

Учреждение образования
«Белорусский государственный технологический университет»

УТВЕРЖДАЮ

Проректор

по учебной работе БГТУ

_____ А. А. Сакович

Регистрационный № УД - ____/_уч

Процессы и аппараты химической технологии

Учебная программа учреждения высшего образования

по учебной дисциплине для специальностей

1–48 02 01 Биотехнология;

1–48 02 02 Технология лекарственных препаратов

2023 г.

Учебная программа составлена на основе образовательных стандартов ОСВО 1-48 02 01-2021, ОСВО 1-48 02 02-2021, утвержденных и введенных в действие 26.01.2022, постановлением № 14; и учебных планов: рег. № 48 – 1 – 011/пр.-уч, утвержден 30.06.2021; рег. № 48 – 1 – 012/пр.-уч, утвержден 30.06.2021, рег. № 48 – 1 – 018/ЗФ/пр.-уч, утвержден 25.04.2022.

СОСТАВИТЕЛИ:

В.В. Кузьмин, доцент кафедры процессов и аппаратов химических производств учреждения образования «Белорусский государственный технологический университет», кандидат технических наук, доцент;

А.И. Вилькоцкий, доцент кафедры процессов и аппаратов химических производств учреждения образования «Белорусский государственный технологический университет», кандидат технических наук, доцент;

Н. П. Саевич, доцент кафедры процессов и аппаратов химических производств учреждения образования «Белорусский государственный технологический университет», кандидат технических наук.

РЕЦЕНЗЕНТЫ:

В. А. Бирюк, заведующий кафедрой промышленной безопасности учреждения образования «Университет гражданской защиты МЧС Беларуси», кандидат технических наук, доцент;

В.С. Францкевич, заведующий кафедрой машин и аппаратов химических и силикатных производств учреждения образования «Белорусский государственный технологический университет», кандидат технических наук, доцент.

РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:

Кафедрой процессов и аппаратов химических производств учреждения образования «Белорусский государственный технологический университет», (протокол № 9 от 29 мая 2023 г.);

Методической комиссией факультета химической технологии и техники учреждения образования «Белорусский государственный технологический университет» (протокол № 8 от 28.06. 2023 г.);

Методической комиссией факультета заочного образования учреждения образования «Белорусский государственный технологический университет» (протокол № 10 от 26.06. 2023 г.);

Научно-методическим советом учреждения образования «Белорусский государственный технологический университет» (протокол № 8 от 30.06. 2023 г.)

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Цель преподавания дисциплины и ее задачи

Цель дисциплины – подготовка инженеров-химиков-технологов для последующей успешной профессиональной деятельности за счет приобретения знаний в области основных, наиболее типовых процессов и аппаратов химической технологии. Эти знания в первую очередь необходимы для понимания и решения вопросов технологического характера.

Задачи учебной дисциплины:

– приобретение знаний в области теории типовых процессов и аппаратов химической технологии, основ методик их расчета, анализа и моделирования, в том числе при синтезе технических, инженерных и экономических задач;

– получение и формирование первичных навыков решения конкретных прикладных задач в области процессов и аппаратов химической технологии, а также формирование навыков технологического проектирования аппаратов и установок;

– изучение теоретических и прикладных принципов, освещающих устройство, методы расчетов и исследований химико-технологических аппаратов и установок;

– овладение методами расчетов, проектирования, анализа, исследований и усовершенствования процессов и аппаратов химической технологии;

– приобретение первичных навыков по управлению процессами, аппаратами и установками химической технологии.

Вышеперечисленные цели и задачи дисциплины реализуются на лекциях, практических и лабораторных занятиях. Завершающей стадией изучения дисциплины является выполнение курсового проекта. Оно преследует цель закрепить у студентов полученные знания по практическому расчету и технологическому проектированию аппаратов и установок.

Место учебной дисциплины в системе подготовки специалиста с высшим образованием, ее связи с другими учебными дисциплинами

Дисциплина «Процессы и аппараты химической технологии», изучаемая при подготовке инженеров-химиков-технологов, по своему содержанию является специальной. По сущности для студентов специальностей 1–48 02 01 «Биотехнология» и 1–48 02 02 «Технология лекарственных препаратов» данная дисциплина является фундаментальной общеинженерной. Она дает возможность приобрести знания о теоретических основах химической технологии, типовых химико-технологических процессах и аппаратах, основах методов их расчета и моделирования. Теоретические и практические основы дисциплины связаны с анализом, математическим описанием различных явлений, решением прикладных задач, расчетом и моделированием процессов и аппаратов химической технологии.

Для овладения дисциплиной «Процессы и аппараты химической технологии» необходимы знания таких дисциплин, как «Высшая математика», «Физика», «Теоретические основы химии», «Неорганическая химия», «Органическая химия», «Прикладная механика», «Информатика и компьютерная графика», «Инженерная и машинная графика».

При последующем обучении студентов материалы дисциплины «Процессы и аппараты химической технологии» будут востребованы при изучении дисциплин «Оборудование и проектирование предприятий биотехнологических производств», «Оборудование и проектирование предприятий фармацевтической промышленности», а также других дисциплин специализаций. Кроме того знания процессов и аппаратов химической технологии необходимы при прохождении производственной технологической и преддипломной практики, при сдаче государственного экзамена по специальности, при анализе и разработке технологических вопросов в дипломных проектах (работах) и их защите.

Требования к усвоению учебной дисциплины

В результате изучения дисциплины «Процессы и аппараты химической технологии» формируется следующая базовая профессиональная компетенция:

– БПК-8. Организовать технологическую последовательность переработки сырья и получения готового продукта

В результате изучения дисциплины «Процессы и аппараты химической технологии» студент должен:

знать:

– теоретические основы и назначение важнейших технологических процессов, используемых в химической и смежных с ней отраслях промышленности;

– устройство и принципы работы основных аппаратов и установок для проведения химических технологических процессов;

– современные технологии и аппараты для осуществления химико-технологических процессов;

– основные методы моделирования, расчета и оптимизации процессов и аппаратов;

– пути и способы технического усовершенствования действующих установок и аппаратов с целью повышения их производительности и технико-экономических показателей;

– пути совершенствования вновь разрабатываемых химических технологий и техники;

уметь:

– применять базовые научно-теоретические знания для решения теоретических и практических задач;

– решать конкретные инженерно-технологические задачи путем анализа, расчета, моделирования и оптимизации процессов и аппаратов, а также

проводить исследования, обработку экспериментальных данных и использовать результаты научно-исследовательских работ для обновления и совершенствования технологических линий;

- рационально организовывать технологическую последовательность переработки сырья получения готового продукта;

- анализировать закономерности протекания основных процессов;

- оценивать соответствие проектных решений поставленным технологическим целям;

- осуществлять комплексный подход к решению технологических проблем;

- применять энергоэффективные и ресурсосберегающие технологии;

владеть:

- методами моделирования и оптимизации процессов и аппаратов химической технологии;

- методами управления и контроля важнейших технологических параметров основных процессов и аппаратов химической технологии;

- методами пересчета результатов экспериментальных исследований в применении к промышленным процессам и аппаратам;

- умением использовать отраслевую научно-техническую информацию для решения задач устойчивого развития производственных подразделений предприятия (организации), выпуска качественной конкурентноспособной и экологически безопасной продукции, внедрения оптимизированных по технологическим и экономическим параметрам технологий;

- основными способами применения эффективной организации и рационального обслуживания производственных технологических процессов;

- междисциплинарным подходом для решения проблем.

План учебной дисциплины для дневной формы получения высшего образования

Код специальности (направления специальности)	Наименование специальности (направления специальности)	Курс	Семестр	Всего учебных часов	Количество зачетных единиц	Аудиторных часов (в соответствии с учебным планом УВО)					Академических часов на курсовой проект	Форма текущей аттестации
						Всего	Лекции	Лабораторные занятия	Практические занятия	Семинары		
1-48 02 01	Биотехнология	3, 4	5, 6, 7	432	12	202	108	52	42	-	40	Экзамены, защита курс. проекта
		3	5	216	6	102	54	34	14	-	-	Экзамен
		3	6	216	6	100	54	18	28	-	-	Экзамен
		4	7	-	1	-	-	-	-	-	40	Защита курс. проекта
1-48 02 02	Технология лекарственных препаратов	3, 4	5, 6, 7	432	12	202	108	52	42	-	40	Экзамены, защита курс. проекта
		3	5	216	6	102	54	34	14	-	-	Экзамен
		3	6	216	6	100	54	18	28	-	-	Экзамен
		4	7	-	1	-	-	-	-	-	40	Защита курс. проекта

План учебной дисциплины для заочной формы получения высшего образования

Код специальности (направления специальности)	Наименование специальности (направления специальности)	Курс	Семестр	Всего учебных часов	Количество зачетных единиц	Аудиторных часов (в соответствии с учебным планом УВО)					Академических часов на курсовой проект	Форма текущей аттестации
						Всего	Лекции	Лабораторные занятия	Практические занятия	Семинары		
1-48 02 01	Биотехнология	3, 4, 5	6, 7, 8, 9	432	12	44	24	12	8	-	40	Экзамены, защита курс. проекта
		3	6			8	8					
		4	7	216	6	20	10	6	4	-	-	Экзамен
		4	8	216	6	16	6	6	4	-	-	Экзамен
		5	9		1	-	-	-	-	-	40	Защита курс. проекта

1. СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

ВВЕДЕНИЕ

Содержание, задачи и роль дисциплины в подготовке инженеров-химиков-технологов. Классификация химико-технологических процессов и аппаратов.

