять основные методики проектирования гидравлических сетей, аппаратов биотехнологического производства	Собеседование	Да	Да
		Курсовой проект	Нет	Да
		Коллоквиум	Да	Да
	Владеть навыками применения основных методик проектирования гидравлических сетей, аппаратов биотехнологического производства	Собеседование	Да	Да
		Курсовой проект	Нет	Да
		Коллоквиум	Да	Да
ОПК-5.1 Способен эксплуатировать технологическое оборудование	**Знать** технологические схемы основных процессов биотехнологического производства, конструкции типовых гидравлических машин, аппаратов, назначение аппаратов, включенных в технологическую схему	Собеседование	Да	Да
		Курсовой проект	Нет	Да
		Коллоквиум	Да	Да
	Уметь понимать технологические схемы основных процессов биотехнологического производства, определять назначение аппаратов, включенных в технологическую схему	Собеседование	Да	Да
		Курсовой проект	Нет	Да
		Коллоквиум	Да	Да
	Владеть навыками понимания технологических схем основных процессов биотехнологического производства, определения назначения аппаратов, включенных в технологическую схему	Собеседование	Да	Да
		Курсовой проект	Нет	Да
		Коллоквиум	Да	Да
ОПК-5.2 Выполняет технологические операции и управляет биотехнологическими процессами	**Знать** методы проведения экспериментов и наблюдений при изучении процессов биотехнологического производства	Собеседование	Да	Да
	Уметь применять методы проведения экспериментов и наблюдений при изучении процессов биотехнологического производства	Собеседование	Да	Да

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты обучения (знания, умения, владения)	Оценочные средства	Текущий контроль успеваемости	Промежуточная аттестация
	Владеть навыками применения методов проведения экспериментов и наблюдений при изучении процессов биотехнологического производства	Собеседование	Да	Да
ОПК-5.3 Умеет контролировать количественные и качественные показателей получаемой продукции	**Знать** методы проведения экспериментов и наблюдений при изучении процессов биотехнологического производства	Собеседование	Да	Да
	Уметь применять методы проведения экспериментов и наблюдений при изучении процессов биотехнологического производства	Собеседование	Да	Да
	Владеть навыками применения методов проведения экспериментов и наблюдений при изучении процессов биотехнологического производства	Собеседование	Да	Да
Массообменные процессы				
ОПК-4.1 Знает способы проектирования отдельных элементов технических и технологических систем, технических объектов, технологических процессов биотехнологического производства на основе применения базовых инженерных и технологических знаний	**Знать** общие теоретические закономерности процессов переноса импульса, массы, энергии	Собеседование	Да	Да
		Коллоквиум	Да	Да
		Экзамен	Нет	Да
	Уметь работать со справочной и технической литературой, нормативными документами, выполнять технологический расчет гидравлических сетей, аппаратов биотехнологического производства, производить подбор типового оборудования, отдельных элементов аппаратов	Собеседование	Да	Да
		Коллоквиум	Да	Да
		Экзамен	Нет	Да
	Владеть навыками работы со справочной и технической литературой, нормативными документами, использования методик проектирования гидравлических сетей, аппаратов биотехнологического производства, подбора типового оборудования, отдельных элементов аппаратов	Собеседование	Да	Да
		Коллоквиум	Да	Да
		Экзамен	Нет	Да
ОПК-4.2 Применяет способы проектирования отдельных элементов технических и технологических систем, технических объектов, технологических процессов биотехнологического произ-	**Знать** основные методики проектирования гидравлических сетей, аппаратов биотехнологического производства	Собеседование	Да	Да
		Коллоквиум	Да	Да
		Экзамен	Нет	Да
	Уметь применять основные методики проектирования гидравлических сетей, аппаратов биотехнологического производства	Собеседование	Да	Да
		Коллоквиум	Да	Да
		Экзамен	Нет	Да

