

НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИНЖЕНЕРНЫЙ ИНСТИТУТ

Кафедра Механизации животноводства и переработки с/х продукции

Оборудование предприятий общественного питания

Методические указания и задания для контрольной работы
для студентов направления *19.03.04 Технология продукции и
организация общественного питания*

Новосибирск 2023г.

Оборудование предприятий общественного питания. Методические указания и задания для контрольной работы для студентов направления **19.03.04** ***Технология продукции и организация общественного питания***, профиль *Технология и организация ресторанного дела* / Новосиб. гос. аграр. ун-т. Инженер. Институт. Мезенов А.А. – Новосибирск, 2023. – 36 с.

СОДЕРЖАНИЕ

3

Введение.....	4
Требования к выполнению контрольной работы.....	5
Задачи для контрольной работы.....	6
Список литературы	

Введение

Дисциплина "Оборудование предприятий общественного питания" – специальная дисциплина для направления ***19.03.04 Технология продукции и организация общественного питания***, профиль *Технология общественного питания*

Цель и задачи дисциплины

Целью изучения дисциплины является: подготовка студентов к производственно-технической, проектно-конструкторской и исследовательской деятельности, связанной с созданием и эксплуатацией технологического оборудования предприятий общественного питания; обучение студентов использованию знаний, полученных в результате фундаментальной подготовки по общенаучным и общетехническим дисциплинам для решения инженерных задач, связанных с технологическим оборудованием.

Задачи дисциплины следующие: изучение основ теории работы машин и аппаратов и освоение методов расчета их основных технологических параметров; изучение принципиальных схем основных типов оборудования предприятий общественного питания и принятых систем его классификации; изучение устройства, особенностей эксплуатации, допустимых нагрузок, техники безопасности и промсанитарии, требований охраны окружающей среды при эксплуатации оборудования предприятий общественного питания; усвоение основных показателей технических характеристик типового отечественного оборудования; анализ путей создания конструкций современного оборудования и перспективные направления его совершенствования; получение навыков выполнения замеров основных рабочих параметров и ведения экспериментальных исследований работы машин и аппаратов.

Требования к⁵выполнению контрольной работы

В соответствии с индивидуальным заданием студент должен решить задачу. Данные для решения задач выбираются студентом из таблиц по шифру зачетки: последняя цифра номер задачи; предпоследняя вариант.

При выполнении задания и оформлении работы необходимо соблюдать следующие требования:

1) выписать условие задачи и исходные данные;
2) решение задачи следует сопровождать кратким пояснительным текстом, в котором необходимо указать, какая величина определяется и по какой формуле, какие величины подставляются в формулу и откуда они взяты (из условия задачи, из справочника или были определены и т.д.);

3) размерности всех величин, подставляемых в расчетные формулы, должны быть выражены в системе СИ. Если исходная величина, взятая из справочников, выражена в другой размерности, последнюю надо перевести в систему СИ и только после этого подставлять эту величину в формулу;

4) после решения задачи должен быть выполнен краткий анализ полученных результатов.

5) контрольная работа выполняется с применением печатающих и графических устройств вывода ЭВМ. Каждый лист пояснительной записки оформляется рамкой и основной надписью по форме 2 (высотой 40 мм) для первого или заглавного листа и форме 2а (высотой 15 мм) для последующих листов. Расстояние по бокам от рамки формы до границ текста в начале и в конце строк – не менее 3 мм. Расстояние от верхней или нижней строки текста до верхней или нижней рамки должно быть не менее 10 мм. Абзацы в тексте начинают отступом, равным 15-17 мм. Опечатки, описки и графические неточности, обнаруженные в процессе выполнения документа, допускается исправлять подчисткой или закрашиванием белой краской и нанесением на том же месте исправленного текста (графики) машинописным или рукописным способом.

Контрольная работа, выполненная не по своему индивидуальному заданию, к рассмотрению не принимаются.

Исходные данные для решения контрольной работы выбираются в соответствии с двумя последними цифрами номера зачетной книжки.

Студенты, выполнившие и защитившие контрольную работу, допускаются к зачету.

