

ПРОЦЕССЫ И АППАРАТЫ ХИМИЧЕСКОЙ ТЕХНОЛОГИИ

МАССООБМЕННЫЕ И МЕХАНИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ

◆ ИЗДАТЕЛЬСТВО ТГТУ ◆

Министерство образования и науки Российской Федерации

Тамбовский государственный технический университет

**ПРОЦЕССЫ И АППАРАТЫ
ХИМИЧЕСКОЙ ТЕХНОЛОГИИ**

МАССООБМЕННЫЕ И МЕХАНИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ

Тамбов
◆ Издательство ТГТУ ◆
2004

УДК 66.0(076)
ББК Л113я73-5
П84

Утверждено Редакционно-издательским советом университета

Р е ц е н з е н т

Доктор технических наук, профессор
П.С. Беляев

П84 Процессы и аппараты химической технологии (массообменные процессы): Программа, метод. указания и контр. работы / Сост.: Н.Ц. Гатапова, В.М. Нечаев, А.Н. Пахомов, А.Н. Колиух / Под ред. В.И. Коновалова. Тамбов: Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2004. 20 с.

Даны программа, методические указания и контрольные работы по курсу "Процессы и аппараты химической технологии (массообменные механические процессы)".

Предназначены для студентов специальностей 240801, 220301 заочной формы обучения.

УДК 66.0(076)
ББК Л113я73-5

© Тамбовский государственный
технический университет (ТГТУ),
2004

© Гатапова Н.Ц., Нечаев В.М.,
Пахомов А.Н., Колиух А.Н.,
2004

Учебное издание

ПРОЦЕССЫ И АППАРАТЫ ХИМИЧЕСКОЙ ТЕХНОЛОГИИ

МАССООБМЕННЫЕ И МЕХАНИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ

Методические указания

С о с т а в и т е л и:

ГАТАПОВА Наталья Цибиковна
НЕЧАЕВ Василий Михайлович
ПАХОМОВ Андрей Николаевич
КОЛИУХ Александр Николаевич

Редактор Т.М. Федченко

Инженер по компьютерному макетированию М.Н. Рыжкова

Подписано к печати 20.10.2004
Формат 60 × 84/16. Бумага газетная. Печать офсетная
Гарнитура Times New Roman. Объем: 1,16 усл. печ. л.; 1,12 уч.-изд. л.
Тираж 100 экз. С. 703

Издательско-полиграфический центр
Тамбовского государственного технического университета
392000, Тамбов, Советская, 106, к. 14

ВВЕДЕНИЕ

Дисциплина "Процессы и аппараты химической технологии" предусматривает изучение основных химико-технологических процессов, их физической сущности, теоретических основ, принципиальных схем осуществления этих процессов, конструкций типовых машин и аппаратов и методов их расчета, методов повышения производительности оборудования, способов интенсификации технологических процессов.

Для успешного усвоения этих вопросов студенты должны иметь подготовку в объеме вузовских программ по следующим дисциплинам: высшая математика, общая физика, общая и физическая химия, машиностроительное черчение, теоретическая механика, гидравлика, термодинамика и теплопередача, детали машин и сопротивление материалов, алгоритмические языки и вычислительная техника.

Изучение дисциплины "Процессы и аппараты химической технологии" завершает общеинженерную подготовку студентов и является переходной ступенью к специальным дисциплинам. Курс рассчитан на два семестра и, соответственно, подразделяется на две части. Первая часть включает гидромеханические и тепловые процессы, вторая – массообменные и механические.

Основным руководством при самостоятельном изучении дисциплины студентом-заочником является учебник [1, 2] и задачник [3, 4], структура и объем которых в наибольшей степени согласуются с программой курса, а приведенные в справочных приложениях данные позволяют выполнить контрольные работы и сделать расчеты по лабораторным работам.

Р а з д е л 1 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

ПРОГРАММА

Общая характеристика массообменных процессов. Особенности диффузионных процессов и их классификация по основным признакам (назначение; число и вид взаимодействующих потоков; число компонентов; агрегатное состояние и комбинации взаимодействующих фаз; чистота исходных и конечных продуктов; направление и структура потоков; наличие твердой фазы).

Выбор диффузионного процесса разделения. Технологические особенности, затрудняющие диффузионные процессы разделения. Способы улучшения разделения. Разновидности конструктивного оформления диффузионных процессов разделения. Однократный, дифференциальный и ступенчатый контакт фаз. Аппараты с механическими воздействиями и с наложением энергетических полей. Способы повышения эффективности диффузионных процессов разделения.

Особенности исходных смесей и конечных продуктов, определяющие выбор диффузионных процессов разделения. Способы выражения состава взаимодействующих фаз.

Диффузионное равновесие. Способы и выбор выражения концентраций. Экспериментальные методы изучения равновесия. Способы описания диффузионного равновесия (табличный, графический, аналитический).

Статика. Материальный баланс (общий и по компонентам). Тепловой баланс.

