

Министерство образования и науки Пермского края
ГБПОУ «Уральский химико-технологический колледж»



ПРОЦЕССЫ И АППАРАТЫ

Методические указания для обучающихся заочно в системе
среднего профессионального образования по специальности
18.02.06 Химическая технология органических веществ

Губаха, 2018 г.

Рассмотрено и одобрено
на заседании ПЦК ОО, ОГСЭ и ЕН
№ _____ от _____ 201__ г.
Председатель ПЦК

Утверждаю
Зам. директора по УР
_____ Шлегель И.В.
28 сентября 2018г.

Печатается по решению
Методического совета УХТК
Протокол №1 от 2 октября 2018г.
Председатель МС
_____ Шлегель И.В.

Процессы и аппараты [Текст]: Методические указания для обучающихся заочно в системе среднего профессионального образования по специальности 18.02.06 Химическая технология органических веществ / Сост. Е.Н. Семенова – Губаха: УХТК, 2018 – 47 с.

Методические указания содержат материалы для самостоятельного освоения студентами – заочниками учебной дисциплины «Процессы и аппараты» и контроля степени её усвоения.

Организация – разработчик: ГБПОУ «Уральский химико-технологический колледж»

Разработчик: _____ Семёнова Е.Н., преподаватель спецдисциплин.

СОДЕРЖАНИЕ

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА	4
1. ТЕМАТИЧЕСКИЙ ПЛАН И СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ «ПРОЦЕССЫ И АППАРАТЫ»	8
2. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ИЗУЧЕНИЮ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА ПО ТЕМАМ	9
3. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ	22
4. ВАРИАНТЫ КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ	25
КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА №1	25
КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА №2	37
5. ВОПРОСЫ К ЭКЗАМЕНУ ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ «ПРОЦЕССЫ И АППАРАТЫ»	42
СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ	45
ПРИЛОЖЕНИЕ	47

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

В химической промышленности осуществляются разнообразные процессы, в которых исходные материалы в результате химического взаимодействия претерпевают глубокие превращения, сопровождающиеся изменением агрегатного состояния, внутренней структуры и состава веществ. Наряду с химическими реакциями, являющимися основой химико-технологических процессов, последние обычно включают многочисленные физические (в том числе механические) и физико-химические процессы. К таким процессам относятся: перемещение жидкостей и твердых материалов, измельчение и классификация последних, сжатие и транспортирование газов, нагревание и охлаждение веществ, их перемешивание, разделение жидких и газовых неоднородных смесей, выпаривание растворов, сушка материалов и др. При этом способ проведения указанных процессов часто определяет возможность осуществления, эффективность и рентабельность производственного процесса в целом.

Технология производства самых разнообразных химических продуктов и материалов включает ряд однотипных физических и физико-химических процессов, характеризующих общими закономерностями. Эти процессы в различных производствах проводятся в аналогичных по принципу действия машинах и аппаратах.

В курсе «Процессы и аппараты» изучаются теория основных процессов, принципы устройства и методы расчета аппаратов и машин, используемых для проведения этих процессов. Анализ закономерностей основных процессов и разработка обобщенных методов расчета аппаратов производятся исходя из фундаментальных законов физики, химии, физической химии, термодинамики, экономики и других наук. Курс строится на основе выявления аналогии внешне разнородных процессов и аппаратов независимо от отрасли химической промышленности, в которой они используются.

Таким образом, курс «Процессы и аппараты» является инженерной дисциплиной, представляющей собой важный раздел теоретических основ химической технологии.

Методические указания составлены на основе рабочей программы «Процессы и аппараты», которая является частью рабочей основной профессиональной образовательной программы в соответствии с ФГОС по специальности СПО 240113 «Химическая технология органических веществ» в части освоения основного вида профессиональной деятельности и освоения соответствующих профессиональных компетенций:

ПК 1.1. Подготавливать оборудование к безопасному пуску, выводу на технологический режим и остановке.

ПК 1.2. Контролировать работу основного и вспомогательного оборудования, технологических линий, коммуникаций и средств автоматизации.

ПК 1.3. Обеспечивать безопасную эксплуатацию оборудования при ведении технологического процесса.

ПК 1.4. Подготавливать оборудование к проведению ремонтных работ.

ПК 2.1. Подготавливать исходное сырье и материалы.

ПК 2.2. Поддерживать заданные параметры технологического процесса с помощью контрольно-измерительных приборов и результатов аналитического контроля.

ПК 2.3. Выполнять требования промышленной и экологической безопасности и охраны труда.

ПК 2.4. Рассчитывать технико-экономические показатели технологического процесса.

ПК 2.5. Соблюдать нормативы образования газовых выбросов, сточных вод и отходов производства.

ПК 3.1. Контролировать и вести учет расхода сырья, материалов, энергоресурсов, полупродуктов, готовой продукции и отходов.

ПК 3.2. Контролировать качество сырья, полуфабрикатов (полупродуктов) и готовой продукции.

ПК 3.3. Выявлять и устранять причины технологического брака.

ПК 3.4. Принимать участие в разработке мероприятий по снижению расхода сырья, энергоресурсов и материалов.

ПК 4.1. Планировать и координировать деятельность персонала по выполнению производственных заданий.

ПК 4.2. Организовывать обучение безопасным методам труда, правилам технической эксплуатации оборудования, техники безопасности.

ПК 4.3. Контролировать выполнение правил техники безопасности, производственной и трудовой дисциплины, требований охраны труда промышленной и экологической безопасности.

ПК 4.4. Участвовать в оценке и обеспечении экономической эффективности работы подразделения.

В результате освоения учебной дисциплины «Процессы и аппараты» обучающийся должен **уметь:**

- читать, выбирать, изображать и описывать технологические схемы;
- выполнять материальные и энергетические расчеты процессов и аппаратов;
- выполнять расчеты характеристик и параметров конкретного вида оборудования;
- обосновывать выбор конструкции оборудования для конкретных производств;
- обосновывать целесообразность выбора конкретных технологических схем;
- осуществлять подбор стандартного оборудования по каталогам и ГОСТам.

В результате освоения учебной дисциплины «Процессы и аппараты» обучающийся должен **знать:**

- классификацию и физико-химические основы процессов химической технологии;
- характеристики основных процессов химической технологии: гидромеханических, механических, тепловых, массообменных;
- методику расчета материального и теплового балансов процессов и аппаратов;
- методы расчетов и принципы выбора основного и вспомогательного оборудования;
- типичные технологические схемы химических производств и их аппаратное оформление;

- основные типы, устройства и принцип действия основных машин и аппаратов химических производств;

- принципы выбора аппаратов с различными конструктивными особенностями.

1. ТЕМАТИЧЕСКИЙ ПЛАН И СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ «ПРОЦЕССЫ И АППАРАТЫ»

№ раздела и темы	Наименование разделов и тем
Раздел 1	Гидромеханические процессы
Тема 1.1	Общие вопросы прикладной гидромеханики
Тема 1.2	Перемещение жидкостей и газов
Тема 1.3	Разделение жидких и газовых гетерогенных сред
Тема 1.4	Перемешивание в жидких средах
Раздел 2	Тепловые процессы и аппараты
Тема 2.1	Основы теплопередачи
Тема 2.2	Источники энергии. Теплообменное оборудование
Тема 2.3	Выпаривание
Тема 2.4	Искусственное охлаждение
Раздел 3	Массообменные процессы
Тема 3.1	Общие сведения о массообменных процессах
Тема 3.2	Абсорбция
Тема 3.3	Дистилляция и ректификация
Тема 3.4	Адсорбция
Тема 3.5	Сушка
Тема 3.6	Кристаллизация
Тема 3.7	Экстракция
Раздел 4	Механические процессы
Тема 4.1	Измельчение твердых материалов
Тема 4.2	Классификация твердых материалов
Тема 4.3	Дозирование

2 МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ИЗУЧЕНИЮ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА ПО ТЕМАМ

Раздел 1 Гидромеханические процессы

Тема 1.1 Общие вопросы прикладной гидромеханики

Содержание: Некоторые физические свойства жидкостей. Гидростатика. Гидростатическое давление. Дифференциальные уравнения равновесия жидкости Эйлера. Основное уравнение гидростатики. Практические приложения основного уравнения гидростатики. Приборы, измеряющие гидростатические давления.

Гидродинамика. Вязкие и невязкие жидкости. Вязкость жидкостей и газов. Закон Ньютона. Динамический и кинематический коэффициенты вязкости.

Режимы движения вязкой жидкости. Число Рейнольдса. Понятие ламинарного и турбулентного характера движения жидкости. Уравнение расхода. Уравнение сплошности или неразрывности потока. Дифференциальные уравнения движения жидкости Эйлера. Уравнение Бернулли. Физические смыслы уравнения Бернулли. Уравнение Бернулли для целого потока реальной жидкости.

Потери энергии по длине трубопровода. Потери энергии при транспортировании жидкостей и газов по трубам. Практические приложения уравнения Бернулли. Гидравлический расчет трубопроводов: простых и сложных, длинных и коротких. Истечение жидкости через отверстия и насадки.

Студент должен

знать:

- различные системы единиц измерения физических величин;
- физические свойства жидкостей;
- основные уравнения гидростатики и гидродинамики и их практическое применение;
- режимы течения жидкостей;
- принципы измерения скорости и расхода жидкостей.

уметь:

- производить перерасчет величин из одной системы измерений в другую;
- рассчитывать основные параметры технологических сред.

Тема 1.2 Перемещение жидкостей и газов

Содержание: Классификация гидравлических машин. Центробежные насосы. Уравнение Эйлера. Предельная высота всасывания. Формулы пропорциональности. Рабочие характеристики насосов. Работа центробежного насоса на сеть. Параллельное и последовательное соединение насосов.

