

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**КЕМЕРОВСКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ  
ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

Кафедра «Процессы и аппараты  
пищевых производств»

**Менх В.Г.**

***ПРОЦЕССЫ И АППАРАТЫ  
ПИЩЕВЫХ ПРОИЗВОДСТВ***

**Методические указания и контрольная работа  
для студентов заочной формы обучения специальности  
060800 «Экономика и управление на предприятии»**

**Кемерово 2003**

### Задания на контрольную работу и методические указания к ней.

В соответствии с учебным планом студенты специальности 060808 выполняют одну контрольную работу, состоящую из десяти задач. При выполнении контрольной работы необходимо соблюдать следующие условия:

1) Контрольная работа должна выполняться самостоятельно после проработки соответствующих теоретических разделов всего курса по литературе, рекомендуемой в данном методическом указании.

2) При оформлении контрольной работы необходимо написать полностью условие задачи, применять условные обозначения, принятые в литературе, размерность величин подставлять в системе СИ.

3) Перед решением задачи необходимо тщательно разобрать условие задачи и выписать численные значения исходных данных для расчета.

4) Решение задачи должно сопровождаться краткими пояснениями.

Номера задач контрольной работы выбираются в соответствии с ниже приведенной таблицей по последней цифре шифра (номера зачетной книжки).

Последняя цифра шифра	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Номера задач	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2
	3,7	3,7	3,7	3,7	3,7	3,7	3,7	3,7	3,7	3,7
	4,9	5,9	6,9	8,9	4,9	5,9	6,9	8,9	4,9	5,9
	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11
	12	14	15	12	13	14	12	13	12	13
	13	15	16	16	15	16	15	14	16	14

### Методические указания к решению задач №1-8

Перед решением задач №1-8 необходимо проработать раздел «Тепловые процессы» и знать ответы на следующие вопросы

1. Что такое теплообмен, теплопередача, теплоотдача?
2. Что является движущей силой тепловых процессов. Как она рассчитывается?
3. Из какого уравнения рассчитывается площадь поверхности теплообмена?
4. Как составляются уравнения тепловых балансов?
5. В чем заключается физический смысл коэффициентов теплоотдачи и теплопередачи?

При решении задачи №2 необходимо начертить два графика изменения температур рабочих сред при нагревании молока насыщенным паром и горячей водой при прямотоке и противотоке. Конечную температуру горячей воды при-

нимают в зависимости от направления движения теплоносителей. Удельная теплоемкость воды определяется при средней температуре по таблице из приложений. Температура насыщенного пара зависит от его давления и определяется по таблице из приложений.

### ЗАДАЧА №1

Определить количество тепла  $Q$ , выделяемое чугунной конфоркой плиты поверхностью  $F$ ,  $m^2$  в течении одного часа, если температура воздуха в помещении  $t_B$ , температура поверхности конфорки  $t_K$  и коэффициент теплоотдачи от поверхности конфорки к воздуху  $\alpha$ .

Таблица исходных данных

Величины, единицы измерения	Последняя цифра шифра									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Площадь поверхности конфорки $F, m^2$	0,10	0,12	0,14	0,14	0,15	0,18	0,20	0,25	0,28	0,30
Температура конфорки $t_K, ^\circ C$	360	370	380	390	350	340	370	310	320	330
	Предпоследняя цифра шифра									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Коэффициент теплоотдачи $\alpha, Вт/м^2 \cdot К$	10	11	12	13	14	15	16	17	19	17
Температура воздуха $t_B, ^\circ C$	23	17	16	18	19	20	16	21	22	15

### ЗАДАЧА № 2

Рассчитать среднюю разность температур при нагревании молока от начальной температуры  $t_{2H}$  до конечной  $t_{2K}$ .

а) насыщенным паром, давление которого  $P$ , ат.;

б) горячей водой с начальной температурой  $t_{1H}$  при противоточном и прямоточном движении теплоносителей.