Общие принципы расчета процессов и аппаратов. Материальные и энергетические балансы. Движущая сила процессов переноса. Основной кинетический закон явлений переноса.

Основные принципы анализа и моделирования процессов и аппаратов. Математическое моделирование. Физическое моделирование.

РАЗДЕЛ 1. ГИДРОМЕХАНИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ И АППАРАТЫ

Тема 1.1. Основы технической гидравлики

Классификация жидкостей в гидравлике. Физические свойства жидкостей и газов и параметры их состояния.

Гидростатика. Дифференциальное уравнение равновесия Эйлера. Основное уравнение гидростатики и его практическое применение.

Гидродинамика и ее основные задачи. Характеристики потока жидкости. Уравнения массового и объемного расходов. Основные уравнения гидродинамики: дифференциальное уравнение движения Эйлера, неразрывности потока, Навье – Стокса. Уравнение Бернулли для идеальной и реальной жидкостей. Практическое применение уравнений Бернулли (устройства для измерения расхода жидкости, давлений и скоростей). Режимы движения жидкостей. Структура потоков, распределение локальных скоростей в них.

Моделирование процессов и аппаратов. Теория подобия и ее значение в научной и инженерной практике. Условия и теоремы подобия. Критерии гидродинамического подобия. Общий вид критериальных уравнений для описания движения потоков и гидромеханических процессов.

Потери давления в трубопроводах. Потери давления на трение и на местных сопротивлениях, их расчет. Расчет гидравлического сопротивления трубопровода. Обоснование оптимального диаметра трубопровода. Регулирующая и запорная арматура.

Тема 1.2. Перемещение жидкостей и газов

Машины для перемещения жидкостей и газов, их классификация.

Насосы. Их классификация. Основные параметры работы насосов.

Определение напора насоса и допустимой высоты всасывания. Явление кавитации.

Центробежные насосы. Их устройство и принцип действия.

Взаимодействие насоса и трубопроводной сети, рабочая точка. Совместная работа насосов на сеть.

Основное уравнение центробежных машин. Законы пропорциональности.

Типовые и современные конструкции насосов (поршневые, плунжерные, мембранные, пластинчатые, осевые и др.), их принцип действия и области применения.

Компрессорные машины. Их классификация. Радиальные и осевые вентиляторы. Поршневые компрессоры и особенности их работы. Мощность, потребляемая компрессором. Турбокомпрессоры. Вакуумные насосы.

Тема 1.3. Гидродинамика гетерогенных систем.

Классификация гетерогенных систем, их роль и место в технологических процессах.

Движение тел в жидкости. Расчет сил сопротивления при движении тела в жидкости. Состояние динамического равновесия при осаждении тела под действием силы тяжести. Методы расчета скорости осаждения в условиях динамического равновесия.

Характеристики слоя зернистого материала. Движение потока через зернистый слой. Состояния зернистого слоя (неподвижное, псевдооживленное, уноса). Гидравлическое сопротивление неподвижного и псевдооживленного зернистых слоев. Расчет основных параметров псевдооживленного зернистого слоя. Пневмо- и гидротранспорт материалов.

Методы диспергирования жидкостей и газов и устройства для осуществления процессов (форсунки, распылители, барботеры, сопла).

Тема 1.4. Гидромеханическое разделение гетерогенных систем

Методы разделения гетерогенных систем. Основные критерии выбора метода разделения. Материальный баланс процесса разделения.

Осаждение под действием сил тяжести. Стесненное осаждение. Определение основных размеров отстойников и пылеосадительных камер, их конструкции.

Фильтрация. Движущая сила процесса и методы ее создания. Механизмы процесса фильтрации. Классификация осадков и фильтровальных перегородок. Основное уравнение фильтрации. Модифицированное уравнение фильтрации при постоянном перепаде давлений, константы фильтрации. Уравнение фильтрации при постоянной скорости процесса. Классификация фильтров, их типовые и современные конструкции. Основы расчета фильтров.

Разделение под действием инерционных сил. Центробежный фактор разделения. Центрифуги, их классификация и области применения. Конструкции фильтрующих и осадительных центрифуг. Инерционные пылеуловители. Прямоточные, противоточные циклоны, батарейные циклоны, вихревые пылеуловители. Выбор оптимального типоразмера инерционного пылеуловителя. Расчет аппаратов для инерционного разделения.

Мокрая очистка газов. Классификация, области применения и основные конструкции мокрых пылеуловителей (скрубберов).

Электрическая очистка газов. Конструкции электрофильтров.

Тема 1.5. Перемешивание в жидких средах

Назначение и роль процесса. Способы перемешивания: их классификация и области применения. Механическое перемешивание. Конструкции и области применения типовых и современных мешалок. Мощность, потребляемая при механическом перемешивании, расчет мощности привода мешалки. Пневматический и гидравлический способы перемешивания.

РАЗДЕЛ 2. ТЕПЛОВЫЕ ПРОЦЕССЫ И АППАРАТЫ

Тема 2.1. Основы теории теплообмена

Роль тепловых процессов в химической промышленности.

Движущая сила теплообмена. Механизмы переноса тепла. Тепловые балансы.

Перенос тепла теплопроводностью. Дифференциальное уравнение переноса тепла Фурье. Уравнение закона Фурье. Теплопроводность плоских и цилиндрических стенок при установившемся теплообмене.

Перенос тепла конвекцией. Естественная и вынужденная конвекция. Дифференциальное уравнение конвективного переноса тепла (уравнение Фурье-Кирхгофа). Уравнение теплоотдачи.

Тепловое подобие. Критерии теплового подобия. Общий вид критериальных уравнений для описания теплообменных процессов.

Теплоотдача при вынужденной и естественной конвекции без изменения агрегатного состояния теплоносителя, при конденсации пара, кипении жидкости. Лучистый и сложный теплообмен.

Теплопередача. Основное уравнение теплопередачи. Взаимосвязь коэффициента теплопередачи с коэффициентами теплоотдачи и тепловой проводимостью стенки. Движущая сила теплопередачи (средняя разность температур), расчет ее средней величины. Основы расчета теплопередачи при нестационарном теплообмене.

Тема 2.2. Промышленные теплоносители и методы их использования

Классификация теплоносителей. Требования, предъявляемые к теплоносителям.

Основные греющие теплоносители (топочные газы, водяной пар, горячая вода) и способы их использования.

Основные охлаждающие теплоносители (вода, воздух) и способы их использования.

Специальные греющие и охлаждающие теплоносители.

Тема 2.3. Теплообменные аппараты

Классификация теплообменных аппаратов.

Типовые конструкции поверхностных теплообменников (кожухотрубчатые, «труба в трубе», пластинчатые и др.). Смесительные теплообменники. Современные теплообменные аппараты.

Интенсификация теплообмена в аппаратах. Выбор теплообменников. Расчет поверхностных теплообменников.

Тема 2.4. Выпаривание

Сущность процесса выпаривания, его значение и методы осуществления. Материальный баланс процесса. Тепловой баланс. Удельный расход греющего пара на выпаривание. Определение температуры кипения раствора, температурные потери (депрессии) в выпарной установке. Полезная разность температур при выпаривании.

Одно- и многокорпусные выпарные установки. Схемы многокорпусных выпарных установок. Распределение полезной разности температур по корпусам выпарной установки. Обоснование числа корпусов выпарной установки.

Классификация выпарных аппаратов, их конструкции. Порядок расчета выпарного аппарата. Повышение эффективности выпарных установок.

РАЗДЕЛ 3. МАССООБМЕННЫЕ ПРОЦЕССЫ И АППАРАТЫ

Тема 3.1. Основы массопередачи

Общая характеристика и классификация массообменных процессов. Их роль и место в химической промышленности.

Способы выражения состава фаз. Равновесие при массообмене. Материальный баланс массообменного процесса (аппарата). Уравнение рабочей линии массообменного процесса (аппарата).

Механизмы переноса вещества при массообмене. Молекулярная диффузия. Законы Фика. Конвективный перенос вещества. Дифференциальное уравнение конвективного массообмена.

Уравнение массоотдачи. Основные критерии диффузионного подобия. Применения теории диффузионного подобия для описания и расчетов массообменных процессов.

Массопередача. Основное уравнение массопередачи. Взаимосвязь коэффициентов массопередачи с коэффициентами массоотдачи. Движущая сила массопередачи, расчет ее средней величины.