Кинетика и динамика массопереноса. Законы переноса. Градиентный поток. Дифференциальные уравнения диффузии в движущейся и в неподвижной среде. Субстанциональная производная. Оператор Лапласа.

Единые кинетические закономерности (ЕКЗ). Массопередача (теплопередача) на локальном участке поверхности контакта фаз. Общий коэффициент массопередачи и частные коэффициенты массоотдачи. Общий коэффициент теплопередачи и частные коэффициенты теплоотдачи. Их аналогия и различия. Массопередача (теплопередача) по всей поверхности контакта фаз аппарата. Основное уравнение массопередачи.

Уравнения рабочих линий массообменных процессов. Соотношение потоков. Фазовые диаграммы.

Средняя движущая сила (СДС). Число единиц переноса (ЧЕП). Поточные и фазовые диаграммы. Способы вычисления ЧЕП и СДС. Среднеарифметическая и среднегеометрическая СДС.

Структура потоков. Разновидности. Зависимость средней движущей силы от структуры потоков. Сравнение аппаратов с различным направлением и структурой потоков. Достоинства и недостатки. Применение. Выбор направления и структуры потоков.

Расчет диффузионных процессов и аппаратов на базе основного уравнения массопередачи. Расчет диффузионных аппаратов на базе числа единиц переноса. Расчет диффузионных аппаратов на базе числа теоретических тарелок. "Кпд" ступени и его расчет. Расчет диффузионных процессов с твердой фазой. Расчет диффузионных процессов и аппаратов на базе инженерных аппроксимаций кинетических характеристик. Сравнение методов расчета диффузионных аппаратов.

Основы инженерной оптимизации диффузионных процессов и аппаратов. Примеры.

Методические указания

В данном разделе студент должен изучить методы физико-химического разделения газовых, жидких и твердых систем, основанных на переносе массы вещества (диффузии) из одной фазы в другую через границу раздела фаз. Изучение необходимо начинать с общей теории массопередачи, при этом обратить особое внимание на равновесные зависимости массообменных процессов, законы массопереноса, на механизм переноса массы вещества из одной фазы в другую, движущую силу и коэффициенты скорости массообменных процессов. Необходимо четко представлять и уметь изображать фазовую диаграмму любого массообменного процесса, строить на ней рабочую и равновесную линии.

При расчете массообменных процессов уметь составлять материальные и тепловые балансы, хорошо усвоить общие методы расчета основных размеров аппарата с помощью коэффициентов массопередачи, числа единиц переноса и высоты единицы переноса, числа ступеней изменения концентраций, моделирование и оптимизацию этих процессов. Необходимо знать общую схему расчета массообменного аппарата.

Вопросы для самоконтроля

1. Опишите способы выражения состава фаз.
2. Покажите схему расчета материальных балансов массообменных процессов с извлечением вещества из одной фазы в другую, со свободной границей раздела фаз.
3. Сформулируйте первый закон Фика. От чего зависят коэффициент молекулярной диффузии, его физический смысл, примерные значения для жидких и газовых сред?
4. В чем состоят основные различия в переносе вещества молекулярной диффузией и конвективной массоотдачей?
5. Раскройте физический смысл коэффициента массоотдачи.
6. Охарактеризуйте основные модели массопереноса (пленочная, диффузионного пограничного слоя, обновления поверхности фазового контакта).
7. Охарактеризуйте подобие массообменных процессов. Запишите критериальное уравнение массоотдачи для неустановившегося и установившегося процессов массопереноса. Раскройте физический смысл критериев подобия массообменных процессов.
8. Сформулируйте понятие движущей силы массообменных процессов.
9. Рассчитайте необходимую поверхность контакта фаз и диаметр массообменных колонн, выберите скорости сплошной фазы в насадочных и тарельчатых колоннах.
10. Запишите уравнение массопередачи. Покажите связь и различие коэффициентов массопередачи и массоотдачи.

Формат: Список

Удалено:

Удалено:

Удалено:

Удалено:

Раздел 2. МАССООБМЕННЫЕ (ДИФФУЗИОННЫЕ) ПРОЦЕССЫ

ПРОГРАММА

2.1. Абсорбция. Хемосорбция. Десорбция. Сущность и применение. Примеры применения. Диффузионное равновесие при абсорбции. Закон Генри. Влияние давления и температуры. Тепловой эффект. Растворители для абсорбции. Требования к растворителям. Технологические схемы абсорбции. Противоток. Прямоток. Рециркуляция. Схемы и фазовые диаграммы. Абсорбционные установки. Пленочные массообменные аппараты. Режимы работы. Расчет.

Удалено: 1

Удалено: .

Отформатировано

Отформатировано

Удалено: .

