

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ
Н.Г. ЧЕРНЫШЕВСКОГО»

Институт химии УТВЕРЖДАЮ

Директор Института химии
д.х.н., профессор Федотова О.В.


"30" 08 2018 г.

Рабочая программа дисциплины

Процессы и аппараты химической технологии

Направление подготовки
18.03.01 – Химическая технология

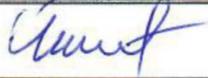
Профиль подготовки
Химическая технология природных энергоносителей и углеродных материалов

Квалификация (степень) выпускника

Бакалавр

Форма обучения
очная

Саратов,
2018

Статус	ФИО	Подпись	Дата
Преподаватель-разработчик	Печенегов Юрий Яковлевич		30.08.2018
Председатель НМК	Крылатова Яна Георгиевна		30.08.2018
Заведующий кафедрой	Кузьмина Раиса Ивановна		30.08.2018
Специалист Учебного управления			

1. Цели освоения дисциплины

«Процессы и аппараты химической технологии» – формирование у студентов компетенций, связанных с освоением физической общности процессов химической технологии, теоретических основ гидромеханики, тепло- и массопередачи, теории и практики базовых процессов, основных закономерностей и общих принципов анализа, моделирования, расчета и оптимизации этих процессов, их энергообеспечения и аппаратурного оформления. Кроме того, в процессе обучения решаются задачи повышения культурного уровня и формирования социально-личностных качеств обучающихся: целеустремленности, организованности, трудолюбия, ответственности, гражданственности, коммуникабельности, толерантности.

2. Место дисциплины в структуре ООП бакалавриата

Дисциплина «Процессы и аппараты химической технологии» (Б1.Б.18) относится к базовой части блока «Дисциплины» (Б.1Б.18) по направлению 18.03.01 – Химическая технология. Обучение по данной дисциплине базируется главным образом на знаниях, полученных студентами в процессе изучения следующих курсов:

- введение в специальность;
- история развития нефтегазовой промышленности;
- математика;
- физика;
- общая и неорганическая химия;
- органическая химия;
- физическая химия;
- промышленная экология.

Студенты должны иметь базовые знания:

по дифференциальному и интегральному исчислениям, по основам вычислительной техники, физики, физической химии, теоретической и прикладной механики. Они должны уметь применять основные законы механики, термодинамики для решения учебных задач.

Курс «Процессы и аппараты химической технологии», в свою очередь, необходим для преподавания дисциплин «Системы управления химико-технологическими процессами», «Химическая технология топлива и углеродных материалов», «Моделирование и информационные системы в химической технологии», «Химические реакторы и оборудование заводов».

3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины «Процессы и аппараты химической технологии»

В результате изучения дисциплины студент должен обладать

1	Основные процессы химической технологии и их классификация. Методы анализа процессов переноса количества движения, теплоты и массы.	5	1-2	4	8		4	16	Устный отчет, Решение задач
2	Основы физического и математического моделирования процессов химической технологии. Теория подобия и метод размерностей.	5	3-4	4	8		4	16	Устный отчет, Решение задач
3	Основы гидравлики. Гидростатика. Дифференциальное и интегральное уравнения гидростатики. Уравнение Бернулли и его использование. Общие вопросы прикладной гидравлики.	5	5-10	12	24		12	48	Устный отчет Практическая работа
4	Перемещение жидкостей. Истечение через отверстия и насадки. Нагнетатели. Расчет трубопроводов.	5	11-13	6	12		6	24	Практическая работа Контрольная работа
5	Разделение жидких и газовых неоднородных	5	14-16	6	12		6	24	Практическая работа Контрольная

ИТОГО:							288 ч.	
--------	--	--	--	--	--	--	--------	--

4.1. Программа лекционного курса

Тема 1. Основные процессы химической технологии и их классификация. Методы анализа процессов переноса количества движения, теплоты и массы.

Непрерывные и периодические процессы; их характеристики и области рационального применения в химической промышленности. Стационарные и нестационарные процессы.

Методы исследования процессов и аппаратов химической технологии. Место и роль теоретических и экспериментальных исследований, вычислительного эксперимента с использованием компьютеров. Системный подход к изучению и созданию новых процессов и аппаратов. (4 часа)

Тема 2. Основы физического и математического моделирования процессов химической технологии. Теория подобия и метод размерностей.

Основные принципы составления математических описаний, анализа и расчета процессов и аппаратов.

Метод подобия и анализа размерностей; их применение при постановке опытов на модельных системах и установках, обработке и обобщении экспериментальных данных. Физический смысл безразмерных обобщенных переменных - критериев подобия. Сочетание математического и физического моделирования для решения химико-технологических задач. (4 часа)

Тема 3. Основы гидравлики

Гидростатика и гидродинамика. Капельные и упругие жидкости. Представление о жидкостях как о сплошных средах. Действие в них сил тяжести, сил давления, вязких сил; силы межфазного натяжения. Понятие об идеальной жидкости. Ньютоновские и неньютоновские жидкости.

