

Учреждение образования
«Белорусский государственный технологический университет»

УТВЕРЖДАЮ

Проректор

по учебной работе БГТУ

С.А. Касперович

26.06.2015 г.

Регистрационный № УД - 176/уч

Процессы и аппараты химической технологии

Учебная программа учреждения высшего образования по учебной дисциплине для специальностей:

- 1–48 01 01 Химическая технология неорганических веществ, материалов и изделий;
- 1–48 01 04 Технология электрохимических производств;
- 1–48 01 05 Химическая технология переработки древесины;
- 1–48 02 01 Биотехнология;
- 1–48 02 02 Технология лекарственных препаратов;
- 1–57 01 01 Охрана окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов

2015 г.

Учебная программа составлена на основе образовательных стандартов высшего образования специальностей 1–48 01 01 Химическая технология неорганических веществ, материалов и изделий, 1–48 01 04 Технология электрохимических производств, 1–48 01 05 Химическая технология переработки древесины, 1–48 02 01 Биотехнология, 1–48 02 02 Технология лекарственных препаратов, 1–57 01 01 Охрана окружающей среды и рациональное использование, введенных в действие 01 сентября 2013 г.

СОСТАВИТЕЛИ:

А.Э. Левданский, заведующий кафедрой процессов и аппаратов химических производств учреждения образования «Белорусский государственный технологический университет», доктор технических наук, доцент;

Д.Г. Калишук, доцент кафедры процессов и аппаратов химических производств учреждения образования «Белорусский государственный технологический университет», кандидат технических наук, доцент

РЕЦЕНЗЕНТЫ:

П.В. Акулич, профессор кафедры промышленной теплоэнергетики и теплотехники Белорусского национального технического университета, главный научный сотрудник государственного научного учреждения «Институт тепло-и массообмена им. А.В. Лыкова НАН Беларуси», доктор технических наук;

А.Д. Пещенко, доцент кафедры радиационной химии и химико-фармацевтических технологий Белорусского государственного университета, кандидат химических наук, доцент

РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:

Кафедрой процессов и аппаратов химических производств учреждения образования «Белорусский государственный технологический университет», (протокол № 9 от 14 мая 2015г.);

Учебно-методическим советом учреждения образования «Белорусский государственный технологический университет,

(протокол № 7 от 26 июня 2015 г.)

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Актуальность изучения дисциплины

Дисциплина «Процессы и аппараты химической технологии», изучаемая при подготовке инженеров-химиков-технологов и инженеров-химиков-экологов, по своему содержанию является специальной. По сути для студентов специальностей 1–48 01 01 «Химическая технология неорганических веществ, материалов и изделий», 1–48 01 04 «Технология электрохимических производств», 1–48 01 05 «Химическая технология переработки древесины», 1–48 02 01 «Биотехнология», 148 02 02 «Технология лекарственных препаратов», 1–57 01 01 «Охрана окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов» 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.

Цель и задачи дисциплины

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

Основные задачи дисциплины – обучение студентов теории типовых процессов и аппаратов химической технологии, основам методик их расчета, анализа и моделирования, в том числе при синтезе технических, инженерных и экономических задач; получение студентами первичных навыков решения конкретных прикладных задач, а также навыков технологического проектирования аппаратов и установок.

Теоретические и практические основы дисциплины связаны с анализом, математическим описанием различных явлений, решением прикладных задач, расчетом и моделированием процессов и аппаратов. Поэтому для овладения дисциплиной «Процессы и аппараты химической технологии» необходимы знания таких естественнонаучных и специальных дисциплин как «Высшая математика», «Физика», «Теоретические основы химии», «Неорганическая химия», «Органическая химия», «Физическая химия», «Поверхностные явления и дисперсные системы», «Теплотехника химических производств», «Прикладная механика», «Инженерная и машинная графика».

При последующем обучении студентов материалы дисциплины «Процессы и аппараты химической технологии» будут востребованы при изучении общепрофессиональных специальных дисциплин «Общая химическая технология», «Моделирование и оптимизация химико-технологических процессов», «Автоматика, автоматизация и автоматические системы управления технологическими процессами», «Оборудование и проектирование предприятий подотрасли». а также цикла дисциплин специализации. Кроме того знания процессов и аппаратов химической технологии необходимы при прохождении общеинженерной,

технологической и преддипломной практик, при анализе и разработке технологических вопросов в дипломных проектах (работах).

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;

– методы моделирования, расчета и оптимизации процессов и аппаратов, пути совершенствования химической технологии и техники;

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

– типовой процесс для реализации различных стадий технологического процесса;

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

– пути совершенствования химической технологии и техники;

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

уметь:

– решать конкретные инженерно-технологические задачи путем анализа, расчета, моделирования и оптимизации процессов и аппаратов, а также самостоятельно 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 поставленным технологическим целям проектные решения.

В результате изучения дисциплины «Процессы и аппараты химической технологии» студент формирует компетенции, позволяющие ***владеть:***

– методами расчета основных процессов и аппаратов химической технологии;

– 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;
- методами расчета гидромеханического разделения неоднородных систем;
- 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;
- навыками ведения отдельных стадий производственной деятельности организации (предприятия), включая исследования и разработки.

Требования к компетентности специалиста

В результате изучения дисциплины «Процессы и аппараты химической технологии» специалист должен владеть следующими компетенциями:

- уметь применять базовые научно-теоретические знания для решения теоретических и практических задач;
- владеть системным и сравнительным анализом;
- владеть исследовательскими навыками;
- уметь работать самостоятельно;
- быть способным порождать новые идеи (обладать креативностью);
- владеть междисциплинарным подходом для решения проблем;
- иметь навыки, связанные с использованием технических устройств, управлением информацией и работой с компьютером;
- обладать навыками устной и письменной коммуникации;
- уметь учиться, повышать свою квалификацию в течение всей жизни;
- уметь осуществлять комплексный подход к решению технологических проблем;
- уметь создавать и использовать в своей деятельности объекты интеллектуальной собственности;
- владеть навыками здоровьесбережения;
- уметь находить правильные решения в условиях чрезвычайных ситуаций на предприятиях;
- быть способным к критике и самокритике;
- уметь работать в команде;
- уметь применять энергоэффективные и ресурсосберегающие технологии;
- быть способным применять эффективную организацию и рациональное обслуживание производственных технологических процессов, вести соответствующую документацию и обучение персонала;
- уметь выбирать материалы, технологические процессы и аппараты, безопасные и оптимальные по технико-экономическим, энергетическим, экологическим и иным показателям;

- уметь контролировать состояние средств технического оснащения, обеспечение безопасных условий труда на рабочих местах, соблюдение норм производственной санитарии противопожарной безопасности;
- быть способным разрабатывать технологические схемы новых производственных процессов;
- уметь рассчитывать и обосновывать технические параметры химических и теплотехнических процессов;
- быть способным разрабатывать производственные процессы с использованием инновационных технологий;
- уметь осуществлять производственную деятельность, техническую и технологическую подготовку производств;
- владеть методами моделирования и оптимизации технологических процессов;
- уметь разрабатывать проектно-сметную и другую документацию;
- быть способным находить оптимальные проектные решения;
- уметь оценивать технический уровень и экономическую эффективность принимаемых технологических решений;
- быть способным анализировать и оценивать достижения науки в области отраслевого производства;
- владеть методами и техникой экспериментальных исследований;
- уметь организовывать и проводить экспериментальные исследования;
- быть способным оценивать затраты труда, результаты и качество работы исполнителей;
- уметь работать с научной, специальной, технической и нормативно-справочной литературой.

Место, объем и структура дисциплины при дневной форме обучения

Предусмотренный образовательными стандартами бюджет времени на изучение дисциплины для различных специальностей при дневной форме обучения представлен в таблицах 1 – 2. Все аудиторные учебные занятия проводятся на третьем курсе в 5-м и 6-м семестрах (таблица 2).

Поставленные 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.

Курсовой проект по дисциплине выполняется на четвертом курсе в 7-м семестре. На выполнение курсового проекта студентам всех специальностей выделяется 40 часов.

Таблица 1 – Распределение общего количества часов

Специальность	Количество часов	
	Всего	Аудиторные
1–48 01 01 «Химическая технология неорганических веществ, материалов и изделий»	304	186
1–48 01 04 «Технология электрохимических производств»	303	192
1–48 01 05 «Химическая технология переработки древесины»	312	192
1–48 02 01 «Биотехнология»	296	194
148 02 02 «Технология лекарственных препаратов»	288	194
1–57 01 01 «Охрана окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов»	308	174

Таблица 2 – Распределение аудиторного учебного времени по семестрам

Специальность	Количество часов											
	Общее по всем видам занятий			Лекции			Лабораторные занятия			Практические занятия		
	Все-го	5-й сем.	6-й сем.	Все-го	5-й сем.	6-й сем.	Все-го	5-й сем.	6-й сем.	Все-го	5-й сем.	6-й сем.
1-48 01 01 «Химическая технология неорганических веществ, материалов и изделий»	186	102	84	102	51	51	50	34	16	34	17	17
1-48 01 04 «Технология электрохимических производств»	192	102	90	105	51	54	52	34	18	35	17	18
1-48 01 05 «Химическая технология переработки древесины»	192	87	105	102	51	51	54	18	36	36	18	18
1-48 02 01 «Биотехнология»	194	105	89	108	54	54	52	34	18	34	17	17
1-48 02 02 «Технология лекарственных препаратов»	194	89	105	108	54	54	52	18	34	34	17	17
1-57 01 01 «Охрана окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов»	174	87	87	102	51	51	36	18	18	36	18	18

Формы текущей аттестации по учебной дисциплине

Формами текущей аттестации по дисциплине «Процессы и аппараты химической технологии» являются:

для студентов специальностей 1–48 01 01 «Химическая технология неорганических веществ, материалов и изделий», 1–48 01 04 «Технология электрохимических производств», 1–48 02 01 «Биотехнология», 1–48 02 02 «Технология лекарственных препаратов», 1–57 01 01 «Охрана окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов»:

в 5-м семестре – зачет и экзамен;

в 6-м семестре – экзамен;

в 7-м семестре – дифференцированный зачет по итогам защиты курсового проекта;

для студентов специальности 1–48 01 05 «Химическая технология переработки древесины»:

в 5-м семестре – зачет и экзамен;

в 6-м семестре – зачет и экзамен;

в 7-м семестре – дифференцированный зачет по итогам защиты курсового проекта.

СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

ВВЕДЕНИЕ

Содержание, задачи и роль дисциплины в подготовке инженеров-химиков-технологов (инженеров-химиков-экологов). Классификация химико-технологических процессов и аппаратов. Роль совершенствования процессов и аппаратов в научно-техническом прогрессе и решении проблем производственной и экологической безопасности.

Общие принципы расчета процессов и аппаратов. Материальные и энергетические балансы. Движущая сила процессов переноса. Кинетика процессов. Основной кинетический закон явлений переноса. Оценка энерго- и капиталоемкости процессов и аппаратов, их технико-экономическая оптимизация. Основные принципы анализа и моделирования процессов и аппаратов. Математическое моделирование. Физическое моделирование. Стандартизация, нормализация и унификация химических аппаратов.

РАЗДЕЛ 1. ГИДРОМЕХАНИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ И АППАРАТЫ

Тема 1.1. Основы технической гидравлики

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

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, закона Стокса, Пуазейля. Уравнение Бернулли для идеальной и реальной жидкостей. Практическое применение уравнений Бернулли (устройства для измерения расхода и скоростей, истечение жидкости через малые отверстия и др.). Режимы движения жидкостей. Структура потоков и распределение локальных скоростей по их сечению.

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

Потери давления в трубопроводах и аппаратах. Потери давления на трение и на местных сопротивлениях, их расчет. Расчет гидравлического сопротивления трубопровода. Технико-экономическое обоснование оптимального диаметра трубопровода. Регулирующая и запорная арматура.

Тема 1.2. Перемещение жидкостей и газов

Машины для перемещения жидкостей и газов, их классификация и области использования. Насосы. Их классификация. Сведения о применении различных типов насосов. Основные параметры работы насосов.

Определение напора насоса и допустимой высоты всасывания насоса. Кавитация в насосах. Центробежные насосы. Их устройство и принцип действия. Уравнение Эйлера для центробежных машин. Законы пропорциональности центробежных машин. Типовые конструкции объемных и динамических насосов (поршневые, плунжерные, мембранные, пластинчатые, винтовые, вихревые, осевые), их принцип действия и области применения. Взаимодействие насоса и трубопроводной сети. Рабочая точка насоса. Совместная работа насосов на сеть. Основы подбора насосов и оптимизации насосных установок.

Компрессорные машины. Их классификация. Радиальные и осевые вентиляторы. Поршневые компрессоры и особенности их работы. Многоступенчатое сжатие и распределение давления между ступенями. Мощность, потребляемая компрессором. Турбокомпрессоры. Винтовые и др. компрессоры. Вакуумные насосы. Их классификация. Конструкции и принцип действия вакуумных насосов (поршневого, водокольцевого, струйного и др.).

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.

Движение потока через слой зернистого материала. Характеристики слоя зернистого материала. Состояния слоя зернистого материала (неподвижное, псевдооживленное, уноса). Гидравлическое сопротивление неподвижного и псевдооживленного слоев зернистого материала. Расчет основных параметров псевдооживленного слоя зернистого материала. Достоинства и недостатки аппаратов с псевдооживленным слоем зернистого материала, пути их совершенствования. Пневмо- и гидротранспорт материалов.

Методы диспергирования жидкостей и газов и устройства для осуществления процессов (форсунки, распылители, барботеры, сопла). Движение пузырьков в жидкости при барботаже. Движение потоков газ-жидкость в каналах.

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 для разделения суспензий, эмульсий и газовзвесей.

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

Разделение под действием инерционных сил. Центробежные аппараты для инерционного разделения – циклоны и центрифуги. Центробежный фактор разделения. Циклоны для очистки газов и гидроциклоны. Центрифуги, их классификация и области применения. Конструкции фильтрующих и осадительных центрифуг. Основы расчета центрифуг и циклонов.

Мокрая очистка газов. Конструкции скрубберов-пылеуловителей. Электрическая очистка газов. Конструкции электрофильтров.

Пути повышения эффективности и совершенствования аппаратов и установок для разделения гетерогенных систем.

Тема 1.5. Перемешивание в жидких средах

Назначение и роль процессов перемешивания. Способы перемешивания. Интенсивность и эффективность перемешивания. Механическое перемешивание. Конструкции и области применения типовых и современных мешалок. Мощность привода мешалки, ее расчет. Оптимизация режимов и аппаратного оформления перемешивания.

РАЗДЕЛ 2. ТЕПЛОВЫЕ ПРОЦЕССЫ И АППАРАТЫ

Тема 2.1. Основы теории теплообмена

Роль тепловых процессов в химической промышленности и других сферах деятельности человека. 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. 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, перспективные направления совершенствования теплообменников. Выбор и оптимизация теплообменников. Основные положения теплотехнического расчета поверхностных теплообменников. Расчет коэффициента теплопередачи в поверхностных теплообменниках методом последовательных приближений.