Основы расчета массообменных аппаратов. Общие положения и порядок расчетов. Определение размеров массообменного аппарата с использованием основного уравнения массопередачи. Определение высоты аппарата через число и высоту единиц переноса. Степень изменения концентрации, теоретическая ступень взаимодействия фаз. Эффективность ступени изменения концентрации. Определение высоты аппарата через число ступеней изменения концентрации.

Тема 3.2. Абсорбция

Общие сведения об абсорбции, ее роль и место в химической технологии. Равновесие при абсорбции. Десорбция, ее роль и методы осуществления. Материальный баланс абсорбера и его рабочая линия. Обоснование рабочего расхода абсорбента и размеров абсорбера. Скорость абсорбции и пути ее интенсификации. Абсорбционно-десорбционные установки.

Классификация абсорберов. Типовые и современные конструкции абсорберов (распылительные, насадочные, тарельчатые и др.). Виды насадок, их

характеристики и выбор. Конструкции массообменных тарелок для абсорбционных аппаратов. Порядок расчета абсорбера.

Тема 3.3. Перегонка и ректификация

Общая характеристика процессов, их место и роль в химической технологии. Равновесие в системе пар – жидкость.

Простая перегонка. Ее материальный баланс. Перегонка с дефлегмацией. Перегонка с водяным паром. Молекулярная дистилляция.

Ректификация. Установки для непрерывной и периодической ректификации бинарной смеси. Материальный баланс непрерывной бинарной ректификации. Уравнения рабочих линий бинарной ректификации. Уравнения теплового баланса ректификационной установки. Расчет минимального и обоснование рабочего флегмовых чисел. Специальные виды ректификации и установки для их проведения. Конструкции ректификационных аппаратов. Порядок расчета ректификационной колонны и установки.

Тема 3.4. Термическая сушка

Общая характеристика процесса, его роль и место в химических производствах. Классификация способов сушки, области их применения. Сушильные агенты и их выбор.

Параметры состояния сушильного агента, I - x -диаграмма влажного воздуха. Формы связи влаги с материалом. Механизмы переноса влаги при сушке, кинетика процесса.

Материальный и тепловой балансы конвективной сушилки. Теоретическая и действительная сушилки. Схемы проведения конвективной сушки. Отображение изменения параметров сушильного агента на I - x -диаграмме.

Расчет конвективной сушилки.

Классификация сушилок и сушильных установок. Типовые и современные конструкции конвективных сушилок (барабанная, ленточная, кипящего слоя, распылительная, пневматическая и др.). Специальные сушилки (радиационные, контактные, сублимационные). Пути совершенствования сушилок.

Тема 3.5. Адсорбция

Общие сведения о процессе и его практическом применении. Основные промышленные адсорбенты, их свойства и области применения. Равновесие при адсорбции. Материальный баланс адсорбции. Динамика и кинетика адсорбции. Десорбция и способы ее проведения. Классификация и конструкции адсорберов, их расчет.

Тема 3.6. Ионный обмен

Характеристика процесса и ионитов. Равновесие при ионном обмене. Динамика ионного обмена. Ионообменные установки.

Тема 3.7. Жидкостная экстракция

Общие сведения о процессе и его применении. Равновесие в системе жидкость-жидкость. Материальный баланс процесса. Основные схемы проведения экстракции. Классификация экстракторов, их конструкции (колонные гравитационные распылительные и насадочные, ступенчатые и др.).

Тема 3.8. Растворение и экстрагирование в системе твердое тело – жидкость

Общие сведения о процессах и областях их применения. Равновесие при растворении и кинетика процесса. Экстрагирование жидкого вещества из твердого тела. Экстрагирование твердого вещества. Кинетика экстрагирования. Способы экстрагирования и растворения. Конструкции экстракторов и растворителей.

Тема 3.9. Кристаллизация из растворов и расплавов

Общие сведения о процессах и их применении. Кристаллизация из растворов. Равновесие при кристаллизации. Материальный и тепловой баланс кристаллизации. Кинетика кристаллизации. Классификация кристаллизаторов и их конструкции.

Тема 3.10. Мембранные процессы

Общие сведения о процессах и областях их применения. Классификация и характеристика мембранных процессов (баромембранных, диффузионно-мембранных, электромембранных, ультра- и микрофльтрации) и мембран. Классификация и конструкции мембранных аппаратов.

РАЗДЕЛ 4. МЕХАНИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ

Тема 4.1. Измельчение твердых материалов

Теории измельчения. Методы измельчения. Степень измельчения. Методы помола. Классификация машин для измельчения. Основные конструкции дробилок (щековые, конусные, валковые, молотковые) и мельниц (барабанные шаровые, стержневые и трубчатые, вибрационные, струйные и коллоидные).

Тема 4.2. Классификации и сортировка твердых материалов

Грохочение. Конструкции грохотов. Пневматические и гидравлические классификаторы.

2. ТРЕБОВАНИЯ К КУРСОВОМУ ПРОЕКТУ

Целями и задачами курсового проекта по дисциплине «Процессы и аппараты химической технологии» является:

- закрепление теоретических знаний, полученных студентом на лекциях и в процессе самостоятельной работы с литературой и другими источниками информации;
- углубление знаний по отдельным темам и теоретическим и прикладным вопросам процессов и аппаратов производства медицинских препаратов и смежных производств;
- выработка навыков углубленной самостоятельной работы с литературой и иными источниками информации, в том числе, с каталогами, стандартами, специальными справочниками;
- приобретения навыков выполнения технологических и конструктивных расчетов аппаратов и установок с выбором и элементами оптимизации режимов их работы, разработки технологических схем установок;
- приобретение навыков выполнения чертежей общего вида отраслевого оборудования и чертежей технологических схем типовых установок;
- приобретение навыков самостоятельно принимать технологические и конструкторские решения;
- подготовка студентов к дальнейшему специальному обучению, производственным практикам и дипломному проектированию.

Основная масса курсовых проектов, выполняемых студентами, должна представлять самостоятельные проектные разработки по одной из типовых тем дисциплины. Отдельные курсовые проекты могут выполняться в виде научно-исследовательской работы.

Типовая тема курсового проекта предусматривает разработку (технологическое проектирование) одной из наиболее распространенных в химических производствах технологических установок (абсорбционной, выпарной, ректификационной или сушильной). В целом проект охватывает несколько разделов дисциплины, т. к. установка, как правило, включает в свой состав массообменное, теплообменное и гидромеханическое оборудование. Для основного аппарата установки выполняются подробные технологические и конструктивные расчеты. Для вспомогательной аппаратуры выполняются ориентировочные технологические расчеты. Для всего комплекса аппаратуры при необходимости осуществляется подбор его по каталогам, стандартам, альбомам типовых конструкций, справочникам. При выполнении курсового проекта используются знания, полученные студентом при изучении других дисциплин, в первую очередь, таких как «Высшая математика», «Физика», «Теоретические основы химии», «Физическая химия», «Теплотехника», «Прикладная механика», «Информатика и компьютерная графика», «Инженерная и машинная графика».

Пояснительная записка курсового проекта по типовой тематике должна содержать следующие основные разделы:

- описание и обоснование технологической схемы установки;

- описание конструкции и принципа действия основного аппарата установки;
- описание вспомогательного оборудования установки;
- подробный технологический и конструктивный расчет основного аппарата установки;
- подбор вспомогательного оборудования установки.

Пояснительная записка может быть дополнена разделом по заданию руководителя проекта.

Графическая часть курсового проекта по типовой тематике включает:

- чертеж технологической схемы установки, один лист формата А1;
- чертеж общего вида основного аппарата установки (выпарного аппарата, абсорбера, ректификационной колонны или сушилки), один лист формата А1.

Как указано ранее, отдельные курсовые проекты могут иметь научно-исследовательский характер. Тематика и содержание таких проектов в каждом случае имеют индивидуальный характер, который определяется руководителем. Курсовые проекты научно-исследовательской направленности выполняются либо одним студентом индивидуально, либо несколькими, составляющими творческую группу. Курсовой проект научно-исследовательской направленности, как правило, должен содержать аналитический обзор по разрабатываемой проблеме.

Оформление записки регламентируется СТП 001-2019 и СТП 002-2007.

Чертежи должны быть выполнены в соответствии с требованиями стандартов ЕСКД. Основные надписи в пояснительной записке и на чертежах заполнены в соответствии с требованиями СТП 002-2007.

График выполнения курсовых проектов с указанием примерной трудоемкости этапов представлен в таблице 3.

Таблица 3 – Примерный график выполнения курсовых проектов

№№ п.п.	Наименование этапа	Продолжительность этапа	Трудоемкость
1	Подробный расчет основного аппарата	6 недель	40 %
2	Расчет и подбор вспомогательного оборудования	2 недели	15 %
3	Обоснование и описание установки. Описание основного аппарата и вспомогательного оборудования	1 неделя	10 %
4	Оформление пояснительной записки	2 недели	10 %
6	Выполнение графической части	4 недели	25 %
7	Подготовка к защите и защита проекта	2 недели	

В ходе курсового проектирования руководителем проекта могут проводиться групповые занятия (групповые консультации) по ниже приведенным темам.

