

**ПРОЦЕССЫ И АППАРАТЫ
ХИМИЧЕСКОЙ ТЕХНОЛОГИИ**

ГИДРОМЕХАНИЧЕСКИЕ И ТЕПЛОВЫЕ ПРОЦЕССЫ

◆ ИЗДАТЕЛЬСТВО ТГТУ ◆

Министерство образования и науки Российской Федерации

Тамбовский государственный технический университет

**ПРОЦЕССЫ И АППАРАТЫ
ХИМИЧЕСКОЙ ТЕХНОЛОГИИ**

ГИДРОМЕХАНИЧЕСКИЕ И ТЕПЛОВЫЕ 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

Процессы и аппараты химической технологии.
Гидромеханические и тепловые процессы: Программа,
метод. указания и контр. работы / Сост.: Н.Ц. Гагапова,
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. Гидромеханические и тепловые процессы".

Предназначены для студентов специальностей 240801, 220301 заочной формы обучения.

УДК 66.0(076)
ББК Л113я73-5

© Тамбовский государственный
технический университет (ТГТУ),
2004

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

Учебное издание

ПРОЦЕССЫ И АППАРАТЫ ХИМИЧЕСКОЙ ТЕХНОЛОГИИ

ГИДРОМЕХАНИЧЕСКИЕ И ТЕПЛОВЫЕ ПРОЦЕССЫ

Методические указания

С о с т а в и т е л и:

ГАГАПОВА 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. 704

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

Предмет и методы дисциплины. История возникновения и развития дисциплины.

Классификация основных технологических процессов и аппаратов.

Разновидности методов проектирования, исследования, описания и расчета ПАХТ. Общие принципы расчета аппаратов химической технологии.

Единые кинетические закономерности (ЕКЗ) основных химико-технологических процессов. Понятие о скорости процесса, движущей силе и сопротивлении. ЕКЗ гидромеханических, тепловых и диффузионных процессов.

Основы теории переноса энергии и вещества: перенос импульса, энергии, массы. Структура дифференциальных уравнений полей скоростей, температур и концентраций в ПАХТ. Субстанциональная производная, локальная и конвективные составляющие. Линейные дифференциальные уравнения полей. Оператор Лапласа. Нелинейные процессы и уравнения переноса и превращения энергии и вещества.

Теория подобия (ТП). 1-я теорема подобия. Получение критериев подобия из дифференциальных уравнений: операция приведения (ОП) дифференциальных уравнений. Критерии гидромеханического подобия.

2-я теорема подобия.

Анализ размерностей (АР) физических величин. Получение критериев подобия методом анализа размерностей. Первичные и вторичные размерности. Критерии гидромеханического подобия. Число критериев.

π -теорема Бэкингема. Достоинства и недостатки получения критериев методами АР и ОП.

Критериальные уравнения. Определяемые и определяющие критерии. Параметрические критерии. Производные и групповые критерии. Критерии-аналоги. Получение явного вида критериальных уравнений обработкой экспериментальных или расчетных данных. Графическая обработка. Статистическая обработка.

Физическое моделирование и эксперимент. Техника физического эксперимента и моделирования. Правила обеспечения подобия в модели и в образце. Аналогия дифференциальных уравнений переноса. Методы аналогии.

Общий порядок расчета ПАХТ. Проектные и поверочные расчеты. Статика, материальные и тепловые балансы. Усреднение движущей силы. Кинетика, частные и общие кинетические коэффициенты скорости переноса. Примеры.

Оптимизация ПАХТ. Критерии оптимизации. Варьируемые параметры. Ограничения. Однокритериальная однопараметрическая оптимизация с неформализованными ограничениями. Примеры инженерной оптимизации ПАХТ.

Методические указания

Изучая материалы первого раздела необходимо уделить особое внимание вопросу классификации химико-технологических процессов, ее основным принципам (по целевому назначению; по физической сущности; по способу организации, выделив особенности и недостатки периодических и непрерывных процессов по: числу фаз и компонентов в технологических аппаратах; числу и направлению взаимодействующих потоков; характеру и структуре движущихся потоков).

Необходимо хорошо представлять основные кинетические закономерности течения процесса, иметь четкое представление о движущей силе и коэффициенте скорости технологических процессов.

Необходимо хорошо усвоить основные положения и сущность теории подобия, принципы моделирования и оптимизации процессов и аппаратов химической технологии и их значение для решения инженерных задач.

Контрольные вопросы

1 Запишите градиентные уравнения вязкого трения, теплопроводности и диффузии. Укажите их аналогию и различия.

2 Охарактеризуйте понятие субстанциональной производной и ее использование в дифференциальных уравнениях полей скоростей, температур и концентраций.

3 Перечислите основные соотношения, замыкающие систему дифференциальных уравнений переноса тепла и массы.

4 Назовите достоинства и недостатки теории подобия.

5 Запишите основные критерии подобия гидродинамических процессов. Поясните их физический смысл. Выделите определяющие и определяемые критерии.

6 Перечислите основные способы моделирования технологических процессов, укажите их сходства и различия, достоинства и недостатки. Приведите примеры их применения.

Раздел 2 ГИДРОМЕХАНИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ

ПРОГРАММА

Виды дисперсных систем. Методы их получения и разделения. Влияние поверхностно-активных веществ.

Гидрокинетика осаждения. Осаждение частиц сложной формы. Осаждение в системах жидкость – жидкость и жидкость – газ. Стесненное осаждение.

Расчет отстойников и осадительных камер. Размеры. Производительность. Пути повышения производительности. Конструкции отстойников для пылей, суспензий и эмульсий. Обеспечение равномерности потоков. Предельные скорости течения.

Циклоны. Фактор разделения. Разновидности циклонов. Гидроциклоны.

Электрофильтры. Достоинства, недостатки, применение. Нарушения режима.

Фильтрация и его применение в промышленности. Примеры. Виды осадков. Фильтрующие перегородки. Рабочий цикл периодических и непрерывных процессов фильтрации. Промывка осадка. Репульсация.

Гидрокинетика фильтрации при постоянном давлении и при постоянном расходе. Уравнение Рутса. Экспериментальное и расчетное определение констант фильтрации. Оптимальное время фильтрации. Максимальная производительность. Оптимизация фильтров.