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. Движущая сила выпаривания (полезная разность температур). Порядок расчета выпарного аппарата. Одно- и многокорпусные выпарные установки. Обоснование числа корпусов выпарной установки и оптимизация ее энергопотребления. Классификация выпарных аппаратов, их типовые и современные конструкции. Рекомендации по выбору режимов выпаривания, выпарных аппаратов и установок, их оптимизации и интенсификации.

РАЗДЕЛ 3. МАССООБМЕННЫЕ ПРОЦЕССЫ И АППАРАТЫ

Тема 3.1. Основы массопередачи

Общая характеристика и классификация массообменных процессов. Их роль и место в химической промышленности и других сферах деятельности человека. Движущая сила массообмена. 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 (турбулентная

диффузия). Дифференциальное уравнение конвективного массообмена. Уравнение массоотдачи. Основные положения теории 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. Влияние гидродинамической структуры потоков на величину средней движущей силы процесса массопередачи. Особенности массопередачи в системах с твердой фазой.

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 и смежных технологиях. Равновесие при абсорбции. Десорбция, ее роль и методы осуществления. Материальный баланс абсорбера и его рабочая линия. Техничко-экономическое обоснование рабочего расхода абсорбента и размеров абсорбера. Тепловой баланс абсорбции. Скорость абсорбции и пути ее интенсификации. Особенности хемосорбции. Принципиальные схемы абсорбционно-десорбционных установок.

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. Рекомендации по оптимизации режимов проведения абсорбции и ее аппаратного оформления.

Тема 3.3. Перегонка и ректификация

Общая характеристика процессов, их место и роль в химической и смежных технологиях. Равновесие в системе пар – жидкость. Движущая сила процессов перегонки и ректификации.

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

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 технико-экономическое обоснование рабочего флегмовых чисел. Конструкции ректификационных колонн. Специальные виды

ректификации (азеотропная, экстрактивная, многокомпонентная) и установки для их проведения. Порядок расчета ректификационной колонны и установки.

Тема 3.4. Термическая сушка

Общая характеристика процесса, его роль и место в химических производствах и других сферах деятельности человека. Формы связи влаги с материалом. Методы сушки и технико-экономическое обоснование способов удаления влаги из материалов.

Конвективная сушка. Сушильные агенты и их выбор. Параметры состояния сушильного агента, I - x -диаграмма влажного воздуха. Механизмы переноса влаги в фазах при сушке, кинетика процесса. Движущая сила сушки. Материальный и тепловой балансы конвективной сушилки. Теоретическая и действительная сушилки. Отображение изменения параметров сушильного агента на I - x -диаграмме. Последовательность расчета конвективной сушилки.

Классификация сушилок и сушильных установок, их общая характеристика. Типовые и современные конструкции конвективных сушилок (барабанная, камерная, кипящего слоя и др.). Специальные сушилки (радиационные, контактные, сублимационные). Пути интенсификации процессов сушки и совершенствования сушилок.

Тема 3.5. Адсорбция

Общие сведения о процессе и областях его применения. Основные промышленные адсорбенты, их структура и свойства. Равновесие при адсорбции. Материальный баланс адсорбции. Динамика и кинетика адсорбции. Десорбция и способы ее проведения. Конструкции адсорберов (с неподвижным, псевдооживленным и плотным движущимся слоем). Основы расчета адсорберов и десорберов.

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 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, пульсационные, роторные и др.) и сравнительная характеристика. Интенсификация экстракции и совершенствование экстракторов.

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. Экстракторы и растворители (смесительно-отстойные, шнековые, колонные и др.).

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 (поверхностные, объемные и изотермические; ленточный, барабанный, качающийся и др.). Интенсификация кристаллизации.

Тема 3.10. Мембранные процессы

Общие сведения о процессах и областях их применения. Виды мембран (пористые, диффузионные, уплотняющиеся, с жесткой структурой, нанесенные, динамические, жидкие). Классификация и характеристика мембранных процессов (баромембранных, диффузионно-мембранных, электромембранных, ультра- и микрофльтрации) и мембран. Физико-химические основы и кинетика мембранных процессов. Методы регенерации мембран. Основы расчета мембранных аппаратов. Конструкции мембранных аппаратов (плоскокамерные, рулонные, трубчатые, половолоконные).

РАЗДЕЛ 4. МЕХАНИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ

Тема 4.1. Измельчение твердых материалов

Прочностные свойства 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.

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.

Курсовой проект, выполненный студентом, должен представлять самостоятельную проектную разработку по одной из основных тем дисциплины:

-«Расчитать и спроектировать выпарную установку»;

-«Расчитать и спроектировать абсорбционную установку»;

-«Расчитать и спроектировать ректификационную установку»;

-«Расчитать и спроектировать сушильную установку».

В целом проект охватывает несколько разделов дисциплины, т.к. установка, как правило, включает в свой состав массообменное, теплообменное и гидромеханическое оборудование. Для указанного комплекса аппаратуры выполняются подробные или ориентировочные технологические и конструктивные расчеты, а также при необходимости подбор 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», «Поверхностные явления и дисперсные системы», «Теплотехника химических производств», «Прикладная механика», «Инженерная и машинная графика».

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.

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. Оформление записки регламентируется СТП 001-2010 и СТП 002-2007.

Графическая часть курсового проекта по типовой тематике включает:

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

Чертежи должны быть выполнены в соответствии с требованиями стандартов ЕСКД, а их 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 – График выполнения курсовых проектов

№№ п.п.	Наименование этапа	Продолжи- тельность этапа	Трудоем- кость
1	Подробный расчет основного аппарата	5 недель	40 %
2	Подробный 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	

Темы групповых занятий по курсовому проектированию

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. Содержание описательных разделов записки.
7. Правила оформления чертежей общего вида и технологических схем. Указания по их выполнению.
8. Порядок подготовки проекта к защите и порядок его защиты.

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА

для специальности 1–48 01 01 «Химическая технология неорганических веществ, материалов и изделий»

Номер раздела, темы, занятия	Название раздела, темы, занятия; перечень изучаемых вопросов	Количество аудиторных часов			Количество часов УСР	Форма контроля знаний
		лекции	практические занятия (ПЗ)	лабораторные занятия		
1	2	3	4	5	6	7
	5 СЕМЕСТР	51	17	34	6	
	<p>ВВЕДЕНИЕ</p> <p>Содержание, задачи и роль дисциплины в подготовке инженеров--технологов. Классификация химико-технологических процессов и аппаратов. Роль совершенствования процессов и аппаратов в научно-техническом прогрессе и решении проблем безопасности.</p> <p>Общие принципы расчета процессов и аппаратов. Материальные и энергетические балансы. Движущая сила процессов переноса. Основной кинетический закон явлений переноса. Оценка энерго- и капиталоемкости процессов и аппаратов, их технико-экономическая оптимизация.</p> <p>Основные принципы анализа и моделирования процессов и аппаратов. Математическое моделирование. Физическое моделирование. Стандартизация, нормализация и унификация химических аппаратов.</p>	2	-	-		Экзамен.

1	ГИДРОМЕХАНИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ И АППАРАТЫ	49	10	20	6	
1.1	<p>Основы технической гидравлики</p> <p>Физические свойства жидкостей и газов и параметры их состояния. Классификация жидкостей.</p> <p>Гидростатика. Дифференциальное уравнение равновесия Эйлера. Основное уравнение гидростатики и его применение.</p> <p>Гидродинамика и ее основные задачи. Характеристики потока. Уравнения массового и объемного расходов. Основные уравнения гидродинамики: дифференциальное уравнение движения Эйлера, неразрывности потока, Навье – Стокса, закона Стокса, Пуазейля. Уравнение Бернулли для идеальной и реальной жидкостей. Практическое применение уравнений Бернулли. Режимы движения жидкостей. Структура потоков и распределение локальных скоростей в них. Моделирование процессов и аппаратов. Теория подобия и ее значение в научной и инженерной практике. Условия и теоремы подобия. Методы вывода критериев подобия. Критерии гидродинамического подобия. Общий вид критериальных уравнений для описания движения потоков и гидромеханических процессов.</p> <p>Потери давления в трубопроводах и аппаратах. Потери давления на трение и на местных сопротивлениях, их расчет. Расчет гидравлического сопротивления трубопровода. Технико-экономическое обоснование оптимального диаметра трубопровода. Регулирующая и запорная арматура.</p>	21	6	8		Экзамен; зачет; опрос, выполнение задач на ПЗ; защита ЛР.
1.2	<p>Перемещение жидкостей и газов</p> <p>Машины для перемещения жидкостей и газов, их классификация и области использования. Насосы. Их классификация. Основные параметры работы насосов. Определение напора насоса и допустимой высоты всасывания насоса. Кавитация в насосах. Центробежные насосы. Уравнение Эйлера и законы пропорциональности центробежных машин. Типовые конструкции объемных и динамических насосов (поршневые, плунжерные, мембранные, пластинчатые, винтовые, вихревые, осевые). Взаимодействие насоса и трубопроводной сети. Рабочая точка насоса. Совместная работа насосов на сеть. Основы подбора насосов и оптимизации насосных установок.</p>	10	2	6	6	Экзамен; зачет; опрос, выполнение задач на ПЗ; защита ЛР.

	<p>Компрессорные машины. Их классификация. Радиальные и осевые вентиляторы. Поршневые компрессоры и особенности их работы. Мощность, потребляемая компрессором. Турбокомпрессоры. Винтовые и др. компрессоры. Вакуумные насосы. Их классификация. Конструкции и принцип действия вакуумных насосов.</p>					
1.3	<p>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. Движение потока через слой зернистого материала. Характеристики слоя зернистого материала. Состояния слоя зернистого материала. Гидравлическое сопротивление неподвижного и псевдооживленного слоев зернистого материала. Расчет параметров псевдооживленного слоя зернистого материала. Достоинства и недостатки аппаратов с псевдооживленным слоем зернистого материала, пути их совершенствования. Пневмо- и гидротранспорт материалов. Методы диспергирования жидкостей и газов и устройства для осуществления процессов. Движение пузырьков в жидкости при барботаже. Движение потоков газ–жидкость в каналах.</p>	6	2	8		<p>Экзамен; зачет; опрос, выполнение задач на ПЗ; защита ЛР.</p>
1.4	<p>Гидромеханическое разделение гетерогенных систем Методы разделения гетерогенных систем. Основные критерии выбора метода разделения. Материальный баланс процесса. Осаждение под действием сил тяжести. Основные положения расчета отстойников. Типовые и современные конструкции отстойников для разделения суспензий, эмульсий и газовзвесей. Фильтрация. Движущая сила процесса и методы ее создания. Классификация механизмов фильтрации, осадков и фильтровальных перегородок. Основное уравнение фильтрации. Модифицированное уравнение фильтрации при постоянном перепаде давлений, константы фильтрации. Классификация фильтров и их типовые и современные конструкции. Основы расчета фильтров. Разделение под действием инерционных сил. Центробежные аппараты для инерционного разделения – циклоны и центрифуги. Центробежный фактор разделения. Циклоны для газов и</p>	10	4	8		<p>Экзамен; зачет; опрос, выполнение задач на ПЗ; защита ЛР.</p>

	<p>гидроциклоны. Центрифуги, их классификация и области применения. Конструкции центрифуг. Основы расчета центрифуг и циклонов.</p> <p>Мокрая очистка газов. Конструкции скрубберов-пылеуловителей. Электрическая очистка газов. Конструкции электрофильтров. Пути повышения эффективности и совершенствования аппаратов и установок для разделения гетерогенных систем.</p>					
1.5	<p>Перемешивание в жидких средах</p> <p>Назначение и роль процессов перемешивания. Способы перемешивания. Интенсивность и эффективность перемешивания. Механическое перемешивание. Конструкции и области применения типовых и современных мешалок. Мощность привода мешалки, ее расчет. Оптимизация режимов и аппаратурного оформления перемешивания.</p>	2	2	4		Экзамен; зачет; опрос, выполнение задач на ПЗ; защита ЛР.
6 СЕМЕСТР		51	17	16	6	
2	ТЕПЛОВЫЕ ПРОЦЕССЫ И АППАРАТЫ	18	8	8	6	
2.1	<p>Основы теории теплообмена</p> <p>Роль тепловых процессов в химической промышленности и других сферах деятельности человека. Механизмы переноса тепла. Тепловые балансы. Движущая сила теплообмена.</p> <p>Перенос тепла теплопроводностью. Дифференциальное уравнение переноса тепла Фурье. Уравнение закона Фурье. Теплопроводность плоских и цилиндрических стенок при установившемся теплообмене.</p> <p>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.</p>	6	4	-		Экзамен; опрос, выполнение задач на ПЗ.

	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.					
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.	2	-	-		Экзамен.
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, перспективные направления совершенствования теплообменников. Выбор и оптимизация теплообменников. Основные положения теплотехнического расчета поверхностных теплообменников. Расчет коэффициента теплопередачи в поверхностных теплообменниках методом последовательных приближений.	5	2	4	6	Экзамен; опрос, выполнение задач на ПЗ; защита ЛР.
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. Движущая сила выпаривания (полезная разность температур). Порядок расчета выпарного аппарата. Одно- и многокорпусные выпарные установки. Обоснование числа корпусов выпарной установки и оптимизация ее энергопотребления. Классификация выпарных аппаратов, их типовые и современные конструкции. Рекомендации по выбору режимов выпаривания, выпарных аппаратов и установок, их оптимизации и интенсификации.	5	2	4		Экзамен; опрос, выполнение задач на ПЗ; защита ЛР.

3	МАССООБМЕННЫЕ ПРОЦЕССЫ И АППАРАТЫ	29	9	8		
3.1	<p>Основы массопередачи</p> <p>Общая характеристика и классификация массообменных процессов. Их роль и место в химической промышленности и других сферах деятельности человека. Движущая сила массообмена. Способы выражения состава фаз. Равновесие при массообмене. Материальный баланс массообменного процесса (аппарата). Уравнение рабочей линии массообменного процесса.</p> <p>Механизмы переноса вещества при массообмене. Молекулярная диффузия. Законы Фика. Конвективный перенос вещества (турбулентная диффузия). Дифференциальное уравнение конвективного массообмена. Уравнение массоотдачи. Основные положения теории диффузионного подобия. Применения 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. Влияние гидродинамической структуры потоков на величину средней движущей силы процесса массопередачи. Особенности массопередачи в системах с твердой фазой.</p> <p>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. Общие принципы интенсификации и оптимизации массообменных процессов.</p>	8	1	-		Экзамен; опрос, выполнение задач на ПЗ.
3.2	<p>Абсорбция</p> <p>Общие сведения об абсорбции, ее роль и место в химической и смежных технологиях. Равновесие при абсорбции. Десорбция, ее роль и методы осуществления. Материальный баланс абсорбера и его рабочая линия. Техничко-экономическое обоснование рабочего расхода абсорбента и размеров абсорбера. Тепловой баланс абсорбции. Скорость абсорбции и пути ее интенсификации. Особенности хемосорбции. Принципиальные схемы абсорбционно-десорбционных установок. Классификация абсорберов. Типовые и современные конструкции</p>	4	2	2		Экзамен; опрос, выполнение задач на ПЗ; защита ЛР.

