

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Кемеровский государственный университет»
Химический факультет

УТВЕРЖДАЮ

Декан
химического факультета
_____ /
_____ Мороз /
« 25 » _____ марта 2013 г.



Рабочая программа дисциплины

Химическая технология

для специальности 020101.65 Химия (цикл ОПД.Ф.6)

| | |
|-------------------------|------------|
| факультет: | химический |
| курс: | 4 |
| семестр: | 7 |
| лекции: | 36 час |
| лабораторные занятия: | 72 час |
| самостоятельная работа: | 92 час |
| экзамен: | 7 семестр |
| зачет: | — |
| Всего: | 200 час |

Составитель: доцент каф. ХТТ, к.х.н. Пугачев В.М.


Кемерово 2013

Рабочая программа дисциплины «Химическая технология» федерального компонента цикла ОПД.Ф.6. составлена в соответствии с требованиями Государственного образовательного стандарта второго поколения по специальности 020101.65 «Химия»

Рабочая программа дисциплины
обсуждена на заседании кафедры химии твердого тела

Протокол № 12 от «12» февраля 2013 г.
/Зав. кафедрой  Ю.А. Захаров

Одобрено методической комиссией химического факультета

Протокол № 7 от «20» марта 2013 г.
Председатель  О.Н. Булгакова

1. ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Актуальность. Курс «Химическая технология» замыкает в университетском образовании базовую подготовку специалистов-химиков по химическим дисциплинам.

Цель преподавания дисциплины. Курс имеет целью сформировать основы технологического мышления, раскрыть взаимосвязи между развитием химической науки и химической технологии, подготовить выпускников университетов к активной творческой работе по созданию перспективных процессов, материалов и технологических схем. Курс химической технологии должен обеспечить понимание выпускником университета многоуровневого и многокритериального характера задач создания новых технологий, предоставить ему знания и навыки, необходимые для грамотного отыскания точек приложения новых научных результатов, а также экспертизы технологических решений на основе универсальных критериев, вытекающих из фундаментальных законов природы.

Задачи изучения дисциплины включают знакомство с теоретическими основами химической технологии и типовыми процессами по трем основным направлениям: гидромеханические, тепловые и массообменные.

Курс состоит из лекционной части (36 час), лабораторного практикума (72 час) и самостоятельной работы (92 час). Для проверки знаний предусмотрены выполнение двух контрольных работ, коллоквиум и экзамен.

Дисциплины, необходимые для освоения курса: высшая математика, физика, общая химия, физическая химия.

В результате изучения дисциплины студенты должны овладеть знаниями о теоретических основах химической технологии и об основных гидромеханических, тепловых и массообменных процессах. Важной особенностью курса химической технологии является активное использование и углубление тех знаний, которые студенты приобретают при изучении предшествующих курсов, включая многие разделы математики, физики, химической термодинамики, химической кинетики и катализа, химии неорганических и органических соединений.

Контроль знаний осуществляется еженедельной проверкой домашних заданий, оценкой деятельности на текущем занятии. Промежуточный контроль осуществляется проведением контрольных работ и коллоквиума. Итоговый контроль – сдача экзамена.

Критерий оценки знаний. Степень усвоения материала оценивается на экзамене по четырехбалльной системе (отлично, хорошо, удовлетворительно, неудовлетворительно). Отлично ставится за достаточно полный ответ на все три вопроса в билете. Хорошо, если 1-2 вопроса раскрыты недостаточно полно. Удовлетворительно, если все ответы неполные, либо совсем не раскрыт хотя бы один. Неудовлетворительно, - если два и более вопросов остались нераскрытыми. К экзамену допускаются студенты, успешно выполнившие практикум.