Устройства для перемещения жидкостей посредством пара, воды и сжатого воздуха (газа). Пароструйные насосы. Водоструйные насосы. Монтежю. Газлифты. Сифоны. Устройство и принцип действия.

Поршневые насосы. Насосы простого и многократного действия. Диаграмма подачи насоса. Предельная высота всасывания. Потери напора на преодоления сил инерции. Общая характеристика поршневых насосов. Конструкции поршневых насосов.

Плунжерные, винтовые и шестеренные насосы. Устройство и принцип действия. Области применения.

Классификация компрессорных машин: вентиляторы, турбокомпрессоры, компрессоры, вакуум-насосы. Устройство. Области применения.

Студент должен

знать:

- общие закономерности перемещения жидкостей и газов;
- классификацию, устройство и области применения оборудования для перемещения жидкостей и газов;
- принципы подбора оборудования для перемещения жидкостей и газов.

уметь:

- производить расчет характеристик центробежных насосов и насосных установок;
- подбирать насосное оборудование под решение конкретных задач.

Тема 1.3 Разделение жидких и газовых гетерогенных сред

Содержание: Классификация неоднородных систем и методов разделения.

Материальный баланс разделения.

Отстаивание и декантация. Производительность отстойников. Конструкции отстойных аппаратов периодического и непрерывного действия.

Фильтрование. Характеристика работы фильтра. Характеристика осадков. Уравнение фильтрации. Определение констант фильтрации.

Фильтры периодического действия. Нутч-фильтры. Фильтрпрессы. Листовые и патронные фильтры. Вакуум-фильтры непрерывного действия: барабанные, дисковые, тарельчатые, ленточные. Фильтры непрерывного действия, работающие под давлением.

Центрифугирование. Фактор разделения. Классификация центрифуг. Давление на стенку барабана. Скорость фильтрации и осаждения при центрифугировании. Расход энергии. Центрифуги периодического, полунепрерывного и непрерывного действия. Сепараторы.

Мокрая очистка газов. Гидроциклоны.

Очистка газов под действием силы тяжести. Конструкции пылеосадительных камер. Очистка газов под действием центробежной силы. Конструкции циклонов.

Студент должен

знать:

- общие закономерности разделения гетерогенных систем;
- классификацию, устройство и области применения оборудования для разделения гетерогенных систем.

уметь:

- производить расчет материального баланса процесса разделения.

Тема 1.4 Перемешивание в жидких средах

Содержание: Перемешивание в химических процессах. Эффективность и интенсивность перемешивания. Классификация методов перемешивания.

Механическое перемешивание. Мешалки: устройство, область применения. Классификация мешалок. Влияние турбулентного движения на

массопередачу. Выбор диаметра мешалки и скорость ее вращения. Расход энергии на перемешивание жидкости.

Перемешивание сжатым воздухом и паром (барботирование).

Студент должен

знать:

- классификацию методов перемешивания;
- общие принципы выбора метода перемешивания и перемешивающих устройств.

уметь:

- производить расчет диаметра перемешивающего устройства и затраты энергии на перемешивание;
- подбирать метод перемешивания и тип перемешивающего устройства для заданных условий.

Раздел 2 Тепловые процессы и аппараты

Тема 2.1 Основы теплопередачи

Содержание: Механизм процесса теплообмена. Основные уравнения теплообмена: теплоотдачи, теплопроводности и теплопередачи. Коэффициенты теплообмена, их физические смыслы.

Теплоотдача при вынужденном и свободном движении. Теплоотдача при кипении жидкостей и конденсации паров.

Теплоотдача при постоянных и переменных температурах. Выбор направления потока теплоносителей. Средняя разность температур. Определение теплообменной поверхности тепловых аппаратов.

Теплообмен излучением.

Баланс процесса теплообмена. Потери тепла. Тепловая изоляция. Интенсификация теплообмена.

Студент должен

знать:

- теоретические основы и практические аспекты процесса теплообмена;
- факторы, влияющие на процесс теплообмена и способы его интенсификации.

уметь:

- определять теплофизические параметры технологических сред;
- производить расчет площади поверхности теплообмена и расход теплоносителя.

Тема 2.2 Источники энергии. Теплообменное оборудование

Содержание: источники энергии возобновляемые и невозобновляемые. Виды топлива и теплоносителей.

Классификация теплообменных аппаратов. Назначение и области применения. Требования, предъявляемые к теплообменным аппаратам.

Кожухотрубчатые и пластинчатые, регенеративные и смесительные теплообменники.

Студент должен

знать:

- принципы энергосбережения в химическом производстве;
- основные виды теплообменного оборудования.

Тема 2.3 Выпаривание

Содержание: Теоретические основы выпаривания растворов. Технические методы выпаривания: выпаривание с непосредственным газовым обогревом, выпаривание с глухим паровым и газовым обогревом.

Однокорпусное выпаривание. Общая схема вакуум-выпарной установки с вспомогательным оборудованием. Назначение барометрического конденсатора и вакуум-насоса. Влияние накипи на производительность выпарного аппарата. Повышение коэффициента теплопередачи за счет организованной циркуляции раствора.

Материальный и тепловой балансы выпарной установки. Расход греющего пара.

Непрерывное и периодическое выпаривание в однокорпусных выпарных аппаратах. Понижение упругости паров над растворами (температурная депрессия). Влияние гидростатического давления. Гидравлическое сопротивление паропроводов вторичного пара. Расчет температуры кипения раствора. Общая и полезная разности температур.

Многокорпусное выпаривание. Методы повышения экономичности процесса выпаривания. Типовые схемы многокорпусных выпарных аппаратов: прямоточный и противоточный с параллельным питанием корпусов, их сравнительная характеристика. Использование вторичного пара.

Методы расчета многокорпусной выпарной установки. Распределение нагрузки по корпусам. Тепловой баланс многокорпусной выпарной установки. Определение поверхности нагрева отдельных корпусов. Распределение полезной разности температур. Оптимальное число корпусов.

Конструкции выпарных аппаратов. Выпарные аппараты с естественной и принудительной циркуляцией раствора. Пленочные выпарные аппараты.

Студент должен

знать:

- теоретические основы и практические аспекты процесса выпаривания в химическом производстве;
- факторы, влияющие на процесс выпаривания и способы его интенсификации;
- классификацию выпарных аппаратов.

уметь:

- составлять и выполнять расчет материального и теплового балансов выпаривания;
- производить расчет площади поверхности теплообмена и расход теплоносителя в выпарном аппарате.

Тема 2.4 Искусственное охлаждение

Содержание: Охлаждающие агенты, способы охлаждения и конденсации. Охлаждение до обычных и низких температур. Конденсация паров. Классификация оборудования для искусственного охлаждения. Глубокое охлаждение

Студент должен

знать:

- теоретические основы и практические аспекты процесса охлаждения;
- классификацию оборудования для охлаждения.

Раздел 3 Массообменные процессы

Тема 3.1 Общие сведения о массообменных процессах

Содержание: Значение процессов массопереноса в химической технологии. Движущая сила процессов массопереноса, классификация и общая характеристика массообменных процессов с участием газовой, жидкой и твердой фаз (массообменные процессы со свободной и фиксированной границами раздела фаз): абсорбция (десорбция), адсорбция, дистилляция, экстракция, кристаллизация, сушка. Основные принципы аналогии между процессами тепло- и массопереноса.

Статика процессов массопереноса. Основные задачи статики. Способы выражения составов фаз. Движущие силы процессов массопереноса. Термодинамическое равновесие. Основные законы межфазового равновесия (правило фаз Гиббса, Дальтона, Генри и Рауля, совмещённые законы).

Материальные балансы процессов массопереноса. Определение направления и движущих сил процессов массопереноса, основные способы регулирования направления массопереноса и движущих сил процессов.

Кинетика процессов массопереноса. Общие сведения и характеристика процессов массопереноса в пределах объёма одной фазы: молекулярная и конвективная диффузия. Основные модели механизмов массопереноса на границе раздела фаз. Уравнение массоотдачи и коэффициенты массоотдачи.

Массопередача. Уравнения массопередачи, определение средних движущих сил процессов массопередачи. Основные кинетические показатели процесса массопередачи и методы их расчёта.

Основы расчета массообменных аппаратов.

Студент должен

знать:

- теоретические основы процесса массопередачи;
- различные способы выражения состава фаз;
- общие принципы определения и расчета режимно-технологических параметров работы и нахождения основных геометрических размеров

колонных аппаратов: диаметра и высоты колонных массообменных аппаратов.

уметь:

- составлять и выполнять расчет материального баланса массообменного процесса;
- производить расчет геометрических размеров массообменных аппаратов.

Тема 3.2 Абсорбция

Содержание: Определение и общая характеристика процессов абсорбции. Практические области применения абсорбции. Физико-химические основы процессов массопереноса в системах газ-жидкость. Термодинамическое равновесие между фазами (правило фаз Гиббса и закон Генри). Выбор условий проведения процесса. Графическое представление процесса абсорбции на фазовой $y-x$ диаграмме. Изотермический и адиабатический процессы физической абсорбции. Материальный и тепловой балансы и уравнения линий рабочих концентраций. Абсорбция многокомпонентных смесей. Кинетика процессов физической абсорбции. Общая характеристика хемосорбционных процессов.

Классификация абсорбционных аппаратов. Аппаратурное оформление процессов абсорбции, устройство, общая характеристика и режимы работы насадочных, плёночных и тарельчатых абсорберов. Основные показатели процессов абсорбции и экономика процессов.