	абсорберов (распылительные, насадочные, тарельчатые и др.). Виды насадок, их характеристики и выбор. Конструкции массообменных тарелок для абсорбционных аппаратов. Порядок расчета абсорбера. Рекомендации по оптимизации режимов абсорбции и ее аппаратурного оформления.					
3.3	<p>Перегонка и ректификация</p> <p>Общая характеристика процессов, их место и роль в химической и смежных технологиях. Равновесие в системе пар – жидкость. Движущая сила процессов перегонки и ректификации.</p> <p>Простая перегонка. Ее материальный баланс. Перегонка с дефлегмацией. Молекулярная дистилляция. Перегонка с водяным паром.</p> <p>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 технико-экономическое обоснование рабочего флегмовых чисел.</p> <p>Конструкции ректификационных колонн. Специальные виды ректификации (азеотропная, экстрактивная, многокомпонентная) и установки для их проведения. Порядок расчета ректификационной колонны и установки.</p>	4	2	2		Экзамен; опрос, выполнение задач на ПЗ; защита ЛР.
3.4	<p>Термическая сушка</p> <p>Общая характеристика процесса, его роль и место в химических производствах и других сферах деятельности человека. Формы связи влаги с материалом. Методы сушки и технико-экономическое обоснование способов удаления влаги из материалов.</p> <p>Конвективная сушка. Сушительные агенты и их выбор. Параметры состояния сушильного агента, I-x-диаграмма влажного воздуха. Механизмы переноса влаги в фазах при сушке, кинетика процесса. Движущая сила сушки. Материальный и тепловой балансы конвективной сушилки. Теоретическая и действительная сушилки. Отображение изменения параметров сушильного агента на I-x-диаграмме. Последовательность расчета конвективной сушилки.</p> <p>Классификация сушилок и сушильных установок, их общая характеристика. Типовые и современные конструкции конвективных сушилок (барабанная, камерная, кипящего слоя и др.). Специальные сушилки (радиационные, контактные, сублимационные). Пути интенсификации процессов сушки и совершенствования сушилок.</p>	4	2	2		Экзамен; опрос, выполнение задач на ПЗ; защита ЛР.

3.5	<p>Адсорбция</p> <p>Общие сведения о процессе и областях его применения. Основные промышленные адсорбенты, их структура и свойства. Равновесие при адсорбции. Материальный баланс адсорбции. Динамика и кинетика адсорбции. Десорбция и способы ее проведения. Конструкции адсорберов (с неподвижным, псевдооживленным и плотным движущимся слоем). Основы расчета адсорберов и десорберов.</p>	2	1	2		Экзамен; опрос, выполнение задач на ПЗ; защита ЛР.
3.6	<p>Ионный обмен</p> <p>Характеристика процесса и ионитов. Равновесие при ионном обмене. Динамика ионного обмена. Ионообменные установки.</p>	1	-	-		Экзамен
3.7	<p>Жидкостная экстракция</p> <p>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, пульсационные, роторные и др.) и сравнительная характеристика. Интенсификация экстракции и совершенствование экстракторов.</p>	2	1	-		Экзамен; опрос, выполнение задач на ПЗ.
3.8	<p>Растворение и экстрагирование в системе твердое тело – жидкость</p> <p>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. Экстракторы и растворители (смесительно-отстойные, шнековые, колонные и др.)</p>	2	-	-		Экзамен.
3.9	<p>Кристаллизация из растворов и расплавов</p> <p>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. Интенсификация кристаллизации.</p>	1	-	-		Экзамен.

3.10	<p>Мембранные процессы</p> <p>Общие сведения о процессах и областях их применения. Виды мембран (пористые, диффузионные, уплотняющиеся, с жесткой структурой, нанесенные, динамические, жидкие). Классификация и характеристика мембранных процессов (баромембранных, диффузионно-мембранных, электромембранных, ультра- и микрофльтрации) и мембран. Физико-химические основы и кинетика мембранных процессов. Методы регенерации мембран. Основы расчета мембранных аппаратов. Конструкции мембранных аппаратов (плоскокамерные, рулонные, трубчатые, полволоконные).</p>	1	-	-		Экзамен.
4	МЕХАНИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ	4	-	-		
4.1	<p>Измельчение твердых материалов</p> <p>Прочностные свойства 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).</p>	2	-	-		Экзамен
4.2	<p>Классификации и сортировка твердых материалов</p> <p>Грохочение. Конструкции грохотов. Пневматические и гидравлические классификаторы.</p>	2	-	-		Экзамен
ВСЕГО ПО ДИСЦИПЛИНЕ		102	34	50	12	

Примечание: Сокращение ЛР в столбце «Форма контроля знаний» расшифровывается «лабораторные работы».

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА
для специальности 1–48 01 04 «Технология электрохимических производств»

Номер раздела, темы, занятия	Название раздела, темы, занятия; перечень изучаемых вопросов	Количество аудиторных часов			Количество часов УСР	Форма контроля знаний
		лекции	практические занятия(ПЗ)	лабораторные занятия		
1	2	3	4	5	6	7
	5 СЕМЕСТР	51	17	34	6	
	<p>ВВЕДЕНИЕ</p> <p>Содержание, задачи и роль дисциплины в подготовке инженеров--технологов. Классификация химико-технологических процессов и аппаратов. Роль совершенствования процессов и аппаратов в научно-техническом прогрессе и решении проблем безопасности.</p> <p>Общие принципы расчета процессов и аппаратов. Материальные и энергетические балансы. Движущая сила процессов переноса. Основной кинетический закон явлений переноса. Оценка энерго- и капиталоемкости процессов и аппаратов, их технико-экономическая оптимизация. Основные принципы анализа и моделирования процессов и аппаратов. Математическое и физическое моделирование. Стандартизация, нормализация и унификация химических аппаратов.</p>	2	-	-		Экзамен.

1	ГИДРОМЕХАНИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ И АППАРАТЫ	49	10	20	6	
1.1	<p>Основы технической гидравлики Физические свойства жидкостей и газов и параметры их состояния. Классификация жидкостей. Гидростатика. Дифференциальное уравнение равновесия Эйлера. Основное уравнение гидростатики и его применение. Гидродинамика и ее основные задачи. Характеристики потока. Уравнения массового и объемного расходов. Основные уравнения гидродинамики: дифференциальное уравнение движения Эйлера, неразрывности потока, Навье – Стокса, закона Стокса, Пуазейля. Уравнение Бернулли для идеальной и реальной жидкостей. Практическое применение уравнений Бернулли. Режимы движения жидкостей. Структура потоков и распределение скоростей в них. Моделирование процессов и аппаратов. Теория подобия и ее значение в научной и инженерной практике. Условия и теоремы подобия. Методы вывода критериев подобия. Критерии гидродинамического подобия. Общий вид критериальных уравнений для описания движения потоков и гидромеханических процессов. Потери давления в трубопроводах и аппаратах. Потери давления на трение и на местных сопротивлениях, их расчет. Расчет гидравлического сопротивления трубопровода. Обоснование оптимального диаметра трубопровода. Регулирующая и запорная арматура.</p>	21	6	8		Экзамен; зачет; опрос, выполнение задач на ПЗ; защита ЛР.
1.2	<p>Перемещение жидкостей и газов Машины для перемещения жидкостей и газов, их классификация и области использования. Насосы. Их классификация. Основные параметры работы насосов. Определение напора насоса и допустимой высоты всасывания насоса. Кавитация в насосах. Центробежные насосы. Уравнение Эйлера и законы пропорциональности центробежных машин. Типовые конструкции объемных и динамических насосов (поршневые, плунжерные, мембранные, пластинчатые, винтовые, вихревые, осевые). Взаимодействие насоса и трубопроводной сети. Рабочая точка насоса. Совместная работа насосов на сеть. Основы подбора насосов и оптимизации насосных установок.</p>	10	2	6	6	Экзамен; зачет; опрос, выполнение задач на ПЗ; защита ЛР.

	<p>Компрессорные машины. Их классификация. Радиальные и осевые вентиляторы. Поршневые компрессоры и особенности их работы. Мощность, потребляемая компрессором. Турбокомпрессоры. Винтовые и др. компрессоры. Вакуумные насосы. Их классификация. Конструкции и принцип действия вакуумных насосов.</p>					
1.3	<p>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. Движение потока через слой зернистого материала. Характеристики слоя зернистого материала. Состояния слоя зернистого материала. Гидравлическое сопротивление неподвижного и псевдооживленного слоев зернистого материала. Расчет параметров псевдооживленного слоя зернистого материала. Достоинства и недостатки аппаратов с псевдооживленным слоем зернистого материала, пути их совершенствования. Пневно- и гидротранспорт материалов. Методы диспергирования жидкостей и газов и устройства для осуществления процессов. Движение пузырьков в жидкости при барботаже. Движение потоков газ–жидкость в каналах.</p>	6	2	8		<p>Экзамен; зачет; опрос, выполнение задач на ПЗ; защита ЛР.</p>
1.4	<p>Гидромеханическое разделение гетерогенных систем Методы разделения гетерогенных систем. Основные критерии выбора метода разделения. Материальный баланс процесса. Осаждение под действием сил тяжести. Основные положения расчета отстойников. Типовые и современные конструкции отстойников для разделения суспензий, эмульсий и газовзвесей. Фильтрация. Движущая сила процесса и методы ее создания. Классификация механизмов фильтрации, осадков и фильтровальных перегородок. Основное уравнение фильтрации. Модифицированное уравнение фильтрации при постоянном перепаде давлений, константы фильтрации. Классификация фильтров и их типовые и современные конструкции. Основы расчета фильтров. Разделение под действием инерционных сил. Центробежные аппараты для инерционного</p>	10	4	8		<p>Экзамен; зачет; опрос, выполнение задач на ПЗ; защита ЛР.</p>

	<p>разделения – циклоны и центрифуги. Центробежный фактор разделения. Циклоны для газов и гидроциклоны. Центрифуги, их классификация и области применения. Конструкции центрифуг. Основы расчета центрифуг и циклонов.</p> <p>Мокрая очистка газов. Конструкции скрубберов-пылеуловителей. Электрическая очистка газов. Конструкции электрофильтров.</p> <p>Пути повышения эффективности и совершенствования аппаратов и установок для разделения гетерогенных систем.</p>					
1.5	<p>Перемешивание в жидких средах</p> <p>Назначение и роль процессов перемешивания. Способы перемешивания. Интенсивность и эффективность перемешивания. Механическое перемешивание. Конструкции и области применения типовых и современных мешалок. Мощность привода мешалки, ее расчет. Оптимизация режимов и аппаратурного оформления перемешивания.</p>	2	2	4		Экзамен; зачет; опрос, выполнение задач на ПЗ; защита ЛР.
	6 СЕМЕСТР	54	18	18	6	
2	ТЕПЛОВЫЕ ПРОЦЕССЫ И АППАРАТЫ	18	8	8	6	
2.1	<p>Основы теории теплообмена</p> <p>Роль тепловых процессов в химической промышленности и других сферах деятельности человека. Механизмы переноса тепла. Тепловые балансы. Движущая сила теплообмена.</p> <p>Перенос тепла теплопроводностью. Дифференциальное уравнение переноса тепла Фурье. Уравнение закона Фурье. Теплопроводность плоских и цилиндрических стенок при установившемся теплообмене.</p> <p>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.</p> <p>Теплоотдача при вынужденной и естественной конвекции без изменения агрегатного состояния теплоносителя, при конденсации пара, кипении жидкости. Лучистый и сложный теплообмен.</p>	6	4	-		Экзамен; опрос, выполнение задач на ПЗ.

	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.					
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.	2	-	-		Экзамен.
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, перспективные направления совершенствования теплообменников. Выбор и оптимизация теплообменников. Основные положения теплотехнического расчета поверхностных теплообменников. Расчет коэффициента теплопередачи в поверхностных теплообменниках методом последовательных приближений.	5	2	4	6	Экзамен; опрос, выполнение задач на ПЗ; защита ЛР.
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. Движущая сила выпаривания (полезная разность температур). Порядок расчета выпарного аппарата. Одно- и многокорпусные выпарные установки. Обоснование числа корпусов выпарной установки и оптимизация ее энергопотребления. Классификация выпарных аппаратов, их типовые и современные конструкции. Рекомендации по выбору режимов выпаривания, выпарных аппаратов и установок, их оптимизации и интенсификации.	5	2	4		Экзамен; опрос, выполнение задач на ПЗ; защита ЛР.

3	МАССООБМЕННЫЕ ПРОЦЕССЫ И АППАРАТЫ	33	10	10		
3.1	<p>Основы массопередачи</p> <p>Общая характеристика и классификация массообменных процессов. Их роль и место в химической промышленности и других сферах деятельности человека. Движущая сила массообмена. 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 (турбулентная диффузия). Дифференциальное уравнение конвективного массообмена. Уравнение массоотдачи. Основные положения теории диффузионного подобия. Применения 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. Влияние гидродинамической структуры потоков на величину средней движущей силы процесса массопередачи. Особенности массопередачи в системах с твердой фазой.</p> <p>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. Общие принципы интенсификации и оптимизации массообменных процессов и аппаратов.</p>	8	2	-		Экзамен; опрос, выполнение задач на ПЗ.
3.2	<p>Абсорбция</p> <p>Общие сведения об абсорбции, ее роль и место в химической и смежных технологиях. Равновесие при абсорбции. Десорбция, ее роль и методы осуществления. Материальный баланс абсорбера и его рабочая линия. Техничко-экономическое обоснование рабочего расхода абсорбента и размеров абсорбера. Тепловой баланс абсорбции. Скорость абсорбции и пути ее</p>	4	2	2		Экзамен; опрос, выполнение задач на ПЗ; защита ЛР.

	<p>интенсификации. Особенности хемосорбции. Принципиальные схемы абсорбционно-десорбционных установок.</p> <p>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. Рекомендации по оптимизации режимов абсорбции и ее аппаратурного оформления.</p>					
3.3	<p>Перегонка и ректификация</p> <p>Общая характеристика процессов, их место и роль в химической и смежных технологиях. Равновесие в системе пар – жидкость. Движущая сила процессов перегонки и ректификации.</p> <p>Простая перегонка. Ее материальный баланс. Перегонка с дефлегмацией. Молекулярная дистилляция. Перегонка с водяным паром.</p> <p>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 технико-экономическое обоснование рабочего флегмовых чисел.</p> <p>Конструкции ректификационных колонн. Специальные виды ректификации (азеотропная, экстрактивная, многокомпонентная) и установки для их проведения.</p> <p>Порядок расчета ректификационной колонны и установки.</p>	4	2	4		Экзамен; опрос, выполнение задач на ПЗ; защита ЛР.
3.4	<p>Термическая сушка</p> <p>Общая характеристика процесса, его роль и место в химических производствах и других сферах деятельности человека. Формы связи влаги с материалом. Методы сушки и технико-экономическое обоснование способов удаления влаги из материалов.</p> <p>Конвективная сушка. Сушительные агенты и их выбор. Параметры состояния сушильного агента, I-x-диаграмма влажного воздуха. Механизмы переноса влаги в фазах при сушке, кинетика процесса. Движущая сила сушки. Материальный и тепловой балансы конвективной сушилки. Теоретическая и действительная сушилки. Отображение изменения параметров сушильного агента на I-x-диаграмме. Последовательность расчета конвективной сушилки.</p>	4	2	2		Экзамен; опрос, выполнение задач на ПЗ; защита ЛР.