1. Выдача задания. Структура и содержание проекта.
2. Методики расчета и подбора теплообменных аппаратов.
3. Методики расчета и подбора абсорберов и ректификационных колонн.
4. Методики расчета и подбора сушилок.
5. Методики расчета и подбора вспомогательного оборудования тепло- и массообменных установок.
6. Требования к оформлению пояснительной записки.
7. Содержание описательных разделов записки.
8. Правила оформления чертежей общего вида.
9. Правила оформления чертежей технологических схем.
10. Порядок подготовки проекта к защите и порядок его защиты.

На курсовое проектирование согласно действующим учебным планам отводится:

для студентов специальностей 1–48 02 01 и 1–48 02 02 (дневная форма получения высшего образования) – 40 часов;

для студентов специальности 1–48 02 01 (заочная форма получения высшего образования) – 40 часов.

Примерный перечень типовых тем курсовых проектов.

1. Рассчитать и спроектировать выпарную установку.
2. Рассчитать и спроектировать абсорбционную установку
3. Рассчитать и спроектировать ректификационную установку.
4. Рассчитать и спроектировать сушильную установку.

Несмотря на то, что в перечень входит только четыре темы, реальная тематика заданий по курсовому проекту является очень широкой. Например, выпарные установки могут быть одно- и многокорпусными с различным числом корпусов, могут оснащаться выпарными аппаратами различных типов и конструкций, работать под различным давлением, использоваться для выпаривания различных растворов с различными свойствами и концентрациями, иметь различную производительность и т.д.

3.1. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

для дневной формы получения высшего образования по специальностям 1–48 02 01 «Биотехнология»,
1–48 02 02 «Технология лекарственных препаратов»

Номер раздела, темы	Название раздела, темы	Количество аудиторных часов			Количество часов самост. работы	Форма контроля знаний
		ЛК	ЛЗ	ПЗ		
1	2	3	4	5	6	7
	5 СЕМЕСТР	54	34	14	114	
	<p>ВВЕДЕНИЕ Содержание, задачи и роль дисциплины в подготовке инженеров-химиков-технологов. Классификация химико-технологических процессов и аппаратов. Общие принципы расчета процессов и аппаратов. Материальные и энергетические балансы. Движущая сила процессов переноса. Основной кинетический закон. Основные принципы анализа и моделирования процессов и аппаратов. Математическое моделирование. Физическое моделирование.</p>	3	–	–	2	Экзамен, межсессионная аттестация, экспресс-опрос
1	ГИДРОМЕХАНИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ И АППАРАТЫ	51	34	14	112	
1.1	<p>Основы технической гидравлики 1.1.1. Классификация жидкостей в гидравлике. Физические свойства жидкостей и газов и параметры их состояния. 1.1.2. Гидростатика. Дифференциальное уравнение равновесия Эйлера. Основное уравнение гидростатики и его практическое применение. 1.1.3. Гидродинамика и ее основные задачи. Характеристики потока жидкости. Уравнения массового и объемного расходов. Основные уравнения гидродинамики: дифференциальное уравнение движения Эйлера, неразрывности потока, Навье – Стокса. Уравнение Бернулли для идеальной и реальной жидкостей. Практическое применение уравнений Бернулли (устройства для измерения расхода жидкости, давлений и скоростей).</p>	17 2 2 2 2 2	12 – – 2 2	6 – 2 2	36	Экзамен, межсессионная аттестация, коллоквиум, экспресс-опрос, ОАПУУЗ, ОЛРУЗ

1	2	3	4	5	6	7
	<p>1.1.4. Режимы движения жидкостей. Структура потоков, распределение локальных скоростей в них.</p> <p>1.1.5. Моделирование процессов и аппаратов. Теория подобия и ее значение в научной и инженерной практике. Условия и теоремы подобия. Критерии гидродинамического подобия. Общий вид критериальных уравнений для описания движения потоков и гидромеханических процессов.</p> <p>1.1.6. Потери давления в трубопроводах. Потери давления на трение и на местных сопротивлениях, их расчет. Расчет гидравлического сопротивления трубопровода. Обоснование оптимального диаметра трубопровода. Регулирующая и запорная арматура.</p>	2 2 2 1	2 2 2	– – 2		
1.2	<p>Перемещение жидкостей и газов</p> <p>1.2.1. Машины для перемещения жидкостей и газов, их классификация. Насосы. Их классификация. Основные параметры работы насосов. Определение напора насоса и допустимой высоты всасывания. Явление кавитации.</p> <p>1.2.2. Центробежные насосы. Их устройство и принцип действия. Основное уравнение центробежных машин. Законы пропорциональности. Взаимодействие насоса и трубопроводной сети, рабочая точка. Совместная работа насосов на сеть.</p> <p>1.2.3. Типовые и современные конструкции насосов (поршневые, плунжерные, мембранные, пластинчатые, осевые и др.), их принцип действия и области применения.</p> <p>1.2.4. Компрессорные машины. Их классификация. Радиальные и осевые вентиляторы. Поршневые компрессоры и особенности их работы. Мощность, потребляемая компрессором. Турбокомпрессоры. Вакуумные насосы.</p>	10 1 2 2 1 2 2	4 ² – 2 ² 2 ² – – (2 ²) (2 ²)	2 – 2 – – –	22	Экзамен, межсессионная аттестация, коллоквиум, экспресс-опрос, ОАПУУЗ, ОЛРУЗ
1.3	<p>Гидродинамика гетерогенных систем</p> <p>1.3.1. Классификация гетерогенных систем, их роль и место в технологических процессах. Движение тел в жидкости. Расчет сил сопротивления при движении тела в жидкости. Состояние динамического равновесия при осаждении тела под действием силы тяжести. Методы расчета скорости осаждения в условиях динамического равновесия.</p>	7 2 1	10 2 2 1	2 – –	14	Экзамен, межсессионная аттестация, коллоквиум, ОАПУУЗ, ОЛРУЗ
<p>Примечание ¹ – по указанию преподавателя выполняется лабораторная работа по теме либо «1.2.2», либо по теме «1.2.4».</p>						

1	2	3	4	5	6	7
	<p>1.3.2. Характеристики слоя зернистого материала. Движение потока через зернистый слой. Состояния зернистого слоя (неподвижное, псевдооживленное, уноса). Гидравлическое сопротивление неподвижного и псевдооживленного зернистых слоев. Расчет основных параметров псевдооживленного зернистого слоя.</p> <p>Пневмо- и гидротранспорт материалов.</p> <p>1.3.3. Методы диспергирования жидкостей и газов и устройства для осуществления процессов (форсунки, распылители, барботеры, сопла).</p>	2 1 1	2 2 1 –	2 –		
1.4	<p>Гидромеханическое разделение гетерогенных систем</p> <p>1.4.1. Методы разделения гетерогенных систем. Основные критерии выбора метода разделения. Материальный баланс процесса разделения.</p> <p>Осаждение под действием сил тяжести. Основные положения расчета отстойников. Типовые и современные конструкции отстойников.</p> <p>1.4.2. Фильтрование. Движущая сила процесса и методы ее создания. Механизмы процесса фильтрования. Классификация осадков и фильтровальных перегородок. Основное уравнение фильтрования. Модифицированное уравнение фильтрования при постоянном перепаде давлений, константы фильтрования.</p> <p>Классификация фильтров, их типовые и современные конструкции. Основы расчета фильтров.</p> <p>1.4.3. Разделение под действием инерционных сил. Центробежный фактор разделения. Центрифуги, их классификация и области применения. Конструкции фильтрующих и осадительных центрифуг.</p> <p>Центробежные пылеуловители (прямоточные, противоточные циклоны, батарейные циклоны, вихревые пылеуловители). Гидроциклоны. Простейшие инерционные пылеуловители. Расчет аппаратов инерционного разделения.</p> <p>1.4.4. Мокрая очистка газов. Классификация, области применения и конструкции мокрых пылеуловителей (скрубберов). Электрическая очистка газов. Конструкции электрофильтров.</p>	14 2 2 2 2 2 2	8 – 2 2 2 –	4 2 2 –	34	<p>Экзамен, межсессионная аттестация, коллоквиум, экспресс-опрос, ОАПУУЗ, ОЛРУЗ</p>
1.5	<p>Перемешивание в жидких средах</p> <p>1.5.1. Назначение и роль процессов перемешивания. Способы перемешивания.</p> <p>Механическое перемешивание. Конструкции и области применения типовых и современных мешалок. Мощность привода мешалки, ее расчет.</p> <p>Пневматическое перемешивание, гидравлическое перемешивание.</p>	3 2 1	– –	– –	6	<p>Экзамен, межсессионная аттестация, коллоквиум, экспресс-опрос</p>

