

Министерство образования Российской Федерации
Тамбовский государственный технический университет

ПРОЦЕССЫ И АППАРАТЫ ПИЩЕВЫХ ПРОИЗВОДСТВ

Часть I

ГИДРОМЕХАНИЧЕСКИЕ И ТЕПЛОВЫЕ ПРОЦЕССЫ

Программа, методические указания и
контрольные работы
для студентов заочного отделения
специальности 170600

Тамбов • Издательство ТГТУ • 2002

УДК 66.0 (076)
ББК Л81-5я73
П78

Утверждено редакционно-издательским советом университета

Рецензент

Доктор технических наук, профессор
С. И. Дворецкий

П78

Процессы и аппараты пищевых производств: В 2 ч.
Гидромеханические и тепловые процессы: Программа, метод.
указания и контр. работы / Сост.: В. А. Набатов, А. Б. Мозжухин, Е. А.
Сергеева. Тамбов: Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2002. Ч. I. 12 с.

Даны программа и методические указания по изучению гидромеханических и тепловых процессов курса "Процессы и аппараты пищевых производств", контрольные работы и рекомендуемая литература для студентов заочного отделения специальности 170600.

УДК 66.0 (076)
ББК Л81-5я73

© Тамбовский государственный
технический университет (ТГТУ), 2002

ПРОЦЕССЫ И АППАРАТЫ ПИЩЕВЫХ ПРОИЗВОДСТВ

Часть I

**ГИДРОМЕХАНИЧЕСКИЕ И
ТЕПЛОВЫЕ ПРОЦЕССЫ**

• Издательство ТГТУ •

Учебное издание

ПРОЦЕССЫ И АППАРАТЫ ПИЩЕВЫХ ПРОИЗВОДСТВ

Часть I

ГИДРОМЕХАНИЧЕСКИЕ И ТЕПЛОВЫЕ ПРОЦЕССЫ

Программа, методические указания и контрольные работы

Составители:

Набатов Вячеслав Александрович,
Мозжухин Андрей Борисович,
Сергеева Елена Анатольевна

Редактор В. Н. Митрофанова

Компьютерное макетирование И. В. Евсеевой

ЛР № 020851 от 13.01.99 г. Плр № 020079 от 28.04.97 г.

Подписано к печати 7.03.2002.

Гарнитура Times New Roman. Формат 60×84/16. Бумага газетная. Печать офсетная.

Объем: 0,7 усл. печ. л.; 0,6 уч.-изд. л.

Тираж 50 экз. С. 166.

Издательско-полиграфический центр ТГТУ
392000, Тамбов, Советская, 106, к. 14

ВВЕДЕНИЕ

По дисциплине "Процессы и аппараты пищевых производств" студенты изучают основные процессы пищевых производств, их физическую сущность, теоретические основы, принципиальные схемы осуществления этих процессов, конструкции типовых машин и аппаратов и методы их расчета, методы повышения производительности оборудования, способы интенсификации технологических процессов, вопросы передовой российской и зарубежной техники, сведения по эксплуатации машин и аппаратов пищевых производств.

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

Процессы и аппараты пищевых производств завершают общеинженерную подготовку студентов и являются переходной ступенью к изучению специальных дисциплин. Дисциплина рассчитана на два семестра и, соответственно, подразделяется на две части. Первая часть включает в себя гидромеханические и тепловые, вторая – массообменные и механические процессы и аппараты.

Студенты специальности 170600 выполняют четыре контрольных работы, восемь лабораторных работ и курсовой проект.

Основной литературой по дисциплине является учебник [1], задачки [6, 7] и пособия по курсовому проектированию [8, 9].

Часть I ГИДРОМЕХАНИЧЕСКИЕ И ТЕПЛОВЫЕ ПРОЦЕССЫ

Раздел 1 Общие положения: история возникновения и развития дисциплины, классификация и кинетические закономерности основных процессов пищевых производств, общие принципы расчета аппаратов и машин, теория подобия, моделирование и принципы оптимизации процессов пищевых производств.

Изучая материалы первого раздела, необходимо уделить особое внимание вопросу классификации процессов пищевых производств по основным принципам, основному кинетическому закону течения любого процесса, иметь четкое представление о движущей силе любого процесса и коэффициенте скорости.