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты обучения (знания, умения, владения)	Оценочные средства	Текущий контроль успеваемости	Промежуточная аттестация
водства на основе применения базовых инженерных и технологических знаний	**Владеть** навыками применения основных методик проектирования гидравлических сетей, аппаратов биотехнологического производства	Собеседование	Да	Да
		Коллоквиум	Да	Да
		Экзамен	Нет	Да
ОПК-5.1 Способен эксплуатировать технологическое оборудование	**Знать** технологические схемы основных процессов биотехнологического производства, конструкции типовых гидравлических машин, аппаратов, назначение аппаратов, включенных в технологическую схему	Собеседование	Да	Да
		Коллоквиум	Да	Да
		Экзамен	Нет	Да
	Уметь понимать технологические схемы основных процессов биотехнологического производства, определять назначение аппаратов, включенных в технологическую схему	Собеседование	Да	Да
		Коллоквиум	Да	Да
		Экзамен	Нет	Да
	Владеть навыками понимания технологических схем основных процессов биотехнологического производства, определения назначения аппаратов, включенных в технологическую схему	Собеседование	Да	Да
		Коллоквиум	Да	Да
		Экзамен	Нет	Да
ОПК-5.2 Выполняет технологические операции и управляет биотехнологическими процессами	**Знать** методы проведения экспериментов и наблюдений при изучении процессов биотехнологического производства	Собеседование	Да	Да
	Уметь применять методы проведения экспериментов и наблюдений при изучении процессов биотехнологического производства	Собеседование	Да	Да
	Владеть навыками применения методов проведения экспериментов и наблюдений при изучении процессов биотехнологического производства	Собеседование	Да	Да
ОПК-5.3 Умеет контролировать количественные и качественные показателей получаемой продукции	**Знать** методы проведения экспериментов и наблюдений при изучении процессов биотехнологического производства	Собеседование	Да	Да
	Уметь применять методы проведения экспериментов и наблюдений при изучении процессов биотехнологического производства	Собеседование	Да	Да
	Владеть навыками применения методов проведения экспери-	Собеседование	Да	Да

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты обучения (знания, умения, владения)	Оценочные средства	Текущий контроль успеваемости	Промежуточная аттестация
	ментов и наблюдений при изучении процессов биотехнологического производства			
Механические процессы				
ОПК-4.1 Знает способы проектирования отдельных элементов технических и технологических систем, технических объектов, технологических процессов биотехнологического производства на основе применения базовых инженерных и технологических знаний	**Знать** общие теоретические закономерности процессов переноса импульса, массы, энергии	Коллоквиум	Да	Да
		Экзамен	Нет	Да
	Уметь работать со справочной и технической литературой, нормативными документами, выполнять технологический расчет гидравлических сетей, аппаратов биотехнологического производства, производить подбор типового оборудования, отдельных элементов аппаратов	Коллоквиум	Да	Да
		Экзамен	Нет	Да
	Владеть навыками работы со справочной и технической литературой, нормативными документами, использования методик проектирования гидравлических сетей, аппаратов биотехнологического производства, подбора типового оборудования, отдельных элементов аппаратов	Коллоквиум	Да	Да
		Экзамен	Нет	Да
ОПК-4.2 Применяет способы проектирования отдельных элементов технических и технологических систем, технических объектов, технологических процессов биотехнологического производства на основе применения базовых инженерных и технологических знаний	**Знать** основные методики проектирования гидравлических сетей, аппаратов биотехнологического производства	Коллоквиум	Да	Да
		Экзамен	Нет	Да
	Уметь применять основные методики проектирования гидравлических сетей, аппаратов биотехнологического производства	Коллоквиум	Да	Да
		Экзамен	Нет	Да
	Владеть навыками применения основных методик проектирования гидравлических сетей, аппаратов биотехнологического производства	Коллоквиум	Да	Да
		Экзамен	Нет	Да
ОПК-5.1 Способен эксплуатировать технологическое оборудование	**Знать** технологические схемы основных процессов биотехнологического производства, конструкции типовых гидравлических машин, аппаратов, назначение аппаратов, включенных в технологическую схему	Коллоквиум	Да	Да
		Экзамен	Нет	Да
	Уметь понимать технологические схемы основных процессов биотехнологического производства, определять назначение аппара-	Коллоквиум	Да	Да
		Экзамен	Нет	Да