Гидростатика. Дифференциальное уравнение равновесия и распределение давления в покоящихся средах. Практические приложения основного уравнения гидростатики (закона Паскаля).

Уравнение Бернулли для идеальной и для реальной жидкостей с учетом подвода механической энергии извне. Практические приложения уравнения Бернулли.

Гидродинамические режимы течения - ламинарный и турбулентный. Критерий Рейнольдса и его критические значения. Механизмы ламинарного и турбулентного течений. Основные характеристики турбулентности. Пульсационные и осредненные во времени составляющие (квазистационарная модель турбулентного потока). Представления о гидродинамическом пограничном слое при течении по трубам и каналам и при обтекании тел. Структура турбулентного пограничного слоя; вязкий

подслои. Распределение скоростей по сечению прямой круглой трубы при ламинарном и турбулентном течениях. (12 часов)

Тема 4. Перемещение жидкостей. Истечение через отверстия и насадки. Нагнетатели. Расчет трубопроводов

Течение в трубах и каналах. Определяющий поперечный размер потока в каналах произвольной формы: гидравлический радиус, эквивалентный диаметр. Уравнение постоянства расхода.

Гидравлическое сопротивление при течении жидкостей. Расчет потерь на трение (уравнение Дарси-Вейсбаха) в гладких и шероховатых трубах и на местные сопротивления. Зависимости между расходом и перепадом давления на единицу длины трубопровода при ламинарном (уравнение Гагена-Пуазейля) и турбулентном течениях. Расчет потребного напора для перемещения жидкостей через систему трубопроводов и аппаратов.

Перемещение жидкостей и газов по трубопроводам и сетям с помощью машин, повышающих давление.

Классификация машин по принципу действия: объемные (поршневые, ротационные и др.) и динамические (лопастные — центробежные и осевые, машины трения и др.) насосы и компрессоры. Перемещение жидкостей насосами. Их основные параметры: производительность, напор, мощность, к.п.д. Расчет напора и потребляемой мощности; подбор двигателя к насосу. Определение допустимой высоты всасывания; явление кавитации и его предотвращение. Связь напора, мощности и к.п.д. с производительностью (характеристики насосов). Работа насосов на сеть и их подбор; регулирование производительности. Компрессорные машины и вакуум-насосы. Особенности работы и преимущественные области применения основных типов компрессоров, газодувок и вентиляторов. (6 часов)

Тема 5. Разделение жидких и газовых неоднородных систем

Классификация жидких и газовых гетерогенных систем: суспензии, эмульсии, пены, пыли, туманы. Материальный баланс периодических и непрерывных процессов разделения.

Процессы отстаивания и устройство отстойников. Устройство и действие циклонов (простых и батарейных), гидроциклонов, отстойных центрифуг; сепараторы для отделения брызг жидкости от газа. Принципы осаждения пыли и туманов в электрическом поле; устройство и действие электрофильтров.

Фильтрация суспензий и очистка газов от пылей на фильтрах. Виды фильтровальных перегородок. Факторы, влияющие на скорость фильтрации. Фильтрация при постоянной скорости фильтрации. Классификация и устройство основных типов непрерывно и периодически работающих фильтров. Схемы фильтровальных установок. Принципы устройства и действия фильтрующих центрифуг.

Мокрая очистка газов от пылей и туманов. (6 часов)

Тема 6. Двухфазные системы: плотный слой; кипящий слой; газовзвесь

Течение через неподвижные зернистые слои. Основные характеристики зернистых слоев: дисперсность, удельная поверхность, порозность, эквивалентный диаметр каналов. Расчет гидравлического сопротивления слоя. Гидравлическое сопротивление слоев насадок промышленных массо- и теплообменных аппаратов. Гидродинамика псевдооживленных (кипящих) слоев. Основные характеристики псевдооживленного состояния. Гидравлическое сопротивление. Расчет скоростей псевдооживления, высоты псевдооживленного слоя. Однородное и неоднородное псевдооживление. Особенности псевдооживления полидисперсных слоев. Пневмо- и гидротранспорт зернистых твердых материалов. (4 часа)

Тема 7. Основы теории передачи теплоты

Основные понятия и определения: температурное поле, градиент температуры и тепловой поток, теплопередача и теплоотдача.

Теплопроводность твердых материалов, жидкостей и газов. Дифференциальное уравнение теплопроводности (уравнение Фурье). Расчет стационарного переноса теплоты теплопроводностью через плоские и цилиндрические стенки (одно- и многослойные).

Конвективный перенос теплоты. Уравнения теплоотдачи; коэффициенты и движущая сила теплоотдачи. Тепловое подобие; безразмерные переменные - критерии теплового подобия (Нуссельта, Пекле, Прандтля, Грасгофа), их физический смысл. Моделирование процессов конвективного теплообмена. Расчет коэффициентов теплоотдачи при вынужденной и естественной конвекции. Расчет теплообмена при изменении агрегатного состояния - при конденсации паров и при кипении жидкостей.

