

Учреждение образования
«Белорусский государственный технологический университет»

УТВЕРЖДАЮ

Ректор БГТУ

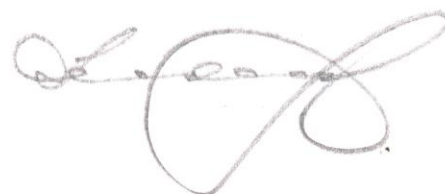
И. В. Войтов

30. 12. 2024 г.

Регистрационный № УД - 2960/уч

Процессы и аппараты химической технологии

Учебная программа учреждения образования
по учебной дисциплине для специальности
6-05-0711-02 Переработка нефти и газа
и промышленный органический синтез



2024 г.

Учебная программа составлена на основе образовательного стандарта высшего образования ОСВО 6-05-0711-02-2023, утвержденного и введенного в действие постановлением Министерства образования Республики Беларусь от 10.08.2023 № 257 и учебных планов N 05-071-002/уч. и N 05-071-015/уч., утвержденных 28.04.2023.

СОСТАВИТЕЛИ:

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

Д. Г. Калишук, 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

РЕЦЕНЗЕНТЫ:

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

А. Л. Храмцов, директор Унитарного предприятия «Нефтебитумный завод»

РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:

Кафедрой процессов и аппаратов химических производств учреждения образования «Белорусский государственный технологический университет», (протокол № 3 от 22 ноября 2024 г.);

Методической комиссией факультета химической технологии и техники учреждения образования «Белорусский государственный технологический университет» (протокол № 3 от 28 ноября 2024 г.);

Научно-методическим советом учреждения образования «Белорусский государственный технологический университет» (протокол № 3 от 30 декабря 2024 г.)

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Дисциплина «Процессы и аппараты химической технологии» является фундаментальной при подготовке специалистов химико-технологического профиля для предприятий, организаций и учреждений химической и смежных отраслей промышленности. В результате ее изучения приобретаются знания о теоретических основах химической технологии, типовых химико-технологических процессах и аппаратах, методах управления ими и их моделирования, проектирования и оптимизации, методиках их расчетов.

Цель преподавания дисциплины и ее задачи

Цель дисциплины – подготовка специалистов со степенью бакалавра и квалификацией «Инженер. Химик-технолог» для последующей успешной профессиональной деятельности за счет приобретения знаний в области основных, наиболее типовых процессов и аппаратов химической технологии. Указанные знания в первую очередь необходимы для понимания и решения вопросов технологического характера.

Задачи дисциплины – обучение студентов специальности **6–05–0711–02 Переработка нефти и газа и промышленный органический синтез** теории типовых химико-технологических процессов и аппаратов, методам их моделирования, проектирования, анализа и оптимизации, методикам расчетов, а также основам управления процессами, установками и аппаратами. При выполнении данных задач студенты приобретают навыки выполнения конкретных прикладных задач по применению методов анализа и синтеза на базе общенаучных, специальных инженерных и экономических знаний.

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 специалистов квалификации «Инженер. Химик-технолог» по специальности **6–05–0711–02 Переработка нефти и газа и промышленный органический синтез**, по своему содержанию является специальной инженерной и входит в модуль «Моделирование и проектирование химических производств». 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», «Физическая и коллоидная химия», «Прикладная механика», «Информатика», «Инженерная и машинная графика», «Теплотехника».

При последующем обучении студентов учебные материалы дисциплины «Процессы и аппараты химической технологии» будут востребованы при изучении дисциплин «Общая химическая технология», «Теория химических процессов технологии органических веществ», «Технология переработки нефти и газа», «Химия и технология основного органического и нефтехимического синтеза», «Моделирование и оптимизация химико-технологических процессов», «Оборудование и основы проектирования предприятий нефтехимической промышленности», «Автоматизация химических производств». Кроме того, знания процессов и аппаратов химической технологии необходимы при прохождении общеинженерной, производственных технологической и преддипломной практик, 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» 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 усовершенствования технологических линий;

- рационально организовывать технологическую последовательность переработки сырья получения готового продукта;
- профессионально обращаться с технологическими аппаратами при строгом соблюдении правил безопасности проведения процессов;
- анализировать закономерности протекания основных процессов;
- оценивать соответствие проектных решений поставленным технологическим целям;
- осуществлять комплексный подход к решению технологических проблем;
- применять энергоэффективные и ресурсосберегающие технологии;