	<p>Классификация сушилок и сушильных установок, их общая характеристика. Типовые и современные конструкции конвективных сушилок (барабанная, камерная, кипящего слоя и др.). Специальные сушилки (радиационные, контактные, сублимационные).</p> <p>Пути интенсификации процессов сушки и совершенствования сушилок.</p>					
3.5	<p>Адсорбция</p> <p>Общие сведения о процессе и областях его применения. Основные промышленные адсорбенты, их структура и свойства. Равновесие при адсорбции. Материальный баланс адсорбции. Динамика и кинетика адсорбции. Десорбция и способы ее проведения. Конструкции адсорберов (с неподвижным, псевдооживленным и плотным движущимся слоем). Основы расчета адсорберов и десорберов.</p>	2	1	2		Экзамен; опрос, выполнение задач на ПЗ; защита ЛР.
3.6	<p>Ионный обмен</p> <p>Характеристика процесса и ионитов. Равновесие при ионном обмене. Динамика ионного обмена. Ионообменные установки.</p>	1	-	-		Экзамен.
3.7	<p>Жидкостная экстракция</p> <p>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, пульсационные, роторные и др.) и сравнительная характеристика. Интенсификация экстракции и совершенствование экстракторов.</p>	3	1	-		Экзамен; опрос, выполнение задач на ПЗ.
3.8	<p>Растворение и экстрагирование в системе твердотело – жидкость</p> <p>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. Экстракторы и растворители (смесительно-отстойные, шнековые, колонные и др.)</p>	2	-	-		Экзамен.

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 (поверхностные, объемные и изотермические; ленточный, барабанный, качающийся и др.). Интенсификация кристаллизации.	2	-	-		Экзамен.
3.10	Мембранные процессы Общие сведения о процессах и областях их применения. Виды мембран (пористые, диффузионные, уплотняющиеся, с жесткой структурой, нанесенные, динамические, жидкие). Классификация и характеристика мембранных процессов (баромембранных, диффузионно-мембранных, электромембранных, ультра- и микрофльтрации) и мембран. Физико-химические основы и кинетика мембранных процессов. Методы регенерации мембран. Основы расчета мембранных аппаратов. Конструкции мембранных аппаратов (плоскокамерные, рулонные, трубчатые, полволоконные).	2	-	-		Экзамен.
4	МЕХАНИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ	4	-	-		
4.1	Измельчение твердых материалов Прочностные свойства 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).	2	-	-		Экзамен
4.2	Классификации и сортировка твердых материалов Грохочение. Конструкции грохотов. Пневматические и гидравлические классификаторы.	2	-	-		Экзамен
ВСЕГО ПО ДИСЦИПЛИНЕ		105	35	52	12	

Примечание: Сокращение ЛР в столбце «Форма контроля знаний» расшифровывается «лабораторные работы».

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА

для специальности 1–48 01 05 «Химическая технология переработки древесины»

Номер раздела, темы, занятия	Название раздела, темы, занятия; перечень изучаемых вопросов	Количество аудиторных часов			Количество часов УСР	Форма контроля знаний
		лекции	практические занятия(ПЗ)	лабораторные занятия		
1	2	3	4	5	6	7
	5 СЕМЕСТР	51	17	16	6	
	<p>ВВЕДЕНИЕ</p> <p>Содержание, задачи и роль дисциплины в подготовке инженеров--технологов. Классификация химико-технологических процессов и аппаратов. Роль совершенствования процессов и аппаратов в научно-техническом прогрессе и решении проблем безопасности.</p> <p>Общие принципы расчета процессов и аппаратов. Материальные и энергетические балансы. Движущая сила процессов переноса. Основной кинетический закон явлений переноса. Оценка энерго- и капиталоемкости процессов и аппаратов, их технико-экономическая оптимизация. Основные принципы анализа и моделирования процессов и аппаратов. Математическое моделирование. Физическое моделирование. Стандартизация, нормализация и унификация химических аппаратов.</p>	2	-	-		Экзамен.
1	ГИДРОМЕХАНИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ И АППАРАТЫ	49	17	16	6	
1.1	<p>Основы технической гидравлики</p> <p>Физические свойства жидкостей и газов и параметры их состояния. Классификация жидкостей в гидравлике.</p> <p>Гидростатика. Дифференциальное уравнение равновесия Эйлера. Основное уравнение гидростатики и его применение.</p>	21	7	4		Экзамен; зачет; опрос, выполнение задач на ПЗ; защита ЛР.

	<p>Гидродинамика и ее основные задачи. Характеристики потока. Уравнения массового и объемного расходов. Основные уравнения гидродинамики: дифференциальное уравнение движения Эйлера, неразрывности потока, Навье – Стокса. Закон Стокса, закон Пуазейля. Уравнение Бернулли для идеальной и реальной жидкостей. Практическое применение уравнений Бернулли. Режимы движения жидкостей. Структура потоков и распределение локальных скоростей в них.</p> <p>Моделирование процессов и аппаратов. Теория подобия и ее значение в научной и инженерной практике. Условия и теоремы подобия. Методы вывода критериев подобия. Критерии гидродинамического подобия. Общий вид критериальных уравнений для описания движения потоков и гидромеханических процессов.</p> <p>Потери давления в трубопроводах и аппаратах. Потери давления на трение и на местных сопротивлениях, их расчет. Расчет гидравлического сопротивления трубопровода. Технико-экономическое обоснование оптимального диаметра трубопровода. Регулирующая и запорная арматура.</p>					
1.2	<p>Перемещение жидкостей и газов</p> <p>Машины для перемещения жидкостей и газов, их классификация и области использования. Насосы. Их классификация. Основные параметры работы насосов. Определение напора насоса и допустимой высоты всасывания насоса. Кавитация в насосах. Центробежные насосы. Уравнение Эйлера и законы пропорциональности центробежных машин. Типовые конструкции объемных и динамических насосов (поршневые, плунжерные, мембранные, пластинчатые, винтовые, вихревые, осевые). Взаимодействие насоса и трубопроводной сети. Рабочая точка насоса. Совместная работа насосов на сеть. Основы подбора насосов и оптимизации насосных установок.</p> <p>Компрессорные машины. Их классификация. Радиальные и осевые вентиляторы. Поршневые компрессоры и особенности их работы. Мощность, потребляемая компрессором. Турбокомпрессоры. Винтовые и др. компрессоры. Вакуумные насосы. Их классификация. Конструкции и принцип действия вакуумных насосов.</p>	10	2	4	6	Экзамен; зачет; опрос, выполнение задач на ПЗ; защита ЛР.

1.3	<p>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. Движение потока через слой зернистого материала. Характеристики слоя зернистого материала. Состояния слоя зернистого материала. Гидравлическое сопротивление неподвижного и псевдооживленного слоев зернистого материала. Расчет параметров псевдооживленного слоя зернистого материала. Достоинства и недостатки аппаратов с псевдооживленным слоем зернистого материала, пути их совершенствования. Пневно- и гидротранспорт материалов. Методы диспергирования жидкостей и газов и устройства для осуществления процессов. Движение пузырьков в жидкости при барботаже. Движение потоков газ–жидкость в каналах.</p>	6	2	4		Экзамен; зачет; опрос, выполнение задач на ПЗ; защита ЛР.
1.4	<p>Гидромеханическое разделение гетерогенных систем Методы разделения гетерогенных систем. Основные критерии выбора метода разделения. Материальный баланс процесса. Осаждение под действием сил тяжести. Основные положения расчета отстойников. Типовые и современные конструкции отстойников для разделения суспензий, эмульсий и газовзвесей. Фильтрование. Движущая сила процесса и методы ее создания. Классификация механизмов фильтрования, осадков и фильтровальных перегородок. Основное уравнение фильтрования. Модифицированное уравнение фильтрования при постоянном перепаде давлений, константы фильтрования. Классификация фильтров и их типовые и современные конструкции. Основы расчета фильтров. Разделение под действием инерционных сил. Центробежные аппараты для инерционного разделения – циклоны и центрифуги. Центробежный фактор разделения. Циклоны для газов и гидроциклоны. Центрифуги, их классификация и области применения. Конструкции центрифуг. Основы расчета центрифуг и циклонов.</p>	10	4	4		Экзамен; зачет; опрос, выполнение задач на ПЗ; защита ЛР.

	Мокрая очистка газов. Конструкции скрубберов-пылеуловителей. Электрическая очистка газов. Конструкции электрофильтров. Пути повышения эффективности и совершенствования аппаратов и установок для разделения гетерогенных систем.					
1.5	Перемешивание в жидких средах Назначение и роль процессов перемешивания. Способы перемешивания. Интенсивность и эффективность перемешивания. Механическое перемешивание. Конструкции и области применения типовых и современных мешалок. Мощность привода мешалки, ее расчет. Оптимизация режимов и аппаратного оформления перемешивания.	2	2	–		Экзамен; зачет; опрос, выполнение задач на ПЗ; защита ЛР.
	6 СЕМЕСТР	51	19	38	6	
2	ТЕПЛОВЫЕ ПРОЦЕССЫ И АППАРАТЫ	18	8	14	6	
2.1	Основы теории теплообмена Роль тепловых процессов в химической промышленности и других сферах деятельности человека. 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. 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.	6	4	–		Экзамен; зачет; опрос, выполнение задач на ПЗ.

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	2	-	-		Экзамен; зачет.
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, перспективные направления совершенствования теплообменников. Выбор и оптимизация теплообменников. Основные положения теплотехнического расчета поверхностных теплообменников. Расчет коэффициента теплопередачи в поверхностных теплообменниках методом последовательных приближений.	5	2	10	6	Экзамен; зачет; опрос, выполнение задач на ПЗ; защита ЛР.
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. Движущая сила выпаривания (полезная разность температур). Порядок расчета выпарного аппарата. Одно- и многокорпусные выпарные установки. Обоснование числа корпусов выпарной установки и оптимизация ее энергопотребления. Классификация выпарных аппаратов, их типовые и современные конструкции. Рекомендации по выбору режимов выпаривания, выпарных аппаратов и установок, их оптимизации и интенсификации.	5	2	4		Экзамен; зачет; опрос, выполнение задач на ПЗ; защита ЛР.
3	МАССООБМЕННЫЕ ПРОЦЕССЫ И АППАРАТЫ	29	11	20		
3.1	Основы массообмена Общая характеристика и классификация массообменных процессов. Их роль и место в химической промышленности и других сферах деятельности человека. Движущая сила массообмена. Способы выражения состава фаз. Равновесие при массообмене. Материальный баланс массообменного процесса (аппарата). Уравнение рабочей линии массообменного процесса.	8	2	4		Экзамен; зачет; опрос, выполнение задач на ПЗ.

	<p>Механизмы переноса вещества при массообмене. Молекулярная диффузия. Законы Фика. Конвективный перенос вещества (турбулентная диффузия). Дифференциальное уравнение конвективного массообмена. Уравнение массоотдачи. Основные положения теории диффузионного подобия. Применения 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. Влияние гидродинамической структуры потоков на величину средней движущей силы процесса массопередачи. Особенности массопередачи в системах с твердой фазой.</p> <p>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. Общие принципы интенсификации и оптимизации массообменных процессов и аппаратов.</p>					
3.2	<p>Абсорбция</p> <p>Общие сведения об абсорбции, ее роль и место в химической и смежных технологиях. Равновесие при абсорбции. Десорбция, ее роль и методы осуществления. Материальный баланс абсорбера и его рабочая линия. Техничко-экономическое обоснование рабочего расхода абсорбента и размеров абсорбера. Тепловой баланс абсорбции. Скорость абсорбции и пути ее интенсификации. Особенности хемосорбции. Принципиальные схемы абсорбционно-десорбционных установок.</p> <p>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. Рекомендации по оптимизации режимов проведения абсорбции и ее аппаратурного оформления.</p>	4	2	4		Экзамен; зачет; опрос, выполнение задач на ПЗ; защита ЛР.

3.3	<p>Перегонка и ректификация</p> <p>Общая характеристика процессов, их место и роль в химической и смежных технологиях. Равновесие в системе пар – жидкость. Движущая сила процессов перегонки и ректификации.</p> <p>Простая перегонка. Ее материальный баланс. Перегонка с дефлегмацией. Молекулярная дистилляция. Перегонка с водяным паром.</p> <p>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 технико-экономическое обоснование рабочего флегмовых чисел.</p> <p>Конструкции ректификационных колонн. Специальные виды ректификации (азеотропная, экстрактивная, многокомпонентная) и установки. Порядок расчета ректификационной колонны (установки).</p>	4	2	2		Экзамен; зачет; опрос, выполнение задач на ПЗ; защита ЛР.
3.4	<p>Термическая сушка</p> <p>Общая характеристика процесса, его роль и место в химических производствах и других сферах деятельности человека. Формы связи влаги с материалом. Методы сушки и технико-экономическое обоснование способов удаления влаги из материалов.</p> <p>Конвективная сушка. Сушильные агенты и их выбор. Параметры состояния сушильного агента, I-x-диаграмма влажного воздуха. Механизмы переноса влаги в фазах при сушке, кинетика процесса. Движущая сила сушки. Материальный и тепловой балансы конвективной сушилки. Теоретическая и действительная сушилки. Отображение изменения параметров сушильного агента на I-x-диаграмме. Последовательность расчета конвективной сушилки.</p> <p>Классификация сушилок и сушильных установок, их общая характеристика. Типовые и современные конструкции конвективных сушилок (барабанная, камерная, кипящего слоя и др.). Специальные сушилки (радиационные, контактные, сублимационные).</p> <p>Пути интенсификации процессов сушки и совершенствования сушилок.</p>	4	2	4		Экзамен; зачет; опрос, выполнение задач на ПЗ; защита ЛР.