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

Раздел 2 Гидромеханические процессы: классификация газовых и жидких неоднородных систем, подлежащих физико-механическому разделению, материальный баланс, основные законы гидрокинетики, процессы осаждения, фильтрования, псевдооживления, перемешивания в жидкой среде.

При изучении данного раздела необходимо иметь четкое представление о неоднородных системах, подвергаемых гидромеханическому разделению, уметь составлять материальный баланс любого процесса разделения, изучить и понять кинетику процессов осаждения, фильтрования, псевдооживления, уметь определять движущую силу этих процессов и сопротивление, знать критерии гидромеханического подобия.

В процессах осаждения, фильтрования 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 с пояснением основных достоинств и недостатков принципиальные схемы конструкций аппаратов для гидромеханических процессов, пути их совершенствования.

Для закрепления материала данного раздела и приобретения расчетных навыков необходимо решить не менее 2-3 задач по каждому процессу [6, 7].

Раздел 3 Тепловые процессы: основы теплопередачи, основное уравнение теплопередачи и движущая сила тепловых процессов, нестационарная теплопроводность, охлаждение, нагревание, конденсация, выпаривание и холодильные процессы.

Проработку и 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. Необходимо знать закон передачи тепла теплопроводностью, дифференциальное уравнение теплопроводности при установившемся и неустановившемся тепловом режиме.

Изучая процессы нагревания, охлаждения и конденсации, необходимо обратить внимание на правильный выбор теплоносителей, на схему движения их в теплообменной аппаратуре.

При рассмотрении принципиальных схем нагрева, охлаждения и конденсации нужно не только правильно изображать их, но и уметь оценить с точки зрения преимуществ и недостатков, областей применения. Кроме этого, надо уметь составлять тепловой баланс, изображать конструкции теплообменника и знать методы его расчета.

По теме "Выпаривание" необходимо уяснить физику изучаемого процесса, изображать принципиальные схемы процессов выпаривания, 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 умеренного холода, уметь строить циклы их работы на $T-S$ и $P-I$ диаграммах, рассчитывать холодопроизводительность машин и холодильный коэффициент.

Для закрепления материала данного раздела необходимо решить 3-4 задачи по каждой теме [6, 7].

Контрольные вопросы. По каждому вопросу студент должен составить краткий конспект и представить преподавателю перед зачетно-экзаменационной сессией.

- 1 История возникновения и развития дисциплины.
- 2 Классификация процессов и аппаратов пищевых производств по целевому назначению, по физической сущности, по принципу действия, по направлению и характеру движения материальных потоков.
- 3 Кинетические закономерности процессов пищевых производств. Коэффициент скорости и движущая сила процессов.
- 4 Общие принципы расчета процессов и аппаратов.
- 5 Сущность теории подобия. Условия однозначности, подобие условий однозначности.
- 6 Теоремы подобия. Операция приведения дифференциальных уравнений. Критерии гидромеханического подобия. Критериальные уравнения.
- 7 Принципы моделирования и оптимизации химико-технологических процессов.
- 8 Кинетика фильтрования через слой зернистого материала. Сопrotивление фильтрованию. Критериальное уравнение для ламинарного режима фильтрования.
- 9 Кинетика осаждения. Критериальное уравнение для ламинарного режима осаждения под действием силы тяжести.
- 10 Осаждение в реальных аппаратах и их отличие от идеальных условий осаждения.
- 11 Взвешенный слой, условия образования, перепад давления в слое, кривая псевдооживления.
- 12 Критериальное уравнение для расчета критической скорости псевдооживления при ламинарном режиме. Скорость начала уноса, рабочая скорость, число псевдооживления.
- 13 Диаграмма взвешенного слоя и задачи, решаемые с ее помощью.
- 14 Классификация неоднородных систем. Материальный баланс гидромеханических процессов.
- 15 Отстаивание. Расчет и конструкции отстойников. Преимущества и недостатки отстойников.
- 16 Центробежное осаждение, суть процесса. Разделение неоднородных систем в циклонах. Конструкции и расчет циклонов.
- 17 Отстойное центрифугирование. Фактор разделения и индекс производительности.
- 18 Классификация и конструкции отстойных центрифуг.
- 19 Электроосаждение, суть процесса. Конструкции и расчет электрофильтров.
- 20 Мокрая очистка газов.
- 21 Фильтрование. Фильтрующие материалы, требования к ним. Виды осадков.
- 22 Фильтрование при постоянном давлении и постоянной скорости. Кинетические уравнения. Определения констант фильтрования опытным путем.
- 23 Классификация фильтрующей аппаратуры. Конструкции и расчет газовых фильтров.
- 24 Конструкции и расчет жидкостных фильтров периодического и непрерывного действия. Время фильтрования.
- 25 Центробежное фильтрование. Изменение скорости центробежного фильтрования, перепад центробежного давления.
- 26 Конструкции и расчет фильтрующих центрифуг.
- 27 Перемешивание в жидкой среде. Виды и основные характеристики перемешивания.
- 28 Критериальное уравнение для расчета мощности мешалок. Конструкции мешалок и их расчет.
- 29 Тепловые процессы. Основное уравнение теплопередачи.
- 30 Закон Фурье. Дифференциальное уравнение теплопроводности. Расчет нестационарного процесса теплопроводности.