иметь навыки:

- моделирования и оптимизации процессов и аппаратов химической технологии;
- управления и контроля важнейших технологических параметров основных процессов и аппаратов химической технологии;
- пересчета результатов экспериментальных исследований в применении к промышленным процессам и аппаратам;
- использования отраслевой научно-технической информации для решения задач устойчивого развития производственных подразделений предприятия (организации), выпуска качественной конкурентноспособной и экологически безопасной продукции, внедрения оптимизированных по технологическим и экономическим параметрам технологий;
- применения эффективной организации и рационального обслуживания производственных технологических процессов;
- использования междисциплинарного подхода для решения проблем.

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

– рассчитывать типовые процессы и аппараты химических производств; а также следующие универсальные компетенции:

- владеть основами исследовательской деятельности, осуществлять поиск, анализ и синтез информации;
- быть способным к саморазвитию и совершенствованию в профессиональной деятельности;
- проявлять инициативу и адаптироваться к изменениям в профессиональной деятельности.

В рамках образовательного процесса по данной учебной дисциплине студент должен приобрести не только теоретические и практические знания, умения и навыки по специальности, но и развить свой ценностно-личностный, духовный потенциал, сформировать качества патриота и гражданина, готового к активному участию в экономической, производственной, социально-культурной и общественной жизни страны.

План учебной дисциплины для очной (дневной) формы получения высшего образования

Код специальности	Наименование специальности	Курс	Семестр	Всего учебных часов	Количество зачетных единиц	Аудиторных часов (в соответствии с учебным планом УВО)					Академических часов на курсовой проект	Форма промежуточ- ной аттестации
						Всего	Лекции	Лабораторные занятия	Практические занятия	Семинары		
6-05-0711-02	Переработка нефти и газа и промышленный органический синтез	2	4	108	3	72	36	18	18	-	-	Зачет
		3	5	108	3	72	36	18	18	-	-	Экзамен
		3	6	-	1	-	-	-	-	-	40	Защита курс. проекта

План учебной дисциплины* для заочной сокращенной формы получения высшего образования, интегрированного со средним специальным образованием

Код специальности	Наименование специальности	Курс	Семестр	Всего учебных часов	Количество зачетных единиц	Аудиторных часов (в соответствии с учебным планом УВО)					Академических часов на курсовой проект	Форма промежуточ- ной аттестации
						Всего	Лекции	Лабораторные занятия	Практические занятия	Семинары		
6-05-0711-02	Переработка нефти и газа и промышленный органический синтез	2	3	-	-	2	2	-	-	-	-	-
		2	4	80	2	12	6	6	-	-	-	Зачет
		3	5	82	2	6	2	-	4	-	-	Экзамен
		3	6	-	1	-	-	-	-	-	40	Защита курс. проекта

*Интегрируется с учебными дисциплинами «Процессы и аппараты химического производства» «Процессы и аппараты нефтегазоперерабатывающих производств» уровня ССО.

Из типовых программ уровня ССО перезачтены темы: «Насосы и компрессоры»; «Перемешивание в жидких средах»; «Нагревание и охлаждение» (Промышленные теплоносители и методы их использования); «Выпаривание растворов» (Выпаривание); «Кристаллизация» (Кристаллизация из растворов и расплавов); «Экстракция (Жидкостная экстракция)»; «Адсорбция» (Адсорбция и ионный обмен).

1. СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

ВВЕДЕНИЕ

Содержание, задачи и роль дисциплины в подготовке бакалавров с квалификацией «Инженер. Химик-технолог».

Классификация химико-технологических процессов и аппаратов.

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

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 однофазных потоков. 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. 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.

Тема 1.2. Перемещение жидкостей и газов

Машины для перемещения жидкостей и газов, их классификация.

Насосы. Их классификация. Основные параметры работы насосов.

Определение напора и допустимой высоты всасывания насоса.

Центробежные насосы. Их устройство и принцип действия.

Взаимодействие насоса и трубопроводной сети, рабочая точка.

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. Винтовые компрессоры. 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. 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.

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. Основные положения расчета отстойников. Типовые и современные конструкции отстойников.

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. Классификация фильтров, их типовые и современные конструкции. Основы расчета фильтров.