2. Тематический план

| № | Название и содержание разделов, тем | Объем часов | | | | | Формы контроля |
|---|---|-------------|-------------------|--------------|--------------|------------------------|---|
| | | Общий | Аудиторная работа | | | Самостоятельная работа | |
| | | | Лекции | Практические | Лабораторные | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| 1 | Теоретические основы процессов и аппаратов химической технологии. | 28 | 6 | | 12 | 18 | Защита лаб. работы. |
| 2 | Гидромеханические процессы и аппараты в химической технологии. | 74 | 14 | | 28 | 32 | Контрольная работа по гидромеханике, защита лаб. работы. |
| 3 | Тепловые процессы и аппараты в химической технологии. | 62 | 10 | | 16 | 24 | Контрольная работа по тепловым процессам, защита лаб. работы. |
| 4 | Массообменные процессы и аппараты в химической технологии. | 36 | 6 | | 16 | 18 | Коллоквиум, защита лаб. работы. |
| Формы контроля | | | | | | | № недели |
| 1. Защита лабораторной работы по измельчению и классификации сырья. | | | | | | | 4 |
| 2. Контрольная работа по гидромеханике. | | | | | | | 8 |
| 3. Защита лабораторной работы по гидромеханике. | | | | | | | 9 |
| 4. Контрольная работа по тепловым процессам. | | | | | | | 12 |
| 5. Защита лабораторной работы по гидромеханике. | | | | | | | 13 |
| 6. Коллоквиум по основным процессам в технологии. | | | | | | | 16 |
| 7. Защита работы по ректификации. | | | | | | | 18 |
| 8. Итоговый экзамен по химической технологии. | | | | | | | сессия |

3. Содержание дисциплины

3.1. Программа лекционного курса (36 час)

ВЕДЕНИЕ В ОБЩУЮ ХИМИЧЕСКУЮ ТЕХНОЛОГИЮ (2 ЧАС)

Структура курса. Понятие химической технологии. Структурные элементы типовых процессов химической технологии. Историческая справка. Учение о процессах и аппаратах – ядро курса химической технологии.

Основные задачи науки о процессах и аппаратах: улучшение действующих производств, проектирование новых производств, проектирование новых аппаратов, научно-исследовательские работы.

Классификация основных производственных процессов: по содержанию, по изменению параметров во времени, по организации.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПРОЦЕССОВ И АППАРАТОВ ХИМИЧЕСКОЙ ТЕХНОЛОГИИ (4 ЧАС)

Законы сохранения основных субстанций в химической технологии: массы, энергии, импульса. Основные задачи, решаемые с помощью законов сохранения. Основные виды балансов: по массе, по энергии. Вывод рабочих линий на основе уравнений материального баланса. Расход, поток, плотность потока.

Законы равновесия. Основные задачи, решаемые при помощи законов равновесия. Условия термодинамического равновесия. Правило фаз Гиббса. Механическое и тепловое равновесие. Равновесие в массообменных процессах, химический потенциал. Вывод теоретических линий равновесия на примере законов Генри и Рауля.

Законы переноса. Потенциалы переноса, градиенты потенциалов переноса. Общий вид уравнений переноса субстанций. Общность коэффициентов в уравнениях переноса. Законы Фика, Фурье, Ньютона (вязкого трения).

Теория подобия и моделирование. Сущность методов математического моделирования. Моделирование на копиях, моделях аппаратов и их частей – физическое моделирование. Симплексы, инварианты подобия. Моделирование с использованием обобщенных координат, основные критерии подобия в гидромеханических процессах: Рейнольдса, Фруда, Эйлера, гомохронности. Критериальные уравнения.

ГИДРОМЕХАНИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ (14 ЧАС)

Гидромеханика, основные понятия и задачи. Внутренняя и внешняя гидромеханика. Эквивалентный (эффективный) диаметр сечения канала, трубопровода; эквивалентный диаметр тела, частицы.

Уравнение неразрывности потока – частный случай закона сохранения массы.

Основное уравнение гидродинамики: система уравнений Эйлера, уравнения Навье-Стокса.

Гидростатика. Основное уравнение гидростатики (закон Паскаля) и его практическое применение: расчет давления на дно и стенки резервуара, измерение количества жидкости в резервуарах, измерение давления в резервуарах.

Уравнение Бернулли и его применение. Истечение жидкости из отверстий резервуаров. Гидравлические методы измерения расхода жидкостей и газов.

Гидравлическое сопротивление трубопроводов и аппаратов. Уравнение Пуазейля, уравнение Дарси. Потери давления при перекачивании жидкостей и газов. Расчет диаметра трубопроводов аппаратов. Принципы расчета мощности насосов.

Задача обтекания жидкостью твердых тел, основные критерии подобия: Рейнольдса, Эйлера, Архимеда, Лященко. Основные режимы обтекания. Законы трения и осаждения Стокса. Обобщенный подход к решению задачи обтекания для всех режимов.

Основные типы неоднородных систем: суспензии, эмульсии, пены, пыль, дым. Понятие о методах разделения. Осаждение и отстаивание. Основные типы отстойников непрерывного и периодического действия. Примеры расчета отстойников.