Общая методика технологического и конструктивного расчетов абсорбционных аппаратов. Основные тенденции оптимизации режимно-технологических и конструктивных параметров процесса абсорбции.

Десорбция. Основные цели и способы осуществления десорбционных процессов.

Основные технологические схемы процессов абсорбции.

Студент должен

знать:

- теоретические основы процесса абсорбции;
- принципиальные схемы абсорбции;
- конструкции абсорберов.

уметь:

- составлять и выполнять расчет материального баланса абсорбционного процесса;
- производить расчет геометрических размеров абсорбера, высоту слоя насадки, расход абсорбента.

Тема 3.3 Дистилляция и ректификация

Содержание: Физико-химические основы процессов массопереноса в системах жидкость-пар. Термодинамическое равновесие в системах (правило фаз Гиббса и закон Рауля). Идеальные и неидеальные системы. Основные типы бинарных смесей. Фазовые диаграммы состояний (t - x - y , y - x и энтальпийная h - x - y диаграммы) бинарных смесей.

Простая перегонка. Виды простой перегонки (простая, фракционная, с дефлегмацией и без дефлегмации, с водяным паром и инертным носителем). Материальный баланс и основные показатели процесса

Сложная перегонка (ректификация). Определение и физико-химические основы ректификационного разделения жидких смесей. Схемы установок непрерывной и периодической ректификации. Принципы составления материального и теплового балансов. Основные показатели процесса ректификации: флегмовое число и коэффициент питания. Графическое представление процесса ректификации на t - x - y диаграмме.

Непрерывная ректификация бинарных смесей, материальный и тепловой балансы ректификационной установки. Основные характеристики процесса ректификации и уравнения линий рабочих концентраций фаз. Флегмовое число, его минимальное и оптимальное значение. Основные экономические показатели процесса ректификации. Влияние флегмового числа на характеристики ректификационных колонн и процесса ректификации. Основные способы питания ректификационных колонн: способы орошения колонн, способы ввода исходной смеси, способы питания колонн паром.

Основные методы и особенности технологического расчёта ректификационных колонных аппаратов и подбор вспомогательного оборудования. Способы интенсификации процессов ректификации.

Студент должен

знать:

- теоретические основы ректификации и дистилляции;
- виды дистилляции и ректификации;
- конструкции ректификационных аппаратов.

уметь:

- составлять и выполнять расчет материального и теплового баланса ректификации;
- производить расчет тарельчатых ректификационных колонн.

Тема 3.4 Адсорбция

Содержание: Назначение и практическое применение процессов адсорбции. Основные промышленные адсорбенты. Термодинамика равновесия при адсорбции. Материальный баланс и основные кинетические закономерности процесса адсорбции. Характеристики неравновесной адсорбции. Устройство и принципы работы адсорбционных аппаратов: адсорберы с неподвижным слоем адсорбента, адсорберы с псевдооживленным слоем адсорбента. Основные задачи и принципы проведения технологического расчёта адсорберов. Десорбция, основные задачи и методы проведения процесса.

Ионный обмен. Физико-химические основы ионообменных процессов: катионный и анионный обмен, равновесие при ионообменных процессах. Общие сведения о кинетике ионного обмена.

Студент должен

знать:

- теоретические основы и практическое применение адсорбции;
- классификацию и устройство аппаратов для проведения адсорбции;
- конструкции аппаратов для адсорбции и ионного обмена.

Тема 3.5 Сушка

Содержание: Определение процесса сушки, общая характеристика процесса и области применения. Методы сушки. Основные задачи статики и кинетики процесса. Динамика и технология процесса сушки влажных материалов. Классификация процессов сушки. Способы сушки влажных

материалов: конвективная сушка, сублимационная сушка, радиационная сушка, сушка токами высокой частоты, сушка со спутником, комбинированные способы.

Статика процессов сушки. Основные характеристики влажных материалов как объектов процесса высушивания: Классификация влажных материалов, формы связи влаги с твёрдым материалом, основные виды влаги. Равновесие фаз при сушке. Движущие силы процессов переноса влаги. Основные теплофизические свойства влажного воздуха, диаграмма состояния влажного воздуха Рамзина и её использование в практических расчётах. Материальный и тепловой баланс процесса конвективной сушки. Основные способы конвективного процесса сушки и расчёт процессов сушки по диаграмме Рамзина.

Основные кинетические закономерности процесса сушки.

Основные конструкции и принципы работы сушильных аппаратов. Методы повышения эффективности процессов сушки.

Студент должен

знать:

- теоретические основы сушки и практическое применение процесса;
- аппаратное оформление процесса сушки, классификацию сушилок.

уметь:

- составлять и рассчитывать материальный баланс сушки;
- определять влажность материала;
- вычислять параметры влажного воздуха по диаграмме состояния Рамзина.

Тема 3.6 Кристаллизация

Содержание: Определение процесса кристаллизации и практическое применение процессов. Термодинамика равновесия при кристаллизации в жидких растворах и диаграммы равновесия между фазами: пар-жидкость-твёрдое тело. Материальный и тепловой балансы процесса кристаллизации. Основные кинетические закономерности процесса кристаллизации: уравнения массоотдачи и массопередачи, скорость процесса кристаллизации.

Основы разделения смесей растворённых веществ методом кристаллизации: материальный баланс и распределение концентраций веществ между фазами, определение коэффициента разделения. Многократная перекристаллизация и методы её практической реализации: последовательное фракционирование, противоточная кристаллизация и др. Основные принципы устройства и работы кристаллизаторов: вальцовый, ленточный, объёмный (реакторный) и другие типы аппаратов.

Студент должен

знать:

- теоретические основы кристаллизации и практическое применение процесса;
- аппаратное оформление процесса кристаллизации, классификацию кристаллизаторов.

уметь:

- составлять и рассчитывать материальный баланс кристаллизации.

Тема 3.7 Экстракция

Содержание: Краткие сведения и общая характеристика процессов экстракции в системах жидкость-жидкость. Равновесие в системах жидкость-жидкость, изотермы экстракции и треугольные диаграммы. Материальный баланс процесса жидкостной экстракции и основные кинетические закономерности процесса. Способы проведения экстракции и основные типы экстракционных аппаратов. Принципы технологического расчёта экстракторов.

Студент должен

знать:

- теоретические основы экстракции и практическое применение процесса;
- аппаратное оформление процесса экстракции.

Раздел 4 Механические процессы

Тема 4.1 Измельчение твердых материалов

Содержание: Измельчение, методы измельчения. Физико-химические основы измельчения. Стадии дробления и измельчения. Способы и схемы

измельчения. Общая характеристика и классификация оборудования для измельчения.

Студент должен

знать:

- теоретические основы измельчения твердых материалов;
- аппаратное оформление процесса измельчения.

Тема 4.2 Классификация твердых материалов

Содержание: Классификация и сортировка твердых материалов. Методы классификации и сортировки. Применяемое оборудование. Грохочение, показатели работы грохотов.

Студент должен

знать:

- теоретические основы классификации и сортировки твердых материалов;
- аппаратное оформление процесса классификации и сортировки.

Тема 4.3 Дозирование

Содержание: Дозирование. Принципы дозирования. Виды дозаторов и питателей.

Студент должен

знать:

- теоретические основы и практическое применение процесса дозирования в химическом производстве;
- аппаратное оформление процесса дозирования.

3. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ

Контрольная работа является основным видом учебной работы студентов заочной формы обучения. Написание домашней контрольной работы позволяет студенту самостоятельно изучить теоретический материал по курсу дисциплины «Процессы и аппараты»

Цели выполнения контрольной работы:

- закрепить и углубить теоретические знания, приобрести необходимые умения;
- развить умения пользоваться таблицами различных химических величин для решения задач и уравнений;
- помочь практическому осмыслению разделов и тем дисциплины.

Выполнение контрольной работы должно:

- дать представление о том, насколько глубоко студент усвоил теоретические положения курса;
- показать, насколько умело студент способен использовать умение решать задачи, вести расчёты, проводить качественные реакции;
- отличаться чёткостью, аккуратностью, правильностью и полнотой выполнения заданий, разборчивым почерком, быть правильно оформленной и представленной в надлежащие сроки.

Получив контрольную работу, следует внимательно прочесть задание, проанализировать записи лекционного материала, изучить список рекомендуемой литературы.

Контрольная работа по дисциплине «Процессы и аппараты» оформляется рукописным способом в тетради с полями, разборчивым почерком. На обложке тетради следует наклеить адресный бланк учебного заведения.

Работа может быть не зачтена, если она выполнена неразборчивым почерком, неаккуратно, с большим количеством ошибок, исправлений.

Если контрольная работа не будет зачтена, студент обязан её доработать и после этого сдать преподавателю.

Каждая контрольная работа должна быть выполнена в срок, указанный в учебном графике. Контрольная работа, сданная позднее указанного срока, не проверяется.

К выполнению контрольной работы студент должен приступить только после изучения теоретического материала.

Студент должен выполнить контрольную работу по определенному варианту в соответствии со своим порядковым номером в списке группы.

Каждая контрольная работа выполняется в отдельной тетради в клетку, теоретический вопрос и условия задач переписываются полностью.

Ответы на теоретические вопросы должны быть краткими, описание конструкции аппаратов должно сопровождаться иллюстрациями. Допускается вклеивать в текст работы копию рисунка из источника литературы. Каждый рисунок должен быть подписан с указанием элементов.

Студент должен изучить условие практического задания, уяснить какие величины являются заданными и какие искомыми, и сделать краткую запись условия задачи.

Решение практических задач необходимо сопровождать формулами, использованными для расчета, с указанием наименования элемента формулы, единиц измерения и четкими пояснениями.