3.5	<p>Адсорбция</p> <p>Общие сведения о процессе и областях его применения. Основные промышленные адсорбенты, их структура и свойства. Равновесие при адсорбции. Материальный баланс адсорбции. Динамика и кинетика адсорбции. Десорбция и способы ее проведения. Конструкции адсорберов (с неподвижным, псевдооживленным и плотным движущимся слоем). Основы расчета адсорберов и десорберов.</p>	2	1	4		Экзамен; зачет; опрос, выполнение задач на ПЗ; защита ЛР.
3.6	<p>Ионный обмен</p> <p>Характеристика процесса и ионитов. Равновесие при ионном обмене. Динамика ионного обмена. Ионообменные установки.</p>	1	-	-		Экзамен.
3.7	<p>Жидкостная экстракция</p> <p>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, пульсационные, роторные и др.) и сравнительная характеристика. Интенсификация экстракции и совершенствование экстракторов.</p>	2	1	-		Экзамен; зачет; опрос, выполнение задач на ПЗ.
3.8	<p>Растворение и экстрагирование в системе твердое тело – жидкость</p> <p>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. Экстракторы и растворители (смесительно-отстойные, шнековые, колонные и др.).</p>	2	1	-		Экзамен.
3.9	<p>Кристаллизация из растворов и расплавов</p> <p>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. Интенсификация кристаллизации.</p>	1	-	2		Экзамен.

3.10	Мембранные процессы Общие сведения о процессах и областях их применения. Виды мембран (пористые, диффузионные, уплотняющиеся, с жесткой структурой, нанесенные, динамические, жидкие). Классификация и характеристика мембранных процессов (баромембранных, диффузионно-мембранных, электромембранных, ультра- и микрофльтрации). и мембран. Физико-химические основы и кинетика мембранных процессов. Методы регенерации мембран. Основы расчета мембранных аппаратов. Конструкции мембранных аппаратов (плоскокамерные, рулонные, трубчатые, полволоконные).	1	-	-		Экзамен.
4	МЕХАНИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ	4	-	4		
4.1	Измельчение твердых материалов Прочностные свойства 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).	2	-	2		Экзамен.
4.2	Классификации и сортировка твердых материалов Грохочение. Конструкции грохотов. Пневматические и гидравлические классификаторы.	2	-	2		Экзамен.
ВСЕГО ПО ДИСЦИПЛИНЕ		102	36	54	12	

Примечание: Сокращение ЛР в столбце «Форма контроля знаний» расшифровывается «лабораторные работы».

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА
для специальности 1–48 02 01 «Биотехнология»

Номер раздела, темы, занятия	Название раздела, темы, занятия; перечень изучаемых вопросов	Количество аудиторных часов			Количество часов УСР	Форма контроля знаний
		лекции	практические занятия (ПЗ)	лабораторные занятия		
1	2	3	4	5	6	7
	5 СЕМЕСТР	54	17	34	6	
	<p>ВВЕДЕНИЕ</p> <p>Содержание, задачи и роль дисциплины в подготовке инженеров--технологов. Классификация химико-технологических процессов и аппаратов. Роль совершенствования процессов и аппаратов в научно-техническом прогрессе и решении проблем безопасности.</p> <p>Общие принципы расчета процессов и аппаратов. Материальные и энергетические балансы. Движущая сила процессов переноса. Основной кинетический закон явлений переноса. Оценка энерго- и капиталоемкости процессов и аппаратов, их технико-экономическая оптимизация.</p> <p>Основные принципы анализа и моделирования процессов и аппаратов. Математическое моделирование. Физическое моделирование. Стандартизация, нормализация и унификация химических аппаратов.</p>	2	-	-		Экзамен.
1	ГИДРОМЕХАНИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ И АППАРАТЫ	49	10	20	6	
1.1	<p>Основы технической гидравлики</p> <p>Физические свойства жидкостей и газов и параметры их состояния. Классификация жидкостей.</p> <p>Гидростатика. Дифференциальное уравнение равновесия Эйлера. Основное уравнение гидростатики и его применение.</p>	21	6	8		Экзамен; зачет; опрос, выполнение задач на ПЗ; защита ЛР.

	<p>Гидродинамика и ее основные задачи. Характеристики потока. Уравнения массового и объемного расходов. Основные уравнения гидродинамики: дифференциальное уравнение движения Эйлера, неразрывности потока, Навье – Стокса, закона Стокса, Пуазейля. Уравнение Бернулли для идеальной и реальной жидкостей. Практическое применение уравнений Бернулли. Режимы движения жидкостей. Структура потоков и распределение локальных скоростей в них. Моделирование процессов и аппаратов. Теория подобия и ее значение в научной и инженерной практике. Условия и теоремы подобия. Методы вывода критериев подобия. Критерии гидродинамического подобия. Общий вид критериальных уравнений для описания движения потоков и гидромеханических процессов.</p> <p>Потери давления в трубопроводах и аппаратах. Потери давления на трение и на местных сопротивлениях, их расчет. Расчет гидравлического сопротивления трубопровода. Технико-экономическое обоснование оптимального диаметра трубопровода. Регулирующая и запорная арматура.</p>					
1.2	<p>Перемещение жидкостей и газов</p> <p>Машины для перемещения жидкостей и газов, их классификация и области использования. Насосы. Их классификация. Основные параметры работы насосов. Определение напора насоса и допустимой высоты всасывания насоса. Кавитация в насосах. Центробежные насосы. Уравнение Эйлера и законы пропорциональности центробежных машин. Типовые конструкции объемных и динамических насосов (поршневые, плунжерные, мембранные, пластинчатые, винтовые, вихревые, осевые). Взаимодействие насоса и трубопроводной сети. Рабочая точка насоса. Совместная работа насосов на сеть. Основы подбора насосов и оптимизации насосных установок.</p> <p>Компрессорные машины. Их классификация. Радиальные и осевые вентиляторы. Поршневые компрессоры и особенности их работы. Мощность, потребляемая компрессором. Турбокомпрессоры. Винтовые и др. компрессоры. Вакуумные насосы. Их классификация. Конструкции и принцип действия вакуумных насосов.</p>	10	2	6	6	Экзамен; зачет; опрос, выполнение задач на ПЗ; защита ЛР.

1.3	<p>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. Движение потока через слой зернистого материала. Характеристики слоя зернистого материала. Состояния слоя зернистого материала. Гидравлическое сопротивление неподвижного и псевдооживленного слоев зернистого материала. Расчет параметров псевдооживленного слоя зернистого материала. Достоинства и недостатки аппаратов с псевдооживленным слоем зернистого материала, пути их совершенствования. Пневно- и гидротранспорт материалов. Методы диспергирования жидкостей и газов и устройства для осуществления процессов. Движение пузырьков в жидкости при барботаже. Движение потоков газ–жидкость в каналах.</p>	7	2	8	Экзамен; зачет; опрос, выполнение задач на ПЗ; защита ЛР.
1.4	<p>Гидромеханическое разделение гетерогенных систем Методы разделения гетерогенных систем. Основные критерии выбора метода разделения. Материальный баланс процесса. Осаждение под действием сил тяжести. Основные положения расчета отстойников. Типовые и современные конструкции отстойников для разделения суспензий, эмульсий и газовзвесей. Фильтрование. Движущая сила процесса и методы ее создания. Классификация механизмов фильтрования, осадков и фильтровальных перегородок. Основное уравнение фильтрования. Модифицированное уравнение фильтрования, константы фильтрования. Классификация фильтров и их типовые и современные конструкции. Основы расчета фильтров. Разделение под действием инерционных сил. Центробежные аппараты для инерционного разделения – циклоны и центрифуги. Центробежный фактор разделения. Циклоны для газов и гидроциклоны. Центрифуги, их классификация и области применения. Конструкции центрифуг. Основы расчета центрифуг и циклонов. Мокрая очистка газов. Конструкции скрубберов-пылеуловителей. Электрическая очистка газов. Конструкции электрофильтров. Пути повышения эффективности и совершенствования аппаратов и установок для разделения гетерогенных систем.</p>	12	4	8	Экзамен; зачет; опрос, выполнение задач на ПЗ; защита ЛР.

1.5	<p>Перемешивание в жидких средах</p> <p>Назначение и роль процессов перемешивания. Способы перемешивания. Интенсивность и эффективность перемешивания. Механическое перемешивание. Конструкции и области применения типовых и современных мешалок. Мощность привода мешалки, ее расчет. Оптимизация режимов и аппаратурного оформления перемешивания.</p>	2	2	4		Экзамен; зачет; опрос, выполнение задач на ПЗ; защита ЛР.
	6 СЕМЕСТР	54	17	18	6	
2	ТЕПЛОВЫЕ ПРОЦЕССЫ И АППАРАТЫ	20	8	8	6	
2.1	<p>Основы теории теплообмена</p> <p>Роль тепловых процессов в химической промышленности и других сферах деятельности человека. Механизмы переноса тепла. Тепловые балансы. Движущая сила теплообмена.</p> <p>Перенос тепла теплопроводностью. Дифференциальное уравнение переноса тепла Фурье. Уравнение закона Фурье. Теплопроводность плоских и цилиндрических стенок при установившемся теплообмене.</p> <p>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.</p> <p>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>	6	4	-		Экзамен; опрос, выполнение задач на ПЗ.
2.2	<p>Промышленные теплоносители и методы их использования</p> <p>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.</p>	2	-	-		Экзамен.

2.3	<p>Теплообменные аппараты</p> <p>Классификация теплообменных аппаратов. Типовые конструкции поверхностных теплообменников (кожухотрубчатые, «труба в трубе», пластинчатые и др.). Смесительные теплообменники. Современные теплообменные аппараты. Интенсификация теплообмена в аппаратах, перспективные направления совершенствования теплообменников. Выбор и оптимизация теплообменников. Основные положения теплотехнического расчета поверхностных теплообменников. Расчет коэффициента теплопередачи в поверхностных теплообменниках методом последовательных приближений.</p>	6	2	4	6	Экзамен; опрос, выполнение задач на ПЗ; защита ЛР.
2.4	<p>Выпаривание</p> <p>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. Движущая сила выпаривания (полезная разность температур). Порядок расчета выпарного аппарата. Одно- и многокорпусные выпарные установки. Обоснование числа корпусов выпарной установки и оптимизация ее энергопотребления. Классификация выпарных аппаратов, их типовые и современные конструкции. Рекомендации по выбору режимов выпаривания, выпарных аппаратов и установок, их оптимизации и интенсификации.</p>	6	2	4		Экзамен; опрос, выполнение задач на ПЗ; защита ЛР.
3	МАССООБМЕННЫЕ ПРОЦЕССЫ И АППАРАТЫ	31	9	10		
3.1	<p>Основы массопередачи</p> <p>Общая характеристика и классификация массообменных процессов. Их роль и место в химической промышленности и других сферах деятельности человека. Движущая сила массообмена. Способы выражения состава фаз. Равновесие при массообмене. Материальный баланс массообменного процесса (аппарата). Уравнение рабочей линии массообменного процесса.</p> <p>Механизмы переноса вещества при массообмене. Молекулярная диффузия. Законы Фика. Конвективный перенос вещества (турбулентная диффузия). Дифференциальное уравнение конвективного массообмена. Уравнение массоотдачи. Основные положения теории диффузионного подобия. Применения теории диффузионного подобия для описания и расчетов массообменных процессов.</p>	8	1	-		Экзамен; опрос, выполнение задач на ПЗ.

	<p>Массопередача. Основное уравнение массопередачи. Взаимосвязь коэффициентов массопередачи с коэффициентами массоотдачи. Движущая сила массопередачи, расчет ее средней величины. Влияние гидродинамической структуры потоков на величину средней движущей силы процесса массопередачи. Особенности массопередачи в системах с твердой фазой.</p> <p>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. Общие принципы интенсификации и оптимизации массообменных процессов.</p>					
3.2	<p>Абсорбция</p> <p>Общие сведения об абсорбции, ее роль и место в химической и смежных технологиях. Равновесие при абсорбции. Десорбция, ее роль и методы осуществления. Материальный баланс абсорбера и его рабочая линия. Техничко-экономическое обоснование рабочего расхода абсорбента и размеров абсорбера. Тепловой баланс абсорбции. Скорость абсорбции и пути ее интенсификации. Особенности хемосорбции. Принципиальные схемы абсорбционно-десорбционных установок. 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. Рекомендации по оптимизации режимов абсорбции и ее аппаратурного оформления.</p>	5	2	4		Экзамен; опрос, выполнение задач на ПЗ; защита ЛР.
3.3	<p>Перегонка и ректификация</p> <p>Общая характеристика процессов, их место и роль в химической и смежных технологиях. Равновесие в системе пар – жидкость. Движущая сила процессов перегонки и ректификации.</p> <p>Простая перегонка. Ее материальный баланс. Перегонка с дефлегмацией. Молекулярная дистилляция. Перегонка с водяным паром.</p> <p>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.</p>	5	2	2		Экзамен; опрос, выполнение задач на ПЗ; защита ЛР.

	<p>Расчет минимального и технико-экономическое обоснование рабочего флегмовых чисел.</p> <p>Конструкции ректификационных колонн. Специальные виды ректификации (азеотропная, экстрактивная, многокомпонентная) и установки для их проведения. Порядок расчета ректификационной колонны и установки.</p>					
3.4	<p>Термическая сушка</p> <p>Общая характеристика процесса, его роль и место в химических производствах и других сферах деятельности человека. Формы связи влаги с материалом. Методы сушки и технико-экономическое обоснование способов удаления влаги из материалов.</p> <p>Конвективная сушка. Сушильные агенты и их выбор. Параметры состояния сушильного агента, I-x-диаграмма влажного воздуха. Механизмы переноса влаги в фазах при сушке, кинетика процесса. Движущая сила сушки. Материальный и тепловой балансы конвективной сушилки. Теоретическая и действительная сушилки. Отображение изменения параметров сушильного агента на I-x-диаграмме. Последовательность расчета конвективной сушилки.</p> <p>Классификация сушилок и сушильных установок, их общая характеристика. Типовые и современные конструкции конвективных сушилок (барабанная, камерная, кипящего слоя и др.). Специальные сушилки (радиационные, контактные, сублимационные).</p> <p>Пути интенсификации процессов сушки и совершенствования сушилок.</p>	4	2	2		Экзамен; опрос, выполнение задач на ПЗ; защита ЛР.
3.5	<p>Адсорбция</p> <p>Общие сведения о процессе и областях его применения. Основные промышленные адсорбенты, их структура и свойства. Равновесие при адсорбции. Материальный баланс адсорбции. Динамика и кинетика адсорбции. Десорбция и способы ее проведения. Конструкции адсорберов (с неподвижным, псевдооживленным и плотным движущимся слоем). Основы расчета адсорберов и десорберов.</p>	2	1	2		Экзамен; опрос, выполнение задач на ПЗ; защита ЛР.
3.6	<p>Ионный обмен</p> <p>Характеристика процесса и ионитов. Равновесие при ионном обмене. Динамика ионного обмена. Ионообменные установки.</p>	1	-	-		Экзамен

3.7	<p>Жидкостная экстракция</p> <p>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, пульсационные, роторные и др.) и сравнительная характеристика. Интенсификация экстракции и совершенствование экстракторов.</p>	2	1	-		Экзамен; опрос, выполнение задач на ПЗ.
3.8	<p>Растворение и экстрагирование в системе твердое тело – жидкость</p> <p>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. Экстракторы и растворители (смесительно-отстойные, шнековые, колонные и др.).</p>	2	-	-		Экзамен.
3.9	<p>Кристаллизация из растворов и расплавов</p> <p>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. Интенсификация кристаллизации.</p>	1	-	-		Экзамен.
3.10	<p>Мембранные процессы</p> <p>Общие сведения о процессах и областях их применения. Виды мембран (пористые, диффузионные, уплотняющиеся, с жесткой структурой, нанесенные, динамические, жидкие). Классификация и характеристика мембранных процессов (баромембранных, диффузионно-мембранных, электромембранных, ультра- и микрофльтрации) и мембран. Физико-химические основы и кинетика мембранных процессов. Методы регенерации мембран. Основы расчета мембранных аппаратов. Конструкции мембранных аппаратов (плоскокамерные, рулонные, трубчатые, половолоконные).</p>	1	-	-		Экзамен.