Центрифугирование. Основные принципы, назначение. Центробежное ускорение. Фактор разделения. Особенности расчета времени процесса, расчет давления на стенки центрифуги. Основные конструкции центрифуг, сепараторов, циклонов.

Движение жидкостей и газов через пористые слои. Сопротивление пористого слоя. Коэффициент трения. Модифицированный критерий Рейнольдса. Гидродинамика псевдооживленных слоев.

Процесс фильтрования. Движущие силы. Сопротивление осадка, фильтра. Удельное сопротивление. Физический смысл величин сопротивления (осадка и фильтра). Основное уравнение фильтрования. Основные способы определения констант фильтрования. Промышленные фильтровальные аппараты непрерывного и периодического действия.

ТЕПЛОВЫЕ ПРОЦЕССЫ И АППАРАТЫ В ХИМИЧЕСКОЙ ТЕХНОЛОГИИ (10 ЧАС)

Основные понятия и положения. Виды теплоты, теплоемкость. Основные способы передачи теплоты: теплопроводность, конвекция, тепловое излучение. Закон Стефана-Больцмана. Теплоносители и их характеристики.

Основное уравнение теплопередачи. Коэффициент теплопередачи, физический смысл коэффициента. Движущая сила, средний температурный напор.

Теплопроводность. Закон Фурье. Удельная теплопроводность, физический смысл коэффициента теплопроводности. Сравнительная теплопроводность металлов, других твердых тел, жидкостей и газов. Термическое сопротивление. Уравнение теплопроводности плоской стенки. Теплопроводность многослойной стенки. Уравнение теплопроводности цилиндрической стенки.

Конвективная теплопередача. Уравнение теплоотдачи, закон охлаждения Ньютона. Коэффициент теплоотдачи, его физический смысл. Основные крите-

рии подобия тепловых процессов: Нуссельта, Грасгофа, Пекле. Примеры критериальных уравнений теплоотдачи.

Теплопередача при постоянных температурах теплоносителей. Уравнение аддитивности термических сопротивлений. Примеры технологических процессов с постоянной температурой теплоносителей.

Теплопередача при переменных температурах теплоносителей. Прямоток и противоток. Средняя движущая сила процесса, средний температурный напор. Выбор взаимного направления течения теплоносителей.

Определение температуры стенки.

Промышленные способы подвода и отвода тепла. Основные источники тепла в промышленности, их сравнительная характеристика. Основные охладители в промышленности, их сравнительная характеристика.

Конструкции основных теплообменников. Основные типы теплообменников: поверхностные, смесительные, регенеративные.

МАССООБМЕННЫЕ ПРОЦЕССЫ (6 ЧАС)

Классификация массообменных процессов. Наиболее распространенные массообменные процессы: абсорбция, перегонка и ректификация, экстракция, адсорбция, ионный обмен, сушка, растворение и экстрагирование, кристаллизация, мембранные процессы.

Аналогии и различия в сравнении процессов массо- и теплообмена. Особенности концентрационного равновесия в массообменных процессах, определение направления процесса массопереноса.

Основы массопередачи. Основные правила и законы массопередачи. Коэффициенты массопередачи, их физический смысл, размерность; движущие силы массопередачи.

Основы процесса массоотдачи. Коэффициент массоотдачи, его физический смысл, размерность. Основной закон массоотдачи. Основные критерии массообменных процессов: диффузионный критерий Нуссельта (критерий Шервуда), диффузионный критерий Прандтля, диффузионный критерий Пекле.

Массопередача и фазовые сопротивления. Уравнение аддитивности фазовых сопротивлений. Особенности определения средней движущей силы массообменных процессов.

Перегонка жидкостей. Характеристика систем жидкость-жидкость. Специальные виды перегонки: выпарка, простая перегонка (двойная, тройная), перегонка с водяным паром. Особенности перегонки в системах с азеотропной точкой, влияние температуры на относительную летучесть компонентов.

Понятие о теоретических ступенях разделения (теоретических тарелках).

Ректификация. Материальный и тепловой баланс процесса ректификации. Конструкции ректификационных аппаратов. Основы расчета ректификационной колонны. Регулирование процесса ректификации.

Абсорбция. Материальный и тепловой баланс. Коэффициенты массопередачи при абсорбции. Устройство и расчет абсорберов.