Задачи для контрольной работы

Задача №1 Расчет овощемоечных машин

Расчет овощемоечных машин произвести для нескольких видов продукта. Для барабанной овощемоечной машины периодического действия произвести полный расчет для одного продукта, по определенным геометрическим размерам барабана рассчитать производительность и частоту вращения для других продуктов. При расчете посудомоечных машин недостающие данные принять по техническим характеристикам машин соответствующего типа (по согласованию с преподавателем).

При расчете овощемоечной машине непрерывного действия **определить:** производительность машины Q ; рабочую частоту вращения барабана и мощность электродвигателя машины N .

При расчете овощемоечной машине периодического действия **определить:** геометрические размеры барабана D и H ; частоту вращения и мощность электродвигателя N .

Таблица 1. - Исходные данные для расчета овощемоечных машин

№ п/п	Размеры барабана D и Z , м	Производительность Q , кг/ч	Сырье	Тип машины
1	2	3	4	5
1	-	700	Перец, лук, груши	периодическая
1	2	3	4	5
2	0,80/1,80	-	томаты, яблоки, сливы	непрерывная
3	-	720	картофель, свекла, морковь	периодическая
4	0,90/2,00	-	груши, баклажаны, лук	непрерывная
5	-	740	кабачки, баклажаны, перец	периодическая
6	0,88/2,20	-	морковь, кабачки, яблоки	непрерывная
7	-	675	огурцы, томаты, сливы	периодическая

8	0,95/2,10	-	перец, яблоки, морковь	непрерывная
9	-	780	баклажаны, перец, лук	периодическая
10	0,84/2,05		лук, яблоки, груши	непрерывная

Задача №2 Расчет посудомоечных машин

При расчете посудомоечной конвейерной и кассетной машины непрерывного действия **определить:** производительность Q и технологическую мощность N посудомоечной машины.

При расчете посудомоечную машину периодического действия **определить:** производительность; мощность электродвигателя насоса N_n и водонагревателя N_v посудомоечной машины.

Таблица 2 - Исходные данные для расчета посудомоечных машин

№ п/п	Скорость движения транспортера v , м/с	Количество рядов посуды (кассет) $K(K_1)$, шт.	Шаг между предметами (кассетами) $l(l_1)$, м	Тип машины
1	2	3	4	5
1	0,025	1 поднос	0,10	конвейерная
2	0,012	7 стаканов	0,06	конвейерная
1	2	3	4	5
3	0,010	5 чашек	0,05	конвейерная
4	0,030	2 тарелки	0,07	конвейерная
5	0,030	1	0,50	кассетная
6	0,035	1	0,55	кассетная
7	0,025	1	0,60	кассетная
8	105	8 подносов		периодическая
9	210	40 стаканов		периодическая
10	105	18 тарелок		периодическая

Примечание. Для посудомоечных машин периодического действия вместо скорости движения транспортера задано время обработки посуды v с; вместо количества рядов - количество одновременно загружаемой посуды.

Задача № 3. Расчет овощерезательных машин

При расчете дисковых овощерезок принять: 1. для овощерезок 1 типа - частота вращения ножевого диска $n = 180$ об/мин; 2. Диаметр загрузочного отверстия и средний диаметр клубня - в зависимости от вида продукта.

Обозначение типа дисковой овощерезки:

1 - с вертикальным расположением опорного диска и заклинивающей винтовой лопастью **определить:** угол заклинивания θ ; количество ножей в одной гребенке Z_n ; производительность овощерезки Q и мощность электродвигателя N ;

2 - горизонтальным расположением опорного диска и заклинивающей винтовой лопастью **определить:** угол заклинивания θ ; частоту вращения ножевого диска n и мощность электродвигателя N ;

3 - горизонтальным расположением опорного диска и удержанием продукта толкателем **определить:** частоту вращения ножевого диска n и технологическую мощность N овощерезки.