Конструкции фильтровальной аппаратуры для жидкостей и газов.

Центрифугирование и его применение в промышленности. Примеры. Историческая справка. Разновидности центрифуг и сепараторов. Гидрокинетика центрифугирования. Фактор разделения. Мощность привода центрифуг. Резонанс и балансировка. Техника безопасности. Блокировки.

Перемешивание жидкостей. Конструкции механических мешалок. Критериальные уравнения для расчета мощности. Циркуляционное перемешивание. Пневматическое перемешивание.

Взвешенный слой и его применение в промышленности. Особенности гидродинамики. Расчет. Нарушения режима кипения во взвешенном слое и методы борьбы с ними. Разновидности аппаратов со взвешенным слоем.

Методические указания

При изучении данного раздела необходимо получить четкое представление о неоднородных системах, подвергаемых гидромеханическому разделению, научиться составлять материальный баланс любого процесса разделения, изучить и понять кинетику процессов осаждения, фильтрации, центрифугирования, определять движущую силу этих процессов и сопротивление, изучить критерии гидромеханического подобия.

В процессах осаждения, фильтрации и перемешивания необходимо понять их физическую сущность, принципиальные схемы их проведения, конструкции и методы расчета аппаратуры (осадительных камер, отстойников, фильтров, центрифуг, циклонов, мешалок).

Студент должен уметь изобразить принципиальные схемы аппаратов для гидромеханических процессов разделения с пояснением их основных достоинств и недостатков.

Для закрепления материала данного раздела и приобретения расчетных навыков необходимо решить не менее 2–3 задач по каждому процессу.

Контрольные вопросы

1 Опишите распределение скоростей по сечению потока при ламинарном и турбулентном режимах движения жидкости в круглой трубе. Как определяют расход и среднюю скорость потока?

2 Под действием каких сил могут проводиться процессы осаждения и фильтрации? Приведите примеры соответствующего технологического оборудования.

3 В каких случаях целесообразно применять пылеосадительные камеры, электрофильтры или циклоны для очистки газов от пыли, отстойники или фильтры для разделения суспензий?

4 Как определить скорость осаждения частиц при различных режимах осаждения?

5 Получите уравнение для расчета поверхности осаждения отстойника.

6 Дайте сравнительную характеристику нутч-фильтров, рамных фильтр-прессов и ленточных вакуум-фильтров.

7 Какие фильтры непригодны для очистки влажных газов?

8 Назовите характерные скорости псевдооживающего агента и способы их определения.

9 Предложите возможные области применения псевдооживления. Обоснуйте его преимущества и влияние на качество обрабатываемых продуктов.

Р а з д е л 3 ТЕПЛОВЫЕ ПРОЦЕССЫ

ПРОГРАММА

Тепловые процессы. Разновидности. Одно- и многооперационные тепловые и холодильные процессы. Применение в промышленности.

Теплопроводность. Закон Фурье. Коэффициент теплопроводности. Нестационарная теплопроводность. Пример интегрирования дифференциального уравнения теплопроводности.

Конвективный теплоперенос. Закон Ньютона. Коэффициенты теплоотдачи.

Тепловое излучение. Закон Стефана-Больцмана. Степень черноты. Угловые коэффициенты.

Способы нагрева и охлаждения. Требования к теплоносителям. Нагрев водяным паром. Отвод конденсата и неконденсирующихся газов.

Основное уравнение теплопередачи. Коэффициенты теплоотдачи и теплопередачи. Средняя движущая сила теплопередачи. Температурные графики.

Критериальные уравнения теплоотдачи для процессов без изменения агрегатного состояния и с изменением агрегатного состояния теплоносителя.

Конструкции теплообменников. Поверхностные теплообменники (рекуператоры). Теплообменники с теплоаккумулирующей насадкой (регенераторы). Теплообменники смешения. Достоинства и недостатки. Применение.

Выпаривание и его применение в промышленности. Примеры применения. Физико-химические и технологические свойства растворов. Накипеобразование. Пенообразование.

Полезная разность температур при выпаривании. Виды температурных потерь. Многокорпусное выпаривание. Предельное число корпусов. Экономия тепла при выпаривании. Выпаривание с тепловым насосом.

Конструкции выпарных аппаратов и установок.

Оптимизация выпарных установок. Распределение полезной разности температур по корпусам выпарных установок.

Холодильные процессы. Разновидности. Применение в промышленности и быту. Разновидности хладагентов. Обратный цикл Карно.

Умеренное охлаждение. Холодильный коэффициент. Дросселирование. Парокомпрессионные холодильные машины. Циклы.

Глубокое охлаждение. Детандеры. Особенности рабочих циклов.

Методические указания

Изучение материала этого раздела следует начать с повторения основных положений теплопередачи, необходимо вспомнить типовые случаи теплообмена и научиться критически выбирать расчетную зависимость для определения коэффициентов теплоотдачи, а также знать критерии теплового подобия.

Изучая процессы нагревания, охлаждения и конденсации необходимо обратить внимание на выбор теплоносителей, на схему их движения в теплообменной аппаратуре, характеристики и сравнительные оценки различных теплоносителей. Кроме того, надо уметь составлять тепловой баланс, знать конструкции теплообменников и методы расчета.

По теме "Выпаривание" необходимо уяснить физику изучаемого процесса, изображать принципиальные схемы процессов выпаривания, конструкции выпарного оборудования, знать методику расчета выпарных установок и способы повышения экономичности данного процесса.

При изучении материала, относящегося к холодильным процессам, необходимо ясно представлять термодинамическую сущность получения холода, знать основные схемы холодильных машин как для получения умеренного, так и глубокого холода, уметь строить циклы работы холодильных машин в $T-S$ и $P-I$ диаграммах, рассчитывать холодопроизводительность машины и холодильный коэффициент.

Для закрепления материала данного раздела необходимо решить 3–4 задачи по каждой теме.