Вычисление следует производить с необходимой точностью до двух знаков после запятой.

При решении задач следует пользоваться Международной системой единиц СИ. Буквенные обозначения единиц измерения ставятся только после окончательного результата и в скобки не заключаются.

Справочные значения, необходимые для выполнения практических заданий, например, теплофизические свойства воды, следует брать из таблиц соответствующих источников литературы с указанием источника в квадратных скобках.

В конце контрольной работы необходимо привести список используемой литературы, поставить подпись и дату ее выполнения.

После выполнения контрольной работы с оценкой и замечаниями преподавателя студенту следует повторить недостаточно усвоенный материал, и исправить отмеченные ошибки. Все исправления следует выполнить не в тексте контрольной работы, а в конце тетради, указав номер задачи.

4. ВАРИАНТЫ КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ

КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА №1

Контрольная работа № 1 включает в себя 7 практических (расчетных) заданий (9 задач) и 8 теоретических вопросов, посвященных двум разделам курса: «Гидромеханические процессы» и «Тепловые процессы и аппараты».

Раздел 1 Гидромеханические процессы

Теоретические вопросы по разделу 1.

№ варианта	Вопрос
Вопрос №1 Гидравлика и гидростатика	
1,7,13,19	Принцип сообщающихся сосудов и его использование
2,8,14,20	Гидростатические машины
3,9,15	Принципы измерения скорости и расхода жидкости. Пневмометрические трубки
4,10,16	Принципы измерения скорости и расхода жидкости. Дроссельные приборы
5,11,17	Истечение жидкостей при постоянном уровне
6,12,18	Истечение жидкостей при переменном уровне
Вопрос №2 Перемещение жидкостей и газов	
1,7,13,19	Классификация гидравлических и компрессорных машин. Центробежные и осевые насосы. Устройство. Области применения. Поршневые компрессоры. Устройство. Области применения.
2,8,14,20	Классификация гидравлических и компрессорных машин. Поршневые и плунжерные насосы. Устройство. Области применения. Вентиляторы. Устройство. Области применения.
3,9,15	Классификация гидравлических и компрессорных машин. Пластинчатые насосы. Устройство. Области применения. Турбогазодувки. Устройство. Области применения.
4,10,16	Классификация гидравлических и компрессорных машин. Шестеренные насосы. Устройство. Области применения. Турбокомпрессоры. Устройство. Области применения.
5,11,17	Классификация гидравлических и компрессорных машин. Винтовые насосы. Устройство. Области применения. Струйные вакуум-насосы. Устройство. Области применения.

6,12,18	Классификация гидравлических и компрессорных машин. Струйные и пневматические насосы. Устройство. Области применения. Осевые вентиляторы и компрессоры. Устройство. Области применения.
Вопрос №3 Разделение жидких и газовых гетерогенных сред	
1,7,13,19	Классификация гетерогенных систем. Материальный баланс разделения. Отстаивание. Принцип метода разделения. Оборудование.
2,8,14,20	Классификация гетерогенных систем. Материальный баланс разделения. Фильтрация жидких и газовых сред. Принцип метода разделения. Оборудование.
3,9,15	Классификация гетерогенных систем. Материальный баланс разделения. Центрифугирование. Принцип метода разделения. Оборудование.
4,10,16	Классификация гетерогенных систем. Материальный баланс разделения. Гравитационная очистка газов. Принцип метода разделения. Оборудование.
5,11,17	Классификация гетерогенных систем. Материальный баланс разделения. Очистка газов под действием инерционных и центробежных сил. Принцип метода разделения. Оборудование.
6,12,18	Классификация гетерогенных систем. Материальный баланс разделения. Мокрая очистка газов. Принцип метода разделения. Оборудование.
Вопрос №4 Перемешивание в жидких средах	
1,7,13,19	Классификация методов перемешивания. Эффективность и интенсивность перемешивания. Лопастные мешалки. Устройство. Область применения.
2,8,14,20	Классификация методов перемешивания. Эффективность и интенсивность перемешивания. Пропеллерные мешалки. Устройство. Область применения.
3,9,15	Классификация методов перемешивания. Эффективность и интенсивность перемешивания. Турбинные мешалки. Устройство. Область применения.
4,10,16	Классификация методов перемешивания. Эффективность и интенсивность перемешивания. Якорные мешалки. Устройство. Область применения.
5,11,17	Классификация методов перемешивания. Эффективность и интенсивность перемешивания. Рамные мешалки. Устройство. Область применения.

6,12,18	Классификация методов перемешивания. Эффективность и интенсивность перемешивания. Пневматическое и циркуляционное перемешивание. Устройство. Область применения.
---------	---

Раздел 2 Тепловые процессы и аппараты

Теоретические вопросы по разделу 2.

№ варианта	Вопрос
Вопрос №5 Основы теплопередачи	
1,7,13,19	Основные критерии теплового подобия
2,8,14,20	Теплоотдача при изменении агрегатного состояния. Теплоотдача при испарении
3,9,15	Теплоотдача при изменении агрегатного состояния. Теплоотдача при конденсации
4,10,16	Теплообмен излучением
5,11,17	Тепловая изоляция
6,12,18	Теплопередача через ребристые стенки
Вопрос №6 Источники энергии. Теплообменное оборудование	
1,7,13,19	Источники энергии. Топливо.
2,8,14	Теплоносители.
3,9,15	Теплообменные аппараты. Требования и классификация по принципу действия.
4,10,16	Поверхностные кожухотрубные теплообменники.
5,11,17	Поверхностные пластинчатые теплообменники
6,12,18	Регенеративные и смесительные теплообменники.
Вопрос №7 Выпаривание	
1,7,13	Циркуляционные выпарные аппараты
2,8,14	Пленочные выпарные аппараты
3,9,15	Барботажные выпарные установки
4,10,16	Выпарные установки с тепловым насосом
5,11,17	Адиабатные выпарные установки

6,12,18	Многokратное выпаривание
Вопрос №8 Искусственное охлаждение	
1,7,13	Хладагенты и Холодильные машины
2,8,14	Парокомпрессионные холодильные машины
3,9,15	Газокомпрессионные машины
4,10,16	Абсорбционные холодильные установки
5,11,17	Пароэжекторные холодильные установки
6,12,18	Глубокое охлаждение

При выполнении практических заданий необходимо дать определение исследуемому/вычисляемому параметру (среде), выписать формулы, необходимые для вычислений с обозначением всех элементов формулы и единиц измерений. Указать к какой системе относятся указанные в задании единицы измерений. Перевести все единицы измерений в СИ.

Практическое задание №1. Единицы измерения. Основные параметры технологических сред.

№ варианта	Задание
Задача №1	
1,7,13,19	Найти молярную массу и плотность водяного газа при $t = 90 \text{ }^\circ\text{C}$ и $P_{\text{абс}} = 1,2 \text{ кгс/см}^2$. Состав водяного газа: H_2 - 50 %, CO - 40 %, N_2 - 5 %, CO_2 - 5 % (по объему).
2,8,14,20	Определить плотность диоксида углерода при $t = 85 \text{ }^\circ\text{C}$ и $P_{\text{изб}} = 2 \text{ кгс/см}^2$. Атмосферное давление 760 мм рт. ст.
3,9,15	Состав продуктов горения 1 кг коксового газа (в кг): CO_2 - 1,45; N_2 - 8,74; H_2O - 1,92. Найти объемный состав продуктов горения.
4,10,16	Вычислить плотность воздуха при $120 \text{ }^\circ\text{C}$ и при $-20 \text{ }^\circ\text{C}$ и $P_{\text{изб}} = 3,0 \text{ ат}$. Атмосферное давление 760 мм рт. ст.
5,11,17	Определить плотность диоксида углерода при $85 \text{ }^\circ\text{C}$ и различных избыточных давлениях $P_{\text{изб}} = 0,2$ и $2,0 \text{ ат}$. Атмосферное давление 750 мм рт. ст.
6,12,18	Вычислить молярную массу и плотность так называемого водяного газа при $90 \text{ }^\circ\text{C}$ и абсолютном давлении $P_{\text{абс}} = 1,2 \text{ ат}$. Состав водяного газа: H_2 - 0,50; CO - 0,40; N_2 - 0,05 и CO_2 - 0,05 объемных долей.

Задача №2	
1,7,13,19	Сравнить значения кинематической вязкости воды и воздуха при 80 °С при атмосферном давлении.
2,8,14,20	Определить динамическую вязкость азотоводородной смеси при атмосферном давлении и 20 °С, содержащей различные объемные доли азота: 25 и 75 %. Давление и температура в обеих смесях одинаковы.
3,9,15	Определить динамическую и кинематическую вязкость хлористого метила при $P_{изб} = 1,0 \text{ кгс/см}^2$ и 60 °С.
4,10,16	Динамический коэффициент вязкости жидкости при 50 °С равняется 30 мПа·с. Относительная плотность жидкости 0,9. Определить кинематический коэффициент вязкости жидкости.
5,11,17	Найти динамический коэффициент вязкости при 20 °С и атмосферном давлении азотоводородной смеси, содержащей 75% водорода и 25% азота (по объему).
6,12,18	Определить динамический коэффициент вязкости топочных газов, имеющих состав: CO ₂ - 18 % , O ₂ – 5%, N ₂ – 77% (по объему). Температура газов 700 °С, давление $P_{абс} = 1,0 \text{ кгс/см}^2$

Практическое задание №2. Гидростатика и гидродинамика

№ варианта	Задание
Задача №3	
1,7,13,19	Манометр на трубопроводе, заполненном жидкостью, показывает давление 0,18 кгс/см ² . На какую высоту h над точкой присоединения манометра поднимается в открытом пьезометре жидкость, находящаяся в трубопроводе, если эта жидкость вода.
2,8,14,20	Манометр на трубопроводе, заполненном жидкостью, показывает давление 0,18 кгс/см ² . На какую высоту h над точкой присоединения манометра поднимается в открытом пьезометре жидкость, находящаяся в трубопроводе, если эта жидкость четыреххлористый углерод
3,9,15	Высота уровня мазута (относительной плотностью 0,95) от дна резервуара составляет 7700 мм. На высоте 800 мм от дна в стенке резервуара имеется лаз диаметром 760 мм, крышка которого крепится стальными болтами диаметром 10 мм. Определить необходимое число болтов на крышке при допустимом напряжении стали на разрыв 700 кгс/см ² .

