

ПРОЦЕССЫ И АППАРАТЫ ХИМИЧЕСКИХ ПРОИЗВОДСТВ

ПРОГРАММА

для подготовки к вступительным испытаниям для выпускников средних специальных учебных заведений, поступающих на заочную сокращенную форму получения образования в учреждении образования «Белорусский государственный технологический университет»

Введение

Сущность дисциплины «Процессы и аппараты химических производств», ее роль и задачи в подготовке специалистов для химической промышленности. Связь дисциплины с другими дисциплинами. История развития дисциплины. Классификация процессов и аппаратов химической технологии.

1.1 Общие вопросы прикладной гидравлики

Общие сведения о гидравлике. Представление о жидкостях как о сплошных средах. Классификация жидкостей. Реальная и идеальная жидкости. Капельные и упругие жидкости. Физические свойства и параметры состояния жидкостей и газов.

Гидростатика. Основное уравнение гидростатики и его практическое применение (законы Паскаля, сообщающихся сосудов и т. д.).

Гидродинамика. Основные характеристики (параметры) потоков. Установившееся и неустановившееся движение потоков. Гидродинамические режимы движения вязкой жидкости. Структура потоков и распределение локальных скоростей по их сечению. Уравнение неразрывности (сплошности) потока. Уравнение Бернулли для идеальной жидкости. Его энергетический смысл. Уравнение Бернулли для реальной жидкости. Практическое применение уравнения Бернулли. Приборы для измерения скорости и расходов жидкостей (трубка Пито, измерительная диафрагма).

Основы теории подобия. Гидродинамическое подобие. Критерии гидродинамического подобия. Основные принципы моделирования процессов и аппаратов.

Гидравлическое сопротивление трубопроводов и аппаратов. Потери давления на прямых участках трубопроводов и каналов (потери на трение). Потери давления на местных сопротивлениях. Расчет общего (полного) гидравлического сопротивления трубопровода. Определение оптимальных скорости движения жидкости в трубопроводе и его диаметра.

Основные характеристики (параметры) зернистого слоя. Движение жидкостей через неподвижные пористые и зернистые слои. Расчет гидравлического сопротивления неподвижного зернистого слоя.

Гидродинамика псевдооживленного зернистого слоя. Определение параметров псевдооживленного слоя (высота, порозность, гидравлическое сопротивление). Скорости начала псевдооживления и уноса частиц, их определение. Пневмо- и гидротранспорт твердых материалов.

1.2 Перемещение жидкостей и газов

Трубопроводы, их устройство. Соединительная, запорная и регулирующая трубопроводная арматура.

Перемещение жидкостей. Основные параметры (характеристики работы) насосов. Напор насоса и его определение. Высота всасывания насоса. Кавитация в насосах. Определение допустимой высоты всасывания.

Классификация насосов. Насосы динамического принципа действия. Конструкции лопастных насосов (центробежных и осевых). Характеристики насосов (зависимости напора, мощности и КПД от

производительности). Характеристика сети. Рабочая точка насоса. Подбор насосов, регулирование их производительности. Насосы объемного принципа действия. Конструкции насосов с возвратно-поступательным движением рабочего органа (поршневых, плунжерных, диафрагменных). Конструкции ротационных насосов (шестеренчатых, пластинчатых, винтовых). Определение производительности насосов объемного принципа действия.

Перемещение, сжатие и разрежение газов. Определение затрат энергии на перемещение и сжатие газов. Поршневые компрессоры и вакуум-насосы. Винтовые, пластинчатые и другие компрессоры и вакуум-насосы объемного принципа действия. Центробежные компрессорные машины: радиальные вентиляторы и турбокомпрессоры. Осевые вентиляторы и компрессоры. Струйные вакуум-насосы. Области применения компрессорных машин различных типов.