Контрольные вопросы

- 1 Получите уравнение теплопередачи при постоянных температурах теплоносителей для многослойной стенки.
- 2 Укажите различия в уравнениях для определения коэффициентов теплоотдачи при вынужденной и естественной конвекции.
- 3 Как можно интенсифицировать процесс теплоотдачи в движущемся потоке, если агрегатное состояние теплоносителя не изменяется?
- 4 Сопоставьте среднюю движущую силу и расход теплоносителя при организации прямоточного и противоточного движения теплоносителей в одном и том же теплообменнике.
- 5 Назовите основные виды промышленных теплоносителей, их достоинства и недостатки.
- 6 Дайте классификацию теплообменников.
- 7 Сравните поверхностные и смесительные теплообменники по интенсивности теплопереноса.
- 8 Запишите уравнения проектного и поверочного расчета теплообменников.
- 9 Назовите конструктивные особенности выпарных аппаратов в отличие от теплообменников.
- 10 В чем различие расчетов средней движущей силы в теплообменниках и в выпарных аппаратах?
- 11 Каким образом и с какой целью организуется циркуляционный контур в выпарных аппаратах?
- 12 Что такое температурные потери и как они рассчитываются?

КОНТРОЛЬНЫЕ РАБОТЫ

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.

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.

Контрольная работа № 1

З а д а ч а № 1. Определить площадь осаждения и расстояние между полками пылеосадительной камеры для очистки V ($\text{м}^3/\text{ч}$) запыленного газа плотностью ρ_0 ($\text{кг}/\text{м}^3$) (расход газа, плотность дана при нормальных условиях). Температура поступающего газа t ($^\circ\text{C}$) и вязкость μ_0 ($\text{Па} \cdot \text{с}$). Эквивалентный диаметр взвешенных в газе частиц d ($\mu\text{м}$), плотность их ρ_T ($\text{кг}/\text{м}^3$). Размеры пылеосадительной камеры: длина L (м), ширина B (м), высота H (м).

При решении задач принять, что действительная скорость осаждения в два раза меньше теоретической.

1 Исходные данные к задаче № 1

№	V	ρ_0	t	$\mu_0 \cdot 10^3$	D	ρ_T	L	B	H
1	100 0	1,0	100	0,02	10	500 0	4,0	2,5	4,1
2	150 0	1,0	120	0,021	10	500 0	4,0	2,0	4,1
3	170 0	1,0	140	0,022	10	500 0	4,0	2,3	3,8
4	190 0	1,0	160	0,023	10	500 0	4,3	2,5	4,1
5	210 0	1,0	180	0,024	10	500 0	4,0	2,5	4,0
6	250 0	1,2	200	0,025	20	450 0	5,1	2,8	5,2
7	270	1,2	220	0,025	20	450	5,2	3,0	5,4

	0					0			
8	290 0	1,2	240	0,028	20	450 0	5,4	3,2	5,6
9	310 0	1,2	260	0,028	20	450 0	5,6	3,4	5,8
10	330 0	1,2	280	0,028	20	450 0	5,8	3,6	6
11	350 0	1,5	300	0,03	25	300 0	6,0	3,7	6,1
12	370 0	1,5	320	0,03	25	300 0	6,1	3,8	6,2
13	390 0	1,5	340	0,032	25	300 0	6,2	3,9	6,3
14	400 0	1,5	360	0,033	25	300 0	6,3	4,1	6,4
15	420 0	1,5	380	0,035	25	300 0	6,4	4,2	6,5
16	440 0	1,5	100	0,025	15	500 0	6,5	4,3	6,6
17	460 0	1,8	100	0,025	15	500 0	6,6	4,4	6,7
18	480 0	1,8	100	0,025	15	500 0	6,7	4,5	6,8
19	500 0	1,8	100	0,025	15	500 0	6,8	4,6	6,9
20	530 0	1,8	140	0,025	15	500 0	6,9	4,7	7,0
21	550 0	1,8	140	0,018	30	250 0	7,0	4,8	7,1
22	570 0	1,7	140	0,018	30	250 0	7,1	4,9	7,2
23	590 0	1,7	140	0,018	30	250 0	7,2	5,0	7,3
24	610 0	1,7	140	0,018	30	250 0	7,3	5,1	7,4
25	630 0	1,7	160	0,018	30	250 0	7,4	5,2	7,5
26	650 0	1,7	160	0,02	30	250 0	7,5	5,3	7,6
27	670 0	1,6	160	0,02	35	280 0	7,6	5,4	7,7
28	690 0	1,6	160	0,02	35	280 0	7,7	5,5	7,8
29	700 0	1,6	160	0,02	35	280 0	7,8	5,5	7,9
30	720 0	1,6	90	0,02	35	280 0	7,9	5,5	7,9

Продолжение табл. 1

№	V	ρ_0	t	$\mu_0 \cdot 10^3$	D	ρ_T	L	B	H
31	740 0	1,3	90	0,015	10	280 0	7,9	5,5	7,9,

32	760 0	1,3	90	0,015	10	400 0	7,9	5,5	7,9
33	790 0	1,3	90	0,015	11	400 0	7,9	5,5	7,9
34	200 0	1,1	90	0,018	11	450 0	3,1	2,0	3,0
35	100 0	1,1	90	0,018	11	450 0	3,1	2,0	2,8
36	150 0	1,1	90	0,018	11	450 0	2,8	2,0	2,8
37	300 0	1,1	80	0,017	12	450 0	4,1	2,8	4,0
38	350 0	1,1	80	0,017	12	430 0	4,5	2,9	4,2
39	300 0	1,3	80	0,017	12	430 0	4,6	2,5	4,1
40	400 0	1,3	80	0,017	12	430 0	4,8	2,9	4,7
41	500 0	1,3	80	0,017	12	430 0	5,0	3,6	5,1
42	600 0	1,3	70	0,015	12	430 0	5,5	3,9	5,5
43	650 0	1,3	70	0,015	13	430 0	5,8	4,0	5,8
44	550 0	1,2	70	0,015	13	410 0	5,3	4,0	5,1
45	450 0	1,2	70	0,015	13	410 0	5,1	3,8	5,0
46	350 0	1,2	70	0,015	13	410 0	4,9	2,8	4,8
47	250 0	1,2	60	0,013	13	410 0	4,5	2,5	4,2
48	230 0	1,2	60	0,013	13	410 0	4,1	2,5	4,0
49	210 0	1,4	60	0,013	13	400 0	4,0	2,3	4,0
50	190 0	1,4	60	0,013	13	400 0	3,8	2,3	3,8
51	180 0	1,4	60	0,013	14	400 0	3,7	2,2	3,7
52	150 0	1,4	100	0,019	14	360 0	3,5	2,3	3,5
53	140 0	1,4	100	0,019	14	360 0	3,2	2,1	3,1
54	120 0	1,4	100	0,019	14	340 0	3,2	2,1	3,1
55	100 0	1,5	150	0,022	14	340 0	3,0	2,0	3,0
56	110 0	1,5	150	0,022	14	320 0	3,5	2,5	3,5
57	130 0	1,5	150	0,022	14	320 0	3,5	2,6	3,4
58	150	1,5	150	0,022	16	310	3,6	2,6	3,6