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты обучения (знания, умения, владения)	Оценочные средства	Текущий контроль успеваемости	Промежуточная аттестация
	тов, включенных в технологическую схему			
	Владеть навыками понимания технологических схем основных процессов биотехнологического производства, определения назначения аппаратов, включенных в технологическую схему	Коллоквиум	Да	Да
		Экзамен	Нет	Да
ОПК-5.2 Выполняет технологические операции и управляет биотехнологическими процессами	**Знать** методы проведения экспериментов и наблюдений при изучении процессов биотехнологического производства			
	Уметь применять методы проведения экспериментов и наблюдений при изучении процессов биотехнологического производства			
	Владеть навыками применения методов проведения экспериментов и наблюдений при изучении процессов биотехнологического производства			
ОПК-5.3 Умеет контролировать количественные и качественные показателей получаемой продукции	**Знать** методы проведения экспериментов и наблюдений при изучении процессов биотехнологического производства			
	Уметь применять методы проведения экспериментов и наблюдений при изучении процессов биотехнологического производства			
	Владеть навыками применения методов проведения экспериментов и наблюдений при изучении процессов биотехнологического производства			

ТИПОВЫЕ КОНТРОЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ ИЛИ ИНЫЕ МАТЕРИАЛЫ, НЕОБХОДИМЫЕ ДЛЯ ОЦЕНКИ ЗНАНИЙ, УМЕНИЙ, НАВЫКОВ И (ИЛИ) ОПЫТА ДЕЯТЕЛЬНОСТИ, ХАРАКТЕРИЗУЮЩИХ ПРОЦЕСС ФОРМИРОВАНИЯ КОМПЕТЕНЦИЙ В ХОДЕ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Перечень вопросов для собеседования – отчета по лабораторным работам (текущая аттестация, 4, 5 семестр)

Лабораторная работа № 1. Гидравлическое сопротивление сети. Центробежный насос

1. Цель работы, схема лабораторной установки, порядок выполнения работы.
2. Гидравлическая сеть, её состав. Арматура и её виды. Детали трубопровода.
3. Режимы движения жидкости. Критерий Рейнольдса и его физический смысл.
4. Геометрическая характеристика потоков некруглого сечения. Понятие эквивалентного диаметра, его расчёт для различных профилей.
5. Слагаемые потери энергии при движении жидкости по сети. Причины потерь энергии.
6. Потери энергии на трение. Параметры, влияющие на величину потерь на трение.
7. Влияние диаметра подводящего трубопровода на давление на приёме насоса. Кавитация. Кавитационный запас.
8. Характеристика гидравлической сети.
9. Основные параметры насосов.
10. Влияние числа оборотов рабочего колеса центробежного насоса на подачу, напор и потребляемую мощность. Законы пропорциональности.
11. Достоинства и недостатки центробежных насосов.
12. Правила пуска центробежного насоса.
13. Единицы измерения плотности, удельного веса, вязкости, расхода, давления. Соотношение между единицами измерения физических величин в различных системах.

Лабораторная работа № 2. Определение некоторых параметров работы пневмотранспорта

1. Виды пневмотранспорта. Применение пневмотранспорта в различных отраслях промышленности. Достоинства и недостатки пневмотранспорта.
2. Порозность слоя: понятие, расчет, предельные значения.
3. Влияние скорости воздуха на высоту и порозность слоя.
4. Критическая скорость псевдоожижения и уноса: понятие, расчет. Влияние физических свойств транспортирующей среды (транспортирующего агента) и частиц на скорость псевдоожижения.
5. Расчет общего гидравлического сопротивления пневмоствола. Как зависит потеря давления в пневмостволе от скорости транспортирующей среды?
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.
10. От каких факторов зависит производительность установок пневмотранспорта?
11. Физический смысл критериев гидродинамического подобия.

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

1. Цель работы, схема лабораторной установки, порядок проведения работы.
2. Способы распространения теплоты 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 процесса утилизации низкотемпературных ВЭР (вторичных энергоресурсов)

1. Цель работы, схема лабораторной установки, порядок проведения работы.
2. Особенности теплообмена при смешении теплоносителей.
3. Уравнение теплового баланса скруббера.
4. Основные характеристики насадки: свободный объем и удельная поверхность.
5. Коэффициент смачиваемости насадки.
6. Энтальпия (удельное количество теплоты) и плотность влажного воздуха.
7. Основное уравнение теплопередачи и его использование в инженерных расчетах.
8. Определение средней движущей силы процесса теплопередачи (средней разности температур между теплоносителями) для различных схем движения теплоносителей.
9. Физический смысл и расчет коэффициента теплопередачи (экспериментального и теоретического) в условиях скрубберного процесса.
10. Влияние расхода жидкости и газа на коэффициент теплопередачи в скруббере.
11. Критерии теплового подобия: их расчет и физический смысл.