Насадочные колонны. Насадки (регулярные, нерегулярные, плавающие), требования. Разбрызгивающие устройства (струйчатые, капельные), требования. Режимы работы насадочных колонн. Расчет. Тарельчатые колонны. Виды тарелок. Режимы работы тарелок. Кпд. Расчет числа тарелок. Распылительные диффузионные аппараты. Механические абсорберы. Режимы работы. Расчет.

Вопросы для самоконтроля

1. Сформулируйте закон Генри и покажите, когда он применим.
2. Запишите материальный баланс процесса абсорбции. Раскройте понятие рабочей линии.
3. Как влияют температура и давление на процессы абсорбции и десорбции?
4. Дайте классификацию абсорбционных аппаратов.
5. Сопоставьте характеристики работы противоточных и прямоточных абсорберов.
6. Сформулируйте назначение насадки и требования, предъявляемые к насадкам.
7. Опишите особенности гидродинамических режимов работы насадочных колонн. Почему насадочные абсорберы работают, как правило, в пленочном режиме?
8. Опишите особенности гидродинамических режимов работы тарельчатых колонн.

Удалено:

Формат: Список

Удалено:

Формат: Список

Удалено:

2.2. Ректификация. Сущность и применение. Диффузионное равновесие при ректификации. Идеальные растворы. Закон Рауля. Уравнение равновесной кривой. Смеси жидкостей: идеальные, нормальные, с отклонениями, с азеотропом, частично растворимые, нерастворимые системы. Примеры. Фазовая диаграмма.

Удалено: .

Возможности ректификационного разделения.

Ректификационная установка непрерывного действия. Схема. Потоки пара и жидкости. Уравнения рабочих линий. Фазовая диаграмма.

Расчет ректификационных колонн. Материальный и тепловой баланс. Расход хладагента в дефлегматоре. Расход теплоносителя в кубе (кипятильнике).

Флегмовое число при ректификации. Минимальное, максимальное и оптимальное флегмовое число. Влияние флегмового числа на размеры колонны и на расходы хладагента и теплоносителя.

Разновидности ректификационных процессов. Ректификация многокомпонентных смесей.

Тарельчатые колонны. Конструкции тарелок (колпачковые, ситчатые, перекрестно-точные, клапанные). Режимы работы тарельчатых колонн. Расчет.

Физико-химические особенности ректификации и конструкции ректификационной аппаратуры. Куб. Дефлегматор.

Вопросы для самоконтроля

1. Сформулируйте законы Рауля и Дальтона. Выведите уравнение равновесия для идеальных смесей.
2. Изобразите ректификационную установку непрерывного действия для разделения бинарной смеси. Укажите все материальные и тепловые потоки.
3. Раскройте назначение дефлегматора и куба ректификационной колонны.
4. Выведите уравнения рабочих линий для верхней и нижней части ректификационной колонны.
5. Постройте равновесную кривую и рабочие линии на фазовой диаграмме. Покажите, как графическим способом можно определить число теоретических тарелок.
6. Как перейти от числа теоретических тарелок к числу действительных тарелок?
7. Сформулируйте назначение флегмы в процессе ректификации? Как определить минимальное и рабочее флегмовое число?
8. Запишите тепловой баланс ректификационной установки и определите расход греющего пара, подаваемого в куб колонны, и расход охлаждающей воды в дефлегматоре.
9. Изобразите схемы установок для экстрактивной и азеотропной ректификации. В каких случаях целесообразно применение этих процессов?
10. В чем сущность молекулярной дистилляции? В каких случаях целесообразно ее применение?

Формат: Список

Удалено:

Удалено:

Удалено:

Удалено: 1

Удалено: .

2.3. Адсорбция. Разновидности. Сущность и применение. Промышленные адсорбенты.

Периодическая адсорбция. Рабочий цикл. Десорбция активных углей, силикагелей и цеолитов. Методы расчета адсорберов. Уравнение Шилова.

Адсорбционные установки непрерывного действия.

Конструкции адсорберов.

Методы расчета адсорбционно- десорбционных колонн.

Вопросы для самоконтроля

1 Приведите примеры промышленных адсорбентов и сформулируйте предъявляемые к ним требования.

Формат: Список

2 Охарактеризуйте равновесие при адсорбции. Раскройте принцип построения изотерм адсорбции.

3 Раскройте особенности кинетики процесса равновесной адсорбции.

4 С помощью какого уравнения можно определить высоту слоя адсорбента?

Удалено:

5 Опишите принцип действия адсорберов периодического и непрерывного действия.

6 Перечислите методы регенерации адсорбентов.

2.4 Сушка. Сущность и применение. Свойства влажного воздуха и диаграмма Рамзина. Изображение на диаграмме основных процессов изменения состояния воздуха. Примеры применения диаграммы.

Удалено .

Диффузионное равновесие при сушке. Виды материалов. Виды связи влаги с материалом. Примеры материалов.

Схемы воздушной конвективной сушки. Материальный и тепловой баланс.

Теоретическая и реальная сушка. Балансные расчеты.