	0					0			
59	140 0	1,5	200	0,025	16	300 0	3,8	2,7	3,6
60	160 0	1,5	200	0,025	16	305 0	3,9	2,8	3,7
61	170 0	1,5	200	0,025	16	290 0	4,0	2,9	3,9
62	190 0	1,6	200	0,025	16	280 0	4,1	2,8	4,0
63	180 0	1,6	200	0,025	16	270 0	4,2	2,9	4,1
64	210 0	1,6	300	0,028	17	260 0	4,5	3,0	4,1
65	220 0	1,6	300	0,028	17	250 0	4,5	3,0	4,1
66	230 0	1,6	300	0,028	17	240 0	4,7	3,5	4,5
67	240 0	1,6	300	0,028	17	230 0	4,8	3,6	4,7
68	250 0	1,7	300	0,028	18	220 0	4,9	3,8	4,8
69	260 0	1,7	350	0,03	18	210 0	4,9	3,8	4,9
70	270 0	1,7	350	0,03	18	250 0	4,9	3,5	4,5
71	280 0	1,7	350	0,03	18	250 0	4,0	3,0	4,1
72	310 0	1,7	350	0,03	19	260 0	4,2	3,5	4,4

Продолжение табл. 1

№	V	ρ_0	t	$\mu_0 \cdot 10^3$	D	ρ_T	L	B	H
73	320 0	1,8	270	0,029	19	250 0	3,8	3,2	4,2
74	330 0	1,8	270	0,029	19	250 0	4,0	3,5	4,3
75	340 0	1,8	270	0,029	19	240 0	4,2	3,5	4,1
76	350 0	1,8	270	0,029	19	230 0	4,2	3,5	4,0
77	360 0	1,8	270	0,029	20	220 0	4,2	3,6	4,0
78	370 0	1,8	170	0,022	20	210 0	4,5	3,8	4,2
79	370 0	1,0	170	0,022	20	200 0	4,5	3,7	4,3
80	380 0	1,0	170	0,022	21	210 0	4,6	3,9	4,2
81	390 0	1,0	170	0,022	21	220 0	4,6	3,7	4,0
82	400 0	1,1	170	0,022	21	230 0	4,7	3,8	4,9

83	410 0	1,1	140	0,026	22	240 0	4,7	3,9	4,0
84	420 0	1,1	140	0,026	22	250 0	4,7	3,9	4,6
85	430 0	1,2	140	0,026	22	260 0	4,5	3,7	4,5
86	440 0	1,2	140	0,026	23	270 0	4,5	3,8	4,3
87	450 0	1,2	140	0,026	23	280 0	4,5	3,8	4,1
88	460 0	1,3	60	0,017	23	290 0	4,6	3,7	4,2
89	470 0	1,3	60	0,017	30	300 0	4,8	3,8	4,3
90	480 0	1,3	60	0,017	30	300 0	4,9	3,9	4,4
91	490 0	1,4	60	0,017	30	290 0	4,9	4,0	4,5
92	500 0	1,4	70	0,018	40	280 0	5,0	4,1	4,6
93	510 0	1,4	70	0,018	40	270 0	5,0	4,2	4,7
94	520 0	1,4	70	0,018	35	260 0	5,0	4,3	4,8
95	530 0	1,4	80	0,019	35	250 0	5,1	4,4	4,9
96	540 0	1,4	80	0,019	45	240 0	5,1	4,5	4,0
97	550 0	1,5	80	0,019	45	230 0	5,2	4,6	4,1
98	560 0	1,5	90	0,02	40	220 0	5,2	4,7	4,2
99	570 0	1,5	90	0,02	40	230 0	5,2	4,7	4,3

З а д а ч а № 2. В гранулятор – сушилку с кипящим слоем поступает воздух в количестве G (кг/ч), средний диаметр гранулированных частиц в слое d_0 (мм), температура воздуха на входе в сушилку t_0 (°C). Отработанный воздух проходит очистку в циклоне. Рассчитать диаметры сушилки и циклона, а также сопротивление кипящего слоя, если число псевдооживления равно K и плотность частиц слоя ρ_T (кг/м³). Порозность неподвижного слоя принять равной $\varepsilon_0 = 0,4$, а его высоту H_0 (м).

2 Исходные данные к задаче № 2

№	G	d_0	t_0	K	ρ_T	H_0	№	G	d_0	t_0	K	ρ_T	H_0
1	100 0	0,3	20 0	1,7	180 0	0,1 0	45	19 600	2,7	19 0	1,9	230 0	0,2 4
2	150 0	0,3	20 0	1,7	190 0	0,1 0	46	19 700	2,8	19 0	1,9	230 0	0,2 5

← ---

← ---

Продолжение табл. 2

№	G	d_0	t_0	K	ρ_T	H_0	№	G	d_0	t_0	K	ρ_T	H_0
3	200	0,4	20	1,8	190	0,2	47	19	2,9	20	1,6	240	0,2