Лабораторная работа № 5. 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 № 6. Изучение процесса адсорбции на стационарном слое адсорбента

1. Цель лабораторной работы, схема установки.

2. Основные термины и определения: адсорбент, адсорбтив, адсорбат.

3. Применение адсорбции в промышленности.

4. Основные характеристики адсорбентов: активность, размер пор, удельная поверхность.

5. Виды адсорбентов: активные угли, силикагели, цеолиты.

6. Способы получения адсорбентов. Сырьё для получения активных углей.

7. Равновесие при адсорбции. Изотермы адсорбции.

8. Динамическая и статическая активности.

9. Модель послойной отработки слоя адсорбента. Уравнение Шилова.

10. Параметры уравнения Шилова: коэффициент защитного действия, потеря времени защитного действия, высота зоны массопередачи, скорость движения зоны адсорбции.

Лабораторная работа № 7. Ректификация бинарной смеси

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.

Перечень вопросов для подготовки к коллоквиуму (текущая аттестация, 4 семестр)

1. Применение закона сохранения массы и законов термодинамики к процессам пищевой технологи.
2. Дифференциальные уравнение равновесия Эйлера. Основное уравнение гидростатики и его практические приложения.
3. Закон внутреннего трения Ньютона. Вязкость жидкостей и газов.
4. Характер движения реальных текучих сред. Распределение скоростей в поперечном сечении потока при ламинарном и турбулентном движении.
5. Гидравлические сопротивления в трубопроводах: сопротивление трения и местные сопротивления.
6. Определение оптимального диаметра трубопровода.
7. Основные характеристики зернистого слоя: порозность, удельная поверхность, эквивалентный диаметр каналов и частиц слоя. Расчет скорости псевдоожижения и скорости витания частиц слоя.
8. Классификация неоднородных систем и методы их разделения. Расчет скорости осаждения и производительности отстойника.
9. Конструкция отстойников: отстойник полунепрерывного действия с наклонными перегородками, одноярусный гребковый отстойник непрерывного действия, многоярусные отстойники.
10. Центробежное осаждение. Фактор разделения. Скорость осаждения.
11. Конструкции циклонов и центрифуг: циклон конструкции НИИОГаз, батарейный циклон, гидроциклон, центрифуга с пульсирующим поршнем для выгрузки осадка, жидкостные сепараторы.
12. Способы перемешивания: пневматическое, циркуляционное, статическое, механическое. Расчет мощности на механическое перемешивание.
13. Конструкции мешалок, их выбор и области применения.
14. Фильтрование. Основные уравнения фильтрования.
15. Конструкция фильтров: рукавный фильтр, рамный фильтр, нутч-фильтр, ленточный вакуум-фильтр.
16. Физическое моделирование. Теория подобия и ее основные принципы. Обобщенные (критериальные) уравнения.
17. Математическое моделирование. Принципы составления математических моделей процессов пищевой технологии.
18. Гидравлическое моделирование. Модели гидродинамической структуры потока: идеального смешения, идеального вытеснения, ячеечная, диффузионная, комбинированные. Кривые отклика и их использование.
19. Теплоносители и их характеристика. Теплопроводность. Уравнения теплопроводности плоских и цилиндрических стенок. Коэффициент теплопроводности газов и жидкостей.
20. Теплоотдача. Уравнение Ньютона. Расчет коэффициента теплоотдачи.
21. Механизм передачи теплоты конвекцией. Тепловой пограничный слой. Подобие тепловых процессов.
22. Особенности теплоотдачи при изменении агрегатного состояния теплоносителей. Конденсация паров: пленочная, капельная, смешанная. Кипение жидкостей: пузырьковый (ядерный) и пленочный режимы.
23. Основное уравнение теплопередачи. Расчет коэффициента теплопередачи и площади поверхности теплообмена. Расчет средней разности температур между теплоносителями (средней движущей силы процесса).
24. Конструкция теплообменных аппаратов: кожухотрубчатых, «труба в трубе», воздушного охлаждения, пластинчатых, спиральных, выпарных, с мешалкой с «рубашкой».