Разделение под действием инерционных сил. Центробежный фактор разделения. Циклоны для очистки газов и гидроциклоны. Центрифуги, их классификация и области применения. Конструкции фильтрующих и осадительных центрифуг.

Мокрая очистка газов. Конструкции скрубберов-пылеуловителей.

Электрическая очистка газов. Конструкции электрофильтров.

Тема 1.5. Перемешивание в жидких средах

Назначение и роль процессов перемешивания. Способы перемешивания. Механическое перемешивание. Конструкции и области применения типовых и современных мешалок. Мощность привода мешалки, ее расчет.

РАЗДЕЛ 2. ТЕПЛОВЫЕ ПРОЦЕССЫ И АППАРАТЫ

Тема 2.1. Основы теории теплообмена

Роль тепловых процессов в химической промышленности.

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, расчет ее средней величины.

Тема 2.2. Промышленные теплоносители и методы их использования

Классификация теплоносителей и требования, предъявляемые к ним.

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

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

Тема 2.3. Теплообменные аппараты

Классификация теплообменных аппаратов.

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

Основные положения расчета поверхностных теплообменников.

Тема 2.4. Выпаривание

Сущность процесса выпаривания, его значение и методы осуществления. Материальный баланс процесса. Определение температуры кипения раствора, депрессии. Тепловой баланс выпарного аппарата. Удельный расход греющего пара на выпаривание. Полезная разность температур при выпаривании. Порядок расчета выпарного аппарата.

Одно- и многокорпусные выпарные установки. Обоснование числа корпусов выпарной установки.

Классификация выпарных аппаратов, их типовые и современные конструкции.

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. Применение 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 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.

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. Виды простой перегонки.

Ректификация. Установка для непрерывной ректификации бинарной смеси. Материальный баланс непрерывной бинарной ректификации. Уравнения рабочих линий бинарной ректификации. Основные уравнения теплового баланса ректификационной установки. Расчет минимального и обоснование рабочего флегмовых чисел. Порядок расчета ректификационной колонны и установки.

Тема 3.4. Термическая сушка

Общая характеристика процесса, его роль и место в химических производствах.

Формы связи влаги с материалом. Способы удаления влаги из материалов. Виды термической сушки.

Конвективная сушка. Параметры состояния сушильного агента, I - x -диаграмма влажного воздуха. Материальный и тепловой балансы конвективной сушилки. Теоретическая и действительная сушилки. Последовательность расчета конвективной сушилки.

Классификация сушилок и сушильных установок. Типовые и современные конструкции конвективных сушилок.

Тема 3.5. Адсорбция и ионный обмен

Общие сведения о процессе адсорбции и областях его применения. Основные промышленные адсорбенты, их структура и свойства. Равновесие при адсорбции. Десорбция и способы ее проведения. Конструкции адсорберов.

Характеристика ионообменного процесса и ионитов. Ионообменные установки.

Тема 3.6. Жидкостная экстракция

Общие сведения о процессе и его практическом применении. Методы жидкостной экстракции. Основные схемы проведения экстракции. Классификация экстракторов, их конструкции.

Тема 3.7. Кристаллизация из растворов и расплавов

Общие сведения о процессах и их применении. Кристаллизация из растворов. Классификация кристаллизаторов и их конструкции.

Тема 3.8. Мембранные процессы

Общие сведения о процессах и областях их применения. Классификация и характеристика мембранных процессов и мембран.

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 (выпарной, абсорбционной, ректификационной или экстракционной). 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», «Теплотехника», «Прикладная механика», «Информатика», «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 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 экстрактора), 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 пояснительной записки регламентируется требованиями, изложенными в «Положении о курсовом проекте (курсовой работе) учреждения образования «Белорусский государственный технологический университет», утвержденным 10 мая 2024 года. Чертежи должны быть выполнены в соответствии с требованиями стандартов ЕСКД.

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 выпарных 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 специальности 6-05-0711-02 (очная и заочная сокращённая формы получения высшего образования) – 40 академических 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 экстракционную 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 разными свойствами и концентрациями, иметь различную производительность и т.д. Аналогичная ситуация и с другими типовыми схемами курсовых проектов.

Для проведения защиты курсовых проектов на кафедре организуют работу комиссий по защите. В состав каждой комиссии включают двух человек, одним из которых является преподаватель – руководитель проекта. При этом руководитель проекта является председателем комиссии по защите.