Радиационный теплоперенос. Основные законы излучения. (16 часов)

Тема 8. Промышленные способы подвода и отвода теплоты в химической аппаратуре

Основные тепловые процессы в химической технологии: нагревание и охлаждение, конденсация паров и испарение жидкостей. Расход теплоносителей; тепловой баланс как частный случай энергетического баланса.

Классификация способов подвода и отвода теплоты. Требования, предъявляемые к теплоносителям, их сравнительные характеристики и области применения.

Нагрев водяным паром и парами высокотемпературных органических теплоносителей (ВОТ), водой и высококипящими жидкостями (ВОТ, минеральными маслами и др.); схемы установок. Нагревание топочными газами. Рациональность энерготехнологических решений проблем промышленного теплообмена; использование технологических потоков в качестве теплоносителей. Способы электрообогрева.

Отвод теплоты водой, воздухом и низкотемпературными теплоносителями. Водоборотные циклы химических производств. (4 часов)

Тема 9. Теплообменные аппараты

Основные типы поверхностных теплообменников (трубчатых, пластинчатых, с оребренными поверхностями и др.). Теплообменные устройства химических реакторов. Смесительные (контактные) теплообменники: градирни, конденсаторы смешения, аппараты с барботажем пара и газа, с погружными горелками. Сравнительные характеристики, принципы выбора и преимущественные области применения теплообменных аппаратов различных конструкций. Тепловой, гидравлический и механический расчеты теплообменных аппаратов. Проектный и поверочный расчеты. Основные тенденции совершенствования конструкций теплообменников. (16 часов)

Тема 10. Выпаривание

Назначение и технические методы выпаривания (под вакуумом, при атмосферном и избыточном давлении, выпаривание с кристаллизацией).. Схемы выпарных установок. Классификация и основные конструктивные типы выпарных аппаратов. Материальный и тепловой балансы однокорпусного и многокорпусного выпаривания. Общая и полезная разности температур. Оптимизация числа корпусов. (8 часов)

Тема 11. Основы теории массопередачи

Физико-химические основы массообменных процессов. Равновесные условия и определение направления переноса вещества из фазы в фазу. Понятие о массопередаче и массоотдаче.

Концентрационное поле, градиент концентрации, общий и удельный поток массы. Молекулярная диффузия в жидкостях, газа (парах) и твердых телах. Расчет коэффициентов диффузии. Конвективный массоперенос. Моделирование конвективного массообмена. Расчет коэффициентов массоотдачи в аппаратах различных типов по уравнениям подобия.

Массопередача между двумя фазами. Коэффициент массопередачи, движущая сила. Соотношение между коэффициентами массопередачи и массоотдачи.

Моделирование и расчет массообменных процессов и аппаратов для систем с одним распределяемым компонентом. (12 часов)

Тема 12. Процессы массообмена в системах со свободной границей раздела фаз. Система «газ (пар) - жидкость». Ректификационные и абсорбционные установки

Простая и фракционная перегонка; перегонка с дефлегмацией. Схемы установок.

Ректификация и абсорбция. Физико-химические основы и особенности условий проведения процессов. Схемы установок для непрерывной и периодической ректификации бинарных и многокомпонентных смесей. Особенности устройства аппаратов (насадочных и тарельчатых колонн) и

выбора режимов их работы. Особенности устройства и варианты работы кипятильников и дефлегматоров.

Моделирование и расчет процессов и аппаратов при непрерывной ректификации бинарных систем. Основы численного и графоаналитического методов. Материальный баланс. Уравнения линий изменения рабочих концентраций (рабочих линий) в колоннах с непрерывным и ступенчатым контактом. Определение минимального и рабочего флегмового числа. Тепловой баланс и расчет расходов теплоносителей. Расчет тарельчатых и насадочных колонн. (12 часов)

Тема 13. Процессы массообмена в системах с неподвижной поверхностью раздела фаз. Система «газ (пар) – твердое тело». Сушильные установки

Элементы массопередачи в системах с твердой фазой. Физические модели и механизмы переноса массы в пористых твердых телах и обтекающем их потоке. Адсорбция. Расчет скорости процесса; его лимитирующие стадии и способы интенсификации массопередачи.

Сушка твердых материалов. Методы сушки: конвективная, контактная, специальные. Принципиальные схемы установок для конвективной сушки горячим воздухом, топочными и технологическими газами. Параметры влажного воздуха и их изменение в процессе сушки. Материальный и тепловой балансы, определение расхода сушильного агента и затрат теплоты на конвективную сушку - аналитически или с использованием диаграммы состояния воздуха.

Основные конструкции конвективных и контактных сушилок для сушки штучных, кусковых и сыпучих, пастообразных материалов, для получения сыпучих продуктов непосредственно из растворов.