Во время коллоквиума студент должен ответить на два вопроса из разных разделов.

Перечень вопросов для подготовки к коллоквиуму (текущая аттестация, 5 семестр)

1. Уравнение массопередачи и его использование в инженерных расчетах.
2. Равновесие в массообменных процессах: правило фаз Гиббса, диаграммы фазового равновесия.
3. Материальный баланс массообменных процессов. Уравнение рабочей линии процесса. Определение направления массообменного процесса.
4. Молекулярная диффузия. Закон Фика. Коэффициент молекулярной диффузии.
5. Дифференциальное уравнение массообмена в движущейся среде (конвективного массообмена). Подобие массообменных процессов.
6. Уравнение массоотдачи. Расчет коэффициентов массоотдачи.
7. Расчет коэффициентов массопередачи.
8. Расчет средней движущей силы массообменных процессов.
9. Модифицированные уравнения массопередачи.
10. Абсорбция. Закон Генри. Влияние температуры и давления на растворимость газов в жидкости.
11. Уравнение рабочей линии абсорбции. Расчет расхода абсорбента.
12. Тепловой баланс абсорбции. Определение конечной температуры абсорбента.
13. Расчет диаметра и высоты абсорбера.
14. Конструкция, сравнительная характеристика и области применения абсорберов различных типов: поверхностных, пленочных, насадочных, барботажных.
15. Десорбция и методы ее проведения.
16. Адсорбция. Изотермы адсорбции. Промышленные адсорбенты и их характеристика.
17. Адсорбция в стационарном слое адсорбента.
18. Сравнительная характеристика, области применения и особенности расчета адсорберов различных типов:
19. Методы проведения регенерации адсорбентов.
20. Процессы перегонки и ректификации: назначение, теоретические основы, расчет основных размеров ректификационных колонн.
21. Конструкция основных типов баромембранных аппаратов: мембранный фильт-пресс, аппараты с трубчатыми и рулонными фильтрующими элементами, аппараты с полыми волокнами.
22. Области применения экстракции, физические основы процесса. Требования, предъявляемые к растворителю. Влияние температуры на процесс экстракции. Методы регенерации экстрагента. Треугольные диаграммы, их свойства. Кривая равновесия фаз жидкой тройной системы. Изображение рабочей линии экстракции на треугольной диаграмме.
23. Классификация методов проведения экстракции. Одноступенчатая экстракция: материальный баланс, определение состава фаз, расчет расхода экстрагента.
24. Классификация методов сушки. Виды связи влаги с материалом. Свойства влажного воздуха. Диаграмма Рамзина. Классификация методов сушки. Материальный и тепловой баланс сушки. Изображение процесса сушки на диаграмме Рамзина.
25. Способы и виды измельчения. Теории измельчения. Расход энергии на измельчение. Основные типы мельниц.
26. Сортирование и классификация твердых сыпучих материалов. Конструкция классификаторов.

Во время коллоквиума студент должен ответить на два вопроса: первый из вопросов 1 – 9, второй – из остальных вопросов.

Курсовой проект
(промежуточная аттестация, 5 семестр)

Примерная тематика курсового проекта:

- расчет конденсатора паров дистиллята ректификационной колонны;
- расчет кипятильника кубовой жидкости ректификационной колонны;
- расчет подогревателя сырья ректификационной колонны;
- расчет холодильника дистиллята ректификационной колонны.

Студентам выдается индивидуальное задание на курсовой проект, в котором предлагается выполнить проектный расчет теплообменного аппарата, позволяющего провести процесс теплопередачи в заданных условиях.

Обязательным элементом курсового проекта является расчетно-пояснительная записка, включающая следующие структурные части:

- титульный лист;
- содержание;
- введение;
- описание конструкции аппарата и обоснование его выбора;
- технологический расчет теплообменника;
- гидравлический расчет теплообменника;
- заключение (выводы);
- список использованных источников;
- задание на курсовой проект.