Кинетика сушки. Первый и второй период сушки. Время сушки. Уравнение Лыкова. Расчет сушилок.

Технологические особенности сушки. Усадка. Коробление. Миграция.

Порообразование. Химические превращения. Примеры материалов и процессов.

Основные типы и конструкции сушилок. Классификация. Сушилki для жидкотекучих и пастообразных материалов. Сушилki для зернистых и кусковых материалов. Сушилki для штучных и ленточных материалов.

Вопросы для самоконтроля

1 Перечислите способы сушки. В каких случаях целесообразно применять тот или иной способ?

Формат: Список

2 Охарактеризуйте виды связи влаги с материалом.

Удалено:

3 Назовите параметры влажного воздуха. Покажите, как они определяются по $I-x$ -диаграмме.

Удалено:

4 Изобразите процесс теоретической сушки на $I-x$ -диаграмме.

Удалено:

5 Покажите способы выражения движущей силы процесса сушки.

Удалено:

6 Покажите, как определяется расход воздуха и тепла на конвективную сушку.

Удалено:

7 Изобразите основные виды сушильных процессов (основной вариант, с рециркуляцией части отработанного воздуха, с промежуточным подогревом воздуха): схему установки и процесс изменения состояния воздуха на $I-x$ -диаграмме.

Удалено:

Удалено: -

8 Дайте классификацию сушилок.

Отформатировано

9 Охарактеризуйте специальные виды сушки и перечислите области их применения.

Удалено:

10 Назовите методы интенсификации процессов сушки.

Удалено:

Удалено: -

Методические указания

Отформатировано

Отформатировано

Изучая материал данного раздела необходимо уделить особое внимание сущности и применению конкретных массообменных процессов. Студент должен знать определение процессов и применение в промышленности, принципиальные схемы процессов, материальный баланс, изображение процесса на фазовой диаграмме. Особое внимание следует уделить основным конструкциям массообменной аппаратуры и методам ее расчета.

Удалено .

Р а з д е л 3. МЕХАНИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ:

Отформатировано

ПРОГРАММА

Процессы измельчения и классификации. Физические основы измельчения и дробления. Грубое, среднее, тонкое и коллоидное измельчение. Схемы дробилок и мельниц. Расходуемая мощность.

Процессы классификации. Способы рассева, сепарации, классификации. Схемы оборудования.

Схемы рационального измельчения и классификации. Пути экономии энергии и повышения качества продуктов.

Методические указания

В этом разделе следует уделить внимание физико-механическим основам измельчения, применению механических процессов в химической промышленности. Уметь изображать и объяснять принципиальные схемы измельчающих и классифицирующих машин.

Вопросы для самоконтроля

Удалено: ¶

1. Почему основное правило при проведении процессов измельчения гласит: "Не переизмельчать"?

Формат: Список

2. Опишите конструкции и приведите схемы щековых, конусных и валковых дробилок. В каких случаях применяется та или иная конструкция?

Удалено:

3. Какое оборудование используется для тонкого измельчения?

Удалено:

4. Что понимается под классификацией твердых зернистых материалов?

Удалено:

Удалено: ¶

КОНТРОЛЬНЫЕ РАБОТЫ И КУРСОВОЙ ПРОЕКТ

Целью заданий является развитие у студентов навыка в самостоятельном решении практических задач расчетного и графического характера, закрепление теоретических знаний, выработка умений пользоваться специальной и справочной литературой, методами расчетов основных процессов, типовых аппаратов и машин химических производств.

Задание на курсовой проект и выполняемый вариант контрольной работы выдается индивидуально каждому студенту с указанием необходимой литературы.

Контрольные работы должны быть выполнены аккуратно, в единой системе единиц (СИ), с указанием размерностей всех величин, встречающихся в задании, и подписаны автором на титульном листе.

Контрольная работа должна содержать титульный лист (название кафедры, номер контрольной работы, фамилию, имя, отчество студента, специальность, шифр, название работы, номер варианта, дату); полное изложение задачи с численными данными выполняемого варианта, технологическую схему процесса или эскиз аппарата с указанием направлений движения материальных или тепловых потоков; технологический расчет, подбор рассчитанного аппарата по соответствующему каталогу; эскиз стандартного аппарата с нанесенными на него основными размерами; список используемых источников и приложения (рисунки диаграмм, вспомогательные графики и т.д.).

Графическую часть контрольной работы желательно выполнить на миллиметровой бумаге карандашом, а текстовую часть – на двух сторонах листа с отведенными полями, где преподаватель мог бы отметить обнаруженные ошибки и дать соответствующие указания.

Приступая к выполнению контрольной работы, надо наметить путь решения, разбив задачу на ряд частных вопросов, далее необходимо найти нужные физические константы из справочной литературы.

Для выполнения расчетов необходимо владеть техникой инженерных вычислений, приемами линейного интерполирования табличных данных, а также научиться пользоваться диаграммами и номограммами, уметь правильно находить по ним значения тех или иных величин и оценить точность полученных данных.