	0		0		0	0		800		0		0	6
4	230 0	0,4	15 0	1,8	200 0	0,1 5	<u>51</u>	19 900	2,5	20 0	1,7	240 0	0,2 7
5	250 0	0,5	15 0	1,8	200 0	0,1 6	<u>52</u>	10 000	3,0	20 0	1,5	240 0	0,2 8
6	270 0	0,6	15 0	2,0	200 0	0,1 7	<u>53</u>	19 000	3,0	19 0	1,5	250 0	0,2 9
7	290 0	0,5	15 0	2,0	210 0	0,1 8	<u>54</u>	18 000	2,7	18 0	1,4	250 0	0,3 0
8	310 0	0,6	25 0	2,0	220 0	0,1 9	<u>55</u>	17 000	2,5	17 0	1,6	250 0	0,3 1
9	330 0	0,6	25 0	2,0	230 0	0,2 0	<u>56</u>	16 000	2,4	16 0	1,6	240 0	0,3 2
10	350 0	0,6	25 0	2,0	240 0	0,2 1	<u>57</u>	15 000	2,2	17 0	1,7	240 0	0,3 3
11	370 0	0,7	12 0	1,4	250 0	0,2 2	<u>58</u>	14 000	2,0	15 0	1,8	230 0	0,3 4
12	390 0	0,7	12 0	1,4	260 0	0,2 3	<u>59</u>	8000	1,9	14 0	1,9	230 0	0,3 5
13	410 0	0,8	12 0	1,5	270 0	0,2 4	<u>60</u>	2000	0,8	12 0	2,0	220 0	0,3 6
14	420 0	0,8	12 0	1,5	280 0	0,2 5	<u>61</u>	6000	0,7	13 0	2,1	230 0	0,3 7
15	450 0	0,9	12 0	1,5	290 0	0,2 6	<u>62</u>	4200	0,6	11 0	2,2	200 0	0,3 8
16	470 0	0,9	13 0	1,6	300 0	0,2 7	<u>63</u>	1400	0,5	10 0	2,3	200 0	0,3 9
17	490 0	1,0	13 0	1,6	310 0	0,2 8	<u>64</u>	1600	0,5	10 0	2,4	210 0	0,4 0
18	500 0	1,0	14 0	1,7	320 0	0,2 9	<u>65</u>	1700	0,4	10 0	1,5	180 0	0,2 0
19	520 0	1,0	14 0	1,7	330 0	0,3 0	<u>66</u>	1800	0,4	12 0	1,6	180 0	0,2 1
20	540 0	1,2	15 0	1,8	340 0	0,3 1	<u>67</u>	1900	0,5	13 0	1,6	180 0	0,2 2
21	560 0	1,3	15 0	1,8	350 0	0,3 2	<u>68</u>	2000	0,5	14 0	1,6	190 0	0,2 3
22	580 0	1,4	16 0	1,9	360 0	0,3 3	<u>69</u>	2100	1,0	15 0	1,7	180 0	0,2 4
23	600 0	1,5	16 0	1,9	300 0	0,3 4	<u>70</u>	2200	1,0	16 0	1,8	190 0	0,2 5
24	620 0	1,6	17 0	2,0	250 0	0,3 5	<u>71</u>	2300	0,5	17 0	1,9	190 0	0,2 6
25	640 0	1,7	17 0	2,0	250 0	0,3 6	<u>72</u>	2400	0,5	18 0	1,8	170 0	0,2 7
26	660 0	1,8	18 0	2,1	260 0	0,3 7	<u>73</u>	2500	0,3	19 0	1,8	170 0	0,2 8
27	680 0	1,9	18 0	2,2	260 0	0,3 8	<u>74</u>	2600	0,4	20 0	1,7	170 0	0,2 9
28	10 900	2,0	19 0	2,3	270 0	0,3 9	<u>75</u>	2700	0,6	21 0	1,7	200 0	0,3 0
29	10 000	2,5	19 0	2,4	280 0	0,4 0	<u>76</u>	2800	0,7	22 0	1,8	210 0	0,3 1

← | --- **Формат:** Список

8	1,00	1,9	2300	1,30	0,7	1500	170	1,7	1300
9	1,20	2,0	2400	1,25	0,8	1450	180	1,8	1450
10	1,30	2,1	2500	1,35	0,9	1350	190	1,9	1250
11	1,40	2,2	2600	1,40	1,0	1250	200	2,0	1200
12	1,50	2,3	2700	1,10	0,8	1150	190	2,1	1100
13	1,40	2,4	2800	1,25	0,9	1100	180	2,2	1100
14	1,30	2,5	1200	1,30	1,0	950	170	2,3	1000
15	1,20	2,6	1300	1,20	0,8	900	160	2,4	1100
16	1,30	2,7	1400	1,00	0,7	850	150	2,5	1150
17	1,10	2,8	1500	0,95	0,6	800	140	2,6	1200
18	1,00	2,9	1800	0,95	0,6	750	130	2,7	1200
19	0,90	3,0	1900	0,85	0,6	700	140	2,8	1300
20	0,80	3,1	2000	0,75	0,5	650	170	2,9	1400
21	0,70	3,2	2100	0,65	0,5	600	180	3,0	1450

Продолжение табл. 3

№	D	d	ρ_T	L	D_1	n	n_1	$\frac{\mu_0 \cdot 1}{0^3}$	ρ_0
22	0,60	3,3	2200	0,70	0,6	680	190	3,0	1370
23	0,50	3,4	2300	0,80	0,7	780	200	3,1	1270
24	0,55	3,5	2400	0,90	0,8	880	210	3,2	1230
25	0,65	3,6	2500	1,00	0,8	980	210	3,3	1200
26	0,75	3,7	2600	1,20	0,9	1080	220	3,4	1100
27	0,85	3,8	2700	1,30	0,9	1100	220	3,5	1150
28	0,95	3,9	2800	1,00	0,8	1200	210	3,6	1250
29	1,05	4,0	2900	1,10	0,8	1300	220	3,7	1200
30	1,15	4,1	3000	0,90	0,7	1400	230	3,0	1100
31	1,20	4,2	2850	0,80	0,6	1500	240	3,1	1050
32	1,25	4,3	2950	0,70	0,6	1000	250	3,2	1070
33	1,30	4,4	2750	0,60	0,5	1100	240	3,3	1000
34	0,50	4,5	1300	0,50	0,6	1200	100	1,5	1100
35	0,60	3,5	1400	0,70	0,8	1300	150	1,6	1200
36	0,70	3,6	1450	0,90	0,9	1400	130	1,7	1250
37	0,80	3,7	1550	1,10	1,1	1500	140	1,8	1350
38	0,90	3,8	1500	0,90	1,0	1400	150	1,9	1300
39	1,00	3,9	1600	0,80	0,9	1300	170	2,0	1300
40	1,10	2,0	1650	0,70	0,8	1200	200	2,1	1350
41	1,20	2,1	1700	1,10	1,0	1100	220	2,2	1250
42	1,30	2,2	1750	1,20	1,2	1000	230	2,3	1200
43	1,40	2,3	1800	1,30	1,3	900	240	2,4	1100
44	1,50	2,4	1850	1,00	1,0	800	250	2,5	1200
45	1,25	2,5	1900	0,90	0,9	800	260	2,6	1300
46	1,35	2,6	1950	0,80	0,9	700	220	2,7	1400
47	1,45	2,7	2000	0,70	0,8	900	210	2,8	1350
48	1,25	2,8	2100	0,60	0,7	800	250	2,9	1250
49	1,15	2,9	2150	0,50	0,6	800	260	3,0	1150
50	1,00	3,0	2200	0,55	0,6	700	210	3,1	1120