6 СЕМЕСТР		54	18	28	116	
2	ТЕПЛОВЫЕ ПРОЦЕССЫ И АППАРАТЫ	18	6	10	39	
2.1	<p>Основы теории теплообмена 2.1.1. Роль тепловых процессов в химической промышленности. Механизмы переноса тепла. Тепловые балансы. Движущая сила теплообмена. Перенос тепла теплопроводностью. Дифференциальное уравнение переноса тепла Фурье. Уравнение закона Фурье. Теплопроводность плоских и цилиндрических стенок при установившемся теплообмене. Перенос тепла конвекцией. Естественная и вынужденная конвекция. Дифференциальное уравнение конвективного переноса тепла (уравнение Фурье-Кирхгофа). Уравнение теплоотдачи. Тепловое подобие. Критерии теплового подобия. Общий вид критериальных уравнений для описания теплообменных процессов. 2.1.2. Теплоотдача при вынужденной и естественной конвекции без изменения агрегатного состояния теплоносителя, при конденсации пара, кипении жидкости. Лучистый и сложный теплообмен. 2.1.3. Теплопередача. Основное уравнение теплопередачи. Взаимосвязь коэффициента теплопередачи с коэффициентами теплоотдачи и тепловой проводимостью стенки. Движущая сила теплопередачи (средняя разность температур), расчет ее средней величины. Основы расчета теплопередачи при нестационарном теплообмене.</p>	7 2 2 1 2	– – – – –	4 2 1 1	17	Экзамен, межсессионная аттестация, коллоквиум, экспресс-опрос, ОАПУУЗ
2.2	<p>Промышленные теплоносители и методы их использования 2.2.1. Классификация теплоносителей. Требования, предъявляемые к ним. Основные греющие теплоносители (топочные газы, водяной пар, горячая вода) и охлаждающие теплоносители (вода, воздух) и способы их использования. Специальные теплоносители.</p>	2 2	– –	– –	4	Экзамен, межсессионная аттестация
2.3	<p>Теплообменные аппараты 2.3.1. Классификация теплообменных аппаратов. Типовые конструкции поверхностных теплообменников (кожухотрубчатые, «труба в трубе», пластинчатые и др.). Смесительные теплообменники. Современные теплообменные аппараты. Интенсификация теплообмена в теплообменных аппаратах. Выбор теплообменников. Основные положения теплотехнического расчета поверхностных теплообменников.</p>	4 2 2	6 ² 2 ² 2 ² 2 ² –	2 – – 2	7	Экзамен, межсессионная аттестация, коллоквиум, экспресс-опрос, ОАПУУЗ, ОЛРУЗ
Примечание ² – по указанию преподавателя выполняется лабораторная работа по теме либо «2.3.1», либо по теме «2.4.1».						

1	2	3	4	5	6	7
2.4	<p>Выпаривание</p> <p>2.4.1. Сущность процесса выпаривания, его значение и методы осуществления. Материальный баланс процесса. Тепловой баланс выпарного аппарата.</p> <p>Определение температуры кипения раствора, депрессии. Удельный расход греющего пара на выпаривание. Полезная разность температур при выпаривании.</p> <p>Порядок расчета выпарного аппарата.</p> <p>2.4.2. Одно- и многокорпусные выпарные установки. Обоснование числа корпусов выпарной установки. Классификация выпарных аппаратов, их типовые и современные конструкции.</p>	5 2 1 2	(6 ²) (2 ²) (2 ²) (2 ²) –	4 2 2 –	11	Экзамен, межсессионная аттестация, коллоквиум, экспресс-опрос, ОАПУУЗ, ОЛРУЗ
3	МАССОБМЕННЫЕ ПРОЦЕССЫ И АППАРАТЫ	34	12	18	73	
3.1	<p>Основы массообмена</p> <p>3.1.1. Общая характеристика и классификация массообменных процессов. Их роль и место в химической промышленности. Способы выражения состава фаз. Равновесие при массообмене. Материальный баланс массообменного процесса (аппарата). Уравнение рабочей линии массообменного процесса (аппарата).</p> <p>Механизмы переноса вещества при массообмене. Молекулярная диффузия. Законы Фика. Конвективный перенос вещества. Дифференциальное уравнение конвективного массообмена.</p> <p>3.1.2. Уравнение массоотдачи. Основные критерии диффузионного подобия.</p> <p>Применения теории подобия для описания и расчетов массообменных процессов.</p> <p>Массопередача. Основное уравнение массопередачи. Взаимосвязь коэффициентов массопередачи с коэффициентами массоотдачи. Движущая сила массопередачи, расчет ее средней величины.</p> <p>3.1.3. Основы расчета массообменных аппаратов. Общие положения и порядок расчетов. Определение размеров массообменного аппарата с использованием основного уравнения массопередачи.</p> <p>Определение высоты аппарата через число и высоту единиц переноса.</p> <p>Степень изменения концентрации, теоретическая степень взаимодействия фаз. Эффективность ступени изменения концентрации. Определение высоты аппарата через число ступеней изменения концентрации.</p>	6 2 2 2	– – – –	2 2 – –	14	Экзамен, межсессионная аттестация, коллоквиум, экспресс-опрос, ОАПУУЗ

1	2	3	4	5	6	7
3.2	Абсорбция 3.2.1. Общие сведения об абсорбции, ее роль и место в химической технологии. Равновесие при абсорбции. Десорбция, ее роль и методы осуществления. Материальный баланс абсорбера и его рабочая линия. Обоснование рабочего расхода абсорбента и размеров абсорбера. Скорость абсорбции и пути ее интенсификации. Принципиальные схемы абсорбционно-десорбционных установок.	5 3	6 ³ –	4 2	11	Экзамен, межсессионная аттестация, коллоквиум, экспресс-опрос, ОАПУУЗ, ОЛРУЗ
	3.2.2. Классификация абсорберов. Типовые и современные конструкции абсорберов (распылительные, насадочные, тарельчатые и др.). Виды насадок, их характеристики и выбор. Конструкции массообменных тарелок для абсорбционных аппаратов. Порядок расчета абсорбера.	2	2 ³ 2 ³ 2 ³	2		
3.3	Перегонка и ректификация 3.3.1. Общая характеристика процессов, их место и роль в химической технологии. Равновесие в системе пар – жидкость. Простая перегонка. Ее материальный баланс. Перегонка с дефлегмацией. Молекулярная дистилляция. Перегонка с водяным паром.	6 2	(6 ³) –	4 –	13	Экзамен, межсессионная аттестация, коллоквиум, экспресс-опрос, ОАПУУЗ, ОЛРУЗ
	3.3.2. Ректификация. Установки для непрерывной и периодической ректификации бинарной смеси. Материальный баланс непрерывной бинарной ректификации. Уравнения рабочих линий бинарной ректификации. Основные уравнения теплового баланса ректификационной установки.	2	(2 ³) (2 ³) (2 ³)	2 2		
	Расчет минимального и обоснование рабочего флегмовых чисел. Конструкции ректификационных колонн. Специальные виды ректификации и установки для их проведения. Порядок расчета ректификационной колонны и ректификационной установки.	2				
3.4	Термическая сушка 3.4.1. Общая характеристика процесса, его роль и место в химических производствах. Методы сушки и обоснование способов удаления влаги из материалов. Сушильные агенты и их выбор. Параметры состояния сушильного агента, I - x -диаграмма влажного воздуха.	6 2	6 ⁴ –	4 2	13	Экзамен, межсессионная аттестация, коллоквиум, экспресс-опрос, ОАПУУЗ, ОЛРУЗ
	Формы связи влаги с материалом. 3.4.2. Механизмы переноса влаги при сушке, кинетика процесса. Материальный и тепловой балансы конвективной сушилки. Теоретическая и действительная сушилки. Схемы проведения конвективной сушки. Отображение изменения параметров сушильного агента на I - x -диаграмме.	2	2 ⁴ 2 ⁴ 2 ⁴	2		

Примечания: ³ – по указанию преподавателя выполняется лабораторная работа по теме либо «3.2.2», либо по теме «3.3.2»

⁴ – по указанию преподавателя выполняется лабораторная работа по теме либо «3.4.2», либо по теме «3.5.1»;