Таблица исходных данных

Величины, единицы измерения	Последняя цифра шифра									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Начальная температура молока $t_{2H}, ^\circ C$	15	17	20	16	19	21	18	15	20	16
Конечная температура молока $t_{2K}, ^\circ C$	60	70	75	68	72	78	70	65	74	69

	Предпоследняя цифра шифра									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Давление пара $P$ , ат.	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0	2,1	2,2	2,4	2,5	2,6
Начальная температура горячей воды $t_{1H}$ , С	95	90	94	97	98	99	96	89	92	95

## ЗАДАЧА № 3

Рассчитать количества тепла, требуемое для нагревания воды в количестве  $G$  от температуры  $t_H$  до температуры  $t_K$ . Нагревание осуществляется насыщенным паром с давлением  $P$ , ат. Определить также необходимую площадь нагрева и расход пара, если коэффициент теплопередачи  $K$ , Вт/м<sup>2</sup>·К.

Таблица исходных данных

Величины, единицы измерения	Последняя цифра шифра									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Начальная температура воды $t_H$ , °С	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Конечная температура воды $t_K$ , °С	70	75	77	80	82	85	90	93	95	89
Расход воды $G$ , кг/час	1200	1500	1800	2100	2500	3000	2800	3200	3500	3800
	Предпоследняя цифра шифра									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Давление пара $P$ , ат	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0	2,2	2,4	2,5	2,6	2,8
Коэффициент теплопередачи $K$ , Вт/м <sup>2</sup> ·К	500	550	600	650	700	750	800	820	850	800

## ЗАДАЧА № 4

До какой температуры будут нагреты 2000 кг. раствора, если расход греющего пара (давление  $P_{абс} = 2$  атм.) за время 2,5 часа составил 200 кг, а расход теплоты на нагрев аппарата и потери тепла в окружающую среду составил в среднем 2030 Вт. Начальная температура раствора 10°С, теплоемкость раствора 2,2 кДж/(кг·К).

## ЗАДАЧА № 5

В поверхностном теплообменнике требуется охладить молоко от 80 до 20°C. Расход продукта 10000 кг/час. Охлаждение производится водой с начальной температурой 10°C, которая нагревается на 10°C. Коэффициент теплопередачи  $K=1300 \text{ Вт/м}^2\cdot\text{К}$ . Рассчитать требуемую поверхность теплообменника для прямотока и противотока.

## ЗАДАЧА № 6

По условиям задачи № 5 рассчитать расход охлаждающей воды в  $\text{м}^3/\text{час}$ .

## ЗАДАЧА № 7

В пластинчатом теплообменнике охлаждается молоко в количестве  $m$  кг/час. от температуры  $t_{1Н}$  до  $t_{1К}$ . Средняя разность температур  $-\Delta t_{ср}$  рассчитывается как среднеарифметическое значение. Для охлаждения используется холодная вода с начальной температурой  $t_{2Н}$ . Определить конечную температуру и расход холодной воды (в кг/с, в  $\text{м}^3/\text{с}$ , в  $\text{м}^3/\text{ч}$ ).

Таблица исходных данных

Величины, единицы измерения	Последняя цифра шифра									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Количество молока, $m$ , кг/ч.	2000	1500	2700	2300	3000	3500	4000	3200	3800	3600
Начальная температура молока, $t_{1Н}^{\circ}\text{C}$	90	85	80	75	70	78	88	73	70	84
Конечная температура, $t_{1К}^{\circ}\text{C}$	32	30	34	36	30	38	37	35	31	30
Начальная температура воды, $t_{2Н}^{\circ}\text{C}$	10	8	12	14	10	15	10	13	12	16
Средняя разность температур, $\Delta t_{ср}$	40	35	33	30	30	28	31	32	27	28

## ЗАДАЧА № 8

Определить необходимую поверхность противоточного теплообменника для охлаждения 500 кг/час молока от температуры пастеризации 95°C до 24°C . Охлажденная вода нагревается от 15°C до 40°C . Коэффициент теплопередачи  $K=200 \text{ Вт/м}^2\cdot\text{К}$ . Определить также расход воды.

## Методические указания к решению задач № 9-11.

Перед решением задач № 9-11 необходимо изучить процесс “Выпаривание” и ответить на следующие вопросы:

1. Что называется выпариванием? При какой температуре осуществляется выпаривание? Что является движущей силой выпаривания?
2. Изобразить эскиз выпарного аппарата в разрезе; указать на нем вход и выход раствора, греющего пара, вторичного пара, конденсата; дать краткое описание принципа работы аппарата.
3. Написать уравнения материальных и теплового балансов для выпарного аппарата. Что рассчитывается из этих уравнений?