1.3 Разделение гетерогенных систем со сплошной жидкой или газовой фазой

Гетерогенные системы, их место и роль в процессах химической технологии. Методы разделения гетерогенных систем, их роль и значение при решении технологических и экологических задач, а также проблем ресурсосбережения. Материальный баланс процесса разделения гетерогенной системы.

Движение тел в жидкости. Сила сопротивления при движении тела в жидкости и ее определение. Разделение в поле действия сил тяжести (отстаивание, гравитационное осаждение). Скорость свободного и стесненного осаждения. Конструкции отстойников. Расчет отстойников (материальный баланс, основные размеры, производительность).

Разделение гетерогенных систем фильтрованием. Классификация осадков, образующихся при фильтровании. Классификация фильтровальных перегородок и рекомендации по их выбору и применению. Основное уравнение фильтрования. Скорость фильтрования, ее зависимость от режимных параметров (перепада давления, температуры), свойств осадка и фильтровальной перегородки. Классификация фильтров. Основные конструкции промышленных фильтров для разделения суспензий и очистки газов от пыли.

Разделение в поле инерционных сил. Центробежное разделение и его разновидности (циклонный процесс и центрифугирование). Центробежный фактор разделения. Циклоны для очистки газов от пыли. Гидроциклоны для разделения суспензий. Классификация центрифуг. Основные конструкции промышленных осадительных и фильтрующих центрифуг и принцип их действия.

Очистка газов в электрофильтрах. Устройство электрофильтров и принцип их действия.

Мокрая очистка газов от пыли. Классификация мокрых пылеуловителей (скрубберов-пылеуловителей), их конструкции и принцип действия.

1.4 Перемешивание в жидких средах

Роль и место процессов перемешивания в химической технологии. Методы перемешивания и области их применения. Перемешивание механическими мешалками. Классификация мешалок и их конструкции. Расчет мощности, потребляемой механической мешалкой. Пневматическое перемешивание. Перемешивание циркуляционными насосами.

2 Тепловые процессы и аппараты

2.1 Основы теплопередачи

Роль и место тепловых процессов и аппаратов в химических производствах. Классификация тепловых процессов. Стационарный и нестационарный теплообмен. Способы переноса тепла: теплопроводность, конвекция, излучение.

Тепловые балансы и основные принципы их составления. Перенос тепла теплопроводностью. Закон Фурье. Конвективный перенос тепла и его механизм. Уравнение теплоотдачи (закон охлаждения Ньютона-Рихмана). Коэффициент теплоотдачи и его физический смысл. Лучеиспускание. Совместный перенос тепла излучением и конвекцией. Тепловое подобие. Критерии теплового подобия и их физический смысл.

Теплоотдача в теплоносителе, не изменяющем своего агрегатного состояния. Теплоотдача при конденсации пара. Теплоотдача при кипении жидкости.

Основное уравнение теплопередачи. Коэффициент теплопередачи и его физический смысл. Взаимосвязь между коэффициентами теплоотдачи и коэффициентом теплопередачи при теплообмене через плоскую и цилиндрическую стенки. Движущая сила теплопередачи (средняя разность температур) и ее расчет.

2.2 Источники тепловой энергии. Промышленные теплоносители и способы подвода и отвода тепла. Теплообменная аппаратура

Источники тепловой энергии. Промышленные теплоносители, их классификация. Требования, предъявляемые к теплоносителям. Нагревающие агенты и способы их применения. Охлаждающие агенты и способы их применения.

Теплообменные аппараты, их классификация. Поверхностные теплообменники (трубчатые, пластинчатые, рубашечные). Смесительные теплообменники. Основные принципы расчетов теплообменников.

2.3 Выпаривание растворов

Назначение процесса. Методы выпаривания (под атмосферным давлением, под вакуумом, под избыточным давлением). Выпарные установки: однокорпусные, многокорпусные, с термокомпрессией вторичного пара.