Сушка инфракрасными лучами (радиационная), токами высокой частоты, сублимацией; основные принципы устройства соответствующих аппаратов. (12 часов)

4.3. Курсовое проектирование

Целью выполнения курсового проекта является глубокое освоение студентами теоретических знаний путем решения конкретных расчетно-конструкторских задач по заданной теме. Курсовой проект является заключительным этапом изучения дисциплины.

В курсовом проекте студент должен осуществить проектирование указанного объекта (теплообменный аппарат, ректификационная установка, др.), определить основные его параметры, выбрать вспомогательное оборудование, разработать мероприятие, направленное на улучшение характеристик объекта.

При выполнении курсового проекта студенты практически применяют знания, полученные по дисциплине «Процессы и аппараты химической

технологии», а также по дисциплинам, на которых этот курс основывается (физическая химия, теплотехника, сопротивление материалов и др.). Работая над проектом, студент изучает действующие нормативные материалы (ГОСТы, ОСТы, нормы и др.), справочную литературу, приобретает навыки расчета и выбора из числа стандартных аппаратов и оборудования, составление технико-экономических обоснований, оформления технической документации.

Курсовой проект по процессам и аппаратам химической технологии является первой большой самостоятельной работой студентов в вузе. Одна из задач курсового проектирования – это подготовка студентов к последующему выполнению дипломного проекта.

Объектами для проектирования предлагаются, в основном, теплообменные аппараты и ректификационные установки. Они относятся к наиболее используемому основному технологическому оборудованию. На предприятиях нефтехимии и нефтепереработки удельный вес теплообменного оборудования, например, составляет 60%.

Курсовой проект состоит из двух частей:

- 1) расчетно-пояснительная записка объемом 30 - 50 страниц;
- 2) графическая часть объемом не менее 1,5 - 2 листов чертежей.

Рекомендуется следующая последовательность представления материалов пояснительной записки:

Титульный лист.

Задание на проектирование.

Содержание (оглавление).

Введение.

1. Технологическая схема установки и ее описание.
2. Технологический расчет аппаратов.
3. Гидравлический расчет аппаратов.
4. Расчет аппаратов на прочность.
5. Расчет тепловой изоляции.
6. Расчет и выбор вспомогательного оборудования.
7. Специальный вопрос (по заданию преподавателя).

Заключение (выводы и предложения).

Список использованной литературы.

Приложения.

Курсовой проект защищается в комиссии по приему курсовых проектов.

5. Образовательные технологии

При освоении дисциплины используются следующие образовательные технологии:

- используется ЭВМ при проведении практических занятий, текущего контроля, внеаудиторных контрольных заданий и выполнении курсового проекта (расчетные программы на алгоритмическом языке Q-Basic, программы тестового контроля знаний, учебно-методические материалы на

электронных носителях);

- инновационный учебный материал для лекционных и лабораторных занятий;

- лабораторные занятия осуществляются с обсуждением различных вариантов решения поставленных задач; по тематике лабораторные работы привязаны к темам самостоятельной работы;

- курсовое проектирование стимулирует самостоятельное применение имеющихся знаний и навыков по расчету, моделированию и модернизации химико-технологического оборудования и позволяет контролировать уровень самостоятельной подготовки студентов.

В лекциях излагаются основные понятия и законы процессов, общие принципы расчета аппаратов химических производств. Практические занятия проводятся параллельно с лекционным курсом с целью закрепления теоретического материала, овладения методиками расчета, выработки умения правильно пользоваться формулами, справочной литературой для решения практических задач, а также для изучения устройства и принципа работы аппаратов. Практические занятия способствуют углубленному усвоению основных теоретических положений курса и дают практические навыки в определении параметров процесса и работе на аппаратах и их моделях. Каждая работа выполняется индивидуально или группой студентов в количестве 2-3 человек; обработка результатов опыта и оформление отчета производится каждым студентом самостоятельно. Во всех формах учебных занятий акцент делается на инновационную направленность подготовки бакалавров по направлению «Химическая технология».

Интерактивные методы обучения включают:

- разбор конкретной ситуации по процессам и аппаратам;

- учебные дискуссии по темам лекционного материала и вопросам самостоятельной работы студентов.

Для обучающихся инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья организуется персональное сопровождение компьютерами в образовательном пространстве, которые выполняют посреднические функции с профессорско-преподавательским составом; увеличивается время на самостоятельное освоение материала.

6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины

Составление опорных конспектов по изучаемым темам, с использованием рекомендованной учебно-методической литературы и информации в сети Интернет.

Для обучающихся инвалидов и лиц с ограниченными возможностями организуется персональное сопровождение компьютерами в образовательном пространстве, которые выполняют посреднические

функции с профессорско-преподавательским составом; увеличивается время на самостоятельное освоение материала

Самостоятельная работа студентов заключается в изучении наиболее простых для освоения вопросов дисциплины и в оформлении лабораторных работ, выполненных в аудитории. На самостоятельную работу вынесены следующие темы:

Тема 1. Классификация основных процессов химической технологии. Феноменологический метод исследования процессов.