Графическая часть работы включает в себя выполненные на листах белой бумаги или «миллиметровки» формата А1 чертежи технологической схемы ректификационной установки и проектируемого теплообменника.

Введение должно содержать оценку актуальности выполнения курсового проекта на заданную тему, а также сформулированные цели и задачи курсового проекта.

Основная часть записки (технологический расчет, гидравлический расчет) должна быть разделена на разделы, подразделы, пункты. Данная часть курсового проекта включает в себя результаты выполненных расчетов, подбора оборудования.

Заключение должно содержать короткие обобщения (выводы) по работе в целом, которые подтверждают выполнения цели и решение задач курсового проекта конкретными данными.

В ***список использованных источников*** должна включаться техническая литература, справочники, нормативно-правовые материалы, Интернет-ресурсы, на которые в тексте есть ссылка.

Оформление пояснительной записки к курсовому проекту производится в соответствии с требованиями следующих нормативных документов:

1. ГОСТ 7.32-2017. Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Отчет о научно-исследовательской работе. Структура и правила оформления: межгосударственный стандарт: издание официальное. – М.: Стандартинформ, 2018. – 27 с.

2. ГОСТ 2.105-2019. Единая система конструкторской документации. Общие требования к текстовым документам: национальный стандарт Российской Федерации: издание официальное. – М.: Стандартинформ, 2021. – 33 с.

3. Р 50-77-88. Единая система конструкторской документации. Правила выполнения диаграмм: рекомендации. – М.: Издательство стандартов, 1989. – 10 с.

4. ГОСТ 2.321-84. Единая система конструкторской документации. Обозначения буквенные: межгосударственный стандарт: издание официальное. – М.: Стандартинформ, 2007. – 2 с.

5. ГОСТ Р 7.0.5-2008. Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Библиографическая ссылка. Общие требования и правила составления: национальный стандарт Российской Федерации: издание официальное. – М.: Стандартинформ, 2020. – 19 с.

Контроль выполнения курсового проекта осуществляется в форме консультаций, в том числе и посредством общения по электронной почте.

Руководитель курсового проекта проверяет расчетно-пояснительную записку к курсовому проекту, а именно, правильность выполненных расчетов и соответствие ее оформления нормативным требованиям. По результату проверки студент допускается к защите курсового проекта или не допускается, а расчетно-пояснительная записка ему возвращается на доработку.

Защита курсового проекта является одной из форм промежуточной аттестации по дисциплине «Процессы и аппараты биотехнологии» в 5 семестре. Она осуществляется руководителем курсового проекта в форме собеседования (устного опроса) по результатам выполнения курсового проекта.

Примерные вопросы к защите курсового проекта:

1. Назначение проектируемого аппарата (в контексте технологической схемы).
2. Дать определение теплопередачи.
3. Основное уравнение теплопередачи, его использование для инженерных расчетов.
4. Особенности определения среднего температурного напора в проектируемом аппарате.
5. От чего зависит гидравлическое сопротивление трубного и межтрубного пространства кожухотрубчатого теплообменника?
6. Чем обусловлен выбор горизонтального или вертикального расположения проектируемого аппарата?
7. Устройство, достоинства и недостатки кожухотрубчатого теплообменника.
8. Основные критерии ориентировочного подбора кожухотрубчатого теплообменника.
9. Поток какого вещества обычно подается в трубное пространство кожухотрубчатого теплообменника и почему?
10. Почему выбран аппарат без компенсации температурных напряжений?
11. Алгоритм расчета кожухотрубчатого теплообменника.
13. Для чего устанавливаются перегородки в трубном и межтрубном пространстве кожухотрубчатого теплообменника?
14. Чем ограничивается увеличение количества ходов в трубном пространстве кожухотрубчатого теплообменника?