4	МЕХАНИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ	3	-	-		
4.1	Измельчение твердых материалов Прочностные свойства 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).	2	-	-		Экзамен
4.2	Классификации и сортировка твердых материалов Грохочение. Конструкции грохотов. Пневматические и гидравлические классификаторы.	1	-	-		Экзамен
ВСЕГО ПО ДИСЦИПЛИНЕ		108	34	52	12	

Примечание: Сокращение ЛР в столбце «Форма контроля знаний» расшифровывается «лабораторные работы».

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА
для специальности 148 02 02 «Технология лекарственных препаратов»

Номер раздела, темы, занятия	Название раздела, темы, занятия; перечень изучаемых вопросов	Количество аудиторных часов			Количество часов УСР	Форма контроля знаний
		лекции	практические занятия (ПЗ)	лабораторные занятия		
1	2	3	4	5	6	7
	5 СЕМЕСТР	54	17	18	6	
	<p>ВВЕДЕНИЕ</p> <p>Содержание, задачи и роль дисциплины в подготовке инженеров--технологов. Классификация химико-технологических процессов и аппаратов. Роль совершенствования процессов и аппаратов в научно-техническом прогрессе и решении проблем безопасности.</p> <p>Общие принципы расчета процессов и аппаратов. Материальные и энергетические балансы. Движущая сила процессов переноса. Основной кинетический закон явлений переноса. Оценка энерго- и капиталоемкости процессов и аппаратов, их технико-экономическая оптимизация.</p> <p>Основные принципы анализа и моделирования процессов и аппаратов. Математическое моделирование. Физическое моделирование. Стандартизация, нормализация и унификация химических аппаратов.</p>	2	-	-		Экзамен.
1	ГИДРОМЕХАНИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ И АППАРАТЫ	49	10	20	6	
1.1	<p>Основы технической гидравлики</p> <p>Физические свойства жидкостей и газов и параметры их состояния. Классификация жидкостей.</p> <p>Гидростатика. Дифференциальное уравнение равновесия Эйлера. Основное уравнение гидростатики и его применение.</p>	21	6	4		Экзамен; зачет; опрос, выполнение задач на ПЗ; защита ЛР.

	<p>Гидродинамика и ее основные задачи. Характеристики потока. Уравнения массового и объемного расходов. Основные уравнения гидродинамики: дифференциальное уравнение движения Эйлера, неразрывности потока, Навье – Стокса, закона Стокса, Пуазейля. Уравнение Бернулли для идеальной и реальной жидкостей. Практическое применение уравнений Бернулли. Режимы движения жидкостей. Структура потоков и распределение локальных скоростей в них. Моделирование процессов и аппаратов. Теория подобия и ее значение в научной и инженерной практике. Условия и теоремы подобия. Методы вывода критериев подобия. Критерии гидродинамического подобия. Общий вид критериальных уравнений для описания движения потоков и гидромеханических процессов.</p> <p>Потери давления в трубопроводах и аппаратах. Потери давления на трение и на местных сопротивлениях, их расчет. Расчет гидравлического сопротивления трубопровода. Технико-экономическое обоснование оптимального диаметра трубопровода. Регулирующая и запорная арматура.</p>					
1.2	<p>Перемещение жидкостей и газов</p> <p>Машины для перемещения жидкостей и газов, их классификация и области использования. Насосы. Их классификация. Основные параметры работы насосов. Определение напора насоса и допустимой высоты всасывания насоса. Кавитация в насосах. Центробежные насосы. Уравнение Эйлера и законы пропорциональности центробежных машин. Типовые конструкции объемных и динамических насосов (поршневые, плунжерные, мембранные, пластинчатые, винтовые, вихревые, осевые). Взаимодействие насоса и трубопроводной сети. Рабочая точка насоса. Совместная работа насосов на сеть. Основы подбора насосов и оптимизации насосных установок.</p> <p>Компрессорные машины. Их классификация. Радиальные и осевые вентиляторы. Поршневые компрессоры и особенности их работы. Мощность, потребляемая компрессором. Турбокомпрессоры. Винтовые и др. компрессоры. Вакуумные насосы. Их классификация. Конструкции и принцип действия вакуумных насосов.</p>	10	2	4	6	Экзамен; зачет; опрос, выполнение задач на ПЗ; защита ЛР.

1.3	<p>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. Движение потока через слой зернистого материала. Характеристики слоя зернистого материала. Состояния слоя зернистого материала. Гидравлическое сопротивление неподвижного и псевдооживленного слоев зернистого материала. Расчет параметров псевдооживленного слоя зернистого материала. Достоинства и недостатки аппаратов с псевдооживленным слоем зернистого материала, пути их совершенствования. Пневмо- и гидротранспорт материалов. Методы диспергирования жидкостей и газов и устройства для осуществления процессов. Движение пузырьков в жидкости при барботаже. Движение потоков газ–жидкость в каналах.</p>	7	2	4	Экзамен; зачет; опрос, выполнение задач на ПЗ; защита ЛР.
1.4	<p>Гидромеханическое разделение гетерогенных систем Методы разделения гетерогенных систем. Основные критерии выбора метода разделения. Материальный баланс процесса. Осаждение под действием сил тяжести. Основные положения расчета отстойников. Типовые и современные конструкции отстойников для разделения суспензий, эмульсий и газовзвесей. Фильтрование. Движущая сила процесса и методы ее создания. Классификация механизмов фильтрования, осадков и фильтровальных перегородок. Основное уравнение фильтрования. Модифицированное уравнение фильтрования, константы фильтрования. Классификация фильтров и их типовые и современные конструкции. Основы расчета фильтров. Разделение под действием инерционных сил. Центробежные аппараты для инерционного разделения – циклоны и центрифуги. Центробежный фактор разделения. Циклоны для газов и гидроциклоны. Центрифуги, их классификация и области применения. Конструкции центрифуг. Основы расчета центрифуг и циклонов. Мокрая очистка газов. Конструкции скрубберов-пылеуловителей. Электрическая очистка газов. Конструкции электрофильтров. Пути повышения эффективности и совершенствования аппаратов и установок для разделения гетерогенных систем.</p>	12	4	4	Экзамен; зачет; опрос, выполнение задач на ПЗ; защита ЛР.

1.5	<p>Перемешивание в жидких средах</p> <p>Назначение и роль процессов перемешивания. Способы перемешивания. Интенсивность и эффективность перемешивания. Механическое перемешивание. Конструкции и области применения типовых и современных мешалок. Мощность привода мешалки, ее расчет. Оптимизация режимов и аппаратурного оформления перемешивания.</p>	2	2	2		Экзамен; зачет; опрос, выполнение задач на ПЗ; защита ЛР.
	6 СЕМЕСТР	54	17	34	6	
2	ТЕПЛОВЫЕ ПРОЦЕССЫ И АППАРАТЫ	20	8	12	6	
2.1	<p>Основы теории теплообмена</p> <p>Роль тепловых процессов в химической промышленности и других сферах деятельности человека. Механизмы переноса тепла. Тепловые балансы. Движущая сила теплообмена.</p> <p>Перенос тепла теплопроводностью. Дифференциальное уравнение переноса тепла Фурье. Уравнение закона Фурье. Теплопроводность плоских и цилиндрических стенок при установившемся теплообмене.</p> <p>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.</p> <p>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>	6	4	-		Экзамен; опрос, выполнение задач на ПЗ.
2.2	<p>Промышленные теплоносители и методы их использования</p> <p>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.</p>	2	-	-		Экзамен.

2.3	<p>Теплообменные аппараты</p> <p>Классификация теплообменных аппаратов. Типовые конструкции поверхностных теплообменников (кожухотрубчатые, «труба в трубе», пластинчатые и др.). Смесительные теплообменники. Современные теплообменные аппараты. Интенсификация теплообмена в аппаратах, перспективные направления совершенствования теплообменников. Выбор и оптимизация теплообменников. Основные положения теплотехнического расчета поверхностных теплообменников. Расчет коэффициента теплопередачи в поверхностных теплообменниках методом последовательных приближений.</p>	6	2	8	6	Экзамен; опрос, выполнение задач на ПЗ; защита ЛР.
2.4	<p>Выпаривание</p> <p>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. Движущая сила выпаривания (полезная разность температур). Порядок расчета выпарного аппарата. Одно- и многокорпусные выпарные установки. Обоснование числа корпусов выпарной установки и оптимизация ее энергопотребления. Классификация выпарных аппаратов, их типовые и современные конструкции. Рекомендации по выбору режимов выпаривания, выпарных аппаратов и установок, их оптимизации и интенсификации.</p>	6	2	4		Экзамен; опрос, выполнение задач на ПЗ; защита ЛР.
3	МАССООБМЕННЫЕ ПРОЦЕССЫ И АППАРАТЫ	41	9	22		
3.1	<p>Основы массопередачи</p> <p>Общая характеристика и классификация массообменных процессов. Их роль и место в химической промышленности и других сферах деятельности человека. Движущая сила массообмена. Способы выражения состава фаз. Равновесие при массообмене. Материальный баланс массообменного процесса (аппарата). Уравнение рабочей линии массообменного процесса.</p> <p>Механизмы переноса вещества при массообмене. Молекулярная диффузия. Законы Фика. Конвективный перенос вещества (турбулентная диффузия). Дифференциальное уравнение конвективного массообмена. Уравнение массоотдачи. Основные положения теории диффузионного подобия. Применения теории диффузионного подобия для описания и расчетов массообменных процессов.</p>	8	1	-		Экзамен; опрос, выполнение задач на ПЗ.

	<p>Массопередача. Основное уравнение массопередачи. Взаимосвязь коэффициентов массопередачи с коэффициентами массоотдачи. Движущая сила массопередачи, расчет ее средней величины. Влияние гидродинамической структуры потоков на величину средней движущей силы процесса массопередачи. Особенности массопередачи в системах с твердой фазой.</p> <p>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. Общие принципы интенсификации и оптимизации массообменных процессов.</p>					
3.2	<p>Абсорбция</p> <p>Общие сведения об абсорбции, ее роль и место в химической и смежных технологиях. Равновесие при абсорбции. Десорбция, ее роль и методы осуществления. Материальный баланс абсорбера и его рабочая линия. Техничко-экономическое обоснование рабочего расхода абсорбента и размеров абсорбера. Тепловой баланс абсорбции. Скорость абсорбции и пути ее интенсификации. Особенности хемосорбции. Принципиальные схемы абсорбционно-десорбционных установок. 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. Рекомендации по оптимизации режимов абсорбции и ее аппаратурного оформления.</p>	5	2	6		Экзамен; опрос, выполнение задач на ПЗ; защита ЛР.
3.3	<p>Перегонка и ректификация</p> <p>Общая характеристика процессов, их место и роль в химической и смежных технологиях. Равновесие в системе пар – жидкость. Движущая сила процессов перегонки и ректификации.</p> <p>Простая перегонка. Ее материальный баланс. Перегонка с дефлегмацией. Молекулярная дистилляция. Перегонка с водяным паром.</p> <p>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.</p>	5	2	4		Экзамен; опрос, выполнение задач на ПЗ; защита ЛР.

	<p>Расчет минимального и технико-экономическое обоснование рабочего флегмовых чисел.</p> <p>Конструкции ректификационных колонн. Специальные виды ректификации (азеотропная, экстрактивная, многокомпонентная) и установки для их проведения. Порядок расчета ректификационной колонны и установки.</p>					
3.4	<p>Термическая сушка</p> <p>Общая характеристика процесса, его роль и место в химических производствах и других сферах деятельности человека. Формы связи влаги с материалом. Методы сушки и технико-экономическое обоснование способов удаления влаги из материалов.</p> <p>Конвективная сушка. Сушильные агенты и их выбор. Параметры состояния сушильного агента, I-x-диаграмма влажного воздуха. Механизмы переноса влаги в фазах при сушке, кинетика процесса. Движущая сила сушки. Материальный и тепловой балансы конвективной сушилки. Теоретическая и действительная сушилки. Отображение изменения параметров сушильного агента на I-x-диаграмме. Последовательность расчета конвективной сушилки.</p> <p>Классификация сушилок и сушильных установок, их общая характеристика. Типовые и современные конструкции конвективных сушилок (барабанная, камерная, кипящего слоя и др.). Специальные сушилки (радиационные, контактные, сублимационные). Пути интенсификации процессов сушки и совершенствования сушилок.</p>	4	2	6		Экзамен; опрос, выполнение задач на ПЗ; защита ЛР.
3.5	<p>Адсорбция</p> <p>Общие сведения о процессе и областях его применения. Основные промышленные адсорбенты, их структура и свойства. Равновесие при адсорбции. Материальный баланс адсорбции. Динамика и кинетика адсорбции. Десорбция и способы ее проведения. Конструкции адсорберов (с неподвижным, псевдооживленным и плотным движущимся слоем). Основы расчета адсорберов и десорберов.</p>	2	1	6		Экзамен; опрос, выполнение задач на ПЗ; защита ЛР.
3.6	<p>Ионный обмен</p> <p>Характеристика процесса и ионитов. Равновесие при ионном обмене. Динамика ионного обмена. Ионообменные установки.</p>	1	-	-		Экзамен

3.7	<p>Жидкостная экстракция</p> <p>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, пульсационные, роторные и др.) и сравнительная характеристика. Интенсификация экстракции и совершенствование экстракторов.</p>	2	1	-		Экзамен; опрос, выполнение задач на ПЗ.
3.8	<p>Растворение и экстрагирование в системе твердое тело – жидкость</p> <p>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. Экстракторы и растворители (смесительно-отстойные, шнековые, колонные и др.).</p>	2	-	-		Экзамен.
3.9	<p>Кристаллизация из растворов и расплавов</p> <p>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. Интенсификация кристаллизации.</p>	1	-	-		Экзамен.
3.10	<p>Мембранные процессы</p> <p>Общие сведения о процессах и областях их применения. Виды мембран (пористые, диффузионные, уплотняющиеся, с жесткой структурой, нанесенные, динамические, жидкие). Классификация и характеристика мембранных процессов (баромембранных, диффузионно-мембранных, электромембранных, ультра- и микрофльтрации). и мембран. Физико-химические основы и кинетика мембранных процессов. Методы регенерации мембран. Основы расчета мембранных аппаратов. Конструкции мембранных аппаратов (плоскокамерные, рулонные, трубчатые, половолоконные).</p>	1	-	-		Экзамен.