Тема 2. Движущие силы процессов переноса. Условия равновесия. Статика и кинематика процессов.

Тема 3. Физико-химические свойства газов и жидкостей и их расчет. Законы плавления тел. Внешняя и внутренняя задачи гидравлики.

Тема 4. Уравнение неразрывности (сплошности) потока. Виды гидравлических сопротивлений. Истечение жидкостей через отверстия и насадки. Конструкции нагнетательных машин.

Тема 5. Движение тел в жидкостях; обтекание их сплошной средой. Силы, действующие на обтекаемое тело. Сопротивление движению тел. Основы теории осаждения. Расчет скорости осаждения частиц в центробежном поле.

Тема 6. Двухфазные системы в химических технологиях. Основные технологические процессы и аппараты с плотным, кипящим и взвешенным слоями в химической технологии и в нефтепереработке (схемы, конструкции, характеристики).

Тема 7. Механизмы переноса теплоты в сплошных средах (теплопроводность, конвекция, излучение). Теория подобия и ее роль в описании законов теплопередачи. Использование методов теории подобия при экспериментальном изучении процессов конвективного теплообмена. Способы интенсификации конвективного теплообмена.

Тема 8. Целевые и обеспечивающие теплоносители. Выбор обеспечивающих теплоносителей. Энергосбережение в химических теплотехнологиях. Энерготехнологическое комбинирование.

Тема 9. Классификация теплообменных аппаратов. Кожухотрубчатые теплообменные аппараты, их классификация, устройство, работа. Тепловая изоляция: назначение; основные типы; выбор материала; расчет толщины слоя. Конструктивное исполнение тепловой изоляции.

Тема 10. Свойства растворов твердых веществ. Температурная депрессия и ее расчет. Устройство и работа кипятильников выпарных аппаратов. Способы использования экстрапара.

Тема 11. Основные массообменные процессы в химической технологии. Влияние гидродинамической обстановки на характеристики процессов массообмена и массопередачи. Аналогия между процессами переноса импульса, теплоты и массы. Использование аналогии при выполнении расчетов процессов массообмена.

Тема 12. Основные типы колонных аппаратов для осуществления массообменных процессов. Конструкции и работа насадочных и тарельчатых колонн. Преимущественные области использования колонн разных типов. Основные методики расчета колонных аппаратов и установок (технологический, тепловой, гидравлический, механический).

Тема 13. Внутренняя и внешняя задачи тепло- и массообмена в системах «жидкость(газ) – твердое тело». Диффузионное и тепловое числа Био и их использование в расчетах процессов тепло- и массообмена. Адсорбционные аппараты и их использование в промышленных технологиях. Диаграмма $h-d$ влажного воздуха и ее использование в расчетах сушильных процессов и установок.

Самостоятельная работа выполняется в специальной тетради. По вопросам, вызывающим затруднения у студентов, предусмотрены еженедельные консультации.

Проверка усвоения студентами вышеперечисленных вопросов для самостоятельной работы осуществляется при контроле выполнения лабораторных работ, расчетных заданий и на коллоквиумах.

На коллоквиумах, кроме того, обсуждаются вопросы излагаемые на лекциях и являющиеся основополагающими в методиках расчетов процессов и аппаратов.

Промежуточное тестирование знаний студентов проводится по темам:

- 1) разделение жидких и газовых неоднородных систем;
- 2) двухфазные системы: плотный слой; кипящий слой; газовзвесь;
- 3) выпаривание;
- 4) основы теории массопередач

Перечень вопросов для оценки знаний студентов по курсу

1. Предмет курса и классификация основных процессов химической технологии.
2. Возникновение и развитие науки о процессах и аппаратах.
3. Общие принципы анализа и расчета процессов и аппаратов.
4. Пути исследования процессов химической технологии.
5. Подобие физических процессов.
6. Метод анализа размерностей.
7. Основные понятия и определения гидромеханики.
8. Физические свойства жидкостей.
9. Вязкость жидкостей и законы внутреннего трения.
10. Вывод основного дифференциального уравнения гидростатики.
11. Уравнение гидростатики в интегральной форме.
12. Уравнение Бернулли для элементарной идеальной (невязкой) жидкости.
13. Уравнение Бернулли для элементарной струйки реальной (вязкой) жидкости.
14. Уравнение Бернулли для потока.
15. Виды гидравлических сопротивлений и потерь напора.
16. Распределение скоростей при ламинарном режиме течения жидкостей в

трубах.