4,10,16	Высота уровня мазута в резервуаре 7,6 м. Относительная плотность мазута 0,96. Определить давление мазута на дно резервуара.
5,11,17	Определить коэффициент расхода при истечении жидкости из отверстия диаметром 10 мм в дне цилиндрического бака внутренним диаметром 800 мм, если при поддерживаемом постоянном уровне жидкости 900 мм из отверстия в течение одного часа вытекает 0,750 м ³ этой жидкости. Определить также время полного опорожнения бака после прекращения подачи в него жидкости.
6,12,18	Напорный бак с площадью поперечного сечения 3 м ² притекает вода. В дне бака имеется спускное отверстие. При установившемся течении расход через отверстие равен притоку и уровень воды устанавливается на высоте 1 м. Если прекратить приток воды, уровень ее будет понижаться и через 100 с бак опорожнится. Определить приток воды в бак.
Задача №4	
1, 10,19	Холодильник состоит из 19 труб диаметром 20×2 мм. В трубное пространство холодильника поступает вода по трубопроводу диаметром 57×3,5 мм. Скорость воды в трубопроводе 1,4 м/с. Вода идет снизу вверх. Определить скорость воды в трубах холодильника.
2, 11,20	Определить эквивалентный диаметр межтрубного пространства кожухотрубчатого теплообменника, состоящего из 61 трубы диаметром 38×2,5 мм. Внутренний диаметр кожуха 625 мм.
3, 12	Вычислить потерю давления на трение при протекании воды со скоростью 2,0 м/с по прямой латунной трубе диаметром 19×2 мм и длиной 10 м. Температура воды 55 °С. Шероховатость латунной трубки принять $e = 0,005$ мм.
4, 13	Определить режим течения этанола внутри прямой трубы диаметром 40×2,5 мм и по той же трубе, но свитой в форме змеевика диаметром 570 мм. Расход этанола 0,125 л/с, температура 20 °С.
5, 14	Определить режим течения воды в кольцевом пространстве теплообменника «труба в трубе», изготовленного из труб 96×3,5 мм и 57×3 мм. Расход воды 3,6 м ³ /ч, ее средняя температура 20 °С.
6, 15	Определить режим течения этилового спирта: а) в прямой трубе диаметром 40×2,5 мм; б) в змеевике, свитом из той же трубы. Диаметр витка змеевика 570 мм. Скорость спирта 0,13 м/с, средняя температура 52 °С.

7, 16	По водопроводной трубе проходит $10 \text{ м}^3/\text{ч}$ воды. Сколько воды в 1 ч пропустит труба удвоенного диаметра при той же потере напора на трение? Коэффициент трения считать постоянным. Течение турбулентное.
8, 17	Допускаемая потеря напора на трение составляет 10 м для жидкости, передаваемой по трубопроводу длиной 150 м в количестве $10 \text{ м}^3/\text{ч}$. Определить требуемый диаметр трубопровода при коэффициенте трения 0,030.
9, 18	По внутренней трубе холодильника типа «труба в трубе», состоящего из двух концентрических труб диаметром $29 \times 2,5$ и $54 \times 2,5$ мм, проходит $3,7 \text{ т/ч}$ водного 17 % -го раствора хлорида кальция. В межтрубном (кольцевом) пространстве проходит 160 кг/ч охлаждаемого азота под давлением $P_{\text{абс}} = 3,0 \text{ ат}$ и при средней температуре $0 \text{ }^\circ\text{C}$. Определить скорости рассола и азота.

Практическое задание №3. Расчет насоса

№ варианта	Задание
Задача №5	
1,7,13	Насос перекачивает жидкость плотностью 960 кг/м^3 из резервуара с атмосферным давлением в аппарат, давление в котором составляет $P_{\text{изб}} = 37 \text{ кгс/см}^2$. Высота подъема 16 м. Общее сопротивление всасывающей и нагнетательной линий 65,6 м. Определить полный напор, развиваемый насосом.
2,8,14	Производительность насоса $14 \text{ дм}^3/\text{с}$ жидкости относительной плотности 1,16. Полный напор 58 м. К.п.д. насоса 0,64, к.п.д. передачи 0,97, к.п.д. электродвигателя 0,95. Какой мощности двигатель надо установить?
3,9,15	Центробежный насос, делающий 1800 об/мин, должен перекачивать $140 \text{ м}^3/\text{ч}$ воды, имеющей температуру $30 \text{ }^\circ\text{C}$. Среднее атмосферное давление в месте установки насоса 745 мм рт. ст. Полная потеря напора во всасывающей линии составляет 4,2 м. Определить теоретически допустимую высоту всасывания.
4,10,16	Центробежный насос при перекачке $280 \text{ дм}^3/\text{мин}$ воды создает напор $H = 18 \text{ м}$. Пригоден ли этот насос для перекачки жидкости относительной плотности 1,06 в количестве $15 \text{ м}^3/\text{ч}$ по трубопроводу диаметром $70 \times 2,5$

	мм из сборника с атмосферным давлением в аппарат с давлением $P_{изб} = 0,3 \text{ кгс/см}^2$? Геометрическая высота подъема 8,5 м. Расчетная длина трубопровода (собственная длина плюс эквивалентная длина местных сопротивлений) 124 м. Коэффициент трения в трубопроводе $\lambda = 0,03$.
5,11,17	Определить к.п.д. насосной установки. Насос подает $380 \text{ дм}^3/\text{мин}$ мазута относительной плотности 0,9. Полный напор 30,8 м. Потребляемая двигателем мощность 2,5 кВт.
6,12,18	При испытании центробежного насоса получены следующие данные: $Q, \text{ дм}^3/\text{мин}$ 0 100 200 300 400 500 $H, \text{ м}$ 37,2 38,0 37,0 34,5 31,8 28,5 Сколько жидкости будет подавать этот насос по трубопроводу диаметром $76 \times 4 \text{ мм}$, длиной 355 м (собственная длина плюс эквивалентная длина местных сопротивлений) при геометрической высоте подачи 4,8 м? Коэффициент трения $\lambda = 0,03$; $\Delta P_{доп} = 0$. Построить характеристики насоса и трубопровода и найти рабочую точку.

Практическое задание №4 Разделение жидких и газовых гетерогенных сред

№ варианта	Задание
Задача №6	
1,7,13, 19	Определить скорость осаждения в воде при $25 \text{ }^\circ\text{C}$ продолговатых частиц угля ($\rho = 1400 \text{ кг/м}^3$) и пластинчатых частиц сланца ($\rho = 2200 \text{ кг/м}^3$), имеющих эквивалентный диаметр 2 мм.
2,8,14,20	Какое количество влажного осадка будет собрано на фильтре в результате фильтрования 10 м^3 суспензии относительного удельного веса 1,12, содержащей 20% (масс.) твердой фазы? Влажность осадка 25%.
3,9,15	Определить диаметр частиц свинцового блеска угловатой формы, осаждающихся со скоростью 0,25 м/с в воде при температуре $15 \text{ }^\circ\text{C}$. Плотность свинцового блеска 7500 кг/м^3 .
4,10,16	В результате фильтрования водной суспензии с содержанием 20% (масс.) твердой фазы собрано 15 м^3 фильтрата. Влажность осадка 30%. Сколько получено осадка, считая на сухое вещество?
5,11,17	Расчитать плотность водной суспензии, содержащей 10% (масс.) твердой фазы. Относительная плотность твердой фазы равна 3.
6,12,18	Как изменится производительность отстойника, если температуру водной суспензии повысить с 15 до $50 \text{ }^\circ\text{C}$? В обоих случаях $Re < 0,2$.

Практическое задание №5. Перемешивание в жидких средах

№ варианта	Задание
Задача №7	
1, 5, 9, 13,19	Каков должен быть диаметр пропеллерной мешалки для интенсивного перемешивания технического глицерина ($\rho = 1200 \text{ кг/м}^3$, $\mu = 1,6 \text{ Па}\cdot\text{с}$) в баке диаметром 1750 мм при $n = 500 \text{ об/мин}$ и расходе мощности 17 кВт?
2, 6, 10, 14, 17,20	Лопастная мешалка размером $d_1 = D/3$ заменена на меньшую с $d_2 = D/4$. Размешивание в обоих случаях производится в условиях ламинарного режима. Как изменится частота вращения мешалки при той же мощности электродвигателя?
3, 7, 11, 15	Для получения разбавленного раствора минеральная соль интенсивно размешивается с водой при $64 \text{ }^\circ\text{C}$ посредством лопастной мешалки. Какова частота вращения мешалки, если диаметр ее 0,5 м, а мощность, потребляемая электродвигателем, 0,8 кВт? Физические характеристики для разбавленного раствора принять такие же, как и для воды.
4, 8, 12, 16, 18	Бак диаметром 900 мм и высотой 1100 мм, снабженный мешалкой, заполнен на $3/4$ цилиндрическим маслом ($\rho = 930 \text{ кг/м}^3$, $\mu = 18 \text{ Па}\cdot\text{с}$). Какой мощности надо установить электродвигатель для трехлопастной пропеллерной мешалки с частотой вращения 180 об/мин?