4	МЕХАНИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ	3	-	-		
4.1	Измельчение твердых материалов Прочностные свойства 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).	2	-	-		Экзамен
4.2	Классификации и сортировка твердых материалов Грохочение. Конструкции грохотов. Пневматические и гидравлические классификаторы.	1	-	-		Экзамен
ВСЕГО ПО ДИСЦИПЛИНЕ		108	34	52	12	

Примечание: Сокращение ЛР в столбце «Форма контроля знаний» расшифровывается «лабораторные работы».

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА

для специальности 1–57 01 01 «Охрана окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов»

Номер раздела, темы, занятия	Название раздела, темы, занятия; перечень изучаемых вопросов	Количество аудиторных часов			Количество часов УСР	Форма контроля знаний
		лекции	практические занятия(ПЗ)	лабораторные занятия		
1	2	3	4	5	6	7
5 СЕМЕСТР		51	18	18	6	
	<p>ВВЕДЕНИЕ</p> <p>Содержание, задачи и роль дисциплины в подготовке инженеров--технологов. Классификация химико-технологических процессов и аппаратов. Роль совершенствования процессов и аппаратов в научно-техническом прогрессе и решении проблем безопасности.</p> <p>Общие принципы расчета процессов и аппаратов. Материальные и энергетические балансы. Движущая сила процессов переноса. Основной кинетический закон явлений переноса. Оценка энерго- и капиталоемкости процессов и аппаратов, их технико-экономическая оптимизация. Основные принципы анализа и моделирования процессов и аппаратов. Математическое моделирование. Физическое моделирование. Стандартизация, нормализация и унификация химических аппаратов.</p>	2	-	-		Экзамен.

1	ГИДРОМЕХАНИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ И АППАРАТЫ	49	18	18	6	
1.1	<p>Основы технической гидравлики Физические свойства жидкостей и газов и параметры их состояния. Классификация жидкостей. Гидростатика. Дифференциальное уравнение равновесия Эйлера. Основное уравнение гидростатики и его применение. Гидродинамика и ее основные задачи. Характеристики потока. Уравнения массового и объемного расходов. Основные уравнения гидродинамики: дифференциальное уравнение движения Эйлера, неразрывности потока, Навье – Стокса, закона Стокса, Пуазейля. Уравнение Бернулли для идеальной и реальной жидкостей. Практическое применение уравнений Бернулли. Режимы движения жидкостей. Структура потоков и распределение локальных скоростей в них. Моделирование процессов и аппаратов. Теория подобия и ее значение в научной и инженерной практике. Условия и теоремы подобия. Методы вывода критериев подобия. Критерии гидродинамического подобия. Общий вид критериальных уравнений для описания движения потоков и гидромеханических процессов. Потери давления в трубопроводах и аппаратах. Потери давления на трение и на местных сопротивлениях, их расчет. Расчет гидравлического сопротивления трубопровода. Технико-экономическое обоснование оптимального диаметра трубопровода. Регулирующая и запорная арматура.</p>	21	6	4		Экзамен; зачет; опрос, выполнение задач на ПЗ; защита ЛР.
1.2	<p>Перемещение жидкостей и газов Машины для перемещения жидкостей и газов, их классификация и области использования. Насосы. Их классификация. Основные параметры работы насосов. Определение напора насоса и допустимой высоты всасывания насоса. Кавитация в насосах. Центробежные насосы. Уравнение Эйлера и законы пропорциональности центробежных машин. Типовые конструкции объемных и динамических насосов (поршневые, плунжерные, мембранные, пластинчатые, винтовые, вихревые, осевые). Взаимодействие насоса и трубопроводной сети. Рабочая точка насоса. Совместная работа насосов на сеть. Основы подбора насосов и оптимизации насосных установок.</p>	10	3	4	6	Экзамен; зачет; опрос, выполнение задач на ПЗ; защита ЛР.

	<p>Компрессорные машины. Их классификация. Радиальные и осевые вентиляторы. Поршневые компрессоры и особенности их работы. Мощность, потребляемая компрессором. Турбокомпрессоры. Винтовые и др. компрессоры. Вакуумные насосы. Их классификация. Конструкции и принцип действия вакуумных насосов.</p>					
1.3	<p>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. Движение потока через слой зернистого материала. Характеристики слоя зернистого материала. Состояния слоя зернистого материала. Гидравлическое сопротивление неподвижного и псевдооживленного слоев зернистого материала. Расчет параметров псевдооживленного слоя зернистого материала. Достоинства и недостатки аппаратов с псевдооживленным слоем зернистого материала, пути их совершенствования. Пневно- и гидротранспорт материалов. Методы диспергирования жидкостей и газов и устройства для осуществления процессов. Движение пузырьков в жидкости при барботаже. Движение потоков газ–жидкость в каналах.</p>	6	2	4		<p>Экзамен; зачет; опрос, выполнение задач на ПЗ; защита ЛР.</p>
1.4	<p>Гидромеханическое разделение гетерогенных систем Методы разделения гетерогенных систем. Основные критерии выбора метода разделения. Материальный баланс процесса. Осаждение под действием сил тяжести. Основные положения расчета отстойников. Типовые и современные конструкции отстойников для разделения суспензий, эмульсий и газовзвесей. Фильтрация. Движущая сила процесса и методы ее создания. Классификация механизмов фильтрации, осадков и фильтровальных перегородок. Основное уравнение фильтрации. Модифицированное уравнение фильтрации при постоянном перепаде давлений, константы фильтрации. Классификация фильтров и их типовые и современные конструкции. Основы расчета фильтров. Разделение под действием инерционных сил. Центробежные аппараты для инерционного разделения – циклоны и центрифуги. Центробежный фактор разделения. Циклоны для газов и</p>	10	5	4		<p>Экзамен; зачет; опрос, выполнение задач на ПЗ; защита ЛР.</p>

	<p>гидроциклоны. Центрифуги, их классификация и области применения. Конструкции центрифуг. Основы расчета центрифуг и циклонов.</p> <p>Мокрая очистка газов. Конструкции скрубберов-пылеуловителей. Электрическая очистка газов. Конструкции электрофильтров. Пути повышения эффективности и совершенствования аппаратов и установок для разделения гетерогенных систем.</p>					
1.5	<p>Перемешивание в жидких средах</p> <p>Назначение и роль процессов перемешивания. Способы перемешивания. Интенсивность и эффективность перемешивания. Механическое перемешивание.</p> <p>Конструкции и области применения типовых и современных мешалок. Мощность привода мешалки, ее расчет. Оптимизация режимов и аппаратурного оформления перемешивания.</p>	2	2	2		Экзамен; зачет; опрос, выполнение задач на ПЗ; защита ЛР.
6 СЕМЕСТР		51	18	18	6	
2	ТЕПЛОВЫЕ ПРОЦЕССЫ И АППАРАТЫ	18	8	8	6	
2.1	<p>Основы теории теплообмена</p> <p>Роль тепловых процессов в химической промышленности и других сферах деятельности человека. Механизмы переноса тепла. Тепловые балансы. Движущая сила теплообмена.</p> <p>Перенос тепла теплопроводностью. Дифференциальное уравнение переноса тепла Фурье. Уравнение закона Фурье. Теплопроводность плоских и цилиндрических стенок при установившемся теплообмене.</p> <p>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.</p> <p>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>	6	4	-		Экзамен; зачет; опрос, выполнение задач на ПЗ.

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	2	-	-		Экзамен.
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, перспективные направления совершенствования теплообменников. Выбор и оптимизация теплообменников. Основные положения теплотехнического расчета поверхностных теплообменников. Расчет коэффициента теплопередачи в поверхностных теплообменниках методом последовательных приближений.	5	2	4	6	Экзамен; зачет; опрос, выполнение задач на ПЗ; защита ЛР.
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. Движущая сила выпаривания (полезная разность температур). Порядок расчета выпарного аппарата. Одно- и многокорпусные выпарные установки. Обоснование числа корпусов выпарной установки и оптимизация ее энергопотребления. Классификация выпарных аппаратов, их типовые и современные конструкции. Рекомендации по выбору режимов выпаривания, выпарных аппаратов и установок, их оптимизации и интенсификации.	5	2	4		Экзамен; зачет; опрос, выполнение задач на ПЗ; защита ЛР.
3	МАССООБМЕННЫЕ ПРОЦЕССЫ И АППАРАТЫ	29	10	10		
3.1	Основы массообмена Общая характеристика и классификация массообменных процессов. Их роль и место в химической промышленности и других сферах деятельности человека. Движущая сила массообмена. Способы выражения состава фаз. Равновесие при массообмене. Материальный баланс массообменного процесса (аппарата). Уравнение рабочей линии массообменного процесса.	8	2	-		Экзамен; зачет; опрос, выполнение задач на ПЗ.

	<p>Механизмы переноса вещества при массообмене. Молекулярная диффузия. Законы Фика. Конвективный перенос вещества (турбулентная диффузия). Дифференциальное уравнение конвективного массообмена. Уравнение массоотдачи. Основные положения теории диффузионного подобия. Применения 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. Влияние гидродинамической структуры потоков на величину средней движущей силы процесса массопередачи. Особенности массопередачи в системах с твердой фазой.</p> <p>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. Общие принципы интенсификации и оптимизации массообменных процессов и аппаратов.</p>					
3.2	<p>Абсорбция</p> <p>Общие сведения об абсорбции, ее роль и место в химической и смежных технологиях. Равновесие при абсорбции. Десорбция, ее роль и методы осуществления. Материальный баланс абсорбера и его рабочая линия. Техничко-экономическое обоснование рабочего расхода абсорбента и размеров абсорбера. Тепловой баланс абсорбции. Скорость абсорбции и пути ее интенсификации. Особенности хемосорбции. Принципиальные схемы абсорбционно-десорбционных установок.</p> <p>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. Рекомендации по оптимизации режимов проведения абсорбции и ее аппаратурного оформления.</p>	4	2	2		Экзамен; зачет; опрос, выполнение задач на ПЗ; защита ЛР.

3.3	<p>Перегонка и ректификация</p> <p>Общая характеристика процессов, их место и роль в химической и смежных технологиях. Равновесие в системе пар – жидкость. Движущая сила процессов перегонки и ректификации.</p> <p>Простая перегонка. Ее материальный баланс. Перегонка с дефлегмацией. Молекулярная дистилляция. Перегонка с водяным паром.</p> <p>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 технико-экономическое обоснование рабочего флегмовых чисел.</p> <p>Конструкции ректификационных колонн. Специальные виды ректификации (азеотропная, экстрактивная, многокомпонентная) и установки для их проведения. Порядок расчета ректификационной колонны и установки.</p>	4	2	2		Экзамен; зачет; опрос, выполнение задач на ПЗ; защита ЛР.
3.4	<p>Термическая сушка</p> <p>Общая характеристика процесса, его роль и место в химических производствах и других сферах деятельности человека. Формы связи влаги с материалом. Методы сушки и технико-экономическое обоснование способов удаления влаги из материалов.</p> <p>Конвективная сушка. Сушильные агенты и их выбор. Параметры состояния сушильного агента, I-x-диаграмма влажного воздуха. Механизмы переноса влаги в фазах при сушке, кинетика процесса. Движущая сила сушки. Материальный и тепловой балансы конвективной сушилки. Теоретическая и действительная сушилки. Отображение изменения параметров сушильного агента на I-x-диаграмме. Последовательность расчета конвективной сушилки.</p> <p>Классификация сушилок и сушильных установок, их общая характеристика. Типовые и современные конструкции конвективных сушилок (барабанная, камерная, кипящего слоя и др.). Специальные сушилки (радиационные, контактные, сублимационные).</p> <p>Пути интенсификации процессов сушки и совершенствования сушилок.</p>	4	2	2		Экзамен; зачет; опрос, выполнение задач на ПЗ; защита ЛР.

3.5	<p>Адсорбция</p> <p>Общие сведения о процессе и областях его применения. Основные промышленные адсорбенты, их структура и свойства. Равновесие при адсорбции. Материальный баланс адсорбции. Динамика и кинетика адсорбции. Десорбция и способы ее проведения. Конструкции адсорберов (с неподвижным, псевдооживленным и плотным движущимся слоем). Основы расчета адсорберов и десорберов.</p>	2	1	4		Экзамен; зачет; опрос, выполнение задач на ПЗ; защита ЛР.
3.6	<p>Ионный обмен</p> <p>Характеристика процесса и ионитов. Равновесие при ионном обмене. Динамика ионного обмена. Ионообменные установки.</p>	1	-	-		Экзамен.
3.7	<p>Жидкостная экстракция</p> <p>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, пульсационные, роторные и др.) и сравнительная характеристика. Интенсификация экстракции и совершенствование экстракторов.</p>	2	1	-		Экзамен; зачет; опрос, выполнение задач на ПЗ.
3.8	<p>Растворение и экстрагирование в системе твердое тело – жидкость</p> <p>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. Экстракторы и растворители (смесительно-отстойные, шнековые, колонные и др.).</p>	2	-	-		Экзамен.
3.9	<p>Кристаллизация из растворов и расплавов</p> <p>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. Интенсификация кристаллизации.</p>	1	-	-		Экзамен.

3.10	Мембранные процессы Общие сведения о процессах и областях их применения. Виды мембран (пористые, диффузионные, уплотняющиеся, с жесткой структурой, нанесенные, динамические, жидкие). Классификация и характеристика мембранных процессов (баромембранных, диффузионно-мембранных, электромембранных, ультра- и микрофльтрации). и мембран. Физико-химические основы и кинетика мембранных процессов. Методы регенерации мембран. Основы расчета мембранных аппаратов. Конструкции мембранных аппаратов (плоскокамерные, рулонные, трубчатые, половолоконные).	1	-	-		Экзамен.
4	МЕХАНИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ	4	-	-		
4.1	Измельчение твердых материалов Прочностные свойства 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).	2	-	-		Экзамен.
4.2	Классификации и сортировка твердых материалов Грохочение. Конструкции грохотов. Пневматические и гидравлические классификаторы.	2	-	-		Экзамен.
ВСЕГО ПО ДИСЦИПЛИНЕ		102	36	36	12	

Примечание: Сокращение ЛР в столбце «Форма контроля знаний» расшифровывается «лабораторные работы».

ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Перечень основной литературы

Наименование	Кол. экз. в библиотеке
1. Касаткин А.Г. Основные процессы и аппараты химической технологии / А.Г. Касаткин. – М.: Альянс, 2005. – 751 с.	52
2. Дытнерский Ю.И. Процессы и аппараты химической технологии: Учебник для вузов. В 2-х кн. / Ю.И. Дытнерский. – М.: Химия, 1995. – 399 с. + 368 с.	185+180
3. Маркаў У.А. Працэсы і апараты хімічнай тэхналогіі У 2 ч. Ч. 1. Гідрамеханічныя і механічныя працэсы / У.А. Маркаў, П.Я. Вайцяховіч. – Мн.: БДТУ, 2002. – 302 с.	394
4. Маркаў У.А. Працэсы і апараты хімічнай тэхналогіі У 2 ч. Ч. 2. Цеплавныя і масаабменныя працэсы / У.А. Маркаў. – Мн.: БДТУ, 2006. – 442 с.	394
5. 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.	104
6. 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.	267
7. 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.	540
8. 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.	572
9. 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.	10
10. Основные процессы и аппараты химической технологии: Пособие по проектированию. Под ред. Ю.И. Дытнерского. – М.: Химия, 1991. – 496 с.	343
11. Маркаў, У.А. Працэсы і апараты хімічнай тэхналогіі. Практыкум / У.А. Маркаў, С.К. Пратасаў, А.А. Баравік. – Мн.: БГТУ, 2008. – 208 с.	570
12. Процессы и аппараты химической технологии. Расчет и проектирование массообменных аппаратов/ Д.Г. Калишук и др. – Минск: БГТУ, 2014. – 498 с.	316
13. Процессы и аппараты химической технологии: методические указания к курсовому проектированию по одноименной дисциплине/Д.Г. Калишук. С.К. Протасов, В.А. Марков.- Минск: БТИ им. С.М. Кирова. 1992.- 42с.	229
14. СТП 001-2010. Проекты (работы) дипломные. Требования и порядок подготовки, представления к защите и защиты.- Минск: БГТУ, 2010.- 239 с	1141
15. СТП 002-2007. Проекты (работы) курсовые. Требования и порядок подготовки,представление к защите и защиты. – Минск: БГТУ, 2007. – 40 с.	1876

Перечень дополнительной литературы

Наименование	Кол. экз. в библиотеке
16. 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.	1
17. Справочник химика. Т. 5. Под ред. Никольского. – М.–Л.: Химия, 1966. – 976 с.	13
18. Перри Дж. Справочник инженера-химика. Пер. с англ. В 2-х кн. / Дж. Перри. – Л.: Химия, 1969. – 640 + 504 с.	84
19. Гельперин Н.И. Основные процессы и аппараты химической технологии / Н.И. Гельперин. – М.: Химия, 1981. – 812 с.	161
20. Плановский, А.Н. Процессы и аппараты химической технологии, А.Н. Плановский, В.М. Рамм, С.З. Каган. - М: Химия, 1968 -847 с.	91
21. Плановский А.Н. Процессы и аппараты химической и нефтехимической технологии / А.Н. Плановский, П.И. Николаев.– М.: Химия, 1987. – 496 с.	44
22. Айнштейн В.Г. Общий курс процессов и аппаратов химической технологии: Учебник: В 2-х кн. / В.Г. Айнштейн, М.К. Захаров, Г.А. Носов и др.; Под ред. В.Г. Айнштейна. – М.: Логос; Высшая школа, 2002. – 912 + 872 с.	1
23. Горбатюк, В.И. Процессы и аппараты пищевых производств. / В.И. Горбатюк – М.: Колос, 1999. – 333 с.	-
24. Кавецкий, Г.Д. Процессы и аппараты пищевой технологии. / Г.Д.Кавецкий, Б.В.Васильев. – М.: Колос, 1999; 2000. – 551 с.	3
25. Скобло, А. И. Процессы и аппараты нефтеперерабатывающей и нефтехимической промышленности / А. И. Скобло, И. А. Трегубов, Ю. К. Молоканов. – М.: Химия, 1982. – 584 с.	12
26. Молоканов, Ю. К. Процессы и аппараты нефтегазопереработки / Ю. К. Молоканов. – М.: Химия, 1987. – 368 с	1
27. Фролов В.Ф. Лекции по курсу «Процессы и аппараты химической технологии». – 2-е изд, испр. – СПб.: ХИМИЗДАТ, 2008. – 608 с.	8
28. Романков П.Г. Процессы и аппараты химической промышленности / П.Г. Романков, М.И. Курочкина, Ю.Я. Мозжерин, Н.Н. Смирнов. – Л.: Химия, 1989. – 560 с	14
29. Игнатович Э. Химическая техника. Процессы и аппараты. Пер. с нем. / Э. Игнатович. – М.: Техносфера, 2007. – 656 с	5
30. 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.	1
31. 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.	1
32. Романков П.Г., Курочкина М.И. Гидромеханические процессы химической технологии. – Л.: Химия, 1982.	17

33. Романков П.Г., Фролов В.Ф. Теплообменные процессы химической технологии. – Л.: Химия, 1982.	5
34. Промышленная теплоэнергетика и теплотехника: Справочник / Под общ. ред. чл.-корр. РАН А.В. Клименко и проф. В.М. Зорина.– М.: Издательство МЭИ, 2004; 2007. – 632 с. – (Теплоэнергетика и теплотехника; Кн. 4).	2
35. Таубман Е.И. Выпаривание / Е.И. Таубман. – М.: Химия, 1982. – 362 с	6
36. Кафаров В.В. Основы массопередачи. – М.: Высшая школа, 1979.	13
37. Шервуд Т. Массопередача / Т. Шервуд, Р.Л. Пигфорд, У. Уилки. – М.: Химия, 1982. – 696 с.	13
38. Александров И.А. Ректификационные и абсорбционные аппараты. Методы расчета и основы конструирования / И.А. Александров. – М.: Химия, 1978. – 280 с.	40
39. Рамм В.М. Абсорбция газов / В.М. Рамм. – М.: Химия, 1976. – 656 с.	15
40. Сажин Б.С. Основы техники сушки / Б.С. Сажин. – М.: Химия, 1984. – 320 с.	1
41. Романков П.Г. и др. Массообменные процессы химической технологии (системы с твердой фазой). – Л.: Химия, 1975.	24
42. Ягодин Г.А., Каган С.З. Основы жидкостной экстракции. – М.: Химия, 1981.	7
43. Гельперин Н.И., Носов Г.А. Основы техники кристаллизации расплавов. – М.: Химия, 1975.	5
44. Кельцев Н.В. Основы адсорбционной техники. – М.: Химия, 1976; 1984.	7
45. Сенявин М.М. Ионный обмен в технологии и анализе неорганических веществ. – М.: Химия, 1980.	3
46. Дытнерский Ю.И. Баромембранные процессы. – М.: Химия, 1986.	15
47. Калішук Дз.Р. Працэсы і апараты хімічнай тэхналогіі: Метадычныя ўказанні да курсавой работы па аднайменнай дысцыпліне для студэнтаў вочнай і завочнай форм навучання спецыяльнасці Э.01.03.00 / Дз.Р.Калішук. – Мінск.: БДТУ, 1998. – 40 с.	76
48. Иоффе И.И. Проектирование процессов и аппаратов химической технологии / И.И.Иоффе. – Л.: Химия, 1991. – 352 с.	1
49. 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, 2002; 2006. – 852 + 1028 + 968 с.	2
50. Лашинский А.А. Конструирование сварных химических аппаратов: Справочник / А.А.Лашинский. – М.: Машиностроение, 1981. – 382 с.	84

Перечень средств диагностики результатов учебной деятельности

Для диагностики результатов учебной деятельности и уровня компетенций студентов по итогам обучения в 5-м и 6-м семестрах проводятся два экзамена, в 5 семестре – зачет (для студентов специальности 1–48 01 05 «Химическая технология переработки древесины» зачеты проводятся в 5-м и 6-м семестрах), а в 7 семестре осуществляется защита курсового проекта. Текущий контроль уровня знаний и компетенций и их приращения осуществляется при защите отчетов по лабораторным работам, проверке выполненных задач, мониторинге хода выполнения курсового проекта, опросах на практических и лабораторных занятиях. В необходимых случаях на лабораторных занятиях могут проводиться коллоквиумы, а на практических – контрольные работы и тестирование. Допускается экспресс-опрос студентов во время лекций.

Технологии обучения

При проведении лекций и практических занятий могут применяться видеопрезентации с помощью мультимедийных средств, а также плакаты и макеты аппаратов и установок. На практических занятиях могут быть дополнительно применены электронные учебные материалы в виде тестов для текущего контроля знаний, устный опрос, контроль выполнения индивидуальных задач, а также письменные контрольные работы.

Лабораторные занятия включают в себя следующие стадии: получение студентом допуска к выполнению лабораторной работы; выполнение лабораторной работы; обработка экспериментальных данных и подготовка отчета по работе; защита отчета по работе. Получение допуска к выполнению работы и защита отчета по ней осуществляется при положительных результатах устного, письменного или компьютерного тестового опроса. При защите отчетов также допускаются тематические коллоквиумы. При проведении лабораторных занятий следует выдавать каждой бригаде студентов индивидуальные задания на экспериментальные исследования явлений, процессов и аппаратов. В состав бригады включается, как правило, от 3 до 6 студентов. Студенты выполняют экспериментальную часть работы самостоятельно под контролем преподавателя или работника кафедры из числа учебно-вспомогательного персонала. Указанная процедура работы прививает студентам навыки самостоятельного проведения экспериментальных исследований, управления оборудованием и процессами. При обработке опытных данных и подготовке отчетов по работам студенты могут воспользоваться консультативной помощью преподавателя. Большинство лабораторных установок, на которых студенты выполняют экспериментальные исследования, включают в свой состав действующие модели химических аппаратов. Указанные модели являются одним из важных инструментов в технологии обучения.

В ходе курсового проектирования кроме консультаций (одна из форм управляемой самостоятельной работы студентов) проводятся групповые занятия по узловым вопросам курсовых проектов.

Управляемая самостоятельная работа студентов используется как один из инструментов в технологии обучения при овладении ими навыков расчета и подбора наиболее часто используемого на химических и родственных производствах оборудования (трубопроводов, насосов, теплообменных аппаратов и т.д.).

Рекомендации по организации самостоятельной работы студентов

При изучении дисциплины используется учебно-методический комплекс с материалами, помогающими студенту в организации самостоятельной работы. Он включает в числе других следующие учебно-методические материалы: учебную программу дисциплины; примерные вопросы к экзаменам и зачету; тематику курсовых проектов и рекомендации по их выполнению; список литературы.

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. При самостоятельной работе студент может воспользоваться в библиотеке университета электронным конспектом лекций по дисциплине. Наличие электронных конспектов лекций всех лекторов в библиотеке является обязательным.

Важным элементом самостоятельной работы студентов является их управляемая самостоятельная работа. Она организуется преподавателями кафедры по наиболее актуальным прикладным вопросам дисциплины в процессе ее изучения в 5-м и 6-м семестрах на третьем курсе, а также при выполнении курсовых проектов в 7-м семестре на четвертом курсе. В 5-м семестре каждому студенту выдается индивидуальное задание по теме «Перемещение жидкостей и газов», а в 6-м – по теме «Теплообменные аппараты». Задание по теме «Перемещение жидкостей и газов» представляет собой прикладную задачу по гидравлическому расчету трубопровода для транспортировки жидкости с подбором насоса, а задание по теме «Теплообменные аппараты» – прикладную задачу по подбору, теплотехническому и гидравлическим расчетам теплообменника. Задания выдаются преподавателем студентам на практическом занятии по соответствующем теме. На этом же занятии выполняется с целью пояснений упрощенный пример задания. Индивидуальные задания в дальнейшем выполняются студентами во внеурочное время. При этом в необходимых

случаях студент получает консультативную помощь от преподавателя. Сроки выполнения заданий устанавливает преподаватель в пределах от 3 до 5 недель.

Специфика самостоятельной работы студентов при выполнении курсовых проектов, в том числе и управляемой, отражена в разделе «Требования к курсовому проекту».

Перечень и тематика практических занятий

Тематика практических занятий формируется в соответствии с последовательностью изложения лекционного материала и охватывает при этом основные разделы и темы дисциплины. На практических занятиях проводится расчеты статики и кинетики процессов, а также конструктивных параметров аппаратов, приобретает 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.

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.

Перечень и тематика лабораторных занятий

1. Безопасность при проведении лабораторных работ в лабораториях гидравлики и гидромеханических процессов. Общие указания по выполнению работ по гидравлике и гидромеханических 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 псевдоожиженного 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 /11/ из списка основной литературы.

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)
Оборудование и проектирование предприятий подотрасли	Кафедра технологии неорганических веществ и общей химической технологии		
Оборудование и проектирование предприятий подотрасли	Кафедра химии, технологии электрохимических производств и материалов электронной техники		
Оборудование и основы проектирования электрохимических производств	Кафедра химии, технологии электрохимических производств и материалов электронной техники		
Оборудование и проектирование предприятий подотрасли	Кафедра технологии стекла и керамики		
Оборудование и проектирование предприятий подотрасли	Кафедра химической технологии вяжущих материалов		
Оборудование гидролизных и микробиологических производств	Кафедра химической переработки древесины		
Оборудование предприятий древесных и пластиков плит	Кафедра химической переработки древесины		
Оборудование лесохимических предприятий	Кафедра химической переработки древесины		
Оборудование и проектирование предприятий биоэнергетического комплекса	Кафедра биотехнологии и биоэкологии		

Оборудование и проектирование предприятий биотехнологических производств	Кафедра биотехнологии и биоэкологии		
Оборудование и проектирование предприятий масло-жировой отрасли	Кафедра биотехнологии и биоэкологии		
Оборудование и проектирование предприятий фармацевтической промышленности	Кафедра биотехнологии и биоэкологии		
Инженерная охрана окружающей среды	Кафедра промышленной экологии		
Автоматика, автоматизация и автоматические системы управления технологическими процессами	Кафедра автоматизации производственных процессов и электротехники		

Заведующий кафедрой технологии неорганических веществ и общей химической технологии

О.Б. Дормешкин

Заведующий кафедрой химии, технологии электрохимических производств и материалов электронной техники

А.А. Черник

Заведующий кафедрой технологии стекла и керамики

И.А. Левицкий

Заведующий кафедрой химической технологии вяжущих материалов

А.А. Мечай

Заведующая кафедрой химической переработки древесины

Н. В. Черная

Заведующий кафедрой биотехнологии и биоэкологии

В.Н. Леонтьев

Заведующий кафедрой промышленной экологии

В.Н. Марцуль

Заведующий кафедрой автоматизации производственных процессов и электротехники

Д. С. Карпович

ДОПОЛНЕНИЯ И ИЗМЕНЕНИЯ К УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЕ УВО
на 2016/2017 учебный год

№№ п.п.	Дополнения и изменения	Основание

Учебная программа пересмотрена и одобрена на заседании кафедры процессов и аппаратов химических производств (протокол № _____ от _____ 2016г.
(название кафедры)

Заведующий кафедрой

_____ д.т.н., доц.
(степень, звание)

_____ (подпись)

_____ А.Э. Левданский
(И.О.Фамилия)

УТВЕРЖДАЮ
Декан факультета ХТТ

_____ к.т.н., доц.
_____ Ю.А. Климош
(степень, звание)

_____ (подпись)

_____ (И.О.Фамилия)