- 31 Методика расчета теплообменного аппарата.
- 32 Виды промышленных теплоносителей и требования к ним.
- 33 Нагрев водяным паром. Схема, тепловой баланс, назначение конденсатоотводчика.
- 34 Нагрев дымовыми газами. Схемы, тепловой баланс.
- 35 Нагрев жидкими промежуточными теплоносителями. Схемы, тепловой баланс.
- 36 Охлаждение до температур окружающей среды. Схема, тепловой баланс.
- 37 Конденсация поверхностная и смешением. Схема, тепловой баланс.
- 38 Расчет барометрического конденсатора смешения.
- 39 Классификация и конструкции теплообменной аппаратуры.
- 40 Выпаривание. Сущность процесса. Основные свойства растворов.
- 41 Температура кипения растворов и способы ее расчета.
- 42 Основные части выпарного аппарата и их назначение.
- 43 Потери полезной разности температур и способы их расчета.
- 44 Схемы выпарных установок для однократного и многократного выпаривания.
- 45 Материальный и тепловой балансы для однократного и многократного выпаривания.
- 46 Распределение полезной разности температур по корпусам выпарной установки.
- 47 Предельное и оптимальное число корпусов в выпарных установках.
- 48 Метод расчета выпарных установок.
- 49 Классификация и конструкции выпарных аппаратов.
- 50 Холодильные процессы. Термодинамическая сущность получения холода. Холодильный коэффициент.
- 51 Изохнтальпическое и изоэнтропическое расширение предварительно сжатых газов.
- 52 Парокомпрессионные холодильные машины: схема, цикл и расчет.
- 53 Абсорбционные холодильные машины.
- 54 Транспорт холода и элементы холодильных машин.

КОНТРОЛЬНЫЕ РАБОТЫ

Целью заданий является развитие у студентов навыков в самостоятельном решении практических инженерных задач, закрепление теоретических знаний, выработка умений пользоваться методами расчетов основных процессов, типовых аппаратов и машин пищевых производств.

Студенты выполняют две контрольные работы: № 1, состоящей из 4 задач, и № 2 (одна задача).

Контрольные работы выполняются в единой системе единиц (СИ) с указанием размерности всех величин, встречающихся в задаче. Работа должна быть подписана студентом.

Номер варианта студент выбирает по номеру в журнале лабораторных и практических занятий из таблицы данных, составленных к каждой задаче.

Контрольная работа должна содержать титульный лист (номер работы, фамилия, имя, отчество студента, номер группы, шифр, название работы, вариант, дату), полное изложение текста задачи со своими данными, схему процесса или аппарата с указанием направления течения материальных потоков, расчет, эскиз аппарата с основными размерами.

Графическую часть работы желательно выполнять на миллиметровой бумаге карандашом, а текстовую часть – чернилами на двух сторонах листа с отведенными полями, где преподаватель мог бы отмечать обнаруженные ошибки и давать соответствующие указания.

Приступая к выполнению контрольной работы, надо наметить путь решения, разбив задачу на ряд частных вопросов, записать нужные расчетные уравнения (формулы), далее найти и выписать нужные константы из справочной литературы.

Для выполнения расчетов необходимо владеть вычислительной техникой, а также научиться пользоваться диаграммами и номограммами для правильного нахождения по ним значений тех или иных величин.