3.1. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ для очной (дневной) формы получения высшего образования

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
	4 СЕМЕСТР	36	18	18	36	
	<p>ВВЕДЕНИЕ Содержание, задачи и роль дисциплины в подготовке бакалавров с квалификацией «Инженер. Химик-технолог». Классификация химико-технологических процессов и аппаратов. Общие принципы расчета, анализа и моделирования процессов и аппаратов. Материальные и энергетические балансы. Движущая сила процессов переноса. Основной кинетический закон явлений переноса.</p>	1	–	–	1	Зачет
1	ГИДРОМЕХАНИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ И АППАРАТЫ	35	18	18	35	
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 однофазных потоков. 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>	14	4¹	8	14	Зачет, ОАПУУЗ, ОЛРУЗ
		2	–	2		
		2	–	2		
		4	2 ¹ 2 ¹	2		
<i>Примечание</i> ¹ – по указанию преподавателя выполняется лабораторная работа по теме «1.1.3», либо «1.1.4», либо «1.1.6».						

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. 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.</p>	2 2 2	2 ¹ 2 ¹ 2 ¹ 2 ¹	– – 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 и допустимой высоты всасывания насоса.</p> <p>1.2.2. 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.</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. Винтовые компрессоры. Вакуумные насосы.</p>	6 2 2 1 1	4² – 2 ² 2 ² – 2 ² 2 ²	2 2 – –	6	Зачет, 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. Методы расчета скорости осаждения в условиях динамического равновесия.</p> <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. Пневмо- и гидротранспорт материалов.</p>	6 3 3	5³ 2 ³ 2 ³ 1 ³ 2 ³ 2 ³ 1 ³	2 – 2	6	Зачет, ОАПУУЗ, ОЛРУЗ

Примечания: ² – по указанию преподавателя выполняется лабораторная работа по теме «1.2.2», либо по теме «1.2.4»;

³ – по указанию преподавателя выполняется лабораторная работа по теме «1.3.1», либо по теме «1.3.2».

1	2	3	4	5	6	7
1.4	Гидромеханическое разделение гетерогенных систем	7	5⁴	4	7	Зачет, ОАПУУЗ, ОЛРУЗ
	1.4.1. Методы разделения гетерогенных систем. Основные критерии выбора метода разделения. Материальный баланс процесса разделения. Осаждение под действием сил тяжести. Основные положения расчета отстойников. Типовые и современные конструкции отстойников.	2	–	2		
	1.4.2. 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. Классификация фильтров, их типовые и современные конструкции. Основы расчета фильтров.	2	2 ⁴ 2 ⁴ 1 ⁴	2		
	1.4.3. Разделение под действием инерционных сил. Центробежный фактор разделения. Циклоны для очистки газов и гидроциклоны. Центрифуги, их классификация и области применения. Конструкции фильтрующих и осадительных центрифуг.	2	2 ⁴ 2 ⁴ 1 ⁴	–		
	1.4.4. Мокрая очистка газов. Конструкции скрубберов-пылеуловителей. Электрическая очистка газов. Конструкции электрофильтров.	1	–	–		
1.5	Перемешивание в жидких средах	2	–	2	2	Зачет, ОАПУУЗ
	Назначение и роль процессов перемешивания. Способы перемешивания. Механическое перемешивание. Конструкции и области применения типовых и современных мешалок. Мощность привода мешалки, ее расчет.					

Примечание ⁴ – по указанию преподавателя выполняется лабораторная работа по теме «1.4.2», либо по теме «1.4.3».

	5 СЕМЕСТР	36	18	18	36	
2	ТЕПЛОВЫЕ ПРОЦЕССЫ И АППАРАТЫ	14	8	8	14	
2.1	<p>Основы теории теплообмена 2.1.1. Роль тепловых процессов в химической промышленности. 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. 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, расчет ее средней величины.</p>	6 2	– –	6 2	6	Экзамен, ОАПУУЗ
2.2	<p>Промышленные теплоносители и методы их использования Классификация теплоносителей и требования, предъявляемые к ним. Основные греющие теплоносители (топочные газы, водяной пар, горячая вода, органические теплоносители) и способы их использования. Основные охлаждающие теплоносители (вода, воздух) и способы их использования. Специальные греющие и охлаждающие теплоносители.</p>	2	–	–	2	Экзамен
2.3	<p>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. Основные положения расчета поверхностных теплообменников.</p>	2	4 2 2	–	2	Экзамен, ОАПУУЗ, ОЛРУЗ