17. Определение расхода при ламинарном режиме течения жидкостей в трубах.
18. Потери напора при ламинарном режиме течения жидкостей в трубах.
19. Распределение скоростей при турбулентном режиме течения жидкостей в трубах.
20. Потери напора при турбулентном режиме течения жидкостей в трубах.
21. Местные сопротивления движению жидкостей.
22. Общие потери напора при движении
25. Истечение жидкостей через отверстия при переменном напоре.
26. Основы расчета простых трубопроводов.
27. Основы расчета параллельно соединенных трубопроводов.
28. Расчет кольцевой сети.
29. Расчет сифона.
30. Гидравлический удар.
31. Основные виды гидравлических машин и их классификация.
32. Основные характеристики насосов.
33. Движение жидкости в рабочем колесе центробежного насоса.
34. Высота всасывания и нагнетания насосов.
35. Работа насосов на трубопровод.
36. Классификация и характеристики неоднородных систем.
37. Материальный баланс процессов разделения и смешения. Методы разделения и смешения.
38. Физическое (силовое) взаимодействие фаз. Скорость витания и осаждения.
39. Отстойники. Схемы и работа.
40. Осаждение под действием центробежной силы. Схемы отстойных центрифуг.
41. Фильтрация. Виды фильтрующих перегородок.
42. Аппаратурное оформление процессов фильтрации.
43. Вывод основного уравнения процесса фильтрации.
44. Обеспыливание газов в циклонах.
45. Очистка газов от взвешенных твердых частиц фильтрованием и в электрофильтрах.
46. Перемешивание в жидких средах. Механические мешалки. Расход энергии на перемешивание в жидких средах механическими мешалками.
47. Движение жидкости (газа) в неподвижных слоях зернистых материалов. Кипящий (псевдооживленный) слой твердых частиц и его основные характеристики.
48. Основы теплопередачи. Способы переноса тепла.
49. Тепловые балансы. Основное уравнение теплопередачи.
50. Закон Фурье. Дифференциальное уравнение теплопроводности.
51. Уравнение теплопроводности плоской и цилиндрической стенки.
52. Тепловое излучение.
53. Передача тепла конвекцией. Закон Ньютона.

54. Дифференциальные уравнения конвективного теплообмена.
55. Тепловое подобие. Опытные данные по теплоотдаче.
56. Теплопередача, коэффициент теплопередачи, средняя движущая сила.
57. Нагревание, нагревающие агенты и способы нагревания.
58. Охлаждение, охлаждающие агенты, способы охлаждения, конденсация.
59. Конструкции теплообменных аппаратов.
60. Расчет теплообменных аппаратов.
61. Расчет конденсаторов паров.
62. Выпаривание. Однокорпусные выпарные установки, уравнения материального и теплового баланса.
63. Многокорпусные выпарные установки, схемы МВУ.
64. Материальный и тепловой баланс многокорпусной выпарной установки.
65. Расчет многокорпусных выпарных установок.
66. Конструкции выпарных аппаратов.
67. Классификация и характеристика массообменных процессов.
68. Фазовое равновесие. Линия равновесия.
69. Уравнение материального баланса. Рабочая линия.
70. Скорость массопереноса. Молекулярная и турбулентная диффузия, конвективный перенос.
71. Дифференциальное уравнение конвективной диффузии.
72. Механизм и модели массопереноса.
73. Уравнение массоотдачи. Уравнение массопередачи.
74. Уравнение аддитивности фазовых сопротивлений.
75. Средняя движущая сила процессов массопередачи.
76. Число единиц переноса. Высота единицы переноса.
77. Определение основных размеров массообменных аппаратов. Диаметр массообменных аппаратов.
78. Определение высоты массообменных аппаратов. Аналитический и графический метод определения числа ступеней контакта.
79. Массопередача с твердой фазой.
80. Абсорбция. Равновесие при абсорбции, закон Генри.
81. Материальный и тепловой баланс абсорбции.
82. Устройство абсорберов.
83. Схема абсорбционных установок. Десорбция.
84. Перегонка жидкости и ректификация. Характеристики двухфазных систем пар-жидкость и их классификация.
85. Фазовое равновесие в идеальных и реальных смесях.
86. Простая перегонка и ее виды.
87. Принцип ректификации. Схемы ректификационных установок.
88. Материальный баланс ректификационной колонны. Уравнения рабочих линий.
89. Построение рабочих линий на $Y-X$ – диаграмме.
90. Минимальное и действительное флегмовое число.
91. Тепловой баланс ректификационной колонны.

- 17
92. Ректификация многокомпонентных смесей. Специальные виды ректификации.
 93. Устройство ректификационных аппаратов.
 94. Сушка, виды и способы сушки.
 95. Основные параметры влажного воздуха. I-X- диаграмма влажного воздуха.
 96. Равновесие при сушке. Влажность материала и изменение его состояния в процессе сушки.
 97. Формы связи влаги с материалом.
 98. Материальный баланс сушки. Расход воздуха на сушку.
 99. Тепловой баланс сушки. Расход тепла на сушку.
 100. Аналитический метод расчета процесса сушки.
 101. Графоаналитический метод расчета процесса сушки.
 102. Варианты процесса сушки.
 103. Скорость и периоды сушки.
 104. Интенсивность испарения влаги.
 105. Перемещение влаги внутри материала.
 106. Продолжительность процесса сушки.
 107. Устройство сушилок.