51	0,95	3,1	2250	0,65	0,7	800	200	3,2	1350
52	0,85	3,2	2300	0,75	0,8	600	190	3,3	1390
53	0,75	3,3	2350	0,85	0,9	500	180	3,4	1420
54	0,65	3,4	2400	0,95	1,0	550	170	3,5	1280
55	0,55	3,5	2450	0,45	0,6	650	160	3,6	1270
56	1,20	3,6	2500	0,90	1,0	850	150	3,7	1350
57	1,30	3,7	2550	1,00	1,2	950	230	3,2	1420
58	1,40	3,8	2600	1,20	1,3	1050	240	3,1	1500
59	1,50	3,9	2650	1,20	1,3	1200	250	3,0	1550
60	1,20	4,0	2100	1,00	1,1	1300	230	2,8	1350
61	1,10	4,1	2200	1,00	1,1	1100	220	2,7	1300
62	0,90	4,2	2300	0,80	0,9	1000	210	2,6	1400
63	0,80	4,0	2400	0,70	0,8	900	200	2,5	1250

Продолжение табл. 3

№	D	d	ρ_r	L	D_1	n	n_1	$\mu_0 \cdot 10^3$	ρ_0
64	0,50	1,0	1800	0,40	0,5	1200	200	2,4	1300
65	0,60	1,2	1700	0,40	0,4	1100	210	2,6	1200
66	0,70	1,1	1800	0,50	0,5	1300	220	2,7	1100
67	0,80	1,3	1700	0,60	0,7	1300	210	2,8	1000
68	0,90	1,4	1600	0,70	0,8	1200	200	2,9	1150
69	1,00	1,5	1700	0,80	0,9	1300	190	3,0	1250
70	1,10	1,6	1500	0,90	1,0	1100	180	3,1	1250
71	1,20	1,7	1400	1,00	1,0	1000	170	3,2	1450
72	0,55	1,8	1700	0,50	0,6	1400	190	3,3	1200
73	0,65	1,9	1800	0,60	0,7	1350	200	3,4	1300
74	0,75	2,0	2000	0,70	0,8	1500	230	3,5	1400
75	0,85	2,1	1900	0,80	0,9	1450	220	3,6	1450
76	0,95	2,2	1950	0,90	1,0	1350	240	3,7	1350
77	1,10	2,3	1850	0,90	1,0	1450	210	3,8	1250
78	1,20	2,4	1750	1,00	1,0	1400	190	1,2	1200
79	1,30	2,5	1650	1,10	1,1	1350	180	1,3	1150
80	1,00	2,6	1550	0,80	0,8	1300	170	1,4	1100
81	0,90	2,7	1450	0,70	0,7	1250	160	1,5	1000
82	0,80	2,8	1350	0,60	0,6	1200	150	1,6	1000
83	0,70	2,9	1250	0,50	0,5	1100	140	1,7	1000
84	0,60	3,0	1300	0,40	0,5	1000	140	1,8	1000
85	0,50	3,1	1400	0,40	0,5	900	150	1,9	1100
86	0,40	3,2	1500	0,40	0,5	800	160	2,0	1100
87	0,45	3,3	1600	0,40	0,5	700	170	2,1	1200
88	0,55	3,4	1700	0,50	0,6	800	180	2,2	1300
89	0,65	3,5	1800	0,60	0,7	550	190	2,3	1400
90	0,75	3,6	1900	0,70	0,8	650	200	2,4	1250
91	0,85	3,7	2000	0,80	0,9	750	210	2,5	1350
92	0,95	3,8	2100	0,90	1,0	850	220	2,6	1450
93	1,00	3,9	2200	1,00	1,0	950	230	2,7	1350
94	1,10	1,5	2300	1,00	1,0	1000	240	2,8	1300
95	1,20	1,6	2400	1,10	1,1	1100	250	2,9	1100
96	0,50	2,3	1560	0,70	0,8	600	200	1,5	1200
97	0,60	2,4	1760	0,80	0,9	700	210	1,6	1300

Задача № 4. На фильтре периодического действия, работающем в режиме постоянного давления, за время τ_{ϕ} (ч) получено с 1 м^2 поверхности фильтра V_F (м^3) фильтрата. После окончания процесса фильтрования осадок промывается водой при температуре t ($^{\circ}\text{C}$) в количестве $V_{\text{пр}}$ (м^3) на 1 м^2 поверхности фильтра. Определить время промывки осадка, если скорость промывки в n раз меньше скорости фильтрования в конечный момент. Сопротивлением ткани пренебречь.

4 Исходные данные к задаче № 4

№	$V_F \cdot 10^3$	τ_{ϕ}	t	$V_{\text{пр}} \cdot 10^3$	n	№	$V_F \cdot 10^3$	τ_{ϕ}	t	$V_{\text{пр}} \cdot 10^3$	n
1	5	0,2 0	15	2,5	1,5	51	32	0,90	16	12,0	3,0
2	6	0,3 0	20	3,0	1,5	52	34	0,90	16	17,0	3,2
3	7	0,4 0	25	3,0	2,0	53	42	2,10	15	20,0	3,4
4	8	0,5 0	30	4,5	2,0	54	44	2,20	15	21,0	4,6
5	9	0,6 0	35	4,5	2,5	55	52	2,50	12	25,0	3,8
6	10	0,7 0	40	5,2	2,5	56	54	2,50	12	25,0	4,0
7	11	0,8 0	45	5,5	2,9	57	56	3,00	13	28,0	4,1
8	12	0,9 0	50	5,8	2,3	58	58	3,00	13	27,0	4,2
9	13	1,0 0	55	6,0	2,4	59	60	3,50	11	30,0	4,4
10	14	1,2 0	60	6,2	2,5	60	62	4,00	11	30,0	4,6
11	15	1,4 0	70	6,4	2,6	61	64	4,00	10	31,0	4,8
12	16	1,6 0	65	7,5	2,7	62	66	4,00	10	32,0	3,5
13	17	1,7 0	75	7,8	2,8	63	4	0,10	50	2,0	1,1
14	18	1,8 0	15	8,0	2,9	64	5	0,20	60	2,5	1,2
15	19	1,9 0	18	9,0	3,0	65	6	0,25	70	3,0	2,0
16	20	2,0 0	20	10,0	3,1	66	7	0,35	80	3,5	2,0
17	21	2,1 0	22	10,0	3,2	67	8	0,45	25	4,0	2,0
18	22	2,2 0	24	10,5	3,3	68	9	0,55	30	4,5	2,5
19	23	2,4 0	26	11,0	3,4	69	10	0,65	35	5,0	2,5
20	24	2,6 0	28	12,0	3,5	70	11	0,75	40	5,5	2,5
21	25	2,7 0	30	12,0	2,1	71	12	0,85	45	6,0	3,0