Практическое задание №6. Основы теплопередачи

№ варианта	Задание
Задача №8	
1, 10,19	Паропровод длиной 40 м, диаметром $51 \times 2,5 \text{ мм}$ покрыт слоем изоляции толщиной 30 мм; температура наружной поверхности изоляции $t_2 = 45 \text{ }^\circ\text{C}$, внутренней $t_1 = 175 \text{ }^\circ\text{C}$. Определить количество теплоты, теряемое паропроводом в 1 ч. Коэффициент теплопроводности изоляции $\lambda = 0,116 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$
2, 11,20	Вычислить коэффициент теплопроводности для: а) жидкого хлороформа при $t = 20 \text{ }^\circ\text{C}$; б) сернистого газа при $t = 160 \text{ }^\circ\text{C}$ и абсолютном давлении 1 кгс/см^2 ; в) 25% водного раствора хлористого кальция при $t = 30 \text{ }^\circ\text{C}$.

3, 12	Как изменится коэффициент теплопередачи в аппарате, если заменить стальные трубы диаметром 38×2,5 мм на медные такого же размера: а) в паровом калорифере для воздуха, в котором $\alpha_{\text{возд}} = 41 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$, $\alpha_{\text{гр.пара}} = 11600 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$; б) в выпарном аппарате, в котором $\alpha_{\text{кип.раств.}} = 2320 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$, $\alpha_{\text{гр.пара}} = 11600 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$? Загрязнений поверхности не учитывать.
4, 13	Как изменится величина коэффициента теплопередачи в теплообменном аппарате, выполненном из стальных труб толщиной 3 мм, если на поверхности труб отложится слой накипи (водяного камня) толщиной 2 мм; а) в водяном холодильнике для газа, в котором $\alpha_{\text{газа}} = 58 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$, $\alpha_{\text{воды}} = 580 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$; б) в выпарном аппарате, в котором $\alpha_{\text{кип.раств.}} = 2780 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$, $\alpha_{\text{гр.пара}} = 11600 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$?
5, 14	Определить коэффициент теплопередачи в спиральном теплообменнике по следующим данным: поверхность теплообмена 48 м ² ; в аппарате подогревается 85,5 т/ч воды от 77 до 95 °С. Нагревание производится насыщенным паром при $P_{\text{изб}} = 23 \text{ кПа}$.
6, 15	3700 кг/ч метилового спирта подогреваются от 10 до 50 °С, проходя по трубному пространству теплообменника, состоящего из 19 труб диаметром 16×2 мм. Определить коэффициент теплоотдачи, если принять температуру стенки 60 °С.
7, 16	В кожухотрубчатом теплообменнике по трубам диаметром 46×3 мм проходит со скоростью 0,7 м/с вода, которая нагревается. Определить коэффициент теплоотдачи, если средняя температура поверхности стенки, соприкасающейся с водой, 90 °С, а средняя температура воды 46 °С.
8, 17	Определить необходимую поверхность противоточного теплообменника при охлаждении 0,85 м ³ /ч сероуглерода от температуры кипения под атмосферным давлением до 22 °С. Охлаждающая вода нагревается от 14 до 25 °С; $\alpha_{\text{сероуглерода}} = 270 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$; $\alpha_{\text{воды}} = 720 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$. Толщина стальной стенки 3 мм. Учесть наличие загрязнений - ржавчины и накипи, приняв $\Sigma r_{\text{загр}} = 0,00069 \text{ (м}^2 \cdot \text{К)}/\text{Вт}$.
9, 18	На складе оборудования имеется кожухотрубчатый теплообменник, состоящий из 19 латунных труб диаметром 18×2 мм, длиной 1,2 м. Достаточно ли его поверхность для конденсации 350 кг/ч насыщенного пара этилового спирта, если принять коэффициент теплопередачи равным 700 Вт/(м ² ·К), начальную температуру воды 15 °С, а конечную 35 °С? Конденсация спирта пред-полагается при атмосферном давлении, жидкий спирт отводится при температуре конденсации.

Практическое задание №7. Выпаривание

№ варианта	Задание
Задача №9	
1,7,13,19	<p>В выпарном аппарате концентрируется водный раствор от 14 до 30% (масс). Греющий насыщенный водяной пар имеет давление (абсолютное) $0,9 \text{ кгс/см}^2$. Полезная разность температур $11,2 \text{ К}$. Гидростатическая депрессия $\Delta_{г.эф} = 3 \text{ К}$. Определить часовой расход разбавленного раствора, поступающего в аппарат, если площадь поверхности теплообмена в нем 40 м^2, а коэффициент теплоотдачи составляет $700 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{К)}$. Разбавленный раствор поступает в аппарат подогретым до температуры кипения. Среднее давление в аппарате (абсолютное) $0,4 \text{ кгс/см}^2$. Тепловыми потерями пренебречь.</p>
2,8,14,20	<p>В вакуум-выпарной аппарат поступает 10 т/ч 8% водного раствора азотнокислого аммония при температуре $74 \text{ }^\circ\text{С}$. Концентрация упаренного раствора $42,5\%$. Абсолютное давление в среднем слое кипящего раствора $P_{ср} = 0,4 \text{ кгс/см}^2$. Избыточное давление греющего насыщенного водяного пара $P_{изб} = 1 \text{ кгс/см}^2$. Принять $\Delta_{г.эф} = 6,1 \text{ К}$. Коэффициент теплопередачи $950 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{К)}$. Потери теплоты составляют 3% от суммы ($Q_{нагр} + Q_{исп}$). Определить площадь поверхности нагрева выпарного аппарата.</p>
3,9,15	<p>Какое количество воды надо выпарить из 1 м^3 серной кислоты с плотностью 1560 кг/м^3 [$65,2\%$ (масс.)], чтобы получить кислоту с плотностью 1840 кг/м^3 [$98,7\%$ (масс.)]. Какой объем займет полученная концентрированная кислота?</p>
4,10,16	<p>В выпарном аппарате подвергается упариванию под атмосферным давлением $2,69 \text{ т/ч}$ 7% водного раствора. Начальная температура раствора $95 \text{ }^\circ\text{С}$, конечная $103 \text{ }^\circ\text{С}$ Средняя температура кипения в аппарате $105 \text{ }^\circ\text{С}$. Избыточное давление греющего насыщенного водяного пара $P_{изб} = 2 \text{ кгс/см}^2$. Площадь поверхности теплообмена в аппарате 52 м^2, коэффициент теплопередачи $1060 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{К)}$. Тепловые потери аппарата в окружающую среду составляют $110\,000 \text{ Вт}$. Определить: а) конечную концентрацию раствора; б) расход греющего пара при влажности его 5%.</p>

5,11,17	<p>2200 кг/ч разбавленного водного раствора упариваются от 7 до 24% (масс.) под атмосферным давлением. Разбавленный раствор подается в выпарной аппарат при 19 °С. Температурная депрессия 3,5 К, гидростатическая 3,0 К, гидравлическая 1,0 К. Избыточное давление греющего насыщенного водяного пара $P_{изб} = 2 \text{ кгс/см}^2$. Коэффициент теплопередачи 1100 Вт/(м²·К). Определить требуемую поверхность теплообмена в аппарате и расход греющего пара, принимая потери теплоты в окружающую среду в размере 5% от суммы ($Q_{нагр} + Q_{исп}$) и влажность греющего пара 5%.</p>
6,12,18	<p>Определить расход греющего насыщенного водяного пара (абсолютное давление 2 кгс/см²) и площадь поверхности нагрева выпарного аппарата, в котором производится упаривание 1,6 т/ч раствора от 10 до 40 % (масс). Среднее давление в аппарате (абсолютное) 1 кгс/см². Разбавленный раствор поступает на выпарку при 30 °С. Полезная разность температур 12 К. Гидростатическая депрессия $\Delta_{г. эф} = 4 \text{ К}$. Коэффициент теплопередачи 900 Вт/(м²·К). Тепловые потери принять равными 5 % от полезно используемого количества теплоты ($Q_{нагр} + Q_{исп}$)</p>

КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА №2

Контрольная работа № 2 включает в себя 3 практических (расчетных) задания и 9 теоретических вопросов, посвященных двум разделам курса: «Массообменные процессы и аппараты» и «Механические процессы и аппараты».

Раздел 3 Массообменные процессы и аппараты

Теоретические вопросы по разделу 3.