3.2. Лабораторные работы (72 час)

| № | Наименование работы | КОЛ-ВО ЧАСОВ |
|---|--|--------------|
| 1 | Измельчение и классификация твердого сырья в химической промышленности | 8 |
| 2 | Наблюдение режимов течения жидкостей, расчет числа Рейнольдса, массового и объемного расходов. | 8 |
| 3 | Измерение и расчет гидравлического сопротивления труб и аппаратов. | 8 |
| 4 | Движение жидкостей и газов через пористые слои, процессы фильтрования. | 8 |
| 5 | Определение основных параметров и характеристик пористого (гранулированного) слоя. | 8 |
| 6 | Расчет и измерение коэффициента теплопередачи поверхностного теплообменника в различных скоростных режимах. | 8 |
| 7 | Расчет и измерение коэффициента теплопередачи поверхностного теплообменника при разной организации взаимного течения теплоносителей. | 8 |
| 8 | Испытание ректификационной колонны в различных эксплуатационных режимах. | 8 |
| 9 | Определение числа теоретических тарелок. | 8 |

4. Учебно-методические материалы и оборудование

4.1. Основная литература

1. <http://e.lanbook.com/view/book/3162/> Аверьянов В.А. Лабораторный практикум по общей химической технологии. Под ред. В.С. Бескова [Текст]: учебн. пособие. Изд. Бином. Лаборатория знаний.- 2010. - 279 с.

4.2. Дополнительная литература

| № | Название, гриф | Автор | Год издания | Кол-во экз. в библиотеке |
|---|---|---|-------------|--------------------------|
| | ОСНОВНАЯ | | | |
| 1 | Тепловые процессы и аппараты / КемГУ | В.М. Пугачев | 2007 | 35 |
| 2 | Гидромеханические, тепловые и массообменные процессы (лабораторный практикум) / КемГУ | В.М. Пугачев | 2008 | 35 |
| | ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ | | | |
| 3 | Процессы и аппараты химической технологии / Госкомитет РФ по высшему образованию | Ю.И. Дытнерский | 1995 | 10 |
| 4 | Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии / Министерство высшего и среднего специального образования СССР | К.Ф. Павлов П.Г. Романков А.А. Носков | 1987 | 20 |
| 5 | Общая химическая технология / Министерство высшего и среднего специального образования СССР | А.В. Мухленов | 1984 | 30 |
| 6 | Основные процессы и аппараты химической технологии / Министерство высшего и среднего специального образования СССР | А.Г. Касаткин | 1973 | - |
| 7 | Гидромеханические процессы, теория и задачи / Кемеровский госуниверситет | В.М. Пугачев | 2000 | 60 (в лаборатории) |

4.2. Оборудование и наглядные материалы

1. Лабораторный комплекс для измельчения и классификации сырья (метод. указания к выполнению работы).
2. Установка для моделирования процессов фильтрования (метод. указания к выполнению работы).
3. Установка для моделирования взвешенного слоя (метод. указания к выполнению работы).
4. Модель теплообменника (метод. указания к выполнению работы).
5. Модель ректификационной колонны (метод. указания к выполнению работы).

5. Формы текущего, промежуточного и рубежного контроля

5.1. Вопросы и задания для индивидуальной и самостоятельной работы

1. Законы сохранения в химической технологии.
2. Законы равновесия в химической технологии.
3. Законы переноса в химической технологии.
4. Понятие потока субстанции и плотности потока.
5. Принципы моделирования.
6. Основные гидромеханические критерии.
7. Обобщенные координаты процесса, критериальные уравнения.
8. Принципы измерения расхода жидкости (газа) в трубопроводе.
9. Принципы расчета гидравлического сопротивления.
10. Внешняя гидродинамика, обтекание тел и частиц.
11. Законы и закономерности осаждения.
12. Основы центрифугирования.
13. Основы фильтрования.
14. Виды теплоты.
15. Способы передачи теплоты.
16. Критерии подобия в тепловых процессах.
17. Температурный профиль процессов теплообмена.
18. Учет теплопроводности в расчетах по теплообмену.
19. Оценка коэффициента теплоотдачи.
20. Способы расчета температуры стенки.
21. Понятие о средней температуре.
22. Теплопередача и расчет теплообменников.
23. Классификация массообменных процессов.
24. Вывод уравнения рабочей линии массообменного процесса.
25. Концентрационный профиль в массообмене.
26. Уравнение массопередачи, две формы.
27. Основные критерии в массообменных процессах.
28. Перегонка и ректификация.