Материальный баланс выпаривания одно- и многокорпусных выпарных установок. Температура кипения растворов, температурные потери (депрессии) и их определение. Тепловой баланс выпарного аппарата. Тепловой баланс многокорпусной выпарной установки. Общий и удельный расходы греющего пара на выпаривание. Оптимальное число корпусов в многокорпусной выпарной установке. Общая и полезная разность температур при выпаривании. Расчет поверхности теплопередачи выпарного аппарата.

Выпарные аппараты, их классификация. Вертикальные трубчатые выпарные аппараты с направленной (естественной и принудительной) циркуляцией раствора. Вертикальные трубчатые пленочные выпарные аппараты. Роторные пленочные выпарные аппараты. Барботажные выпарные аппараты.

2.4 Искусственное охлаждение

Значение техники низких температур в химической промышленности. Способы получения искусственного холода. Классификация процессов искусственного охлаждения. Хладоагенты и предъявляемые к ним требования. Компрессорные холодильные машины. Абсорбционные холодильные установки.

3 Массообменные процессы и аппараты

3.1 Общие сведения о массообменных процессах

Классификация и общая характеристика массообменных процессов. Роль и место массообменных процессов в химических и смежных производствах, при решении экологических задач.

3.2 Основы массопередачи

Способы выражения состава фаз (концентрации и доли, парциальное давление). Статика процессов массопередачи. Равновесие при массопередаче, линия равновесия. Материальный баланс массообменного процесса и уравнение его рабочей линии. Отображение протекания массообменного процесса линиями равновесия и рабочей на диаграмме x - y . Направление процесса массопередачи.

Скорость массообмена. Перенос вещества молекулярной диффузией. Перенос вещества конвекцией. Конвективный массообмен и его механизм. Уравнение массоотдачи. Диффузионное подобие (подобие процессов массообмена). Диффузионные критерии подобия, их физический смысл.

Уравнение массопередачи. Коэффициент массопередачи и его физический смысл. Взаимосвязь между коэффициентами массоотдачи и коэффициентами массопередачи. Средняя движущая сила массопередачи и ее определение.

Основные принципы расчета массообменных аппаратов. Методы расчета высоты массообменных аппаратов. Высота и число единиц переноса. Теоретическая и действительная тарелки. Эффективность (КПД) тарелки.

3.3 Абсорбция

Общая характеристика процессов абсорбции. Требования к абсорбентам. Физическая абсорбция и хемосорбция. Равновесие между фазами при абсорбции. Закон Генри и его применение для описания равновесия при абсорбции. Влияние температуры и давления на растворимость газов в жидкостях. Десорбция и методы ее проведения.

Материальный баланс абсорбции, уравнение рабочей линии процесса. Минимальный и рабочий расходы абсорбента, их определение. Тепловой баланс абсорбции. Методы отвода тепла при проведении абсорбции.

Классификация абсорберов. Насадочные абсорберы. Виды насадок, их характеристики. Тарельчатые абсорберы. Барботажные тарелки с переливными устройствами (ситчатые, колпачковые,

клапанные). Провальные тарелки (дырчатые, решетчатые). Распылительные абсорберы. Основные принципы расчета абсорберов.

3.4 Дистилляция и ректификация

Сущность процессов дистилляции и ректификации, их роль в химической и смежных отраслях промышленности. Графическое (диаграммы $x-y$ и $t-x, y$) и аналитическое выражение условий равновесия между паром и жидкостью. Простая и фракционная дистилляция (перегонка). Материальный баланс простой дистилляции. Определение среднего состава дистиллята, получаемого при простой дистилляции.

Ректификация, физические основы и особенности процесса. Схема установки непрерывной ректификации бинарной (двухкомпонентной) смеси. Материальный баланс ректификационной установки. Уравнения рабочих линий ректификационной колонны, их построение на диаграмме $x-y$. Определение минимального и рабочего (оптимального) флегмовых чисел. Тепловой баланс ректификационной установки. Основные принципы расчета ректификационных колонн и установок.

Установки специальной ректификации (многокомпонентной, экстрактивной, азеотропной). Конструкции ректификационных колонн.