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. Определение температуры кипения раствора, депрессии. Тепловой баланс выпарного аппарата. Удельный расход греющего пара на выпаривание. Полезная разность температур при выпаривании. 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>	4 2 2	4 2 2	2 2 –	4	Экзамен, ОАПУУЗ, ОЛРУЗ
3	МАССООБМЕННЫЕ ПРОЦЕССЫ И АППАРАТЫ	22	10	10	22	
3.1	<p>Основы массопередачи</p> <p>3.1.1. Общая характеристика и классификация массообменных процессов. Их роль и место в химической промышленности.</p> <p>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. Применение теории диффузионного 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. Определение высоты аппарата через число и высоту единиц переноса. 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	6	Экзамен, ОАПУУЗ

1	2	3	4	5	6	7
3.2	<p>Абсорбция</p> <p>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.</p> <p>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.</p>	4 2	5 –	2 2	4	Экзамен, ОАПУУЗ, ОЛРУЗ
		2	2 2 1	–		
3.3	<p>Перегонка и ректификация</p> <p>3.3.1. Общая характеристика процессов, их место и роль в химической технологии. Равновесие в системе пар – жидкость. Простая перегонка. Ее материальный баланс. Виды простой перегонки.</p> <p>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. Расчет минимального и обоснование рабочего флегмовых чисел. Порядок расчета ректификационной колонны и установки.</p>	4 2	5 –	2 –	4	Экзамен, ОАПУУЗ, ОЛРУЗ
		2	2 2 1	2		
3.4	<p>Термическая сушка</p> <p>Общая характеристика процесса, его роль и место в химических производствах. Формы связи влаги с материалом. Способы удаления влаги из материалов. Виды термической сушки. Конвективная сушка. Параметры состояния сушильного агента, I–x-диаграмма влажного воздуха. Материальный и тепловой балансы конвективной сушилки. Теоретическая и действительная сушилки. Последовательность расчета конвективной сушилки.</p> <p>Классификация сушилок и сушильных установок. Типовые и современные конструкции конвективных сушилок.</p>	2	–	2	2	Экзамен, ОАПУУЗ
1	2	3	4	5	6	7

3.5	Адсорбция и ионный обмен Общие сведения о процессе адсорбции и областях его применения. Основные промышленные адсорбенты, их структура и свойства. Равновесие при адсорбции. Десорбция и способы ее проведения. Конструкции адсорберов. Характеристика ионообменного процесса и ионитов. Ионообменные установки.	2	–	2	2	Экзамен, ОЛРУЗ
3.6	Жидкостная экстракция Общие сведения о процессе и его практическом применении. Методы жидкостной экстракции. Основные схемы проведения экстракции. Классификация экстракторов, их конструкции.	2	–	–	2	Экзамен
3.7	Кристаллизация из растворов и расплавов Общие сведения о процессах и их применении. Кристаллизация из растворов. Классификация кристаллизаторов и их конструкции.	1	–	–	1	Экзамен
3.8	Мембранные процессы Общие сведения о процессах и областях их применения. Классификация и характеристика мембранных процессов и мембран.	1	–	–	1	Экзамен
ВСЕГО ПО ДИСЦИПЛИНЕ		72	36	36	72	

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.

3.2. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

(заочная форма получения высшего образования, интегрированного со средним специальным образованием)

Номер раздела, темы	Название раздела, темы	Количество аудиторных часов			Форма контроля знаний
		ЛК	ЛЗ	ПЗ	
1	2	3	4	5	6
	3 СЕМЕСТР	2	–	–	
	ВВЕДЕНИЕ Общие принципы расчета, анализа и моделирования процессов и аппаратов. Основной кинетический закон явлений переноса.	1	–	–	
1	ГИДРОМЕХАНИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ И АППАРАТЫ				
1.1	Основы технической гидравлики Дифференциальное уравнение равновесия Эйлера. Практическое применение основного уравнения гидростатики.	1	–	–	
	4 СЕМЕСТР	6	6	–	Зачет
	Основные уравнения гидродинамики: дифференциальное уравнение движения Эйлера, неразрывности потока, Навье – Стокса. Практическое применение уравнений Бернулли.	1			Зачет, ОЛРУЗ
1.2	Гидромеханическое разделение гетерогенных систем Расчет скорости осаждения. Способы интенсификации гравитационного разделения. Основное уравнение фильтрования. Уравнение фильтрования при постоянном перепаде давлений. Основы расчета фильтров.	1	2	–	Зачет, ОЛРУЗ
2	ТЕПЛОВЫЕ ПРОЦЕССЫ И АППАРАТЫ				
2.2	Основы теории теплообмена Дифференциальное уравнение переноса тепла Фурье. Уравнение закона Фурье. Дифференциальное уравнение конвективного переноса тепла (уравнение Фурье-Кирхгофа).	2	2	–	Зачет, ОЛРУЗ