7. **Данные для учета успеваемости студентов в БАРС**

Таблица максимальных баллов по видам учебной деятельности.

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Семестр	Лекции	Лабораторные занятия	Практические занятия	Самостоятельная работа	Автоматизированное тестирование	Другие виды учебной деятельности	Промежуточная аттестация (экзамен)	Итого
5	10	0	30	20	0	0	40	100
6	10	0	30	20	0	0	40	100

5 семестр

Лекции – 10 баллов, оцениваются посещаемость (3 балла), активность в аудитории (7 баллов)

Практические занятия

Практические работы

0 – 15 баллов, оцениваются уровень подготовки к занятиям (5 баллов), самостоятельность при выполнении работы, правильность выполнения заданий (10 баллов).

Решение задач

0-15 баллов

Самостоятельная работа

0-15 баллов, оценивается качество выполненных контрольных работ (каждая максимально 5 баллов).

0-5 – выполнение домашних заданий

Промежуточная аттестация (экзамен) 40 баллов, проходит в виде устного опроса: знание основных определений и законов (10 баллов), умение записать итоговые уравнения (10 баллов), анализ основных уравнений, пределы их применимости, практическая значимость (20 баллов)

при проведении промежуточной аттестации

ответ на «отлично» оценивается от 35 до 40 баллов;

ответ на «хорошо» оценивается от 27 до 34 баллов;

ответ на «удовлетворительно» оценивается от 20 до 26 баллов;

ответ на «неудовлетворительно» от 0 до 19 баллов.

6 семестр

Лекции – 10 баллов, оцениваются посещаемость (3 балла), активность в аудитории (7 баллов)

Практические занятия

Практические работы

0 – 15 баллов, оцениваются уровень подготовки к занятиям (5 баллов), самостоятельность при выполнении работы, правильность выполнения заданий (10 баллов).

Решение задач

0-15 баллов

Самостоятельная работа

0-15 баллов, оценивается качество выполненных контрольных работ (каждая максимально 5 баллов).

0-5 – выполнение домашних заданий

Промежуточная аттестация (экзамен) 40 баллов, проходит в виде устного опроса: знание основных определений и законов (10 баллов), умение записать итоговые уравнения (10 баллов), анализ основных уравнений, пределы их применимости, практическая значимость (20 баллов)

при проведении промежуточной аттестации

ответ на «отлично» оценивается от 35 до 40 баллов;

ответ на «хорошо» оценивается от 27 до 34 баллов;

ответ на «удовлетворительно» оценивается от 20 до 26 баллов;

ответ на «неудовлетворительно» от 0 до 19 баллов.

Таблица 2 Таблица максимальных баллов по курсовому проекту

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Семестр	Лекции	Лабораторные занятия	Практические занятия	Самостоятельная работа	Автоматизированное тестирование	Другие виды учебной деятельности	Промежуточная аттестация	Итого
6				40		20	40	100

Другие виды учебной деятельности

сбор и анализ литературных источников – 20 баллов

Самостоятельная работа

правильность выполнения (30 баллов), аккуратность оформления курсового проекта (10 баллов).

Промежуточная аттестация

Защита курсового проекта

ответ на «отлично» оценивается от 35 до 40 баллов;

ответ на «хорошо» оценивается от 27 до 34 баллов;

ответ на «удовлетворительно» оценивается от 20 до 26 баллов;

ответ на «неудовлетворительно» от 0 до 19 баллов.

Таким образом, максимально возможная сумма баллов за все виды учебной деятельности студента за 5 семестр по дисциплине «ПРОЦЕССЫ И АППАРАТЫ ХИМИЧЕСКОЙ ТЕХНОЛОГИИ» составляет 100 баллов; за 6 семестр составляет 100 баллов и 100 баллов по курсовому проекту.

Таблица 3 Таблица пересчета полученной студентом суммы баллов по дисциплине «ПРОЦЕССЫ И АППАРАТЫ ХИМИЧЕСКОЙ ТЕХНОЛОГИИ» в оценку (экзамен):

86 до 100 баллов	«отлично»
71 до 85 баллов	«хорошо»
55 до 70 баллов	«удовлетворительно»
0 до 54 баллов	«неудовлетворительно»

8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

а) основная литература:

1. Лекции по курсу «Процессы и аппараты химической технологии» [Электронный ресурс] : учебное пособие / Фролов В. Ф. - Санкт-Петербург : ХИМИЗДАТ, 2008. - 608 с. - ISBN 978-5-93808-158-1. (ЭБС IPRbooks)

2. Химическая технология [Электронный ресурс] / В. М. Пугачев. - Москва : КемГУ (Кемеровский государственный университет), 2014. 108с. - ISBN 978-5-8353-1682-3 (ЭБС «Лань»)