Таблица 3 - Исходные данные для расчета дисковых овощерезок

№ п/п	Производительность Q , кг/ч	Расстояние от оси вращения до начала и конца лезвия ножей r_{\min} и r_{\max}	Вид и размеры нарезаемого продукта, мм	Продукт	Тип овощерезки
1	2	3	4	5	6
1	-	0,013; 0,095	ломтики $h = 2$	картофель	1
2	160	0,015; 0,096	брусочки $h^*a = 6 \times 6$	морковь	2
3	200	0,019; 0,099	ломтики $h = 6$	свекла	3
4	400	0,015; 0,099	квадратные пластинки $h^*a = 15 \times 15$	вареный картофель	3
5	-	0,013; 0,094	полоска $h = 3$	капуста	2
6	300	0,017; 0,094	брусочки $h^*a = 8 \times 8$	свекла	3
7	100	0,018; 0,096	Кольца $h = 2$	редис	3
8	80	0,015; 0,099	брусочки $h^*a = 4 \times 4$	картофель	2
9	-	0,014; 0,096	Брусочки $h^*a = 6 \times 6$	свекла	1
10		0,015; 0,095	кольца $h = 6$	лук	1

Задача №4. Рассчитать мясорубку

Определить: параметры шнека; производительность мясорубки Q ; мощность электродвигателя N .

Таблица 4 - Исходные данные для расчета мясорубки

№ п/п	Диаметр решетки D , мм	Диаметр отверстий		Количество отверстий		Частота вращения шнека n , об/мин
		первой ножевой решетки d_1 , мм	второй ножевой решетки d_2 , мм	первой ножевой решетки Z_1 шт.	второй ножевой решетки Z_2 шт.	
1	2	3	4	5	6	7
1	82	9	3	30	217	250
2	82	9	5	30	90	250
3	60	9	3	12	82	170
4	60	9	5	12	42	170
1	2	3	4	5	6	7
5	54	6	3	34	52	160
6	54	6	4,5	34	48	160
7	82	12	3	18	225	180
8	82	12	5	18	90	180
9	60	6	3	28	82	110
10	60	6	4,5	28	54	110

Задача № 5 Рассчитать мясорыхлитель и механизм для нарезания мяса на бефстроганов

1. Определить: частоту вращения ножевых блоков n и мощность электродвигателя N мясорыхлителя. При расчете принять следующие данные для мясорыхлителя - расстояние между осями ножевых блоков $A = 0,05$ м; количество зубцов на одном ноже-фрезе $z_3 = 18$ шт.;

2. Определить: количество дисковых ножей z_n ; производительность механизма Q и технологическую мощность N . Для механизма для нарезания бефстроганов - диаметр дискового ножа $D = 0,1$ м; частота вращения дисковых ножей $n = 170$ об/мин.

Таблица 5 - Исходные данные для расчета мясорыхлителя (1) и механизма для нарезания бефстроганов (2)

№ п/п	Производительность Q , кг/ч	Размеры загрузочного устройства $l \times b \times h$ (l), м	Шаг между ножами t , мм	Средняя длина обработанного	Тип механизма
-------	-------------------------------	--	---------------------------	-----------------------------	---------------

				куска L , м	
1	2	3	4	5	6
1	1800	0,17	6	0,18	1
2	-	0,11x0,02x0,2	5	-	2
3	1600	0,16	7	0,20	1
4	-	0,1x0,02x0,19	6	-	2
5	1700	0,18	5	0,16	1
6	-	0,11x0,018x0,2 1	7	-	2
7	1660	0,17	7	0,17	1
8	-	0,12x0,021x0,2	5	-	2
9	1750	0,16	7	0,15	1
10	-	0,11x0,019x0,1 9	6	-	2

Задача №6 Рассчитать шпигорезательную машину

1. Определить: время измельчения t_0 ; размеры проходного сечения b и c ; мощность электродвигателя N .

2. Определить: время измельчения мясного сырья производительность куттера Q ; мощность привода N .

При расчете принять следующие данные: 1. для шпигорезки - число отсекающих ножей $z = 1$ шт.; шпигорезка гидравлическая горизонтальная; 2. для куттера - число ножей в механизме $z = 2$ шт. (варианты 2, 4, 6) и $z = 1$ шт. (варианты 8, 10); измельчение с добавлением воды (варианты 6, 8, 10), без добавления воды (варианты 2, 4).