Перечень вопросов для промежуточной аттестации (экзамен)
5 семестр

1. Уравнение массопередачи и его использование в инженерных расчетах.
2. Равновесие в массообменных процессах: правило фаз Гиббса, диаграммы фазового равновесия.
3. Материальный баланс массообменных процессов. Уравнение рабочей линии процесса. Определение направления массообменного процесса.
4. Молекулярная диффузия. Закон Фика. Коэффициент молекулярной диффузии.
5. Дифференциальное уравнение массообмена в движущейся среде (конвективного массообмена). Подобие массообменных процессов.
6. Уравнение массоотдачи. Расчет коэффициентов массоотдачи.
7. Расчет коэффициентов массопередачи.
8. Расчет средней движущей силы массообменных процессов.
9. Модифицированные уравнения массопередачи.
10. Абсорбция. Закон Генри. Влияние температуры и давления на растворимость газов в жидкости.
11. Уравнение рабочей линии абсорбции. Расчет расхода абсорбента.
12. Тепловой баланс абсорбции. Определение конечной температуры абсорбента.

13. Расчет диаметра и высоты абсорбера.

14. Конструкция, сравнительная характеристика и области применения абсорберов различных типов: поверхностных, пленочных, насадочных, барботажных.

15. Десорбция и методы ее проведения.

16. Адсорбция. Изотермы адсорбции. Промышленные адсорбенты и их характеристика.

17. Адсорбция в стационарном слое адсорбента. Уравнение Шилова

18. Сравнительная характеристика, области применения и особенности расчета адсорберов различных типов:

19. Методы проведения регенерации адсорбентов.

20. Процессы перегонки и ректификации: назначение, теоретические основы, расчет основных размеров ректификационных колонн.

21. Конструкция основных типов баромембранных аппаратов: мембранный фильтпресс, аппараты с трубчатыми и рулонными фильтрующими элементами, аппараты с полыми волокнами.

22. Области применения экстракции, физические основы процесса. Требования, предъявляемые к растворителю. Влияние температуры на процесс экстракции. Методы регенерации экстрагента. Треугольные диаграммы, их свойства. Кривая равновесия фаз жидкой тройной системы. Изображение рабочей линии экстракции на треугольной диаграмме.

23. Классификация методов проведения экстракции. Одноступенчатая экстракция: материальный баланс, определение состава фаз, расчет расхода экстрагента.

24. Классификация методов сушки. Виды связи влаги с материалом.

25. Свойства влажного воздуха. Диаграмма Рамзина.

26. Классификация методов сушки.

27. Материальный и тепловой баланс сушки. Изображение процесса сушки на диаграмме Рамзина.

28. Способы и виды измельчения. Теории измельчения. Расход энергии на измельчение. Основные типы мельниц.

29. Сортирование и классификация твердых сыпучих материалов. Конструкция классификаторов.

Далее представлены примерные варианты экзаменационных билетов 5 семестра.

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 биотехнологии»*

Направление _____ (шифр) Факультет _____ (наименование факультета) Семестр *5* (номер)

Профиль подготовки _____

1. Молекулярная диффузия. Закон Фика. Коэффициент молекулярной диффузии.

2. Материальный и тепловой баланс сушки. Изображение процесса сушки на диаграмме Рамзина

Составитель

_____

«____» _____ _____ года

Заведующий кафедрой

_____

«____» _____ _____ 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 _____ (шифр) Факультет _____ (наименование факультета) Семестр *6* (номер)

Профиль подготовки _____

1. Равновесие в массообменных процессах: правило фаз Гиббса, диаграммы фазового равновесия.

2. Адсорбция в стационарном слое адсорбента. Уравнение Шилова.

Составитель

_____

«____» _____ _____ года

Заведующий кафедрой

_____

«____» _____ _____ года

МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИЕ ПРОЦЕДУРЫ ОЦЕНИВАНИЯ ЗНАНИЙ, УМЕНИЙ, НАВЫКОВ И (ИЛИ) ОПЫТА ДЕЯТЕЛЬНОСТИ, ХАРАКТЕРИЗУЮЩИЕ ПРОЦЕСС ФОРМИРОВАНИЯ КОМПЕТЕНЦИЙ

При использовании накопительной системы оценки учебных достижений обучающихся преподаватель обязан учитывать результаты текущей успеваемости, отраженные в накопительной системе, при проведении промежуточной аттестации, а обучающиеся обязаны проходить все контрольные точки и выполнять в полном объеме рабочую программу дисциплины.