3.5 Экстракция

Общая характеристика процессов экстракции. Методы проведения жидкостной экстракции и схемы установок для проведения процесса. Материальный баланс жидкостной экстракции.

Классификация жидкостных экстракторов и их конструкции. Экстракция в системах жидкость-твердое тело и аппаратное оформление процесса.

3.6 Адсорбция

Сущность процессов адсорбции и ионного обмена; области их применения. Промышленные адсорбенты и иониты, их основные характеристики и области применения. Равновесие при адсорбции. Десорбция, способы проведения. Материальный баланс адсорбции.

Конструкции и принцип действия адсорберов с неподвижным и псевдооживленным слоем сорбента.

3.7 Термическая сушка

Общая характеристика процесса и его применение. Классификация методов сушки. Виды связи влаги с материалом.

Конвективная сушка. Основные сушильные агенты (воздух, топочные газы) и их свойства. Диаграмма состояния влажного воздуха (диаграмма $I-x$, диаграмма Рамзина) и ее использование для расчетов процессов сушки. Материальный и тепловой балансы конвективной сушки. Основные варианты конвективной сушки (простой сушильный вариант, с частичной рециркуляцией сушильного агента, с промежуточным подогревом, с подогревом по зонам, сушка топочными газами) и их отображение на диаграмме $I-x$. Движущая сила сушки и способы ее выражения. Кинетика сушки. Классификация сушилок. Конструкции конвективных сушилок (камерная, туннельная, ленточная, барабанная, кипящего слоя, распылительная). Конструкции контактных сушилок (барабанная гребковая, вальцовая). Специальные сушилки (радиационная, высокочастотная, сублимационная).

3.8 Кристаллизация

Сущность и способы процесса кристаллизации. Устройство кристаллизаторов. Конструкции кристаллизаторов (барабанный, с псевдооживленным слоем, вальцовый, вакуумный).

3.9 Мембранные процессы и их применение в химической технологии

Сущность и применение мембранных процессов. Полупроницаемые мембраны, их характеристики. Конструкции аппаратов мембранного разделения.

4 Механические процессы и аппараты

4.1 Измельчение твердых материалов

Сущность и назначение измельчения. Механизмы и способы измельчения.

Классификация дробильно-размольного оборудования. Машины для дробления материалов (щечковые, конусные и вальцовые дробилки). Машины для помола материалов (шаровая, барабанная и вибрационная мельницы, молотковая мельница, дезинтегратор, дисмембратор, коллоидная мельница).

4.2 Классификация, дозирование и смешение твердых материалов

Методы классификации (сортировки) материалов. Грохочение, сита и ситовой анализ.

Конструкции грохотов (барабанные, плоские качающиеся, гирационные и вибрационные грохоты). Пневмо- и гидроклассификаторы. Дозаторы и питатели. Смесители твердых материалов.

Примечание: Во время вступительного испытания при подготовке к ответу абитуриенту по его запросу экзаменационной комиссией выдаются необходимые иллюстративные материалы (схемы аппаратов, установок). На указанных схемах допустимы только цифровые или буквенные позиционные обозначения составных частей без их расшифровки, а также стрелки, указывающие направление движения потоков. При использовании иллюстративных материалов абитуриенту запрещается делать на них какие-либо пометки (текстовые, графические и др.).