Таблица 6 - Исходные данные для расчета шпигорезки (1) и куттера (2)

№ п/п	Производительность Q , кг/ч	Размеры нарезаемого кубика, мм	Длина загрузочного бункера L , м	Масса единовременной Загрузки сырья C , кг	Частота вращения рабочего органа n , об/мин	Тип машины
1	500	8x8x8	0,47	-	240	1
2	-	-	-	2,5	1380	2
3	400	6x6x6	0,35	-	225	1
4	-	-	-	2,8	1440	2
5	300	4x4x4	0,49	-	210	1
6	-	-	-	3,6	1500	2
7	450	12x12x12	0,40	-	250	1
8	-	-	-	4,0	1410	2
9	350	10x10x10	0,45	-	230	1
10	-	-	-	3,2	1480	2

**Задача №7 Рассчитать тестомесильную машину
типа ТММ-1М**

Определить: вместимость дежи V ; мощность электродвигателя N .

При расчете тестомесильной машины типа ТММ-1М принять емкость дежи $V = 140$ л и площадь лопасти $F = 1,4 \cdot 10^{-2}$ м.

Таблица 7 -Исходные данные для расчета тестомесильной машины
типа ТММ-1М

№ п/п	Продолжительность цикла Тц, с	Частота вращения месильной лопасти п, об/мин	Частота вращения дежи пд об/мин	Радиус вращения лопасти Гвр
1	2	3	4	5
1	2900	24	4,5	0,32
2	2000	27	4,2	0,30
3	2500	29	4,0	0,35
4	2200	31	3,7	0,28
5	1900	34	3,5	0,32
6	1600	24	4,2	0,30
7	250	27	3,7	0,35
8	2200	29	3,5	0,28
9	2900	31	4,0	0,32
10	1900	34	4,5	0,30

Задача № 8. Рассчитать однолопастную фаршемешалку

Определить: геометрический объем рабочей камеры V ; производительность Q и мощность двигателя N фаршемешалки периодического действия.

Таблица 8 - Исходные данные для расчета однолопастной
фаршемешалки

№ п/п	Длина цилиндра рабочей камеры L , м	Время цикла T , с	Частота вращения лопасти п, об/мин	Вид фарша
1	2	3	4	5
1	0,27	100	2,80	вареные колбасы
2	0,30	120	2,85	полукопченые колбасы
3	0,32	110	2,90	котлетный фарш
4	0,35	120	3,00	вареные колбасы

5	0,32	110	3,05	полукопченые колбасы
6	0,30	130	3,10	котлетный фарш
7	0,35	100	2,95	вареные колбасы
8	0,27	130	2,80	полукопченые колбасы
9	0,32	100	3,15	котлетный фарш
10	0,30	120	2,85	вареные колбасы

Задача №9. Рассчитать взбивальную машину

Определить: геометрические параметры бачка и взбивателя; производительность Q ; продолжительность взбивания t_0 ; мощность электродвигателя N .

Таблица 9 - Исходные данные для расчета взбивальной машины

№ п/п	Объем бачка V , л	Частота вращения взбивателя вокруг своей оси n_0 , об/мин	Частота вращения рабочего органа вокруг оси бачка $n_в$, об/мин	Смесь
1	2	3	4	5
1	5	200	68	белково-сахарная
2	35	312	102	яично-сахарная
3	25	176	72	крем сливочный
4	40	468	150	белково-сахарная
5	10	157	57	яично-сахарная
6	60	72	30	крем сливочный
7	30	325	90	белково-сахарная
8	6	470	200	яично-сахарная
9	35	156	48	крем сливочный
10	25	344	138	белково-сахарная

Задача №10. Рассчитать котлетоформовочную машину

Определить: число оборотов формовочного стола n ; ход поршня h ; мощность электродвигателя котлетоформовочной машины N .

Таблица 10- Исходные данные для расчета котлетоформовочной машины

№ п/п	Производительность Q , шт/ч	Масса котлеты m , г
1	3900	60
2	4200	50
3	3600	90
4	2800	75
5	3200	60
6	2400	80
7	1800	75
8	2100	50
9	2800	45
10	3600	75

3. Задание на тепловой расчет

Выполнить расчет аппарата периодического действия с косвенным обогревом по теме:

Тема № 1 Котел электрический пищеварочный *)

Тема № 2 Сковорода электрическая опрокидывающаяся

Тема №3 Фритюрница электрическая опрокидывающаяся

Примечание *) – опрокидывающийся – для цилиндрической формы варочного сосуда; опрокидывающийся – для параллелепипеда.

Тема расчета и форма рабочей камеры аппарата выбирается в соответствии с табл. 1 по последней цифре номера зачетной книжки студента.