Контрольная работа № 1 [6, 7]

Задача 1 Определить допустимый расход запыленного воздуха в кг/ч, проходящего через пылеосадительную камеру следующих размеров: длина L , м, ширина B , м, расстояние между полками h , м, количество полок n . В камере должно быть обеспечено осаждение частиц пыли диаметром d , мкм, плотностью ρ_m , кг/м³, средняя температура воздуха t_c , °С. Действительную скорость осаждения принять в z раз меньше теоретической. Как можно обеспечить осаждение частиц в камере при увеличении расхода газа? Дать схему пылеосадительной камеры.

Таблица 1

Вариант	L	B	h	n	d	ρ_m	t_c	z
1	4,0	2,5	150	30	10	5500	400	1,5
2	5,1	3,2	170	28	20	5000	450	1,6
3	8,1	4,3	180	35	30	4500	380	1,7
4	7,2	5,4	190	38	35	4000	100	1,8
5	6,3	6,1	200	26	31	3500	350	1,9
6	5,4	2,8	110	45	25	3000	80	2,0
7	4,5	3,9	130	41	15	2500	270	2,1
8	3,6	3,2	140	26	11	2000	130	2,2
9	7,7	6,9	150	34	8	5900	90	2,3
10	6,6	5,4	160	32	28	2900	300	2,4
11	5,5	3,9	170	27	32	3300	190	2,5
12	4,4	2,9	145	31	16	1500	250	2,6
13	3,3	2,4	125	25	21	5000	170	2,7

14	7,5	6,1	165	39	33	1700	250	2,8
15	6,5	3,9	145	43	12	4350	60	2,9
16	5,5	4,2	175	40	17	2100	210	3,0
17	4,5	3,3	140	32	26	5200	230	2,9
18	3,5	3,1	130	24	36	3200	60	2,8
19	2,8	2,1	110	21	23	4900	200	2,7
20	7,3	6,8	185	46	19	5900	440	2,6
21	6,4	5,1	155	29	9	4100	330	2,5

Продолжение табл. 1

Вариант	L	B	h	n	d	ρ_m	t_c	z
22	5,8	4,5	135	23	29	3900	110	2,4
23	4,9	4,2	125	38	14	5400	150	2,3
24	3,4	3,1	120	33	31	2600	30	2,2
25	8,3	7,1	210	41	7	3300	500	2,1
26	7,2	6,5	205	47	37	2300	420	2,0
27	6,1	5,3	195	22	14	4800	130	1,9
28	5,0	4,3	145	27	24	3150	390	1,8
29	4,9	4,1	135	37	34	1800	140	1,7
30	3,8	3,5	115	32	27	2600	160	1,6

Задача 2 В сушилку кипящего слоя диаметром D , м, поступает воздух при температуре t , °С. Диаметр гранулированных частиц в слое d , мм. Отработанный воздух проходит очистку в циклоне. Рассчитать массовый расход воздуха, поступающий в сушилку, диаметр циклона, а также мощность вытяжного вентилятора, если создаваемое им давление будет затрачиваться на преодоление сопротивлений взвешенного слоя и циклона. Число псевдооживления равно K и плотность частиц слоя ρ_r , кг/м³. Порозность неподвижного слоя принять равной 0,4, а высоту его H_0 . Дать схему установки.

Таблица 2

Вариант	D	t	d	K	ρ_r	H_0	Вариант	D	t	d	K	ρ_r	H_0
1	1,1	100	0,3	2,9	3600	0,41	16	1,6	25	1,8	1,8	3200	0,26
2	2,2	110	3,2	1,4	1100	0,12	17	2,7	260	2,9	2,1	2300	0,27
3	1,3	120	2,5	2,8	1500	0,43	18	1,8	270	3,5	1,9	1400	0,38
4	2,4	130	1,6	1,6	2500	0,24	19	2,9	280	2,1	2,5	2500	0,39
5	1,5	140	0,7	2,7	3800	0,45	20	2,0	290	3,2	1,4	1600	0,20
6	2,6	150	3,8	1,8	1600	0,26	21	3,1	300	1,1	3,0	3700	0,31
7	1,7	160	2,9	2,6	1300	0,37	22	2,2	310	2,4	1,6	2800	0,22
8	2,8	170	1,0	2,0	2400	0,18	23	3,3	320	0,5	2,8	3900	0,43
9	1,9	180	1,9	2,5	1500	0,29	24	2,4	330	1,6	1,5	3000	0,17
10	3,0	190	2,2	1,5	2600	0,20	25	1,5	340	3,7	2,6	2100	0,35
11	2,1	200	3,3	2,4	1700	0,31	26	2,6	350	0,8	1,9	4200	0,16
12	3,2	210	1,4	1,6	3900	0,22	27	1,7	360	2,9	2,9	1300	0,37
13	2,3	220	2,5	2,3	1900	0,33	28	2,8	370	2,3	1,8	2400	0,38
14	1,4	230	0,6	1,7	4000	0,14	29	1,9	380	1,9	2,4	3500	0,29
15	2,5	240	3,7	2,2	2100	0,45	30	3,0	390	3,2	1,7	1600	0,40