Курсовой проект является завершающим этапом изучения курса. Цель курсового проекта – привить студентам навыки самостоятельной работы по расчету и проектированию аппаратуры, ознакомить с ГОСТами, каталогами, справочниками и другими нормативными материалами, научить формулировать и решать конкретные инженерные задачи с помощью ПЭВМ, обосновывать выбор конструктивных материалов, закрепить и расширить знания по теоретическому курсу и подготовить студентов к выполнению

дипломного проекта. При защите курсового проекта студент должен показать, насколько он овладел материалом курса и как он умеет пользоваться своими знаниями при решении практических инженерных задач.

Курсовой проект должен содержать расчетно-пояснительную записку и графическую часть, оформленные с соответствии с СТП ТГТУ 07–97.

Расчетно-пояснительная записка, обычно объемом 40 – 60 страниц рукописного текста, должна содержать: титульный лист; задание на курсовой проект; аннотацию; содержание; введение; основные разделы курсового проекта (согласуются с консультантом курсового проекта: технологический расчет основного аппарата; расчет аппарата выданного на спецразработку; механические расчеты; расчеты всех остальных аппаратов, входящих в технологическую схему; расчет трубопроводов (воздуховодов); расчет гидравлического сопротивления одного из трубопроводов; подбор технологического оборудования по соответствующим ОСТам, ГОСТам, каталогам; заключение; список используемых источников; приложения (при необходимости).

Графическая часть курсового проекта состоит из четырех листов формата А1, содержащих технологическую схему установки; чертеж общего вида основного аппарата с узлами; чертеж общего вида аппарата технологической схемы с узлами, выданного на специальную разработку; компоновку оборудования.

Основные темы курсовых проектов:

1. Трехкорпусная выпарная установка.
2. Ректификационная установка непрерывного действия.
3. Абсорбционная установка непрерывного действия.
4. Адсорбционная установка непрерывного действия.
5. Сушильная установка непрерывного действия.

Контрольная работа № 1

В непрерывнодействующую ректификационную колонну подается G_f (кг/ч) исходной смеси с начальной концентрацией легколетучего компонента X_f (% весовых). Содержание легколетучего компонента в дистилляте X_d (% весовых), в кубовом остатке X_w (% весовых). Давление в колонне атмосферное. Рассчитать диаметр и высоту ректификационной колонны, подобрать колонну по каталогу [15, 16].

Удалено: ¶

Формат: Список

Удалено: Примечание: оптимальное флегмовое число определить, исходя из минимального объема колонны; число действительных тарелок рассчитать методом кинетической кривой; насадочную колонну рассчитать через число единиц переноса и высоту единицы переноса при оптимальном режиме ее работы. ¶

¶
¶
Таблица 1 ¶
Исходные данные ¶

Удалено: –
 Удалено: –
 Отформатировано
 Отформатировано

Примечание: оптимальное флегмовое число определить, исходя из минимального объема колонны; число действительных тарелок рассчитать методом кинетической кривой; насадочную колонну рассчитать через число единиц переноса и высоту единицы переноса при оптимальном режиме ее работы.

Контрольная работа № 2

Рассчитать конвективную сушильную установку непрерывного действия производительностью по влажному материалу G_n (кг/ч) для высушивания влажного материала от начальной влажности C_n (% весовых) до конечной C_k (% весовых). Влажный материал поступает в сушилку с начальной температурой t_n (°C) и выходит с t_k (°C).

Сушка осуществляется горячим воздухом с температурой t_1 (°C). Отработанный воздух выходит с температурой t_2 (°C). Тип сушилки задан в таблице. Место установки сушилки г. Тамбов. Дать технологическую схему установки и процесс сушки изобразить на $I-X$ диаграмме.

В результате расчета сушильной установки определяются:

- производительность сушилки по сухому материалу;
- часовой расход воздуха и тепла на сушку для летних и зимних условий;
- диаметр, длина и высота сушилки;
- ориентировочная поверхность калорифера;
- мощность вентилятора.

2. Исходные данные

№	Тип сушилки	G_n	Материал	C_n	C_k	t_n	t_k	t_1	t_2
1		500	Хлористый барий	5,6	1,2	12	50	100	60
2		600		5,6	1,2	12	50	100	60
3	Барбанная	700		5,6	1,2	12	50	100	60
4		800		5,6	1,2	12	50	100	60
5		900		5,6	1,2	12	50	100	60
6		5000	Силикагель	20	4	15	70	170	80
7		6000		20	4	15	70	170	80
8	Скipping-слоем	7000		20	4	15	70	170	80
9		8000		20	4	15	70	170	80
10		9000		20	4	15	70	170	80
11	Распыл	350	Циано	45	0,5	10	60	160	70