Таблица 1

Последняя цифра зачет. книжки	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Номер темы	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1
Форма рабочей камеры*	Ц	П	Ц	П	Ц	П	Ц	П	Ц	П

Примечание *: Ц – цилиндр; П – параллелепипед.

Варианты конструкторского исполнения оборудования, в зависимости от его производительности, представлены в табл. 2.

Таблица 2

Производительность U , кг/ч	Вариант исполнения
5, 10	Настольное
15, 20, 25	Напольное

Исходные данные к проектированию и расчету тепловых аппаратов приведены в табл. 3.

Параметр	Предпоследняя цифра зачетной книжки									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
l	2		3		4		5		6	
Производительность U , кг/ч*	25		20		15		10		5	
Коэффициент загрузки K_3 :										
– котел, фритюрница	0,85									
– сковорода	0,5									
Коэффициент формы m_ϕ :										
– котел	0,63		0,7		0,8		0,9		1,0	
– сковорода (фритюрница)	0,15		0,2		0,25		0,3		0,4	
Коэффициент формы μ_ϕ	0,55		0,6		0,7		0,8		0,9	
Коэффициент заполнения жарочной поверхности, КП	0,7–0,9									
Время разогрева аппарата (нестационарный режим) τ_n , мин	10		8		7		6		5	
Время тепловой обработки τ_c , мин**:	15–30									
– котел										
– сковорода ***	(3 – 5) + (15 – 20)									
– фритюрница	8–10									
Время загрузки / выгрузки τ_3 , мин	2–3									
Процент испарения влаги из продукта x , %:										
– для сковороды	16									
– для фритюрницы	50									
– для котла ****	0,5+1,5									

Процент содержания корки в продукте u_k , %	15	16	17	18	19
Температура воздуха в горячем цехе t_b , °C	20	22	20	22	20
Конечная температура поверхности аппарата t_4^k , °C	50				

Продолжение таблицы 3

1	2	3	4	5	6
Средняя конечная температура готовности продукта $t_{пр}^k$, °C: – для варки – для жарки	95 100				
Начальная температура продукта $t_{пр}^n$, °C	10	15	10	15	10
Температура промежуточного теплоносителя $t_{пт}^k$, °C					
– котла	104	113	120	104	113
– фритюрницы: – «горячая» зона – «холодная» зона	160 80	170 80	180 80	160 80	170 80
– сковороды	240	250	260	240	250

Примечания.

* – по готовому продукту.

** – время тепловой обработки уточняется по сборнику рецептов.

*** – время обжарки и доведения до готовности.

**** – в период разогрева и стационарной работы.

Средние теплофизические характеристики промежуточных теплоносителей приведены в табл. 4.

Таблица 4

Теплоноситель	r , кДж/кг c ,	кДж/кг · К	ρ , кг / м ³	$t_{кин}$ 0C
Вода*	2200	4,18	950	100
Варор – Т	–	2,68	740	300

- *Примечание.* * – параметры $\rho_{\text{водяного пара}}$ приведены в таблице Приложения 1.

Варор – Т, залитый в рубашку сковороды, при нагревании расширяется, что учитывается при расчете его объема коэффициентом $\beta = 0,85$.

Таблица 5

Номер Компо- нента смеси j	Наименование продукта	g_j			C_j , кДж/ кг · К	ρ_j , кг/м ³
		котел	сково	фри- тюр- ница		
1	Мясо	–	0,9	–	3,2	1 600
2	Картофель	0,4	–	0,2	3,56	1 080
3	Масло (жир)	–	0,1	0,8	2,14	900
4	Вода	0,60	–	–	4,18	1 000

В качестве объекта тепловой обработки в расчетах фритюрницы принять ломтики картофеля с параметрами:

- масса одного ломтика $m = 8,5 \cdot 10^{-4}$ кг;
- площадь поверхности одного ломтика $f = 1,5 \cdot 10^{-3}$ м².

В расчетах сковороды принять:

- массу одного куска мяса $m_n = 0,135$ кг;
- площадь контакта с жарочной поверхностью $f = 0,008$ м².

Состав загружаемых в аппарат продуктов и их теплофизические характеристики приведены в табл. 5.

В качестве теплоизоляционного материала в проекте использовать альфоль

гладкую. Этот вид изоляции при монтаже укладывается без какого-либо обжатия.