22	26	2,8 0	32	12,0	2,2	72	13	0,95	43	6,5	3,0
23	27	2,9 0	34	13,0	2,3	73	14	1,00	47	7,0	3,0
24	28	3,0 0	36	13,5	2,4	74	15	1,10	49	7,5	2,7
25	29	3,0 0	38	14,5	2,5	75	16	1,20	52	8,0	2,7
26	30	2,5 0	40	15,0	2,6	76	18	1,40	54	8,5	2,7
27	31	2,5 0	42	15,0	2,7	77	19	1,60	56	9,0	2,9
28	32	2,6 0	44	15,0	2,8	78	20	1,80	58	10,0	2,9
29	33	2,6 0	46	15,0	2,9	79	22	2,00	60	11,0	2,9
30	34	3,1 0	48	16,0	3,0	80	24	2,10	62	12,0	3,0
31	35	3,1 0	50	16,0	3,0	81	26	2,20	63	13,0	3,0
32	45	3,2 0	52	21,0	3,2	82	28	2,40	65	14,0	3,1
33	50	3,4 0	54	25,0	3,2	83	30	2,60	67	15,0	3,1
34	55	3,5 0	56	25,0	3,0	84	32	2,80	68	16,0	3,2
35	60	3,6 0	58	30,0	3,5	85	34	3,00	70	17,0	3,2
36	65	3,7 0	60	30,0	4,0	86	36	3,00	72	18,0	3,4
37	70	3,8 0	62	35,0	4,0	87	38	3,10	74	19,0	3,4

Продолжение табл. 4

№	$V_F \cdot 10^3$	τ_ϕ	t	$V_{np} \cdot 10^3$	n	№	$V_F \cdot 10^3$	τ_ϕ	t	$V_{np} \cdot 10^3$	n
38	75	3,9 0	64	35,0	4,5	88	40	3,20	15	20,0	3,5
39	80	4,0 0	66	40,0	4,5	89	42	3,40	17	21,0	3,5
40	85	4,1 0	68	45,0	4,5	90	44	3,30	19	22,0	3,7
41	90	4,2 0	80	50,0	4,7	91	46	3,50	21	23,0	3,7
42	95	4,3 0	10	50,0	4,8	92	48	3,70	23	24,0	3,9
43	10	0,5 0	12	5,0	1,5	93	50	3,90	25	25,0	3,9
44	20	0,8 0	14	10,0	1,8	94	52	4,00	27	25,0	4,0

45	15	0,7 0	16	7,0	2,0	95	53	2,90	29	27,0	4,0
46	16	0,7 0	18	8,0	2,1	96	55	3,90	30	28,0	2,3
47	17	0,7 0	20	8,5	2,2	97	57	4,90	33	29,0	2,3
48	20	0,4 0	20	10,0	2,4	98	59	3,50	35	30,0	2,5
49	21	0,6 0	18	10,0	2,6	99	60	3,60	37	31,0	2,5
50	22	0,6 0	18	10,0	2,8						

Контрольная работа № 2

Рассчитать методом последовательных приближений двухкорпусную выпарную установку для упаривания водного раствора щелочи от X_n (масс %) до конечной X_k (масс %) производительностью по исходному раствору G_n (кг/час). Давление пара, подаваемого на обогрев первого корпуса, P (ата). Вторичный пар из последнего корпуса направляется на конденсацию в противоточный барометрический конденсатор смешения, где конденсируется при остаточном давлении $P_{ост}$ (мм рт. ст.). Охлаждающая вода поступает в конденсатор при температуре 12 °С и уходит с температурой 40 °С. В первый корпус выпарной установки раствор поступает при температуре кипения. Полезную разность температур распределить по корпусам, исходя из равных поверхностей нагрева корпусов. Поверхности не должны отличаться больше чем на 5 %. Дать технологическую схему установки.

Определить:

- часовую производительность по упаренному раствору;
- часовой расход греющего пара;
- поверхность нагрева выпарного аппарата;
- расход охлаждающей воды в барометрическом конденсаторе;
- диаметр и высоту барометрической трубы.

По полученным данным по каталогу или справочнику [7, 9] подобрать необходимый выпарной аппарат (привести эскиз аппарата и основные размеры).

5 Исходные данные

№	Рас- т-	X_n	X_k	G_n	P	$P_{ост}$	№	Рас- т-	X_n	X_k	G_n	P	$P_{ост}$
1	NaOH	8	3	7000	6,5	120	51	NaOH	10	40	5000	5,5	150
2	NaOH	8	3	7500	6,6	120	52	NaOH	10	40	6000	5,5	140
3	NaOH	8	3	8000	6,7	120	53	NaOH	10	40	7000	5,5	130
4	NaOH	8	3	8500	6,8	120	54	NaOH	10	40	8000	5,5	120
5	NaOH	8	3	9000	6,9	120	55	NaOH	10	40	9000	5,5	110
6	NaOH	8	3	9500	7,0	120	56	NaOH	10	40	10000	6,1	130
7	NaOH	8	3	10000	7,1	120	57	NaOH	10	40	11000	6,2	130
8	NaOH	8	3	10	7,2	120	58	NaOH	10	40	12	6,3	130