1	2	3	4	5	6	7
	3.4.3. Классификация сушилок и сушильных установок. Типовые и современные конструкции конвективных сушилок (барабанная, камерная, кипящего слоя и др.). Специальные сушилки (контактные, сублимационные и др.). Пути совершенствования сушилок.	2		–		
3.5	Адсорбция 3.5.1. Общие сведения о процессе и его практическом применении. Основные промышленные адсорбенты, их свойства и области применения. Равновесие при адсорбции. Материальный баланс адсорбции. Динамика и кинетика адсорбции. Десорбция и способы ее проведения. 3.5.2. Классификация и конструкции адсорберов, их расчет.	3 2 1	(6 ⁴) (2 ⁴) (2 ⁴) (2 ⁴)	2 2	7	Экзамен, межсессионная аттестация, коллоквиум, экспресс-опрос, ОЛРУЗ
3.6	Ионный обмен 3.6.1. Характеристика процесса и ионитов. Равновесие при ионном обмене. Динамика ионного обмена. Ионообменные установки.	1 1	– –	– –	3	Экзамен, коллоквиум, экспресс-опрос
3.7	Жидкостная экстракция 3.7.1. Общие сведения о процессе и его практическом применении. Методы жидкостной экстракции. Равновесие в системе жидкость-жидкость. Материальный баланс процесса. Основные схемы проведения экстракции. Массопередача при экстракции. Классификация экстракторов, их конструкции (колонные гравитационные распылительные и насадочные, ступенчатые и др.).	2 2	– –	2 2	3	Экзамен, коллоквиум, экспресс-опрос
3.8	Растворение и экстрагирование в системе твердое тело – жидкость 3.8.1. Общие сведения о процессах и областях их применения. Равновесие при растворении и кинетика процесса. Экстрагирование жидкого вещества из твердого тела. Экстрагирование твердого вещества. Кинетика экстрагирования. Способы экстрагирования и растворения. Конструкции экстракторов и растворителей.	2 2	– –	– –	3	Экзамен, коллоквиум, экспресс-опрос
3.9	Кристаллизация из растворов и расплавов 3.9.1. Общие сведения о процессах и их применении. Кристаллизация из растворов. Равновесие при кристаллизации. Материальный и тепловой баланс кристаллизации. Кинетика кристаллизации. Классификация кристаллизаторов и их конструкции.	1 1	– –	– –	3	Экзамен, коллоквиум, экспресс-опрос
3.10	Мембранные процессы 3.10.1. Общие сведения о процессах и областях их применения. Классификация и характеристика мембранных процессов (баромембранных, диффузионно-мембранных, электромембранных, ультра- и микрофльтрации) и мембран. Конструкции мембранных аппаратов.	2 2	– –	– –	3	Экзамен, коллоквиум, экспресс-опрос

1	2	3	4	5	6	7
4	МЕХАНИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ	2	–	–	4	
4.1	Измельчение твердых материалов 4.1.1. Теории измельчения. Методы измельчения. Степень измельчения. Методы помола. Классификация машин для измельчения. Основные конструкции дробилок (щековые, конусные, валковые, молотковые) и мельниц (барабанные шаровые, стержневые и трубчатые, вибрационные, струйные и коллоидные).	1 1	– –	– –	2	Экзамен, коллоквиум, экспресс-опрос
4.2	Классификации и сортировка твердых материалов 4.2.1. Грохочение. Конструкции грохотов. Пневматические и гидравлические классификаторы.	1 1	– –	– –	2	Экзамен, коллоквиум, экспресс-опрос
ВСЕГО ПО ДИСЦИПЛИНЕ		108	52	42	230	

Примечание. Сокращения в графе «Форма контроля знаний» расшифровываются: ОАПУУЗ – отчеты по аудиторным практическим упражнениям с их устной защитой; ОЛРУЗ – отчеты по лабораторным работам с их устной защитой.

3.3. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА
 для специальности 1–48 02 01 «Биотехнология»
 (заочная форма получения высшего образования)

Номер раз-дела, темы	Название раздела, темы	Количество аудиторных часов			Форма контроля знаний
		ЛК	ЛЗ	ПЗ	
1	2	3	4	5	7
	6 СЕМЕСТР	8	–	–	
1	ГИДРОМЕХАНИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ И АППАРАТЫ		–	–	Экзамен
1.1	Гидростатика. Гидродинамика Основные уравнения гидродинамики. Потери давления в трубопроводах	2 2		–	
1.2	Перемещение жидкостей и газов	2			
1.3	Гидродинамика гетерогенных систем	2			
	7 СЕМЕСТР	10	6	4	
1.2	Перемещение жидкостей и газов		2	2	Экзамен, ОАПУУЗ, ОЛРУЗ
1.4	Разделение неоднородных систем. Фильтрование. Разделение под действием инерционных сил	2	2 2	2	
2	ТЕПЛОВЫЕ ПРОЦЕССЫ И АППАРАТЫ	2			
2.1	Основы теории теплообмена	3			
2.2	Выпаривание	1			
3	МАССООБМЕННЫЕ ПРОЦЕССЫ И АППАРАТЫ				
3.1	Основы массопердачи	2			
	8 СЕМЕСТР	6	6	4	
2.1	Основы теории теплообмена		2	1	Экзамен. ОАПУУЗ, ОЛРУЗ
2.2	Выпаривание			1	
3.2	Абсорбция	1	2		
3.3	Перегонка и ректификация	2		2	
3.4	Термическая сушка	2	2		
3.5	Адсорбция	1			
	ВСЕГО ПО ДИСЦИПЛИНЕ	24	12	8	

Примечания. Сокращения в графе «Форма контроля знаний» расшифровываются: ОАПУУЗ – отчеты по аудиторным практическим упражнениям с их устной защитой; ОЛРУЗ – отчеты по лабораторным работам с их устной защитой.

Экзамен и зачет в 7 семестре включает материал по разделу «ГИДРОМЕХАНИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ И АППАРАТЫ».

Экзамен в 8 семестре включает материал по разделам «ТЕПЛОВЫЕ ПРОЦЕССЫ И АППАРАТЫ», «МАССООБМЕННЫЕ ПРОЦЕССЫ И АППАРАТЫ»

4. ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

4.1. Перечень литературы

Основная

1. Саевич, Н. П. Электронный учебно-методический комплекс по учебной дисциплине «Процессы и аппараты химической технологии»: Регистрационное свидетельство № 1141816392 от 03.08.2018 г. Владелец: УО «Белорусский государственный технологический университет» / Н.П. Саевич, Д.Г. Калишук, А. Э. Левданский. [Электронный ресурс] – Минск, 2018. – Режим доступа: <https://www.belstu.by/faculties/htit/piahp/umk.html>.
2. Процессы и аппараты химической технологии. Техническая гидравлика: учебное пособие для студентов вузов "Химическая промышленность" / А. И. Вилькоцкий [и др.]; под ред. И. В. Войтова, Т. Р. Сосновского. - Минск: БГТУ, 2021. - 396 с.
3. Процессы и аппараты химической технологии. Гидромеханические процессы: учеб. Пособие для студентов учреждений высшего образования по направлению «Химическая промышленность» / И. В. Войтов [и др.]; под ред. И. В. Войтова. – Минск: БГТУ, 2019. – 352 с.

Дополнительная

4. Айнштейн, В.Г. Общий курс процессов и аппаратов химической технологии: Учебник: В 2-х кн. / В. Г. Айнштейн [и др.]; Под ред. В. Г. Айнштейна. – М.: Логос; Высшая школа, 2002. – 912+872 с.
5. Дытнерский, Ю. И. Процессы и аппараты химической технологии: Учебник для вузов. В 2-х кн. / Ю. И. Дытнерский. – М.: Химия, 2002 (1995). – 399 с. + 367 с.
6. Новый справочник химика и технолога. Процессы и аппараты химических технологий. В 3-х ч. Ч. 1 и 2. – С.-Пб.: АНО НПО «Профессионал», 2004, 2006. – 848+948 с.
7. Касаткин, А. Г. Основные процессы и аппараты химической технологии / А. Г. Касаткин. – М.: Альянс, 2005. – 751 с.
8. Гнездилова, А.И. Процессы и аппараты пищевых производств: учебник и практикум для студентов высших учебных заведений, обучающихся по инженерно-техническим направлениям / А. И. Гнездилова. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва: Юрайт, 2019. – 269
9. Гельперин, Н. И. Основные процессы и аппараты химической технологии / Н. И. Гельперин. – М.: Химия, 1981. – 812 с
10. Маркаў, У. А. Працэсы і апараты хімічнай тэхналогіі У 2 ч. Ч. 1. Гідра-механічныя і механічныя працэсы / У. А. Маркаў, П. Я. Вайцяховіч. – Мн.: БДТУ, 2002. – 302 с.
11. Маркаў, У. А. Працэсы і апараты хімічнай тэхналогіі У 2 ч. Ч. 2. Цеплавая і масаабменныя працэсы / У. А. Маркаў. – Мн.: БДТУ, 2006. – 442 с.

12. Павлов, К. Ф. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии / К. Ф. Павлов, П. Г. Романков, А. А. Носков – М.: Альянс, 2007. – 576 с.

13. Романков, П. Г. Методы расчета процессов и аппаратов химической технологии (примеры и задачи) / П. Г. Романков, В. Ф. Фролов, О. М. Флисюк. – СПб.: Химиздат, 2009. – 542 с.

14. Боровик, А. А. Процессы и аппараты химической технологии. Сборник примеров и задач. В 2 ч. Ч. 1. Техническая гидравлика Гидромеханические процессы / А. А. Боровик, С. К. Протасов, В. А. Марков. – Мн.: БГТУ, 2006. – 332 с

15. Боровик, А.А. Процессы и аппараты химической технологии. Сборник примеров и задач. В 2 ч. Ч. 2. Тепловые процессы/ А. А. Боровик, С. К. Протасов, В. А. Марков. – Мн.: БГТУ, 2013. – 418 с.