1	2	3	4	5	6
3	МАССООБМЕННЫЕ ПРОЦЕССЫ И АППАРАТЫ				
3.1	Основы массопередачи Основы расчета массообменных аппаратов. Определение размеров массообменного аппарата с использованием основного уравнения массопередачи.	1	–	–	Зачет, ОЛРУЗ
3.2	Абсорбция Расчет абсорберов.	1	2	–	Зачет, ОЛРУЗ
	5 СЕМЕСТР	2	–	4	Экзамен
3.3	Перегонка и ректификация Расчет абсорберов.	1	–	2	Экзамен, ОАПУУЗ
3.4	Термическая сушка Расчет конвективных сушилок.	1	–	2	Экзамен, ОАПУУЗ
ВСЕГО ПО ДИСЦИПЛИНЕ		10	6	4	

Примечания: 1. 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.

2. В 4-ом семестре проводятся лабораторные занятия по темам 1.1–3.2. Зачет в указанном семестре включает материал по разделу 1 «ГИДРОМЕХАНИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ И АППАРАТЫ».

3. В 5-ом семестре проводятся практические занятия по темам 3.3 и 3.4. Экзамен в указанном семестре включает материал по разделу 2 «ТЕПЛОВЫЕ ПРОЦЕССЫ И АППАРАТЫ» и 3 «МАССООБМЕННЫЕ ПРОЦЕССЫ И АППАРАТЫ».

4. ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

4.1. Электронные средства обучения

1. Саевич, Н. П. Электронный учебно-методический комплекс по учебной дисциплине «Процессы и аппараты химических технологий»: Регистрационное свидетельство № 1141816393 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>.

4.2. Перечень литературы

Основная

1. Касаткин, А. Г. Основные процессы и аппараты химической технологии / А. Г. Касаткин. – М.: Альянс, 2005. – 751 с.

2. Вилькоцкий, А. И. Процессы и аппараты химической технологии. Техническая гидравлика: учеб. пособие для студентов учреждений высшего образования по направлению «Химическая промышленность» / А. И. Вилькоцкий [и др.]: под ред. И. В. Войтова, Т. Р. Сосновского. – Минск: БГТУ, 2021. – 400 с.

3. 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.

4. 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.

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

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

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

8. Процессы и аппараты химической технологии: методические указания к курсовому проектированию по одноименной дисциплине / Сост. Д. Г. Калишук, С. К. Протасов, В. А. Марков. – Минск: БТИ им. С. М. Кирова. 1992. – 42 с.

9. Положение о курсовом проекте (курсовой работе) учреждения образования «Белорусский государственный технологический университет» / Исп. Г. И. Касперов, В. В. Горжанов, А. А. Сакович. – Минск: БГТУ, 2024. – 44 с.