29. Уравнения рабочих линий процесса ректификации.

5.2. Типовые вопросы к экзамену по химической технологии

Теоретические основы химической технологии, общий обзор.

Законы сохранения в химической технологии. Виды материального баланса. Получение уравнений рабочих линий на основе материального баланса.

Законы равновесия в химической технологии. Значение законов равновесия. Особенности концентрационного равновесия. Теоретический вывод линий равновесия.

Общие закономерности процессов переноса. Потенциалы переноса, коэффициенты в уравнениях переноса. Значение законов переноса в технологии.

Теория подобия и моделирование. Виды моделирования. Основные критерии подобия в гидродинамике. Метод обобщенных координат.

Гидродинамика, основные задачи. Гидромеханические процессы, общий обзор.

Уравнение неразрывности потока, вывод и значение.

Основное уравнение гидродинамики, вывод и значение.

Основы гидростатики. Применение основного закона гидростатики.

Уравнение Бернулли. Смысл двух его форм. Применение в химической технологии.

Принципы измерения расхода гидравлическими методами. Основные устройства для измерения расхода.

Уравнение Гагена-Пуазейля. Область применения. Доказательство параболичности распределения скоростей в ламинарном потоке. Соотношение между средней и максимальной скоростями.

Сопротивление движению в трубах. Уравнение Дарси. Зависимость коэффициента трения и сопротивления от скорости. Расчет трубопроводов.

Внешняя гидродинамика. Задача обтекания твердых тел жидкостью. Основные критерии подобия. Эмпирические закономерности.

Сопротивление движению в вязкой среде. Законы Стокса. Обобщенное уравнение осаждения в критериальной форме. Уравнение Годеса.

Неоднородные системы, характеристика, основные способы разделения. Учет сгущения суспензии при отстаивании.

Основные типы отстойников. Пример расчета для отстойника.

Центрифугирование. Фактор разделения. Расчет давления на стенки центрифуги. Принципы расчета времени центрифугирования. Сепараторы, циклоны.

Теория взвешенного слоя. Применение в промышленности. Выражение критерия Рейнольдса через размеры частиц и скорость среды в свободном сечении аппарата. Модифицированный критерий Рейнольдса.

Процесс фильтрования, основные уравнения. Практическое определение констант уравнения и удельных сопротивлений осадка и фильтра.

Основные конструкции промышленных фильтров.

Тепловые процессы. Значение. Основные способы передачи тепла. Основное уравнение теплопередачи, характерный температурный профиль процесса. Смысл коэффициента теплопередачи.

Теплопроводность. Уравнение для плоской стенки. Взаимосвязь понятий теплопроводность и термическое сопротивление. Теплопроводность многослойной плоской стенки.

Теплопроводность цилиндрической стенки. Понятие средней поверхности теплообмена в этом случае. Теплопроводность многослойной цилиндрической стенки.

Конвективная теплоотдача. Смысл коэффициента теплоотдачи. Основные тепловые критерии подобия. Характерные критериальные уравнения.

Теплопередача при постоянной температуре теплоносителей. Уравнение аддитивности термических сопротивлений. Выражение для коэффициента теплопередачи.

Различные схемы теплообмена: противоток и прямоток; схемы с постоянными и переменными температурами теплоносителей. Примеры установок.

Теплопередача при переменных температурах теплоносителей. Вывод величины средней движущей силы. Определение средних температур теплоносителей.

Промышленные способы подвода и отвода тепла. Основные характеристики теплоносителей.

Основные типы теплообменников.

Классификация массообменных процессов.

Основное уравнение массопередачи. Смысл коэффициента массопередачи. Особенности определения движущих сил при массопередаче.

Конвекция и массоотдача. Смысл коэффициента массоотдачи. Особенности профиля изменения концентраций для различных случаев.

Выражение коэффициента массопередачи через коэффициенты массоотдачи. Основные критерии подобия в процессах массопередачи.

Перегонка и ректификация. Уравнения рабочих линий процесса ректификации. Понятие о теоретических тарелках.