16. Процессы и аппараты химической технологии. Массообменные процессы. Сборник примеров и задач/И. В. Войтов [и др.]. – Минск, БГТУ, 2017. – 509 с.

17. Калишук, Д.Г. Процессы и аппараты химической технологии: учеб.-метод. пособие для студентов спец. 1-48 01 01 «Химическая технология неорганических веществ, материалов и изделий», 1-48 01 02 «Химическая технология органических веществ, материалов и изделий», 1-48 01 04 «Технология электрохимических производств», 1-48 02 01 «Биотехнология»/ Д. Г. Калишук, Н. П. Саевич, А. И. Вилькоцкий. – Минск: БГТУ, 2011. – 426 с

18. Основные процессы и аппараты химической технологии: Пособие по проектированию. Под ред. Ю. И. Дытнерского. – М.: Химия, 1991. – 496 с.

19. Марков, В. А. Процессы и аппараты химической технологии. Лабораторный практикум/ В. А. Марков, С. К. Протасов, А. А. Боровик. – Минск: БГТУ, 2011. – 206 с.

20. Маркаў, У.А. Працэсы і апараты хімічнай тэхналогіі. Практыкум / У. А. Маркаў, С. К. Пратасаў, А. А. Баравік. – Мн.: БГТУ, 2008. – 208 с.

21. Основные процессы и аппараты химической технологии: Пособие по проектированию. Под ред. Ю. И. Дытнерского. – М.: Химия, 1991. – 496 с.

22. Процессы и аппараты химической технологии. Расчет и проектирование массообменных аппаратов/ Д. Г. Калишук [и др.] – Минск: БГТУ, 2014. – 498 с.

23. СТП 001-2019. Проекты (работы) дипломные. Требования и порядок подготовки, представления к защите и защиты.- Минск: БГТУ, 2019. – 67 с.

24. СТП 002-2007. Проекты (работы) курсовые. Требования и порядок подготовки, представление к защите и защиты. – Минск: БГТУ, 2007. – 40 с.

25. Антипова, Л. В. Биотехнология пищи: физические методы: учебное пособие для вузов / Л. В. Антипова, С. С. Антипов, С. А. Титов. – Москва: Издательство Юрайт, 2021. – 210 с.

26. Оборудование в промышленной технологии лекарственных средств: учебно-методическое пособие / Н. С. Голяк [и др.]. – Минск: БГМУ, 2021. – 131 с.

27. Выделение и очистка продуктов биотехнологии. Методическое пособие / авт.: Д.А. Новиков – Минск.: БГУ, 2014. – 256 с.
28. Справочник химика. Т. 5. Под ред. Никольского. – М.–Л.: Химия, 1966. – 976 с.
29. Перри, Дж. Справочник инженера-химика. Пер. с англ. В 2-х кн./ Дж. Перри. – Л.: Химия, 1969. – 640 + 504 с.
30. Плановский, А. Н. Процессы и аппараты химической технологии / А. Н. Плановский, В. М. Рамм, С. З. Каган. – М.: Химия, 1968 -847 с.
31. Плановский, А.Н. Процессы и аппараты химической и нефтехимической технологии / А. Н. Плановский, П. И. Николаев.– М.: Химия, 1987. – 496 с.
32. Скобло, А. И. Процессы и аппараты нефтеперерабатывающей и нефтехимической промышленности / А. И. Скобло, И. А. Трегубов, Ю. К. Молоканов. – М.: Химия, 1982. – 584 с.
33. Молоканов, Ю. К. Процессы и аппараты нефтегазопереработки / Ю. К. Молоканов. – М.: Химия, 1987. – 368 с
34. Фролов, В.Ф. Лекции по курсу «Процессы и аппараты химической технологии» / В. Ф. Фролов – 2-е изд, испр. – СПб.: ХИМИЗДАТ, 2008. – 608 с.
35. Романков, П. Г. Процессы и аппараты химической промышленности / П. Г. Романков [и др.] – Л.: Химия, 1989. – 560 с
36. Игнатович, Э. Химическая техника. Процессы и аппараты. Пер. с нем. / Э. Игнатович. – М.: Техносфера, 2007. – 656 с
37. Процессы и аппараты химической технологии. Явление переноса, макрокинетика, подобие, моделирование, проектирование: в 5 т. Т. 1. Основы теории процессов химической технологии / Д. А. Баранов [и др.]: под ред. А. М. Кутепова. – М.: Логос, 2000. – 480 с.
38. Процессы и аппараты химической технологии. Явления переноса, макрокинетика, подобие, моделирование, проектирование: Учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся по хим.-технол. направлениям и специальностям: в 5 т. Т. 2. Механические и гидромеханические процессы / Д. А. Баранов [и др.]: под ред. А. М. Кутепова. – М.: Логос, 2001. - 599 с.
39. Горбатюк, В. И. Процессы и аппараты пищевых производств / В. И. Горбатюк – М.: Колос, 1999. – 333 с.
40. Кавецкий, Г. Д. Процессы и аппараты пищевой технологии / Г. Д. Кавецкий, Б. В. Васильев. – М.: Колос, 1999. – 551 с.
41. Промышленная теплоэнергетика и теплотехника: Справочник / Под общ. ред. чл.-корр. РАН А. В. Клименко и проф. В. М. Зорина.– М.: Издательство МЭИ, 2007. – 632 с. – (Теплоэнергетика и теплотехника; Кн. 4).
42. Таубман, Е.И. Выпаривание / Е.И. Таубман. – М.: Химия, 1982. – 362 с.
43. Кафаров, В. В. Основы массопередачи. – М.: Высшая школа, 1979.
44. Шервуд, Т. Массопередача / Т. Шервуд, Р.Л. Пигфорд, У. Уилки. – М.: Химия, 1982. – 696 с.
45. Александров, И. А. Ректификационные и абсорбционные аппараты. Методы расчета и основы конструирования / И. А. Александров. – М.: Химия, 1978. – 280 с.

46. Рамм, В. М. Абсорбция газов / В. М. Рамм. – М.: Химия, 1976. – 656 с
47. Сажин, Б. С. Основы техники сушки / Б. С. Сажин. – М.: Химия, 1984. – 320 с.
48. Ягодин, Г. А. Основы жидкостной экстракции/ Г. А. Ягодин, С. З. Каган – М.: Химия, 1981.
49. Гельперин, Н. И. Основы техники кристаллизации расплавов/ Н. И. Гельперин, Г. А. Носов – М.: Химия, 1975.
50. Кельцев, Н. В. Основы адсорбционной техники/Н. В. Кельцев. – М.: Химия, 1984.
51. Иоффе, И. И. Проектирование процессов и аппаратов химической технологии / И. И. Иоффе. – Л.: Химия, 1991. – 352 с.
52. Тимонин, А. С. Основы конструирования и расчета химико-технологического и природоохранного оборудования: Справочник. В 3-х т. / А. С. Тимонин. – Калуга: Изд-во Н.Бочкаревой, 2006. – 852+1028+968 с
53. Лацинский, А. А. Конструирование сварных химических аппаратов: Справочник / А. А. Лацинский. – М.: Машиностроение, 1981. – 382 с.

4.2. Перечень и тематика практических занятий

Тематика практических занятий для студентов дневной формы получения образования формируется в соответствии с последовательностью изложения лекционного материала и охватывает при этом основные разделы и темы дисциплины. На практических занятиях проводятся расчеты статики и кинетики процессов, а также конструктивных параметров аппаратов, приобретается опыт работы с нормативной документацией по подбору стандартного оборудования. На всех практических занятиях каждому студенту выдается индивидуальное задание с целью его самостоятельной работы и закрепления навыков самостоятельно принимать решения. Перечень тем практических занятий для студентов дневной формы получения образования приведен ниже.

1. Свойства газов и жидкостей и параметры их состояния.
2. Основное уравнение гидростатики и его практическое применение
3. Практическое приложение основных уравнений гидродинамики.
4. Гидравлическое сопротивление трубопроводов.
5. Насосы и компрессорные машины.
6. Гравитационное осаждение. Отстойники.
7. Гидродинамика зернистого слоя.
8. Фильтрование и фильтры.
9. Перемешивание жидких сред.
10. Тепловые балансы. Перенос тепла теплопроводностью.
11. Конвективный теплообмен. Расчет коэффициентов теплоотдачи.
12. Основы расчета теплообменников.
13. Выпаривание.
14. Абсорбция и основы расчетов абсорберов.
15. Перегонка. Основы расчетов ректификационных аппаратов.

16. Сушка. Основы расчетов конвективных сушилок.

17. Основы расчетов адсорберов.

Со студентами специальности 1–48 02 01 «Биотехнология» (заочная форма получения высшего образования) предпочтительно провести практические занятия по нижеперечисленным темам.

1. Основы технической гидравлики.

2. Гидромеханическое разделение гетерогенных систем.

3. Основы теории теплообмена. Выпаривание.