## ЗАДАЧА № 9

Определить количество выпаренной воды и готового бульона при выпаривании  $m_H$ , кг/час бульона. Начальная концентрация бульона  $b_H$ , %, конечная концентрация  $b_K$ , %.

Таблица исходных данных

Величины, единицы измерения	Последняя цифра шифра									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Начальная концентрация бульона $b_H$ , %	7	8	9	10	11	12	6	5	10	11
Конечная концентрация бульона $b_K$ , %	40	42	45	50	53	55	60	65	58	60
	Предпоследняя цифра шифра									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Расход бульона $m_H$ , кг/час	1000	1200	1500	2000	2500	3000	3500	4000	4500	5000

## ЗАДАЧА № 10

Рассчитать удельный расход сухого насыщенного пара при кипении воды при атмосферном давлении и под вакуумом. Давление греющего пара в обоих случаях  $P_{абс}$ , ат. Расчет сделать для двух вариантов поступления воды в аппарат - при комнатной температуре и при температуре кипения.

(Удельный расход пара - количество пара, необходимое для выпаривания 1 кг. воды).

Таблица исходных данных

Величины, единицы измерения	Последняя цифра шифра									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Давление вакуума $P_{\text{вак}}$ , ат.	0,8	0,75	0,8	0,9	0,75	0,8	0,9	0,85	0,8	0,9
Давление греющего пара $P_{\text{абс}}$ , ат.	2,1	2,2	2,3	2,4	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0

## ЗАДАЧА № 11

В выпарном аппарате подвергается сгущению под атмосферным давлением томатный сок в количестве  $m_H$ , исходная концентрация которого  $b_H$ , % и температура  $t_H$  °С. Температура кипения сока 103°С. Давление греющего пара  $P_{\text{абс}}$ , ат, греющая поверхность аппарата  $F$ , м<sup>2</sup>; коэффициент теплопередачи  $K$ , Вт/м<sup>2</sup>·К, тепловые потери в окружающую среду 10%. Определить конечную концентрацию раствора и расход греющего пара. Теплоемкость сока принять равной 3700 Дж/кг·К.

Таблица исходных данных

Величины, единицы измерения	Последняя цифра шифра									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
$m_H$ , кг/ч.	2000	2500	3000	2000	2500	3000	2500	2000	2000	3000
$b_H$ , %.	5	6	7	8	5	6	7	8	5	6
$t_H$ , °С.	15	18	20	22	16	17	19	21	23	25
$P_{\text{абс}}$ , ат.	2,8	2,9	3,0	3,1	3,2	2,8	2,9	3,0	3,1	3,2

Продолжение таблицы исходных данных

Величины, единицы измерения	Последняя цифра шифра									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
$F$ , м <sup>2</sup> .	52	54	56	58	60	50	52	54	56	58
$K$ , Вт/м <sup>2</sup> ·К.	950	1000	1150	1100	1050	1150	1100	1050	1100	950

## Методические указания к решению задач № 12-16

Перед решением задач №12-16 студент должен изучить процесс сушки; изобразить эскиз барабанной сушилки, кратко описав принцип работы; записать уравнение материальных балансов.

## ЗАДАЧА № 12

Определить какое количество сухарей получится при сушке 1т. хлеба влажностью 65%. Влажность сухарей 9%.

## ЗАДАЧА № 13

Рассчитать влажность сухарей, если при сушке хлеба в количестве 2500 кг. влажностью  $W_H=70\%$  удаляется влаги 1400 кг.

## ЗАДАЧА №14

Какое количество хлеба нужно взять, чтобы получить 1т. сухарей влажностью 8%? Влажность хлеба 75%.

## ЗАДАЧА № 15

Определить, какое количество влаги необходимо удалить при сушке из 1800 кг. пастилы для снижения влажности от 32% до 16%.

## ЗАДАЧА № 16

Определить влажность пастилы после сушки, если при сушке 2000кг. пастилы с начальной влажностью 35% удаляется 500 кг. влаги?