5.3. Контрольные задачи

1. Определить плотность и молярную массу газовой смеси при н.у., получившейся в результате полного окисления воздухом углеродного топлива.
2. Резервуар для хранения нефтепродуктов имеет высоту 6 м. Определить силу давления через спускное отверстие диаметром 60 мм. Относительная плотность нефтепродуктов 0.85.
3. Показания U-образного сернокислотного манометра 9.2 см. Каково избыточное и абсолютное давления в аппарате.
4. По трубопроводу диаметром 19×2 мм подается 2 т воды в час. Определить среднюю скорость течения.
5. По трубопроводу диаметром 57×2 мм подается 560 кг воздуха в час. Температура на входе 70°C , на выходе 30°C . Определить скорость на входе и выходе.
6. Кожухотрубчатый холодильник с внутренним диаметром 550 мм содержит внутри 360 труб диаметром 22×1 мм. Определить скорость течения воды в межтрубном пространстве, если ее расход составляет 75 т/ч.
7. Выразить эквивалентный диаметр для сечений, имеющих форму кольца, квадрата, прямоугольника, правильного треугольника.
8. Определить режим движения воздуха при н.у. в прямоугольном рукаве размерами 40×60 см, если расход его составляет 2.7 т/ч.
9. Метанол свободно вытекает через отверстие диаметром 2 см из бака сечением 80×120 см². Начальный расход составляет 6 кг/мин, за какое время бак опорожнится?
10. Скорость течения дихлорэтана по оси трубопровода диаметром 57×3 мм равна 0.6 м/с. Определить массовый расход при температуре 50°C .
11. По трубопроводу внутренним диаметром 120 мм подается гексан. В трубопроводе установлена мерная диафрагма диаметром 80 мм с коэффициентом расхода 0.65. Показания ртутного дифманометра 60 мм, определить скорость и массовый расход.
12. Допустимая потеря напора 6 м. При каком диаметре гладких труб длиной 120 м можно прокачивать 10 т/ч уксусной кислоты?
13. Воздух подают в шахту по рукаву длиной 500 м и сечением 60×60 см при атмосферном давлении и температуре 20°C в количестве 10 т/ч. Коэффициент шероховатости 0.02, коэффициент местных сопротивлений 100. Какой должна быть мощность вентилятора?
14. Определить максимальный размер частиц плотностью 1500 кг/м^3 , которые могут удерживаться восходящими со скоростью 0.5 м/с потоками воздуха.
15. Какую скорость может развить парашютист массой 100 кг в затяжном прыжке при температуре 20°C .
16. Сравните скорость осаждения частиц размером 0.1 мм в воде и 30%-ной суспензии. Температура 30°C , плотность частиц 2200 кг/м^3 .

17. Высота центрифуги 60 см. Какое давление будет оказывать на ее стенки суспензия в количестве 300 кг, если частота вращения 600 об/мин.

18. Вычислить фактор разделения для центрифуги диаметром 14 см при частоте вращения 6000 об/мин.

19. Определить размер гранул угля, способных переходить во взвешенное состояние при скорости воздуха в аппарате 0.25 м/с при температуре 150 °С. Кажущаяся плотность угля 400 кг/м³.

20. Сопротивление фильтра пренебрежимо мало. В первую минуту собрано 1.5 л фильтрата. Какое время потребуется для сбора 10 л и какое для последующей промывки 5-ю л воды?

21. Как изменится начальная скорость фильтрования, если поднять уровень воды от 60 до 90 см и увеличить температуру от 15 до 70 °С?

22. Во сколько раз увеличится термическое сопротивление после покраски чугунных батарей отопления масляной краской. Толщина металлических стенок 5 мм, толщина слоя краски – 0.5 мм.

23. Сколько теплоты поглощается в холодильнике водой при конденсации в нем 1,3 т/ч паров сероуглерода. Начальная температура паров 86 °С, температура жидкого сероуглерода 36 °С.

24. Горячий раствор охлаждается в холодильнике от 110 до 60 °С, холодная вода нагревается при этом от 15 до 45 °С. Определить среднюю движущую силу процесса.

25. Как изменится коэффициент теплопередачи в выпарном аппарате после отложения на стенках слоя накипи толщиной 2 мм? Толщина самих стальных стенок 3 мм, коэффициенты теплоотдачи 2600 и 10500 Вт/(м²×К).

26. В теплообменнике вода нагревается от 74 до 96 °С при расходе 90 т/ч. Поверхность теплообменника 54 м². Нагревание осуществляется насыщенным паром при избыточном давлении 0.2 атм. Вычислить коэффициент теплопередачи.

27. В кожухотрубчатом теплообменнике нагревается метиловый спирт от 10 до 45 °С при расходе 3.8 т/ч. Количество труб – 22, диаметр - 14×2 мм. Температура стенки 70 °С. Вычислить коэффициент теплоотдачи.