ЛИТЕРАТУРА

Основная

1. Романков, П. Г. Процессы и аппараты химической промышленности / П. Г. Романков [и др.]: под ред. П. Г. Романкова. – Л.: Химия, 1989. – 559 с.
2. Дытнерский, Ю. И. Процессы и аппараты химической технологии: в 2 ч. Ч. 1. Теоретические основы процессов и аппаратов химической технологии. Гидромеханические и тепловые процессы и аппараты / Ю. И. Дытнерский. – М.: Химия, 1995. – 400 с.
3. Дытнерский, Ю. И. Процессы и аппараты химической технологии: в 2 ч. Ч. 2. Массообменные процессы и аппараты / Ю. И. Дытнерский. – М.: Химия, 2002. – 368 с.
4. Плановский, А. Н. Процессы и аппараты химической и нефтехимической технологии / А. Н. Плановский, П. И. Николаев. – М.: Химия, 1987. – 496 с.
5. Романков, П. Г. Методы расчета процессов и аппаратов химической технологии (примеры и задачи) / П. Г. Романков, В. Ф. Фролов, О. М. Флисюк. – СПб.: Химиздат, 2009. – 542 с.
6. Романков, П. Г. Методы расчета процессов и аппаратов химической технологии (примеры и задачи) / П. Г. Романков [и др.]. – СПб.: Химия, 1993. – 496 с.
7. Основные процессы и аппараты химической технологии: пособие по проектированию / под ред. Ю. И. Дытнерского. – М.: Химия, 1991. – 496 с.
8. Иоффе, И. Л. Проектирование процессов и аппаратов химической технологии / И. Л. Иоффе. – Л.: Химия, 1991. – 352 с.
9. Кувшинский, М. Н. Курсовое проектирование по предмету «Процессы и аппараты химической промышленности» / М. Н. Кувшинский, А. П. Соболева. – М.: Высш. шк., 1980. – 223 с.

Дополнительная

10. Касаткин, А. Г. Основные процессы и аппараты химической технологии / А. Г. Касаткин. – М.: Альянс, 2004. – 751 с.
11. Гельперин, Н. И. Основные процессы и аппараты химической технологии: в 2 кн.– М.: Химия, 1981. – Кн. 1. – 384 с.
12. Гельперин, Н. И. Основные процессы и аппараты химической технологии: в 2 кн.– М.: Химия, 1981. Кн. 2. – 426 с.
13. Плановский, А. Н. Процессы и аппараты химической технологии / А. Н. Плановский, В. М. Рамм, С. З. Каган. – М.: Химия, 1967. – 847 с.
14. Новый справочник химика и технолога. Процессы и аппараты химических технологий: в 3 ч. – СПб.: АНО НПО «Профессионал», 2004. – Ч. 1. – 848 с.
15. Новый справочник химика и технолога. Процессы и аппараты химических технологий: в 3 ч.– СПб.: АНО НПО «Профессионал», 2006. – Ч. 2. – 948 с.
16. Справочник химика: в 7 т. – М.Л.: Химия, 1966. – Т. 5. – 974 с.
17. Циборовский, Я. Основы процессов химической технологии / Я. Циборовский: пер. с польск. – Л.: Химия, 1967. – 719 с.
18. Игнатович, Э. Химическая техника. Процессы и аппараты / Э. Игнатович: пер. с нем. – М.: Техносфера, 2007. – 655 с.
19. Флореа, О. Расчеты по процессам и аппаратам химической технологии / О. Флореа, О. Смигельский: пер. с рум. – М.: Химия, 1971. – 448 с.
20. Бакластов, А. М. Промышленные тепломассообменные процессы и установки / А. М. Бакластов [и др.]; под ред. А. М. Бакластова. – М.: Энергоатомиздат, 1986. – 328 с.
21. Таубман, Е. И. Выпаривание / Е. И. Таубман. – М.: Химия, 1982. – 327 с.
22. Кафаров, В. В. Основы массопередачи / В. В. Кафаров. – М.: Высш. шк., 1979. – 439 с.
23. Рамм, В. М. Абсорбция газов / В. М. Рамм. – М.: Химия, 1975. – 656 с.
24. Александров, И. А. Ректификационные и абсорбционные аппараты / И. А. Александров. – М.: Химия, 1978. – 280 с.
25. Лыков, М. В. Сушка в химической промышленности / М. В. Лыков. – М.: Химия, 1970. – 432 с.
26. Сажин, Б. С. Основы техники сушки / Б. С. Сажин. – М.: Химия, 1984. – 320 с.