б) дополнительная литература:

1. Процессы и аппараты химической технологии в технике защиты окружающей среды [Электронный ресурс] : Учебное пособие / Клара Рустемовна Таранцева, Александр Алексеевич Таранцев. - Москва : ООО "Научно-издательский центр ИНФРА-М", 2014. - 412 с. - ISBN 978-5-16-009258-4 (ЭБС ИНФРА-М)

2. Романков П.Г. и др. Методы расчета процессов и аппаратов химической технологии (примеры и задачи): Учебное пособие. – СПб: Химия, 2010. – 544 с. (ЭБС IPRbooks)

3. Ломакин С.П. Процессы и аппараты химических производств. Расчет абсорбционной установки [Текст] : метод. рекомендации по выполнению курсовых работ . - Уфа : УГАЭС, Б. г.. 2007- 48 с. (ЭБС РУКОНТ)

4. Процессы и аппараты химических производств. Процессы и аппараты пищевых производств. Гидравлика и теплотехника : метод. рекомендации по выполнению курсовых работ «Теплообменные аппараты» / С. П. Ломакин. — Уфа : УГАЭС, 2009, 52 с. (ЭБС РУКОНТ)

5. Бочкарев, В. В. Оптимизация химико-технологических процессов [Электронный ресурс] : учебное пособие / Бочкарев В. В. - Томск : Томский политехнический университет, 2014. - 264 с. (ЭБС IPRbooks)

в) программное обеспечение и Интернет-ресурсы

1. http://www.fptl.ru/Chem_block.html – учебно-методические материалы по химии и техно-химическим расчетам;

2. <http://chemistry-chemists.com/Uchebniki.html> – учебники, практикумы и справочники;

3. <http://www.xumuk.ru/>;

4. <http://www.nehudlit.ru/books/subcat281.html> .

9. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

1. Учебная аудитория для чтения лекций. Оборудована мультимедиа техникой.

2. Компьютерный класс, оснащенный программным обеспечением: интернет – браузер; Microsoft Office; ISIS Draw; выходом в Интернет.

3. Учебная лаборатория «Процессы и аппараты химической технологии» с лабораторными стендами:

- Исследование процесса теплообмена при естественной конвекции;

- Определение коэффициента массопередачи процесса абсорбции;
- Исследование уравнения Бернулли;
- Определение режимов движения жидкости;
- Определение местных гидравлических сопротивлений ;
- Определение гидравлических сопротивлений трения;
- Истечение жидкости через отверстия и насадки;
- Определение расхода жидкости при истечении;
- Изучение гидравлики взвешенного слоя;
- Определение характеристик шестеренного насоса;
- Определение коэффициента теплопередачи в теплообменнике типа «труба в трубе»;
- Ректификационная колонна;
- Абсорбционная колонна;
- Испытание центробежного насоса.

В лаборатории имеются макеты:

барабанная сушилка; абсорбер с механическим приводом; выпарной аппарат (2 шт.); вакуумная колонна; колонна, снабженная тарелками с капсульными колпачками; колонна снабженная тарелками с туннельными колпачками; центробежный насос; вихревой насос 2,5 ВС-ЗА; шестеренный насос; поршневой насос БКФ-2; плунжерный насос; центробежный вентилятор; вентиль; кран; задвижка.

В лаборатории имеется пять баннеров по курсовому проектированию, по теплообменному и массообменному оборудованию.

Имеются следующие плакаты:

сжатие газов в компрессоре; абсорбционные аппараты; аппараты для перегонки и ректификации; аппараты для фильтрования жидкостей; выпарные аппараты; компрессоры и вентиляторы; очистка газов; поршневые насосы и насосы других типов; виды теплообмена; рекуперативные теплообменные аппараты; теплообмен при поперечном обтекании одиночной трубы и пучков труб; теплообмен при конденсации; пленочная конденсация; теплообменники с трубчатой поверхностью; теплообменники с листовыми поверхностями; конвективный перенос тепла; установки химической промышленности; установки для сушки материалов; химический реактор; холодильные установки; центрифуги и сепараторы; экстракторы; центробежные насосы.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 18.03.01 «Химическая технология» и профилю «Химическая технология природных энергоносителей и углеродных материалов».

Автор:

профессор, д.т.н.



Печенегов Ю.Я.

Программа одобрена на заседании кафедры химической технологии нефти и газа от «18» марта 2011 года, протокол № 8.

Программа актуализирована в 2015 году (одобрена на заседании кафедры нефтехимии и техногенной безопасности от «31» августа 2015 года, протокол № 01).

Программа актуализирована в 2016 году (одобрена на заседании кафедры нефтехимии и техногенной безопасности от «14» октября 2016 года, протокол № 03).

Программа актуализирована и одобрена на заседании кафедры нефтехимии и техногенной безопасности от «30» августа 2018 года, протокол №1.