Задача 3 В кристаллизаторе диаметром D , м с пропеллерной мешалкой осуществляется процесс кристаллизации водного раствора. Образовавшаяся суспензия с температурой 50 °С поступает в отстойную автоматическую центрифугу. Определить производительность центрифуги по питанию, принимая, что фугат по своим свойствам близок к воде, средний диаметр осаждаемых частиц d , мкм, плотностью ρ_r , кг/м³. Параметры центрифуги: длина барабана L , м, диаметр борта барабана D_1 , м, частота вращения n , об/мин, кпд центрифуги – 0,6, цикл работы центрифуги – 20 мин, подача суспензии – 18 мин. Определить также мощность, потребляемую мешалкой кристаллизатора, если она совершает n_1 оборотов в минуту, вязкость перемешиваемой среды μ_c , Па·с и плотность ρ_c , кг/м³. Как изменится производительность центрифуги при уменьшении температуры поступающей суспензии? Дать схему установки.

Таблица 3

Вариант	D	d	ρ_r	L	D_1	n	n_1	$\mu_c \cdot 10^3$	ρ_c
---------	-----	-----	----------	-----	-------	-----	-------	--------------------	----------

Т									
1	0,5	1,5	1800	0,5	0,4	700	100	1,0	1000
2	0,6	1,0	1800	0,6	0,4	800	110	1,5	1100
3	0,5	1,8	1900	0,7	0,5	900	120	1,2	1200
4	0,6	1,5	1900	0,8	0,6	1000	130	1,3	1300
5	0,7	1,6	2000	0,9	0,4	1200	140	1,4	1250
6	0,8	1,7	2100	1,0	0,5	1300	150	1,5	1350
7	0,9	1,8	2200	1,2	0,6	1400	160	1,6	1400
8	1,0	1,9	2300	1,3	0,7	1500	170	1,7	1300
9	1,2	2,0	2400	1,25	0,8	1450	180	1,8	1450
10	1,3	2,1	2500	1,35	0,9	1350	190	1,9	1250
11	1,4	2,2	2600	1,4	1,0	1250	200	2,0	1200
12	1,5	2,3	2700	1,1	0,8	1150	190	2,1	1100
13	1,4	2,4	2800	1,25	0,9	1100	180	2,2	1100
14	1,3	2,5	1200	1,3	1,0	950	170	2,3	1000
15	1,2	2,6	1300	1,2	0,8	900	160	2,4	1000
16	1,3	2,7	1400	1,0	0,7	850	150	2,5	1100
17	1,1	2,8	1500	0,95	0,6	800	140	2,6	1150
18	1,0	2,9	1800	0,95	0,6	750	130	2,7	1200
19	0,9	3,0	1900	0,85	0,5	700	140	2,8	1200
20	0,8	3,1	2000	0,75	0,5	650	170	2,9	1300
21	0,7	3,2	2100	0,65	0,5	600	180	3,0	1400
22	0,6	3,3	2200	0,7	0,6	680	190	3,0	1450
23	0,5	3,4	2300	0,8	0,7	780	200	3,1	1375
24	0,55	3,5	2400	0,9	0,8	880	210	3,2	1270
25	0,65	3,6	2500	1,0	0,8	980	210	3,3	1230
26	0,75	3,7	2600	1,2	0,9	1080	220	3,4	1200
27	0,85	3,8	2700	1,3	0,9	1100	220	3,5	1100
28	0,95	3,9	2800	1,0	0,8	1200	210	3,6	1150
29	1,05	4,0	2900	1,1	0,8	1300	220	3,7	1250
30	1,15	4,1	3000	0,9	0,7	1400	230	3,0	1200

Задача 4. Найти общее количество фильтрата в кг, полученного в конце процесса фильтрования суспензии при $\Delta p = \text{const}$ на рамном фильтрпрессе, состоящем из n рам размером 800×800 мм. Скорость промывки в z раз меньше скорости фильтрования в конечный момент времени. Константы фильтрования K , $\text{м}^2/\text{с}$ и C , $\text{м}^3/\text{м}^2$. Время промывки осадка $\tau_{\text{пр}}$, ч, количество промывной жидкости $V_{\text{пр}}$, л. Учесть, что промывка идет по линии основного фильтрата. Принять, что фильтрат по своим свойствам близок к воде. Как изменится скорость фильтрования при увеличении температуры поступающей суспензии? Дать схему рамного фильтрпресса.