Дополнительная

10. Дытнерский, Ю. И. Процессы и аппараты химической технологии: Учебник для вузов. В 2-х кн. / Ю. И. Дытнерский. – М.: Химия, 1995. – 399 + 368 с.
11. Гельперин, Н. И. Основные процессы и аппараты химической технологии / Н. И. Гельперин. – М.: Химия, 1981. – 812 с.
12. Плановский, А. Н. Процессы и аппараты химической технологии / А. Н. Плановский, В. М. Рамм, С. З. Каган. – М.: Химия, 1968 – 847 с.
13. Плановский, А. Н. Процессы и аппараты химической и нефтехимической технологии / А. Н. Плановский, П. И. Николаев. – М.: Химия, 1987. – 496 с.
14. 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.
15. Скобло, А. И. Процессы и аппараты нефтеперерабатывающей и нефтехимической промышленности / А. И. Скобло, И. А. Трегубов, Ю. К. Молоканов. – М.: Химия, 1982. – 584 с.
16. Молоканов, Ю. К. Процессы и аппараты нефтегазопереработки / Ю. К. Молоканов. – М.: Химия, 1987. – 368 с.
17. Фролов, В. Ф. Лекции по курсу «Процессы и аппараты химической технологии» / В. Ф. Фролов – 2-е изд, испр. – СПб.: ХИМИЗДАТ, 2008. – 608 с.
18. Романков, П. Г. Процессы и аппараты химической промышленности / П. Г. Романков [и др.] – Л.: Химия, 1989. – 560 с.
19. 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.
20. Процессы и аппараты химической технологии. Явления переноса, макрокинетика, подобие, моделирование, проектирование: в 5 т. Т. 2. Механические и гидромеханические процессы / Д. А. Баранов [и др.]: под ред. А. М. Кутепова. – М.: Логос, 2002. – 600 с.
21. Игнатович, Э. Химическая техника. Процессы и аппараты. Пер. с нем. / Э. Игнатович. – М.: Техносфера, 2007. – 656 с.
22. Горбатюк, В. И. Процессы и аппараты пищевых производств. / В. И. Горбатюк – М.: Колос, 1999. – 333 с.
23. Кавецкий, Г. Д. Процессы и аппараты пищевой технологии. / Г. Д. Кавецкий, Б. В. Васильев. – М.: Колос, 1999. – 551 с.
24. 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.
25. Боровик, А. А. Процессы и аппараты химической технологии. Сборник примеров и задач. В 2 ч. Ч. 1. Техническая гидравлика Гидромеханиче-

ские процессы / А. А. Боровик, С. К. Протасов, В. А. Марков. – Мн.: БГТУ, 2006. – 332 с.

26. 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.

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

28. 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.

29. Иоффе, И. И. Проектирование процессов и аппаратов химической технологии / И. И. Иоффе. – Л.: Химия, 1991. – 352 с.

30. 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.

31. Лазинский, А. А. Конструирование сварных химических аппаратов: Справочник / А. А. Лазинский. – М.: Машиностроение, 1981. – 382 с.

32. 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.

33. Справочник химика. Т. 5. Под ред. Никольского. – М.–Л.: Химия, 1966. – 976 с.

34. Перри, Дж. Справочник инженера-химика. Пер. с англ. В 2-х кн. / Дж. Перри. – Л.: Химия, 1969. – 640 + 504 с.

35. 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).

36. Таубман, Е. И. Выпаривание / Е. И. Таубман. – М.: Химия, 1982. – 362 с.

37. Кафаров, В. В. Основы массопередачи. – М.: Высшая школа, 1979. – 439 с.

38. Шервуд, Т. Массопередача / Т. Шервуд, Р. Л. Пигфорд, У. Уилки. – М.: Химия, 1982. – 696 с.

39. Александров, И. А. Ректификационные и абсорбционные аппараты. Методы расчета и основы конструирования / И. А. Александров. – М.: Химия, 1978. – 280 с.

40. Рамм, В. М. Абсорбция газов / В. М. Рамм. – М.: Химия, 1976. – 656 с.

41. Сажин, Б. С. Основы техники сушки / Б. С. Сажин. – М.: Химия, 1984. – 320 с.

42. Ягодин, Г. А. Основы жидкостной экстракции/ Г. А. Ягодин, С. З. Каган. – М.: Химия, 1981. – 400 с.

43. Гельперин, Н. И. Основы техники кристаллизации расплавов/ Н. И. Гельперин, Г. А. Носов – М.: Химия, 1975. – 351 с.

44. Кельцев, Н. В. Основы адсорбционной техники / Н. В. Кельцев. – М.: Химия, 1984. – 592 с.

45. Положение о курсовом проекте (курсовой работе) учреждения образования «Белорусский государственный технологический университет» / исп.: Г. И. Касперов, В. В. Горжанов, А. А. Сакович. - Минск : БГТУ, 2024. - 42 с.

4.3. Перечень и тематика практических занятий

Тематика практических занятий для студентов очной (дневной) формы получения образования специальности 6-05-0711-02 Переработка нефти и газа и промышленный органический синтез формируется в соответствии с последовательностью изложения лекционного материала и охватывает при этом основные разделы и темы дисциплины. На практических занятиях проводится расчеты статистики 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 очной (дневной) формы получения образования приведен ниже.