Отформатировано
 Удалено:
 Удалено:
 Отформатировано
 Формат: Список

Удалено: ¶
 Удалено: Таблица
 Удалено: ¶

Отформатировано
 Отформатировано

Отформатировано

Отформатировано

Отформатировано

Отформатировано

Отформатировано

Отформатировано

Отформатировано

Отформатировано

Отформатировано

Отформатировано

Отформатировано

Отформатировано

Отформатировано

Отформатировано

Отформатировано

35	▲	1000 0		15	3,5	10	50	12 0	60
36	▲	1000	Серно- кислый аммоний	4	0,4	10	40	10 0	50
37	▲	2000		4	0,4	10	40	10 0	50
38	▲	3000		4	0,4	10	40	10 0	50
39	▲	4000		4	0,4	10	40	10 0	50
40	▲	5000		4	0,4	10	40	10 0	50
41	▲	100	Циано- уксусно- кислый натрий	40	0,5	20	70	15 0	80
42	▲	200		40	0,5	20	70	15 0	80
43	▲	300		40	0,5	20	70	15 0	80
44	▲	400		40	0,5	20	70	15 0	80
45	▲	500		40	0,5	20	70	15 0	80
46	▲	1000	Сахар- ный пе- сок	3	0,2	10	35	10 0	40
47	▲	2000		3	0,2	10	35	10 0	40
48	▲	3000		3	0,2	10	35	10 0	40
49	▲	4000		3	0,2	10	35	10 0	40
50	▲	5000		3	0,2	10	35	10 0	40
51	▲	1000	Активи- рован- ный уголь	4,5	0,5	15	60	14 0	65
52	▲	2000		4,5	0,5	15	60	14 0	65
53	▲	3000		4,5	0,5	15	60	14 0	65
54	▲	4000		4,5	0,5	15	60	14 0	65
55	▲	5000		4,5	0,5	15	60	14 0	65

Отформатировано

Отформатировано

Отформатировано

Отформатировано

Удалено: -

Удалено: -

Отформатировано

Отформатировано

Отформатировано

Отформатировано

Отформатировано

Отформатировано

Отформатировано

Отформатировано

Удалено: -

Удалено: -

Отформатировано

Продолжение табл. 1

№	Тип су- шилки	C_n	Матери- ал	C_n	C_k	t_n	t_k	t_1	b_2
56	▲	100	Каолин	15 0	0,5	20	60	19 0	80
57	▲	200		15 0	0,5	20	60	19 0	80

Отформатировано

Отформатировано

Отформатировано

4			4000	7,0	95	70		0,5 0	0,5 5	0,3 0
5			5000	8,0	87	72		0,6 0	0,7 0	0,2 8
6			6000	9,0	97	74		0,7 0	0,6 5	0,2 5
7			7000	10,0	88	76	$y = 1,2x$	0,8 0	0,3 5	0,2 3
8			8000	11,0	90	78		0,9 0	0,4 5	0,2 3
9			9000	9,05	96	65		1,0 0	0,4 0	0,2 5
10			10000	6,5	98	67		0,8 5	0,3 0	0,2 8
11			1500	2,0	98	65		0,2 0	0,2 0	0,1 0
12			2500	2,5	95	67		0,3 0	0,3 0	0,1 0
13			3500	3,0	92	68	$y = 0,13x$	0,4 0	0,4 0	0,2 0
14			4500	3,5	90	70		0,5 0	0,5 0	0,2 0
15	Бензол	Масло, молекулярная масса $M_B = 200$	5500	4,0	88	72		0,6 0	0,5 5	0,3 0
16			6500	4,0	91	74		0,7 0	0,4 5	0,3 0
17			7500	2,8	94	76		0,8 0	0,3 5	0,2 5
18			8500	3,8	97	78		0,8 5	0,2 5	0,2 0
19			9500	3,2	96	75		0,9 0	0,2 8	0,2 8
20			10500	2,7	95	71		0,9 5	0,3 8	0,3 5

Отформатировано

Отформатировано

Отформатировано

Отформатировано

Удалено: масло

Отформатировано

Отформатировано

Отформатировано

Продолжение табл. 3

Отформатировано

№	A	B	V	Y_H	α	n	$\frac{Y^*}{f(x)}$	W	$\frac{K}{x}$	P
21	Ацетон	Вода	4000	5,0	98	68	$y = 1,68x$	0,9 0	0,6 0	0,1 0
22			4500	5,6	95	69		0,8 0	0,7 0	0,1 0
23			5000	6,0	94	70		0,7 0	0,8 0	0,1 5
24			5500	7,0	92	71		0,6 0	0,9 0	0,1 7
25			6000	6,5	90	72		1,0 0	0,2 0	0,2 0
26			6500	7,5	88	73		1,1 0	0,3 0	0,2 0