Таблица 4

Вариант	n	z	$K \cdot 10^5$	$C \cdot 10^2$	$\tau_{\text{пр}}$	$V_{\text{пр}}$
1	10	1,1	6,4	1,4	10,5	1800
2	20	1,2	5,1	1,1	9,5	2700
3	30	1,3	3,2	1,3	11,5	3900
4	40	1,4	4,3	1,2	8,5	1400
5	15	1,5	5,2	1,5	7,5	2600
6	25	1,6	9,1	1,6	6,5	3500
7	35	1,7	8,5	1,7	2,5	2100
8	45	1,8	7,4	1,8	3,5	1200
9	12	1,9	4,4	1,9	4,5	2300
10	22	2,0	3,3	2,5	2,6	1150
11	32	2,1	4,0	6,4	5,9	3550
12	42	2,2	6,7	5,1	4,2	1250
13	14	2,3	3,4	3,2	3,1	2320
14	24	2,4	2,9	4,3	6,1	3450
15	34	2,5	7,8	5,2	7,1	2650
16	44	2,6	1,4	9,1	9,1	3750
17	11	2,7	1,1	8,5	10,1	4850
18	21	2,8	1,3	7,4	12,0	5950
19	31	2,9	1,2	4,4	5,2	2510
20	41	3,0	1,5	3,3	3,9	1620
21	13	2,9	1,6	4,0	4,7	2730
22	23	2,8	1,7	6,7	9,4	3840
23	33	2,7	1,8	3,4	10,6	4910

4	43	2,6	1,9	2,9	2,8	1170
25	26	2,5	2,5	7,8	6,1	2280
26	16	2,4	6,4	6,7	4,8	3390
27	36	2,3	5,1	5,6	7,6	4410
28	46	2,2	3,2	4,1	8,1	3770
29	37	2,1	4,3	3,4	10,8	4660
30	27	2,0	5,2	2,3	2,9	1440

Контрольная работа № 2 [8, 9]

Рассчитать методом последовательных приближений двухкорпусную выпарную установку для упаривания водного раствора от начальной концентрации X_n до конечной X_k , %, масс. производительностью по исходному раствору G_n , т/ч. Давление пара, подаваемого на обогрев первого корпуса P , МПа. 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 (найденные поверхности не должны отличаться больше, чем на 5 %). Дать технологическую схему установки.

В расчете определяются:

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

По полученным данным по каталогу [14] подобрать необходимый выпарной аппарат (привести эскиз аппарата и основные размеры).

Таблица 5

Вариант	Раствор	X_n	X_k	G_n	$P \cdot 10$	$P_{ост}$	Вариант	Раствор	X_n	X_k	G_n	$P \cdot 10$	$P_{ост}$
1	NaOH	6	30	12,0	7,5	160	16	Na ₂ CO ₃	15	34	12,0	7,0	180
2		7	40	17,0	7,4	210	17		11	18	10,0	4,5	100
3		8	20	10,0	7,3	190	18		14	30	8,0	7,5	100
4		9	27	9,0	3,2	105	19		8	34	6,0	6,5	130
5		10	32	8,0	7,1	140	20		13	20	14,0	5,5	120
6		11	25	7,0	7,0	135	21		10	30	16,0	6,5	260
7		12	34	6,0	6,9	130	22		6	30	18,0	3,5	110
8	KOH	13	33	15,0	5,8	250	23	NaCl	15	25	20,0	6,5	170
9		14	32	4,5	6,7	170	24		6	25	25,0	6,0	200
10		15	35	5,5	6,6	115	25		14	21	30,0	5,0	160
11		14	28	6,5	4,3	110	26		9	20	35,0	4,0	140
12		12	40	7,5	5,9	105	27		13	25	40,0	3,5	106
13		10	32	8,5	5,7	190	28		7	25	4,5	7,5	300
14		8	35	9,5	7,5	118	29		12	18	7,5	4,5	290
15		6	30	14,5	5,1	123	30		7	15	9,5	5,5	230