## ВОПРОСЫ К ЗАЧЕТУ (ЭКЗАМЕНУ)

1. Классификация основных процессов.
2. Свойства жидкостей. Понятие об идеальной и реальной жидкости.
3. Требования, предъявляемые к аппаратам.
4. Неоднородные системы и методы их разделения.
5. Отстаивание. Производительное отстойников. Материальный баланс отстаивания. Конструкции отстойников.
6. Фильтрование. Основное уравнение фильтрования. Производительность фильтрования.
7. Перемешивание. Факторы, влияющие на мощность, затрачиваемую на перемешивание. Конструкции мешалок.
8. Центрифугирование. Центрифуги, их классификация.
9. Задачи и способы тепловой обработки пищевых продуктов. Движущая сила процесса теплообмена.
10. Тепловые балансы теплообменников.
11. Основное уравнение теплопередачи.
12. Конструкции теплообменников. Сравнительная оценка работы теплообменников различных конструкций.
13. Выпаривание. Методы выпаривания. Движущая сила процесса выпаривания.
14. Материальный и тепловой балансы выпаривания.
15. Сушка. Методы сушки.
16. Схема конвективной сушки.
17. Материальный баланс процесса сушки.
18. Тепловой баланс процесса сушки.
19. Конструкции сушилок; технико-экономические показатели работы сушилок.
20. Перегонка. Ректификация, их применение в промышленности.

## Физические свойства молока и сливок

Температура $t, ^\circ\text{C}$	Плотность $\rho, \text{кг/м}^3$	Удельная теплоемкость $C, \text{Дж/кг}\cdot^\circ\text{K}$	Удельная теплопроводность $\lambda, \text{Вт/м}\cdot^\circ\text{K}$	Коэффициент динамической вязкости $\mu\cdot 10^6, \text{Па}\cdot\text{с}$	Коэффициент кинематической вязкости $\nu\cdot 10^6, \text{м}^2/\text{с}$	Критерий Прандтля $Pr$
<b>МОЛОКО</b>						
20	1029	3913	0,495	1790	1,74	14,2
25	1027	3918	0,512	1541	1,50	11,8
30	1025	3922	0,523	1333	1,30	9,95
40	1021	3934	0,522	1041	1,02	7,50
45	1019	3918	0,570	937	0,92	6,10
50	1017	3897	0,581	854	0,84	5,50
55	1014	3876	0,593	771	0,76	5,00
60	1011	3855	0,605	708	0,70	4,50
65	1009	3858	0,605	656	0,65	4,10
70	1006	3855	0,616	624	0,62	3,90
75	1003	3855	0,628	582	0,58	3,60
80	1000	3855	0,640	560	0,56	3,43
<b>СЛИВКИ</b>						
20	994	4022	0,317	17728	11,8	148,00
25	992	4106	0,321	8824	8,9	114,75
30	998	3855	0,324	6916	7,0	81,50
35	985	3687	0,329	5417	5,5	64,35
40	983	3570	0,334	4227	4,3	47,20
45	982	3612	0,340	4124	4,2	36,00
50	981	3599	0,345	2548	2,6	26,00
55	980	3599	0,351	2519	2,57	25,55
60	970	3603	0,358	2503	2,57	25,10
65	971	3603	0,3675	2466	2,54	23,10
70	965	3603	0,381	2451	2,54	23,10
75	964	3603	0,390	2449	2,54	23,00
80	962	3603	0,398	2453	2,55	23,00

Физические свойства воды  
(на линии насыщения)