4. Перегонка. Основы расчетов ректификационных аппаратов

4.3. Перечень тем лабораторных занятий, их название

1. Безопасность при проведении лабораторных работ в лабораториях гидравлики и гидромеханических процессов. Общие указания по выполнению работ по гидравлике и гидромеханическим процессам.

2. Режимы течения жидкостей (лабораторная работа № 1).

3. Определение расхода газа в трубопроводе с получением профиля распределения локальных скоростей (лабораторная работа № 2).

4. Определение гидравлического сопротивления элементов трубопровода (лабораторная работа № 3).

5. Получение характеристик центробежных нагнетательных машин (насоса и вентилятора) и трубопроводной сети (лабораторная работа № 4).

6. Исследования гравитационного осаждения твердых частиц (лабораторная работа № 5).

7. Исследования эффективности и гидравлического сопротивления циклона (лабораторная работа № 6).

8. Исследование гидродинамики псевдооживленного зернистого слоя и зернистого слоя в состоянии пневмотранспорта (лабораторная работа № 7).

9. Исследование работы емкостного фильтра с получением констант фильтрования (лабораторная работа № 8).

10. Исследование работы мешалки с определением потребляемой мощности (лабораторная работа № 9).

11. Безопасность при проведении лабораторных работ в лабораториях тепловых и массообменных процессов. Общие указания по выполнению работ по тепловым и массообменным процессам.

12. Исследование процесса теплообмена в теплообменнике типа «труба в трубе» с определением экспериментального и расчетного теоретического коэффициентов теплопередачи (лабораторная работа № 11).

13. Исследование процесса нестационарного теплообмена (лабораторная работа № 12).

14. Исследование процесса выпаривания под вакуумом (лабораторная работа № 13).

15. Исследование процесса периодической ректификации бинарной смеси (лабораторная работа № 14).

16. Исследование гидродинамических режимов работы тарельчатых и насадочных массообменных аппаратов и их гидравлического сопротивления (лабораторная работа № 15).

17. Исследование процесса абсорбции в насадочной и тарельчатой колоннах (лабораторная работа № 16).

18. Исследование процесса периодической адсорбции (лабораторная работа № 17).

19. Исследование процесса десорбции - регенерации адсорбента (лабораторная работа № 18).

20. Исследование процесса конвективной сушки в барабанной сушилке (лабораторная работа № 19).

21. Исследование кинетики сушки (лабораторная работа № 20)

Примечание: Нумерация работ в сносках соответствует их нумерации в практикуме [13] из списка основной литературы.

Со студентами специальности 1–48 02 01 «Биотехнология» (заочная форма получения высшего образования) предпочтительно провести лабораторные занятия по темам из списка: №№ 1, 5, 6, 8, 11, 12, 16, 20. Конкретный перечень тем лабораторных занятий студентам определяет преподаватель, ведущий эти занятия.

4.4. Перечень средств диагностики результатов учебной деятельности

Для диагностики результатов учебной деятельности используются:

- отчеты по аудиторным практическим заданиям с их устной защитой (ОАПУУЗ);
- отчеты по лабораторным работам с их устной защитой (ОЛРУЗ);
- экзамены;
- курсовой проект с его устной защитой.

Текущий контроль уровня знаний и компетенций и их приращения может также осуществляется при допуске к выполнению лабораторных работ, мониторинге хода выполнения курсового проекта, опросах на практических занятиях. В необходимых случаях на лабораторных занятиях могут проводиться коллоквиумы, а на практических – контрольные работы и тестирование. Допускается экспресс-опрос студентов во время лекций.

В ходе 5-го и 6-го семестров проводится межсессионная аттестация студентов специальностей 1–48 02 01 «Биотехнология» и 1–48 02 02 «Технология лекарственных препаратов» дневной формы получения образования (по две аттестации в каждом из семестров). Аттестационная оценка ставится на основании оценок за коллоквиумы, за защиту практических заданий, лабораторных работ, своевременности их сдачи. Результаты межсессионных аттестаций учитываются при выставлении студентам итоговой оценки по дисциплине на экзамене. Об этом студентов информируют преподаватели кафедры в начале каждого из семестров.

Расчет итоговой отметки по учебной дисциплине ($O_{\text{ЭКЗ}}$) производится по формуле (с последующим округлением полученного числа до ближайшего целого):

$$O_{\text{экз}} = O_{\text{межс1}} \times K_{\text{межс1}} + O_{\text{межс2}} \times K_{\text{межс2}} + O_{\text{тек}} \times K_{\text{тек}},$$

где $O_{\text{межс1}}$, $O_{\text{межс2}}$ – отметки по первой и второй межсессионной аттестации, соответственно; $O_{\text{тек}}$ – отметка, полученная на экзамене; $K_{\text{межс1}}$, $K_{\text{межс2}}$ и $K_{\text{тек}}$ – весовые коэффициенты соответствующих видов аттестации и экзамена.

Кафедрой установлены следующие значения весовых коэффициентов: $K_{\text{межс1}} = 0,15$; $K_{\text{межс2}} = 0,25$; $K_{\text{тек}} = 0,6$.

4.5. Методические рекомендации по организации и выполнению самостоятельной работы обучающимися по учебной дисциплине

При изучении дисциплины используется учебно-методический комплекс с материалами, помогающими студенту в организации самостоятельной работы. Электронный учебно-методический комплекс (ЭУМК) по дисциплине «Процессы и аппараты химической технологии» размещен на сайте Белорусского государственного технологического университета на странице кафедры процессов и аппаратов химических производств.

Самостоятельная работа студентов предусматривает ознакомление с научной, учебной, патентной и справочной литературой, ее изучение, выполнение учебно-исследовательских работ, подготовку к практическим и лабораторным занятиям, зачетам, экзаменам и защите курсового проекта, самостоятельное выполнение расчетных и описательных разделов пояснительной записки и графической части курсового проекта, анализ конкретных ситуаций. Целям улучшения организации самостоятельной работы студентов служат регулярные консультации, которые лекторы проводят в течение 5-го и 6-го семестров, а также руководители в ходе курсового проектирования.

При самостоятельной работе студент-заочник должен руководствоваться ЭУМК. Он обязан изучить учебный материал дисциплины в соответствии с разделом программы «Содержание учебного материала». Ответы практически на все вопросы раздела содержатся в учебнике: *Касаткин, А. Г. Основные процессы и аппараты химической технологии / А. Г. Касаткин. – М.: Альянс, 2005. – 751 с.* Также эти ответы можно найти в электронном конспекте лекций по дисциплине (см. ЭУМК).

При подготовке с целью приобретения навыков самостоятельных расчетов типовых процессов и аппаратов студенту следует изучить рекомендации к данным расчетам, содержащиеся в одном из пособий: *Павлов, К. Ф. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии / К. Ф. Павлов, П. Г. Романков, А. А. Носков – М.: Альянс, 2007. – 576 с.; Калишук Д. Г. Процессы и аппараты химической технологии: учеб.-метод. Пособие для студентов специальностей 1-48 01 01 «Химическая технология неорганических веществ, материалов и изделий», 1-48 01 02 «Химическая технология органических веществ, материалов и изделий», 1-48 01 04 «Технология электрохимических производств», 1-48 02 01 «Биотехнология» / Д. Г. Калишук, Н. П. Саевич, А. И. Вилькоцкий. – Минск: БГТУ, 2011. – 426 с.*

Рекомендуется выполнить по узловым темам дисциплины контрольные задачи, содержащиеся в поименованных выше пособиях.

ПРОТОКОЛ СОГЛАСОВАНИЯ УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЫ УВО

Название учебной дисциплины, с которой требуется согласование	Название кафедры	Предложения об изменениях в содержании учебной программы учреждения высшего образования по учебной дисциплине	Решение, принятое кафедрой, разработавшей учебную программу (с указанием даты и номера протокола)
1. «Оборудование и проектирование предприятий биотехнологических производств»	Кафедра биотехнологии		
2. «Оборудование и проектирование предприятий фармацевтической промышленности»	Кафедра биотехнологии		

Содержание учебной программы согласовано с выпускающей кафедрой:

заведующий кафедрой биотехнологии
кандидат химических наук, доцент

В.Н.Леонтьев

**ДОПОЛНЕНИЯ И ИЗМЕНЕНИЯ К УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЕ УВО
на 2023/2024 учебный год**

№№ п.п.	Дополнения и изменения	Основание
	Дополнений и изменений нет	Протокол заседания кафедры № от __.__.2023 г.

Учебная программа пересмотрена и одобрена на заседании кафедры
ПиАХП (протокол № ___ от __.__.2023 г.)
(название кафедры)

Заведующий кафедрой

д.т.н., проф.
(ученая степень, ученое звание)

(подпись)

А.Э. Левданский
(И.О.Фамилия)

УТВЕРЖДАЮ
Декан факультета ТОВ

к.т.н., доц.
(ученая степень, ученое звание)

(подпись)

Ю.С. Радченко
(И.О.Фамилия)