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Стабников В. Н., Лысянский В. М., Попов В. Д. Процессы и аппараты пищевых производств. М.: Агропромиздат, 1985. 510 с.
- 2 Кавецкий Г. Д., Королев А. В. Процессы и аппараты пищевых производств. М.: ВО "Агропромиздат", 1991. 432 с.
- 3 Липатов Н. Н. Процессы и аппараты пищевых производств. М.: Экономика, 1987. 272 с.
- 4 Касаткин А. Г. Основные процессы и аппараты химической технологии. М.: Госхимиздат, 1971. 784 с.
- 5 Плановский А. Н., Николаев П. И. Процессы и аппараты химической и нефтехимической технологии. М.: Химия, 1987. 496 с.
- 6 Процессы и аппараты пищевых производств: Примеры и задачи / А. П. Ни-колаев, А. С. Марценюк, Л. В. Зоткина и др. Киев: Вища шк., 1992. 232 с.
- 7 Павлов К. Ф., Романков П. Г., Носков А. А. Примеры и задачи по курсу ПАХТ. Л.: Химия, 1987. 575 с.
- 8 Лунин О. Г., Вельтищев В. Н., Березовский Ю. М. и др. Курсовое и дипломное проектирование технологического оборудования пищевых производств. М.: Агропромиздат, 1988. 321 с.
- 9 Процессы и аппараты химической технологии / Под ред. Ю. И. Дытнерского. М.: Химия, 1983. 272 с.
- 10 Расчет многокорпусной выпарной установки: Метод. указ. / Сост.: Т. В. Павлова. Тамбов: Тамб. ин-т хим. маш. 1978. 27 с.
- 11 Гидромеханические и тепловые процессы: Лабор. работы / Сост.: Т. В. Пав-лова, В. А. Набатов, Ю. И. Пахомов, В. И. Астафьев. Тамбов: Тамб. ин-т хим. маш. 1989. 55 с.

- 12 Тепловые процессы: Метод. рекомендации / Сост.: С. Ф. Гребенников, Е. И. Пре-ображенский. Тамбов: Тамб. ин-т хим. маш. 1977. 44 с.
- 13 Процессы и аппараты пищевых производств: Лабор. практикум / Под общей редакцией В. Н. Стабникова. Киев: Вища шк., 1986. 175 с.
- 14 Выпарные вертикальные трубчатые аппараты общего назначения: Каталог. М.: ЦИНТИхимнефтемаш, 1972. 38 с.
- 15 Справочник химика. Т. III. "Химическое равновесие и кинетика. Свойства растворов. Электродные процессы". Л.: Химия, 1964. 1008 с.
- 16 Зайцев И. Д., Асеев Г. Г. Физико-химические свойства бинарных и многокомпонентных растворов неорганических веществ: Справочное издание. М.: Химия, 1988. 438 с.
- 17 Общий курс процессов и аппаратов химической технологии: Учеб. для вузов / В. Г. Айнштейн, М. К. Захаров, Г. А. Носов и др. М.: Химия, 1999. 1760 с.
- 18 Процессы и аппараты пищевых производств / М. С. Аминов, М. С. Мурадов, Э. М. Аминова. М.: Колос, 1999. 503 с.
- 19 Процессы и аппараты. Основы расчета и конструирования машин и аппаратов: Учеб. пособие / В. Е. Ионин, С. Г. Аббасов. М.: 1998. 69 с.
- 20 Харламов С. В. Практикум по расчету и конструированию машин и аппаратов пищевых производств: Учеб. пособие для вузов. Л.: Агропромиздат, 1991. 256 с.
- 21 Остапчук Н. В. Основы математического моделирования процессов пищевых производств: Учеб. пособие для вузов. 2-е изд., перераб. и доп. Киев: Вища шк., 1991. 338 с.
- 22 Автоматика и автоматизация пищевых производств: Учеб. пособие для вузов / М. М. Благовещенская и др. М.: Агропромиздат, 1991. 239 с.
- 23 Лабораторный практикум по процессам и аппаратам пищевых производств: Учеб. пособие для вузов // Н. Н. Бабьев, А. С. Васильева, А. С. Гинзбург и др. / Под ред. А. С. Гинзбурга. 3-е изд., перераб. и доп. М.: Агропромиздат, 1990. 256 с.