Отформатировано

Отформатировано

27			7000	8,0	96	74		1,2 0	0,5 0	0,1 5
28			7500	8,5	85	75		1,3 0	0,4 0	0,1 0
29			8000	9,0	89	76		1,4 0	0,4 5	0,1 5
30			8500	9,5	91	78		1,5 0	0,3 5	0,1 8
31	Дву- окись серы	вода	1000	5,0	90	65		1,0 0	1,0 0	0,2 0
32			1200	6,0	92	67		1,2 0	0,8 0	0,2 0
33			1400	7,0	94	68	$y = 13,5x$	1,1 0	0,6 0	0,2 0
34			1500	8,0	96	69		0,9 0	0,7 0	0,2 0
35			1600	9,0	91	70		1,0 0	0,5 0	0,2 0
36			2000	4,0	85	75		0,8 0	0,4 0	0,1 6
37			2500	3,0	87	72		0,9 0	0,5 0	0,1 6
38			2700	4,5	88	73	$y = 14x$	1,0 0	0,6 0	0,1 6
39			3000	5,5	90	74		1,1 0	0,7 0	0,1 6
40			3500	6,5	93	76		1,2 0	0,6 5	0,1 6
41	Дву- окись угле- рода	вода	10 000	20,0	95	65		0,1 0	0,2 0	2,0 0
42			15 000	25,0	94	67		0,2 0	0,3 0	2,0 0
43			16 000	27,0	93	68	$y = 150x$	0,1 3	0,4 0	2,0 0
44			12 000	28,0	92	70		0,1 4	0,3 0	2,0 0
45			13 000	30,0	90	72		0,1 0	0,2 0	1,6 0
46			14 000	19,0	96	74		0,1 5	0,3 0	1,6 0
47			11 000	18,0	97	76		0,2 0	0,4 0	1,6 0
48			17 000	17,0	87	78	$y = 170x$	0,1 0	0,2 0	1,6 0
49			18 000	16,0	85	75		0,2 0	0,3 0	1,6 0
50			19 000	15,0	88	76		0,1 3	0,2 5	1,6 0
51	Мети- ловый	вода	1000	5,0	90	60	$y = 1,15x$	1,0 0	0,5 0	0,1 0

Отформатировано

52	спирт		1100	6,0	92	65		1,2 0	0,6 0	0,1 0
53			1200	7,0	94	70		1,4 0	0,7 0	0,1 5
54			1300	8,0	96	75		1,3 0	0,8 0	0,1 6
55			1400	9,0	98	62		1,1 0	0,4 0	0,1 7
56			1500	5,5	85	66		0,8 0	0,4 5	0,2 0
57			2000	4,5	87	68		0,7 0	0,5 5	0,2 0
58			2200	6,5	89	72	$y = 1,1x$	0,6 0	0,6 5	0,2 1
59			2300	5,8	82	74		1,0 0	0,6 0	0,2 2
60	2500	7,1	83	70		1,4 0	0,3 9	0,2 3		

Отформатировано

Отформатировано

Продолжение табл. 3

№	A	B	V	Y _н	α	n	$\frac{Y^*}{f(x)}$	W	$\frac{K}{x}$	P
61	Этило- вый спирт	Вода	2700	4,0	90	69		0,5 0	0,6 0	0,1 0
62			3000	4,5	92	68		0,6 0	0,7 0	0,1 0
63			4000	4,7	94	65		0,7 0	0,8 0	0,1 1
64			5000	4,8	96	67	$y = 8x$	0,8 0	0,9 0	0,1 2
65			6000	5,0	98	70		0,9 0	1,0 0	0,1 3
66			7000	5,2	88	72		0,8 5	0,6 5	0,1 4
67			8000	6,1	83	63		1,0 0	0,4 8	0,1 0
68			9000	6,2	84	64		1,1 0	0,5 8	0,1 0
69	10 000	7,0	85	65	$y = 10x$	1,2 0	0,6 8	0,1 0		
70	8500	7,5	88	68		1,3 0	0,6 0	0,1 0		
71	Серо- во-	вода	2000	10,0	90	69	0,1 0	0,5 0	1,0 0	
72	дород		3000	15,0	92	67		0,2 0	0,6 0	1,0 0
73			4000	12,0	94	65	$y = 48x$	0,1 5	0,7 0	1,0 0
74			5000	13,0	95	70		0,1 2	0,8 0	1,0 0