№ варианта	Вопрос
Вопрос №1 Общие сведения о массообменных процессах	
1,6,11,16	Способы выражения состава двухкомпонентных систем
2,7,12,17	Молекулярная и конвективная диффузия
3,8,13,18	Основные критерии подобия процессов массопередачи
4,9,14,19	Массопередача в системах с твердой фазой
5,10,15,20	Основы расчета массообменных аппаратов. Модифицированные уравнения массопередачи
Вопрос №2 Абсорбция	
1,6,11,16	Поверхностные абсорберы
2,7,12,17	Пленочные абсорберы
3,8,13,18	Насадочные абсорберы
4,9,14,19	Барботажные абсорберы
5,10,15,20	Распыливающие абсорберы
Вопрос №3 Дистилляция и ректификация	
1,6,11,16	Виды дистилляции
2,7,12,17	Периодически действующая ректификационная установка
3,8,13,18	Экстрактивная ректификация
4,9,14,19	Азеотропная ректификация
5,10,15,20	Ректификационные аппараты
Вопрос №4 Адсорбция	
1,6,11,16	Основные промышленные адсорбенты и их свойства
2,7,12,17	Устройство и принцип действия адсорберов с неподвижным слоем адсорбента
3,8,13,18	Устройство и принцип действия адсорберов с подвижным слоем адсорбента

4,9,14,19	Ионообменные смолы, их классификация и свойства
5,10,15,20	Оборудование для проведения ионного обмена
Вопрос №5 Сушка	
1,6,11,16	Принципиальные схемы конвективной сушки
2,7,12,17	Конструкции конвективных сушилок
3,8,13,18	Контактная сушка
4,9,14,19	Сушилки для контактной сушки
5,10,15,20	Возможности интенсификации процесса сушки
Вопрос №6 Кристаллизация	
1,6,11,16	Виды и способы кристаллизации
2,7,12,17	Основные стадии процесса кристаллизации
3,8,13,18	Факторы, влияющие на процесс кристаллизации
4,9,14,19	Виды кристаллизаторов. Изогидрические кристаллизаторы
5,10,15,20	Виды кристаллизаторов. Вакуумные и выпарные кристаллизаторы
Вопрос №7 Экстракция	
1,6,11,16	Классификация экстракторов. Смесительно-отстойные экстракторы.
2,7,12,17	Классификация экстракторов. Смесительные экстракторы.
3,8,13,18	Классификация экстракторов. Колонные экстракторы.
4,9,14,19	Классификация экстракторов. Пульсационные и центробежные экстракторы.
5,10,15,20	Классификация экстракторов. Характеристики и выбор экстракторов.

Раздел 4 Механические процессы и аппараты

Теоретические вопросы по разделу 4.

№ варианта	Вопрос
Вопрос №8 Измельчение твердых материалов	
1,6,11,16	Классификация измельчающего оборудования. Шнековые дробилки
2,7,12,17	Классификация измельчающего оборудования. Конусные дробилки
3,8,13,18	Классификация измельчающего оборудования. Валковые и молотковые дробилки
4,9,14,19	Классификация измельчающего оборудования. Дезинтеграторы
5,10,15,20	Классификация измельчающего оборудования. Мельницы
Вопрос №9 Классификация твердых материалов	
1,6,11,16	Грохоты: принцип действия и виды. Качающие грохоты

2,7,12,17	Грохоты: принцип действия и виды. Роликовые и барабанные грохоты
3,8,13,18	Грохоты: принцип действия и виды. Вибрационные грохоты
4,9,14,19	Гидравлические классификаторы: принцип действия и виды.
5,10,15,20	Воздушные сепараторы: принцип действия и виды.

Практическое задание №1. Абсорбция

В насадочном абсорбере чистой, водой поглощается целевой компонент А из его смеси с воздухом при давлении P и температуре t . Расход газа V_C (при $0^\circ C$, 760 мм рт. ст.), начальное содержание извлекаемого компонента в газе Y_A , степень извлечения компонента равна η_A . Коэффициент избытка орошения ϕ , коэффициент смачивания ψ , коэффициент массопередачи K . Определить расход воды, диаметр абсорбера и высоту насадки. Принять рабочую скорость газа $w = 0,8 w_3$, где w_3 - скорость газа в точке захлебывания.

Исходные данные к заданию:

№ варианта	Размер насадки, мм	Целевой компонент, А	P , МПа	t , $^\circ C$	V_C , $M^3/ч$	Y_A , %	η_A , %	ϕ	ψ	$K \cdot 10^6$, кмоль/ $(M^2 \cdot ч \cdot Па)$
1	Керамические кольца, 26x25x3 мм	Ацетилен	1,2	10	1000	14	95	1,6	0,9	0,75
2			1,0	10	800	15	96			0,6
3			1,0	5	700	12	97			0,7
4			1,1	10	600	10	94			0,8
5			1,2	12	500	9	92			0,4
6	Керамические кольца 35x35x4	Хлор	0,2	12	1000	10	95	1,3	0,9	0,8
7			0,3	5	900	9	95			1,0
8			0,4	10	800	8	95			1,2
9			0,5	15	700	7	90			0,7
10			0,6	20	600	6	90			0,8
11	Стальные кольца 35x35x2,5	Сероводород	0,8	10	1000	10	93	1,4	0,8	1,0
12			0,9	5	900	9	93			0,9
13			1,0	10	800	8	93			0,8
14			0,1	15	700	7	97			0,5
15			0,2	20	600	6	97			0,6
16	Керамические кольца 50x50x5	Диоксид углерода	0,2	5	500	7	92	1,6	0,9	0,8
17			0,3	10	700	6	94			0,9
18			0,4	5	600	4	96			1,0
19			0,5	10	500	10	96			0,5
20			0,5	10	500	10	96			0,5

Практическое задание №2. Ректификация и дистилляция

№ варианта	Задание
1,6,11,16	В ректификационную колонну непрерывного действия подается смесь вода - этанол, массовая доля спирта в которой 10%. Определить расход теплоты в кубе колонны и количество отводимой теплоты в дефлегматоре на 1 кг дистиллята, в котором массовая доля спирта 94 %, если кубовый остаток практически не содержит спирта. Исходная смесь вводится в колонну при температуре 70 °С. Флегмовое число равно 4. Тепловыми потерями пренебречь. Обогрев глухим паром.
2,7,12,17	Производительность ректификационной колонны для разделения смеси метанол - вода составляет 1500 кг/ч дистиллята. Колонна работает под атмосферным давлением. Поверхность теплообмена дефлегматора 60 м ² , коэффициент теплопередачи в нем 810 Вт/(м ² К). Определить число флегмы и расход охлаждающей воды в дефлегматоре, если она нагревается от 15 до 35 °С
3,8,13,18	Из ректификационной колонны выходит 1100 кг/ч дистиллята с массовой долей легколетучего компонента 98,5% и 3650 кг/ч кубового остатка с массовой долей второго компонента 96,6%, Число флегмы 2,94. Определить: а) массовую долю легколетучего компонента в питании колонны; б) расход пара, поступающего из колонны в дефлегматор.
4,9,14,19	В ректификационную колонну непрерывного действия поступает жидкость с молярной долей легко летучего компонента 24 %, Молярная доля легколетучего компонента в дистилляте 95 %, в кубовом остатке - 3 %. В дефлегматор поступает 850 кмоль/ч пара, а в колонну из дефлегматора 670 кмоль/ч флегмы. Определить молярный расход кубового остатка.
5,10,15,20	Определить равновесные составы жидкости и пара для смеси метанол - вода при температуре 50 °С: а) под давлением 300 мм рт. ст.; б) под давлением 500 мм рт. ст., считая, что смесь характеризуется законом Рауля. Объяснить полученный для случая б) результат.

Практическое задание №3. Сушка

№ варианта	Задание
1,6,11,16	Вычислить значения влагосодержания, энтальпии, температуры мокрого термометра и температуры точки росы для воздуха, выходящего из сушилки при температуре 50 °С и относительной влажности $\varphi = 70 \%$
2,7,12,17	Сколько влаги необходимо удалить из 1 кг влажного материала при изменении его влажности от 50 до 25 % и от 2 до 1 % (на общую массу)?
3,8,13,18	Вычислить влагосодержание и относительную влажность воздушно-паровой смеси, имеющей температуру 50 °С и парциальное давление водяного пара 0,1 кгс/см ² . Определить остальные параметры влажного воздуха,
4,9,14,19	Определить количество удаляемой из материала влаги, удельные расходы воздуха и теплоты, если расход сухого воздуха через сушилку составляет 200 кг/ч. Параметры воздуха на входе в сушилку $t_1 = 95 \text{ °С}$ и $\varphi_1 = 5 \%$ и на выходе из сушилки $t_2 = 50 \text{ °С}$ и $\varphi_2 = 60 \%$.
5,10,15,20	Определить парциальные давления водяного пара и воздуха, а также влагосодержание воздуха воздушно-паровой смеси при общем давлении 745 мм рт. ст., температуре 150 °С и относительной влажности воздуха 50 %

5. ВОПРОСЫ К ЭКЗАМЕНУ ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ «ПРОЦЕССЫ И АППАРАТЫ»

1. Абсорбция. Закон растворимости Генри. Правило фаз Гиббса. Кинетика абсорбции. Закон Дальтона. Условия проведения абсорбции.
2. Адсорбер с неподвижным слоем адсорбента.
3. Адсорбция. Равновесие в процессе адсорбции, ионном обмене. Адсорбенты и ионообменные смолы.
4. Барабанная, ленточная сушилка.
5. Барабанный вакуум-фильтр
6. Барботажные абсорберы (с колпачковыми, ситчатыми, барботажными тарелками).
7. Барботажные ректификационные колонны (с колпачковыми, ситчатыми, клапанными тарелками).
8. Выпаривание. Движущая сила. Первичный и вторичный водяной пар.
9. Растворимость, классификация веществ по растворимости.
10. Выпарной аппарат с вынесенной греющей камерой.
11. Выпарной аппарат с подвесной греющей камерой.
12. Выпарной аппарат с поднимающейся пленкой.
13. Выпарной аппарат с центральной циркуляционной трубой.
14. Выпарной вакуум-кристаллизатор с подвесной греющей камерой.
15. Гетерогенные системы (определение, примеры). Движущие силы процессов разделения неоднородных систем.
16. Гидравлическое сопротивление трубопроводов.
17. Гидродинамика. Линейная и массовая скорость, объемный и массовый расход.
18. Гидродинамические режимы течения жидкости, критерий Рейнольдса.
19. Гидростатика. Гидростатическое давление и его свойства. Единицы измерения. Давление атмосферное, избыточное, вакуумметрическое, абсолютное.
20. Горизонтальная ножевая центрифуга с автоматической выгрузкой осадка.