Средние теплофизические характеристики альфоли:

- $\lambda_5 = 0,053$ Вт/м · К;
- $C_5 = 0,92$ кДж/кг · К;
- $\rho_5 = 30$ кг/м³.

Для уменьшения тепловотерь в окружающую среду все аппараты должны иметь

крышки, изготовленные из полимерного материала с параметрами:

- $S_3 = 0,02$;
- $C_3 = 1,3$ кДж/кг · К;

$$\rho_3 = 1200 \text{ кг/м}^3.$$

В качестве конструкционного материала в тепловых аппаратах применить нержавеющей сталь марки 12Х18Н10Т и чугун соответствующей толщины S_i :

– для рабочего объема котла и фритюрницы $S_1 = 0,002 \text{ м}$;

– для сковороды $S_1 = 0,01 \text{ м}$;

– для рубашки $S_2 = 0,002 \text{ м}$;

– для кожуха $S_4 = 0,001 \text{ м}$

и средними теплофизическими характеристиками:

$$C = 0,462 \text{ кДж/кг} \cdot \text{К};$$

$$\rho = 7900 \text{ кг/м}^3.$$

4. Методические указания к выполнению расчетно-пояснительной записки

4.3. Расчет аппарата

В разделе выполняется конструктивный и тепловой расчет.

4.3.1. Конструктивный расчет

Конструктивный расчет позволяет определить размеры основных конструктивных элементов аппарата – рабочей камеры, теплогенерирующего и теплопередающего устройства, теплоизоляции, общие габариты аппарата.

Расчетные схемы аппаратов (вид сбоку в разрезе) приведены на рис. 1, 2 и 3.

На рис. 4 показана схема фритюрницы в форме параллелепипеда (вид сверху).

Теплоизоляция наносится на поверхность рабочей камеры в соответствии со схемой аппарата. Толщина изоляции $S_{из} = S_5$ рассчитывается из условий обеспечения требуемой температуры поверхности аппарата t_4

k при температуре

промежуточного теплоносителя $t_{пт}^k$ и заданной температуре окружающей среды $t_в$.

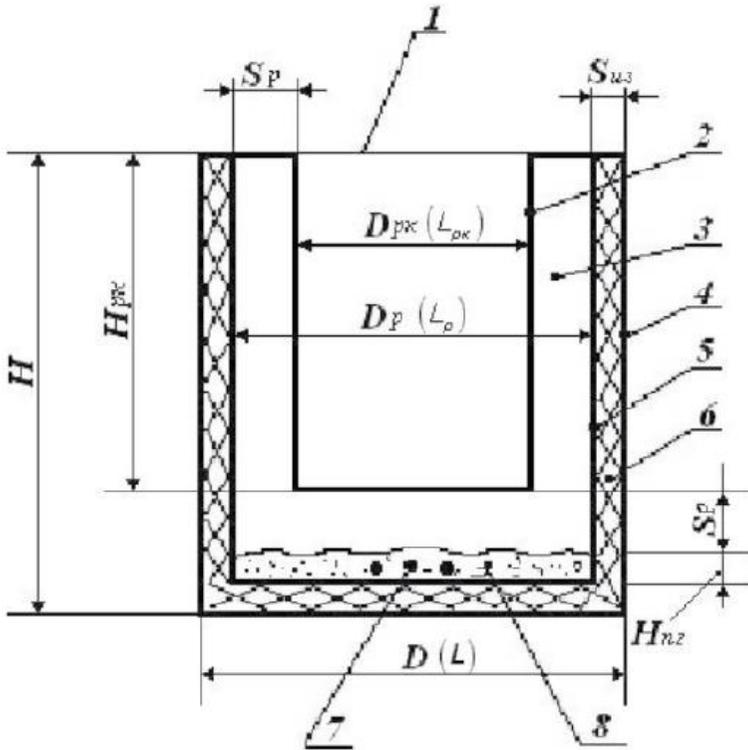


Рис 1. Схема котла*:

1 – крышка; 2 – варочный сосуд (рабочая камера); 3 – паровая рубашка; 4 – кожух; 5 – корпус пароводяной рубашки; 6 – теплоизоляция; 7 – ТЭН; 8 – парогенератор

* В скобках указаны параметры для рабочей камеры в форме параллелепипеда.