Отформатировано

Отформатировано

Отформатировано

Отформатировано

Удалено: Серово

Отформатировано

Отформатировано

75			6000	14,0	98	72		0,0 9	0,6 0	1,5 0	
76			7800	16,0	88	74		0,0 8	0,5 0	1,5 0	
77			2500	18,0	86	76		0,0 7	0,5 5	1,5 0	
78			3500	8,0	85	78	$y = 42x$	0,0 8	0,0 5	1,5 0	Отформатировано
79			4500	9,0	89	69		0,0 9	0,6 0	1,5 0	
80			5500	7,0	91	71		0,0 7	0,5 0	1,5 0	
81			10 000	10,0	90	68		0,1 0	0,5 0	0,5 0	
82			10 500	15,0	92	78		0,1 5	0,6 0	0,5 0	
83			10 800	17,0	93	75	$y = 106x$	0,1 8	0,7 0	0,5 0	Отформатировано
84			11 000	11,0	95	76		0,0 8	0,8 0	0,6 0	
85			12 500	12,0	97	73		0,0 9	0,7 5	1,0 0	
86	Хлор	вода	12 000	13,0	98	72		0,0 9	0,8 5	1,0 0	
87			13 000	9,0	89	65		0,0 7	0,9 5	1,1 0	
88			14 000	8,0	87	68	$y = 54x$	0,0 6	0,9 0	1,2 0	Отформатировано
89			15 000	7,0	85	71		0,0 8	0,7 0	1,0 0	
90			16 000	6,0	89	67		0,0 8	0,6 0	1,0 0	
91			2000	3,0	89	65		1,0 0	0,5 0	0,1 0	
92			3000	3,5	88	66		1,1 0	0,6 0	0,1 0	
93			4000	3,7	87	68	$y = 0,15x$	1,2 0	0,7 0	0,1 0	Отформатировано
94		Масло,	5000	3,9	85	70		1,3 0	0,8 0	0,1 0	Удалено: масло
95	Бензол	молекулярная масса	6000	4,2	90	72		1,4 0	0,4 0	0,2 0	
96		$M_v = 150$	7000	4,5	92	74		1,1 0	0,4 5	0,2 0	Отформатировано
97			8000	5,1	94	76	$y = 0,1x$	1,2 0	0,5 0	0,2 0	Отформатировано
98			9000	6,0	96	78		1,3 0	0,5 5	0,2 0	
99			10 000	4,0	98	80		1,4 0	0,4 0	0,2 0	

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Плановский, А.Н. Процессы и аппараты химической и нефтехимической технологии / А.Н. Плановский, П.И. Николаев. М. : Химия, 1987. 496 с.
2. Фролов, В.Ф. Процессы и аппараты химической технологии : лекции по курсу / В.Ф. Фролов. СПб. : Химиздат, 2003. 608 с.
3. Павлов, К.Ф. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии / К.Ф. Павлов, П.Г. Романков, А.А. Носков. Л. : Химия, 1987. 575 с.
4. Романков, П.Г. Методы расчета процессов и аппаратов химической технологии [Примеры и задачи] / П.Г. Романков, В.Ф. Фролов, О.Н. Флисюк, М.И. Курочкина. СПб. : Химия, 1993. 496 с.
5. Основные процессы и аппараты химической технологии : пособие по курсовому проектированию / Под ред. Ю.И. Дытнерского. М. : Химия, 1991. 493 с.
6. Гидромеханические и тепловые процессы : метод. указания к лабораторным работам. Тамбов : ТИХМ, 1989. 55 с.
7. Массообменные процессы : метод. указания к лабораторным работам. Тамбов : Изд-во ТГТУ, 1993. 48 с.
8. Процессы и аппараты химической технологии. Явления переноса, макрокинетика, подобие, моделирование, проектирование : В 2 т. / Под ред. А.М. Кутепова. Т. 1 : Основы теории процессов химической технологии. М. : Логос, 2000. 480 с. Т. 2 : Механические и гидромеханические процессы. М. : Логос, 2001. 600 с.
9. Тимонин, А.С. Основы конструирования и расчета химико-технологического и природоохранного оборудования : справочник / А.С. Тимонин. Калуга : Изд-во Бочкаревой, 2002.
10. Расчет многокорпусной выпарной установки / Сост. Т.В. Павлова. Тамбов : ТИХМ, 1975. 27 с.
11. Расчет ректификационной колонны : метод. рекоменд. / Сост. Т.В. Павлова. Тамбов : ТИХМ, 1979. 32 с.
12. Расчет конвективных сушилок : метод. рекоменд. / Сост. Т.В. Павлова. Тамбов : ТИХМ, 1979. 24 с.
13. Выпарные вертикальные трубчатые аппараты общего назначения: каталог. М. : ЦИНТИхимнефтемаш, 1972. 38 с.
14. Колонные аппараты : каталог. М. : ЦИНТИхимнефтемаш, 1987. 28 с.

Удалено: 1

1

1

Удалено: 1.

Удалено: -

Формат: Список

Удалено: -

Удалено: 2.

Удалено: -

Удалено: -

Удалено: 3.

Удалено: -

Удалено: 4.

Удалено: -

Удалено: -

Удалено: 5.

Удалено: -

Удалено: -

Удалено: 6.

Удалено: -

Удалено: 7.

Удалено: -

Удалено: -

Удалено: 8.

Удалено: -

Удалено: -

Удалено: 9.

Удалено: -

Удалено: 10.

Удалено: 11.

Удалено: -

Удалено: 12.

Удалено: -

Удалено: 13.

Удалено: -

Удалено: 14.

Удалено: -

Удалено: -

Удалено: 15.

Удалено: -

Удалено: -