	H		0	500				H			000		
9	NaO H	8 0	3 0	11 000	7,3	120	59	KO H	10 40	13 000	6,4	130	
10	NaO H	8 0	3 0	11 500	7,4	120	60	KO H	10 40	14 000	6,5	130	
11	KO H	6 0	3 0	7000	5,1	140	61	NaO H	15 40	4500	5,7	110	
12	KO H	6 0	3 0	8000	5,2	140	62	NaO H	15 40	5000	5,8	110	
13	KO H	6 0	3 0	9000	5,3	140	63	NaO H	15 40	5500	5,9	110	
14	KO H	6 0	3 0	10 000	5,4	140	64	NaO H	15 40	6000	6,0	110	
15	KO H	6 0	3 0	11 000	5,5	140	65	NaO H	15 40	6500	6,1	110	
16	KO H	6 0	3 0	12 000	5,6	140	66	NaO H	15 40	7000	6,2	120	
17	KO H	6 0	3 0	13 000	5,7	140	67	NaO H	15 40	7500	6,3	120	
18	KO H	6 0	3 0	14 000	5,8	140	68	NaO H	15 40	8000	6,4	120	
19	KO H	6 0	3 0	15 000	5,9	140	69	NaO H	15 40	8500	6,5	120	
20	KO H	6 0	3 0	16 000	6,0	140	70	NaO H	15 40	10 000	6,0	110	
21	NaO H	1 0	3 5	2000	5,5	120	71	KO H	15 40	10 500	6,1	120	
22	NaO H	1 0	3 5	3000	5,6	120	72	KO H	15 40	11 000	6,2	130	
23	NaO H	1 0	3 5	4000	5,7	120	73	KO H	15 40	11 500	6,3	140	
24	NaO H	1 0	3 5	5000	5,8	120	74	KO H	15 40	12 000	6,4	150	
25	NaO H	1 0	3 5	6000	5,9	120	75	KO H	15 40	12 500	6,5	160	
26	NaO H	1 0	3 5	7000	6,0	110	76	KO H	15 40	13 000	6,6	150	
27	NaO H	1 0	3 5	8000	6,1	110	77	KO H	15 40	13 500	6,7	140	
28	NaO H	1 0	3 5	9000	6,2	110	78	KO H	15 40	14 000	6,8	130	
29	NaO H	1 0	3 5	10 000	6,3	110	79	KO H	15 40	14 500	6,9	120	
30	NaO H	1 0	3 5	11 000	6,4	110	80	KO H	15 40	15 000	7,0	110	
31	KO H	8 2	3 2	4500	5,1	160	81	NaO H	10 30	6000	6,6	130	
32	KO H	8 2	3 2	5000	5,2	160	82	NaO H	10 30	7000	6,8	130	
33	KO H	8 2	3 2	5500	5,3	160	83	NaO H	10 30	8000	6,7	130	

34	КО Н	8 2	3 2	6000	5,4	160	84	NaO Н	10	30	9000	6,9	130
35	КО Н	8 2	3 2	6500	5,5	160	85	NaO Н	10	30	10 000	7,0	130
36	КО Н	8 2	3 2	7000	5,6	150	86	NaO Н	10	30	11 000	7,1	150
37	КО Н	8 2	3 2	7500	5,7	150	87	NaO Н	10	30	12 000	7,2	140

Продолжение табл. 5

№	Рас- т-	X _н	X _к	G _н	P	P _{ост}	№	Рас- т-	X _н	X _к	G _н	P	P _{ост}
38	КО Н	8 2	3 2	8000	5,8	150	88	NaO Н	10	30	13 000	7,3	130
39	КО Н	8 2	3 2	8500	5,9	150	89	NaO Н	10	30	14 000	7,4	120
40	КО Н	8 2	3 2	9000	6,0	150	90	NaO Н	10	30	15 000	7,5	110
41	NaO Н	1 0	4 0	4000	7,0	110	91	КО Н	10	30	5500	5,3	150
42	NaO Н	1 0	4 0	5000	7,0	120	92	КО Н	10	30	6000	5,4	140
43	NaO Н	1 0	4 0	6000	7,0	130	93	КО Н	10	30	6500	5,5	130
44	NaO Н	1 0	4 0	7000	7,0	140	94	КО Н	10	30	7000	5,6	120
45	NaO Н	1 0	4 0	8000	7,0	150	95	КО Н	10	30	7500	5,4	110
46	NaO Н	1 0	4 0	9000	7,1	120	96	КО Н	10	30	8000	5,7	140
47	NaO Н	1 0	4 0	10 000	7,2	120	97	КО Н	10	30	8500	5,8	130
48	NaO Н	1 0	4 0	11 000	7,3	120	98	КО Н	10	30	9000	5,9	120
49	NaO Н	1 0	4 0	12 000	7,4	120	99	КО Н	10	30	9500	6,0	110
50	NaO Н	1 0	4 0	13 000	7,5	120							

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 Гидромеханические и тепловые процессы : метод. указания к лабораторным работам. Тамбов : ТИХМ, 1989. 55 с.

Удалено: 1.

Удалено: -

Удалено: -

Удалено: 2.

Удалено: -

Удалено: -

Удалено: 3.

Удалено: -

Удалено: -

Удалено: 4.

Удалено: -

Удалено: -

Удалено: 6.

Удалено: -

6 Процессы и аппараты химической технологии. Явления переноса, макрокинетика, подобие, моделирование, проектирование / Под ред. А.М. Ку-тепова. М. : Логос, 2000. Т. 1 : Основы теории процессов химической технологии, 480 с. Т. 2 : Механические и гидромеханические процессы, 600 с.

Удалено: 8.

7 Тимонин, А.С. Основы конструирования и расчета химико-технологического и природоохранного оборудования : справочник /

Удалено: -

Удалено: -

Удалено: --

А.С. Тимонин. Калуга : Изд-во Бочкаревой, 2002.

Удалено: 9, 10.

8 Расчет многокорпусной выпарной установки / Сост. Т.В. Павлова. Тамбов : ТИХМ, 1975, 27 с.

Удалено: 11.

9 Выпарные вертикальные трубчатые аппараты общего назначения : каталог, М. : ЦИНТИхимнефтемаш, 1972, 38 с.

Удалено: .

Удалено: -

Удалено: 14.

Удалено: -

Удалено: -