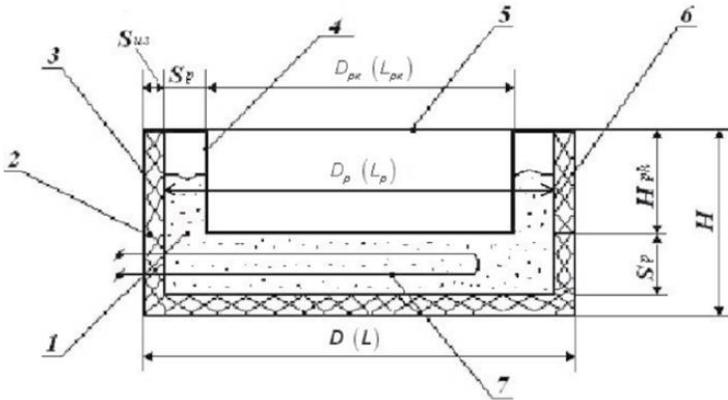


Рис. 2. Схема сковороды*:

- 1 – масляная рубашка; 2 – теплоизоляция; 3 – кожух; 4 – чаша; 5 – крышка; 6 – рубашка; 7 – ТЭН

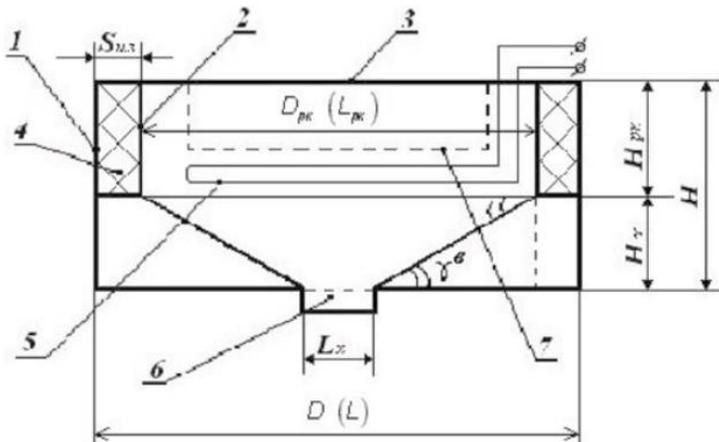


Рис. 3. Схема фритюрницы (в форме параллелепипеда)*:

- 1 – кожух; 2 – рабочая камера (ванна); 3 – крышка; 4 – теплоизоляция; 5 – ТЭН; 6 – фильтр; 7 – сетка вкладыш; γ – угол скоса «холодной» зоны

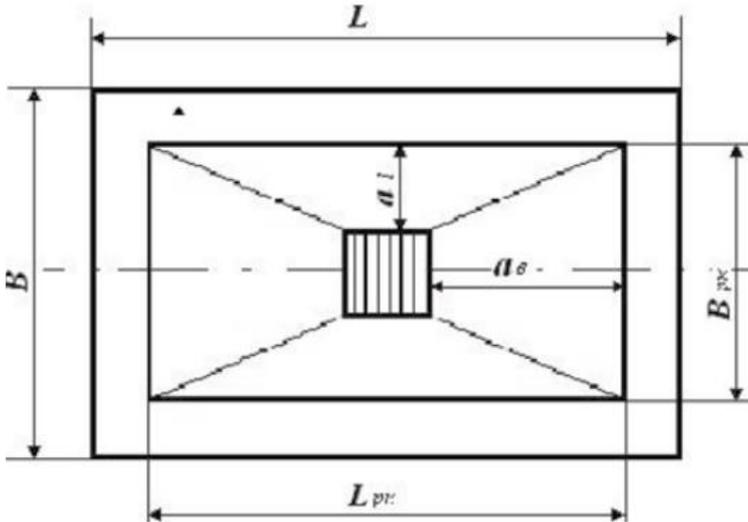


Рис. 4. Схема фритюрницы в форме параллелепипеда (вид сверху)

Объем рабочей камеры $V_{рк}$ определяется общей массой загружаемых компонентов M , их средней плотностью $\rho_{пр}$, коэффициентами загрузки K_3 и заполнения жарочной поверхности КП:

$$K_3 = \frac{V_{пр}}{V_{рк}}, \quad K_{П} = \frac{F_{тп}}{F_{рк}}.$$

Коэффициент загрузки K_3 учитывает увеличение объема загружаемых продуктов при нагревании в котле, объема фритюра, вытесняемого ТЭНами у фритюрницы, а также позволяет осуществить перевертывание обжариваемых порционных кусков на сковороде.