28. Температура в помещении +20 °С, на улице -15 °С. Теплоотдача снаружи втрое эффективнее. Потери тепла через стекло толщиной 6 мм составляют 900 Вт/м². Может ли появиться лед на стекле внутри помещения?

29. Вычислить растворимость углекислого газа в воде при давлении 3 атм.

30. Мольные доли некоего вещества в газовой и жидкой средах составляют по 5%. Уравнение линии равновесия: $Y = 2.8X$. В каком направлении осуществляется массоперенос, и какова движущая сила процесса?

31. Мольная доля вещества в жидкой фазе 7%. Какой величины может достичь концентрация этого вещества в воздухе помещения объемом 60 м³, если в нем пролито 200 молей раствора. Уравнение линии равновесия: $Y = 10X$.

32. В лабораторном абсорбере чистой водой поглощается углекислый газ из 20%-ной воздушной смеси. Степень улавливания углекислого газа 70%.

Поверхность массообмена 1.4 м^2 . Расход воды 100 мл/мин. Каковы коэффициент массопередачи и расход газовой смеси?

33. Аммиак поглощается чистой водой, которая на выходе (противотоком) насыщается на 90% от состояния равновесия. Относительная мольная доля аммиака изменяется от 36 до 6%. Определить число теоретических тарелок для процесса поглощения и среднюю движущую силу.

34. Решить предыдущую задачу в условиях прямотока.

5.4. Пример контрольного теста

1. Уравнением неразрывности потока является:

1) $w = VS$; 2) $\rho_1 V_1 S_1 = \rho_2 V_2 S_2$; 3) $q = v d(\rho w)/dn$; 4) $\Delta P = \beta \rho w^2/2$.

2. Размерность динамической вязкости:

1) $\text{Н} \times \text{м}/\text{с}$; 2) $\text{Н}/\text{м}^2$; 3) $\text{Па} \times \text{с}$; 4) $\text{Па}/\text{с}$.

3. Какой из критериев определяет режим течения жидкости?

1) Грасгофа; 2) Рейнольдса; 3) Фруда; 4) Эйлера.

4. Сопротивление при течении жидкости по трубам вычисляют по уравнению:

1) Дарси; 2) Ньютона; 3) Фурье; 4) Эйлера.

5. Где больше давление при сужении трубопровода?

1) в узкой части;

2) в широкой части;

3) везде одинаково;

4) на границе между широкой и узкой частями трубопровода.

6. Какой из законов относится к сфере гидростатики?

1) Бернулли; 2) Паскаля; 3) Фика; 4) Фурье.

7. Какой из процессов не осуществляют по технологии взвешенного слоя?

1) гетерогенный катализ; 2) сушка; 3) фильтрование; 4) химическое взаимодействие.

8. Что не вычисляют по уравнениям Стокса?

1) диаметр частиц; 2) скорость осаждения; 3) силу трения; 4) время осаждения.

9. Где в центрифуге скорость осаждения максимальна?

1) ближе к центру; 2) ближе к стенке; 3) нигде, т.е. постоянна; 4) это зависит от вязкости.

10. Какое из дифференциальных уравнений фильтрования правильное?

1) $w = F/\mu R$; 2) $w = F/RS$; 3) $w = \Delta P/\mu R$; 4) $w = \Delta P/(\mu(R_\phi + x_{or_0}))$.

11. Характерные значения удельного сопротивления фильтра в СИ:

1) 0.0001-0.1; 2) 1-100; 3) 1000 – 1000000; 4) $10^8 - 10^{10}$.

12. Какой из аппаратов является теплообменником?

1) градирня; 2) сепаратор; 3) флорентийский сосуд; 4) циклон.

13. В уравнении $Q = KS\Delta t$ коэффициент K называется коэффициентом:

1) теплопроводности; 2) теплоотдачи; 3) теплопередачи; 4) термического сопротивления.

14. Компонент (вещество) всегда перемещается из точки 1 в точку 2, если:

- 1) концентрация в точке 1 больше;
- 2) химический потенциал в точке 1 больше;
- 3) химический потенциал больше в точке 2;
- 4) плотность больше в точке 1.

15. Если возвращать часть дистиллята в ректификационную колонну, то концентрация отгоняемого продукта:

1) уменьшится; 2) увеличится; 3) не изменится; 4) может измениться в любую сторону в зависимости от количества возвращаемого дистиллята.