$P$ , ат.	$t$ , °C	$\rho$ , кг/м <sup>3</sup>	$i$ , кДж/кг	$C$ , кДж/кг·K	$\lambda \cdot 10^2$ , Вт/м·K	$\alpha \cdot 10^7$ , м <sup>2</sup> /с	$\mu \cdot 10^6$ , Па·с	$\nu \cdot 10^6$ , м <sup>2</sup> /с	$\beta \cdot 10^4$ , K <sup>-1</sup>	$\sigma \cdot 10^4$ , кг/с <sup>2</sup>	Pr
1	0	1000	0	4,23	55,1	1,31	1790	1,79	-0,63	756	13,7
1	10	1000	41,9	4,19	57,5	1,37	1310	1,31	0,70	762	9,52
1	20	998	83,8	4,19	59,9	1,43	1000	1,01	1,82	111	7,02
1	30	996	126	4,18	61,8	1,49	804	0,81	3,21	712	5,42
1	40	992	168	4,18	63,4	1,53	657	0,66	3,87	697	4,31
1	50	988	210	4,18	64,8	1,57	549	0,566	4,49	677	3,54
1	60	983	251	4,18	65,9	1,61	470	0,458	5,11	662	2,98
1	70	978	293	4,19	66,8	1,63	406	0,415	5,70	643	2,55
1	80	972	335	4,19	67,5	1,66	355	0,365	6,32	626	2,21
1	90	965	377	4,19	68,0	1,68	315	0,326	6,95	607	1,95
1,03	100	958	419	4,23	68,3	1,69	282	0,295	7,5	589	1,75
1,46	110	951	461	4,23	68,5	1,69	256	0,268	8,0	569	1,58
2,02	120	943	503	4,23	68,6	1,72	231	0,244	8,6	549	1,43
2,75	130	935,	545	4,27	68,6	1,72	212	0,226	9,2	529	1,32
3,68	140	926	587	4,27	68,5	1,72	196	0,212	9,7	507	1,23
4,85	150	917	629	4,32	68,4	1,72	185	0,202	10,3	487	1,17
6,3	160	907	671	4,36	68,3	1,72	174	0,191	10,8	466	1,10
8,08	170	897	713	4,40	67,9	1,72	163	0,181	11,5	444	1,05
10,23	180	887	755	4,44	67,5	1,72	153	0,173	12,2	424	1,01

## Свойства насыщенного водяного пара в зависимости от давления,

Давление (абсолютное) $P$ , ат,	Температура $t$ , °С	Удельный объем $v$ , м <sup>3</sup> /кг	Плотность $\rho$ , кг/м <sup>3</sup>	Удельная энтальпия жидкости $i'$ , кДж/кг	Удельная энтальпия пара $i''$ , кДж/кг	Удельная теплота парообразования $r$ , кДж/кг
0,01	6,6	131,60	0,00760	27,7	2506	2478
0,015	12,7	89,64	0,01116	53,2	2518	2465
0,02	17,1	68,27	0,01465	71,6	2526	2455
0,025	20,7	55,28	0,01809	86,7	2533	2447
0,03	23,7	46,53	0,02149	99,3	25,39	2440
0,04	28,6	35,46	0,02820	119,8	2548	2429
0,05	32,5	28,73	0,03481	136,2	2556	2420
0,06	35,8	24,19	0,04133	150,0	2562	2413
0,08	41,1	18,45	0,05420	172,2	2573	2400
0,10	45,4	14,96	0,06686	190,2	2581	2390
0,12	49,0	12,60	0,07937	205,3	2588	2382
0,15	53,6	10,22	0,09789	224,6	2596	2372
0,20	59,7	7,977	0,1283	250,1	2607	2358
0,30	68,7	5,331	0,1876	287,9	2620	2336
0,40	75,4	4,072	0,2450	315,9	2632	2320
0,50	80,9	3,304	0,3027	339,0	2642	2307
0,60	85,5	2,785	0,3590	358,2	2650	2296
0,70	89,3	2,411	0,4147	375,0	2657	2286
0,80	93,0	2,128	0,4699	389,7	2663	2278
0,90	96,2	1,906	0,5246	403,1	2668	2270
1,0	99,1	1,727	0,5790	415,2	2677	2264
1,2	104,2	1,457	0,6865	437,0	2686	2249
1,4	108,7	1,261	0,7931	456,3	2693	2237
1,6	112,7	1,113	0,898	473,1	2703	2227
1,8	116,3	0,997	1,003	483,6	2709	2217
2,0	119,6	0,903	1,107	502,4	2710	2208
3,0	132,9	0,6180	1,618	558,9	2730	2171
4,0	142,9	0,4718	2,120	601,1	2744	2141
5,0	151,1	0,3825	2,614	637,7	2754	2117