21. Дистилляция и ректификация. Закон Рауля и Дальтона. Построение X-U диаграммы.
22. Дозирование. Барабанный (секторный) питатель. Тарельчатый питатель.
23. Зависимость производительности напора и мощности центробежного насоса от числа оборотов центробежного колеса.
24. Запорная арматура (краны, вентили, задвижки).
25. Измельчение. Степень измельчения. Способы измельчения. Классификация измельчающего оборудования.
26. Классификация гидравлических машин.
27. Классификация массообменных процессов. Кинетика МОП. Уравнение массопередачи. Способы выражения концентраций. Закон Дальтона.
28. Классификация основных процессов по скоростной теории и по способу организации.
29. Классификация сушилок. Гребковая вакуум-сушилка.
30. Классификация центробежных насосов (по создаваемому напору, по скорости вращения вала рабочего колеса, по конструктивным особенностям).
31. Кожухотрубные теплообменники.
32. Кристаллизация. Статика кристаллизации. Кинетика кристаллизации. Способы кристаллизации.
33. Материальный баланс абсорбера. Расход абсорбента.
34. Материальный баланс ректификационной установки.
35. Насадочные абсорберы. Насадочные элементы. Гидродинамические режимы.
36. Насадочные ректификационные колонны. Насадочные тела.
37. Непрерывно действующая ректификационная установка.
38. Осадительная горизонтальная центрифуга со шнековой выгрузкой.
39. Отстаивание. Отстойник непрерывного действия.
40. Передача теплоты конвекцией, закон Ньютона.
41. Пластинчатый теплообменник.
42. Поршневой насос. Назначение, устройство, принцип действия. Достоинства и недостатки.

43. Прикладная гидромеханика (гидравлика). Физические свойства жидкостей (плотность, удельный вес, вязкость).
44. Пуск и остановка центробежного насоса.
45. Рубашечный теплообменник, барометрический конденсатор
46. Свойства влажного воздуха. Диаграмма Рамзина.
47. Сортирование (классификация) твердых материалов. Классификация оборудования для сортировки.
48. Способы и методы выпаривания.
49. Струйные насосы. Назначение, устройство, принцип действия, достоинства и недостатки.
50. Сушка. Классификация сушки. Равновесие в процессе сушки (статика). Кинетика сушки. Факторы, влияющие на процесс сушки.
51. Тепловое излучение. Уравнение Стефана-Больцмана.
52. Тепловые процессы. Общие сведения. Движущая сила. Нагревающие и охлаждающие теплоносители.
53. Теплопередача. Уравнение теплопередачи. Нахождение средней разности температур при прямотоке и противотоке.
54. Теплопроводность. Закон Фурье.
55. Уравнение материального баланса потока жидкости (уравнение неразрывности потока).
56. Уравнение энергетического баланса потока жидкости (уравнение Бернулли).
57. Фильтрация. Движущая сила. Требования к фильтрующим перегородкам.
58. Центрифугирование. Движущая сила. Фактор разделения.
59. Центробежный насос. Назначение, принцип действия, устройство, достоинства и недостатки.
60. Циклон. Батарейный циклон.
61. Циклонные процессы. Движущая сила. Фактор разделения
62. Щековая, молотковая дробилки.

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Баранов Д.А. Процессы и аппараты. Учебник для студ. учреждений сред, проф. образования. / Баранов Д.А., Кутепов А.М. - М.: Академия, 2004. — 304 с.
2. Дытнерский Ю.И. Основные процессы и аппараты химической технологии. Пособие по проектированию. / Г. С. Борисов, В. П. Брыков, Ю. И. Дытнерский и др. - 2-е изд., перераб. и дополн. - М.: Химия, 1991. - 496 с.
3. Дытнерский Ю.И. Процессы и аппараты химической технологии. Часть 1. Теоретические основы процессов химической технологии. Гидромеханические и тепловые процессы и аппараты Учебник для вузов/Изд. 2-е. В 2-х кн.: М.: Химия, 1995. – 400 с., ил.
4. Дытнерский Ю.И. Процессы и аппараты химической технологии. Часть 2. Теоретические основы процессов химической технологии. Массообменные процессы и аппараты Учебник для вузов / Изд. 2-е. В 2-х кн.: М.: Химия, 1995. – 368 с., ил.
5. Михеев М.А. Основы теплопередачи / Михеев М.А., Михеева И.М. – М.: Энергия, 1977 г. – 344 с.
6. Павлов К. Ф., Романков П. Г., Носков А. А. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии. Учебное пособие для вузов / Под ред. чл.-корр. АН СССР П. Г. Романкова. - 10-е изд., перераб. и доп. - Л.: Химия, 1987. - 576 с., ил.
7. Пилипенко Н.И. Процессы и аппараты: учебник для студ. учреждений сред, проф. образования / Н.И. Пилипенко, Л.Ф. Пелевина. – М.: Издательский центр «Академия», 2008. – 336 с.
8. Романков П. Г. Методы расчета процессов и аппаратов химической технологии (примеры и задачи): Учебное пособие для вузов./П.Г. Романков, В.Ф. Фролов, О.М. Флисюк, 2-е изд., испр. - СПб.: ХИМИЗДАТ, 2009. - 544 с., ил.

9. Павлов К. Ф. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии: учебное пособие для вузов / К. Ф. Павлов, П. Г. Романков, А. А. Носков ; под ред. чл.-корр. АН России П. Г. Романкова. – 13-е изд., стер. – М. : Альянс, 2006. – 576 с.
10. Справочник химика / под ред. Б. П. Никольского, О. Н. Григорова, М. Е. Позина [и др.]. – Т. I-VII. – 2-е изд. – М. : Химия, 1966-1968

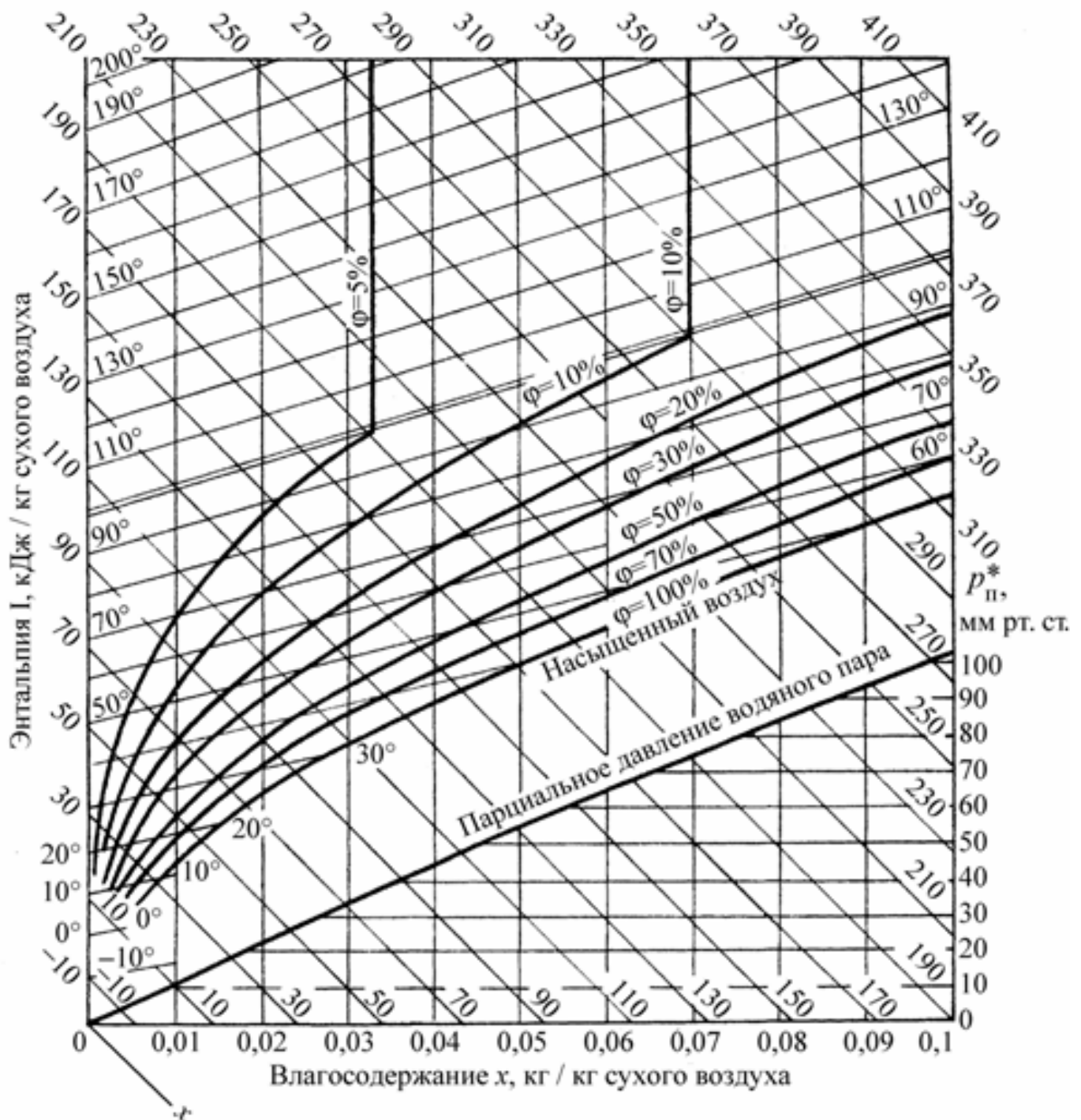


Рисунок П.1 – Диаграмма Рамзина