В накопительной системе используются оценки «неудовлетворительно» («2»), «удовлетворительно» («3»), «хорошо» («4»), «отлично» («5»). Успешному прохождению контрольной точки соответствуют оценки «удовлетворительно», «хорошо», «отлично»; неуспешному – оценка «неудовлетворительно». Обучающиеся, прошедшие все обозначенные в накопительной системе контрольные точки, имеют право на зачет результатов накопительной системы в качестве результатов промежуточной аттестации. Оценке «зачтено» соответствуют оценки «удовлетворительно», «хорошо», «отлично», оценке «не зачтено» – «неудовлетворительно».

Оценка, полученная по результатам накопительной системы, может являться итоговой оценкой за экзамен, если обучающийся согласен с данной оценкой.

Критерии оценивания результатов текущей и промежуточной аттестации:

- оценку «отлично» получает обучающийся, показавший всестороннее, систематическое и глубокое знание учебного материала, умение свободно выполнять задания, предусмотренные РПД, в том числе оформлять текстовые и графические документы;
- оценку «хорошо» заслуживает обучающийся, обнаруживший полное знание учебного материала, успешно выполнивший предусмотренные РПД задания, допускающий несущественные ошибки и недочеты при изложении материала и решении задач, в том числе при оформлении текстовых и графических документов;
- оценку «удовлетворительно» получает обучающийся, обнаруживший знание основного учебного материала в объеме, необходимом для дальнейшего обучения или предстоящей работы по профессии, справляющийся с выполнением заданий, предусмотренных РПД, допускающий грубые ошибки и недочеты при изложении материала и решении задач, в том числе при оформлении текстовых и графических документов;
- оценка «неудовлетворительно» выставляется обучающемуся, обнаружившему пробелы в знаниях основного учебного материала, допустившему принципиальные ошибки в выполнении заданий, предусмотренных РПД.

Схема и особенности проведения текущей и промежуточной аттестации по дисциплине представлены в таблицах 1 и 2.

Таблица 1 – **Текущая аттестация по дисциплине**

Номер контрольной точки	Вид и номер занятия	Оценочное средство	Удельный вес контрольной точки, %	Примечание
4 семестр				
1	Лабораторное занятие № 3	Собеседование	15	Максимальная выставляемая в АИС оценка «3», соответствующая оценкам «удовлетворительно», «хорошо» или «отлично». Обязательное условие (допуск к собеседованию) – присутствие на занятии и выполнение лабораторной работы, корректно и в полном объеме проведенная обработка результатов эксперимента, наличие письменного отчета по лабораторной работе
2	Лабораторное занятие № 6	Собеседование	15	
3	Лабораторное занятие № 8	Собеседование	15	
4	Лекция № 16	Коллоквиум	55	Максимальная выставляемая в АИС оценка «3», соответствующая оценкам «удовлетворительно», «хорошо» или «отлично»
Итого за семестр			**100**	
5 семестр				
1	Лабораторное занятие № 2	Собеседование	15	Максимальная выставляемая в АИС оценка «3», соответствующая оценкам «удовлетворительно», «хорошо» или «отлично». Обязательное условие (допуск к собеседованию) – присутствие на занятии и выполнение лабораторной работы, корректно и в полном объеме проведенная обработка результатов эксперимента, наличие письменного отчета по лабораторной работе
2	Лабораторное занятие № 3	Собеседование	15	
3	Лабораторное занятие № 4	Собеседование	15	
4	Лекция № 24	Коллоквиум	55	Выставляемые оценки «2», «3», «4», «5»
Итого за семестр			**100**	

Таблица 2 – **Промежуточная аттестация по дисциплине**

Семестр	Вид испытания	Срок проведения	Примечание
4	Зачет	Последнее учебное занятие	Выставляется при успешном прохождении всех контрольных точек
5	Экзамен	В сессию в соответствии с расписанием	При успешном прохождении всех контрольных точек оценка, полученная по результатам накопительной системы, может являться итоговой оценкой за экзамен, если обучающийся согласен с данной оценкой
	Защита курсового проекта	До конца сессии в дни защиты, установленные руководителем проекта	Обязательное условие (допуск к защите) – наличие пояснительной записки и графической части, предварительно проверенной руководителем проекта на соответствие заданию и требованиям к оформлению, на корректность выполненных расчетов и подбора аппаратов. Защиту проекта принимает его руководитель, комиссия не формируется