1. Свойства газов и жидкостей и параметры их состояния.
2. Основы прикладной гидростатики.
3. Практическое приложение основных уравнений гидродинамики.
4. Гидравлическое сопротивление трубопроводов.
5. Насосы и компрессорные машины.
6. Гравитационное осаждение. Отстойники.
7. Гидродинамика зернистого слоя.
8. Фильтрация 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 и экстракторов.

Со студентами специальности 6-05-0711-02 Переработка нефти и газа и промышленный органический синтез (заочная сокращённая форма получения высшего образования, интегрированного со средним специальным образованием) следует провести практические занятия по темам «Абсорбция» и «Перегонка и ректификация».

4.4. 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 [5] из списка основной литературы.

Со студентами специальности 6-05-0711-02 Переработка нефти и газа и промышленный органический синтез (заочная сокращённая форма получения высшего образования, интегрированного со средним специальным образованием) следует провести три лабораторные работы из следующего списка: «Получение характеристик центробежных нагнетательных машин (насоса и вентилятора) и трубопроводной сети (лабораторная работа № 4)»; «Исследование процесса теплообмена в теплообменнике типа «труба в трубе» с определением экспериментального и расчетного теоретического коэффициентов теплопередачи (лабораторная работа № 11)»; «Исследование процесса выпаривания под вакуумом (лабораторная работа № 13)»; «Исследование гидродинамических режимов работы тарельчатых и насадочных массообменных аппаратов и их гидравлического сопротивления (лабораторная работа № 15)»; «Исследование процесса абсорбции в насадочной и тарельчатой колоннах (лабораторная работа № 16)»; «Исследование процесса периодической ректификации бинарной смеси (лабораторная работа № 14)». Конкретный перечень лабораторных работ устанавливает студентам преподаватель, ведущий эти занятия.

4.5. Перечень средств диагностики результатов учебной деятельности

Для диагностики результатов учебной деятельности используются:

- отчеты по аудиторным практическим упражнениям с их устной защитой;
- отчеты по лабораторным работам с их устной защитой;
- зачет;
- экзамен;
- курсовой проект с его устной защитой.

Текущий контроль уровня знаний и компетенций и их приращения может также осуществляться при мониторинге хода выполнения курсового проекта.

В ходе 4-го и 5-го семестров проводятся текущие аттестации студентов очной (дневной) формы получения образования специальности 6-05-0711-02 «Переработка нефти и газа и промышленный органический синтез» (по две аттестации в каждом из семестров по итогам отчетов по аудиторным практическим упражнениям с их устной защитой и отчетам по лабораторным работам с их устной защитой). Результаты указанных 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 ($O_{\text{ЭКЗ}}$), которая вносится в зачетно-экзаменационную ведомость, производится по формуле (с последующим округлением полученного числа до ближайшего целого):

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

где $O_{\text{межс}}$ – отметка по межсессионной аттестации (первой и второй); $O_{\text{тек}}$ – отметка, полученная на экзамене, дифференцированном зачете; $K_{\text{межс}}$ и $K_{\text{тек}}$ – весовые коэффициенты соответствующих видов аттестации.

Кафедрой установлены следующие значения весовых коэффициентов: $K_{\text{межс}} = 0,2$; $K_{\text{тек}} = 0,6$.

4.6. 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 4-го и 5-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.* При этом 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)
Технология переработки нефти и газа	Кафедра нефтегазопереработки и нефтехимии	Предложений нет	Рекомендовать к утверждению. Прот. № _____ от _____
Химия и технология основного органического и нефтехимического синтеза	Кафедра нефтегазопереработки и нефтехимии	Предложений нет	Рекомендовать к утверждению. Прот. № _____ от _____
Оборудование и основы проектирования предприятий нефтехимической промышленности	Кафедра нефтегазопереработки и нефтехимии	Предложений нет	Рекомендовать к утверждению. Прот. № _____ от _____

Содержание учебной программы согласовано с выпускающей кафедрой:

Заведующий кафедрой
нефтегазопереработки
и нефтехимии
кандидат технических наук, доцент

Д. В. Куземкин

**ДОПОЛНЕНИЯ И ИЗМЕНЕНИЯ К УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЕ УВО
на 2025/2026 учебный год**

№№ п.п.	Дополнения и изменения	Основание

Учебная программа пересмотрена и одобрена на заседании кафедры
ПиАХП (протокол № _____ от _____ 20__ 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)