Форма рабочей камеры определяет качество готового продукта и удобство его приготовления.

Для аппаратов с цилиндрической формой рабочей камеры глубина (высота) $H_{рк}$ и диаметр $D_{рк}$ рассчитываются через рабочий объем $V_{рк}$ и заданный коэффициент формы камеры m_{ϕ} , определяемый выражением:

$$m_{\phi} = \frac{H_{рк}}{D_{рк}}.$$

Для рабочих объемов, имеющих форму параллелепипеда, длина $L_{рк}$ и ширина $B_{рк}$ рассчитываются через площадь дна рабочей камеры $F_{рк}$ и заданный коэффициент формы рабочей поверхности m_{ϕ} , определяемый выражением

$$m_{\phi} = \frac{B_{рк}}{L_{рк}}.$$

Теплопередающие устройства в аппаратах с косвенным обогревом предназначены для передачи энергии от источника к продукту посредством промежуточного теплоносителя. Теплопередающее устройство у котла и сковороды выполняется в виде паровой или масляной рубашки, окружающей рабочую камеру.

В расчетах принять:

– толщину рубашки $H_p = S_p = 0,02$ м;

– глубину жидкого промежуточного теплоносителя $H_{пг} = 0,03$

м.

Площадь теплопередающей поверхности $F_{тп}$ определяется геометрией рабочей камеры. Для упрощения расчета в проектируемых аппаратах применить плоскую форму дна рабочей камеры и рубашки.

Для фритюрницы поверхность теплопередачи к продукту $F_{тп}$ равна площади поверхности обрабатываемого продукта $f_{тп}$, так как продукт полностью погружен в промежуточный теплоноситель (масло). Жарка продукта происходит в «горячей» зоне. «Холодная» зона выполняется в виде усеченной пирамиды (для рабочей камеры в виде параллелепипеда) или конуса (для цилиндра).

4.3.2. Тепловой расчет

Целью теплового расчета является:

- расчет составляющих уравнения теплового баланса;
- определение мощности нагревательных элементов;
- определение коэффициента полезного действия аппарата.

Общий вид уравнения теплового баланса:

$$Q_{затр} = Q_{пол} + Q_{пот},$$

где $Q_{затр}$ – общее количество энергии, затраченной при работе теплового аппарата, Вт;

$Q_{пол}$ – полезная энергия, энергия, затраченная на нагрев продукта, Вт;

$Q_{пот}$ – потери энергии, т. е. затраты энергии, не связанные с тепловой обработкой продукта, Вт.

Тепловой баланс составляется для двух периодов работы аппарата: нестационарного (периода выхода на заданный режим) и стационарного (период тепловой обработки продуктов).

Уравнения теплового баланса для *котла*:

– режим нестационарный

$$Q_{\text{затр}}^{\text{н}} = Q_1^1 + Q_1^2 + Q_2 + Q_3 + Q_4^1 + Q_4^2;$$

– режим стационарный

$$Q_{\text{затр}}^{\text{ст}} = Q_1^2 + Q_3.$$

Уравнения теплового баланса для *сковороды и фритюрницы*:

– режим нестационарный

$$Q_{\text{затр}}^{\text{н}} = Q_2 + Q_3 + Q_4^1;$$

– режим стационарный

$$Q_{\text{затр}}^{\text{ст}} = Q_1^1 + Q_1^2 + Q_1^3 + Q_3;$$

где

Q_1^1 – затраты энергии на нагрев продуктов, кВт;

Q_1^2 – затраты энергии на испарение влаги из продукта, кВт;

Q_1^3 – затраты энергии на образование корочки продукта при жарке, кВт;

Q_2 – потери энергии на нагрев аппарата, кВт;

Q_3 – потери энергии в окружающее пространство, кВт;

Q_4^1 – потери энергии на нагрев промежуточного теплоносителя аппарата, кВт;

Q_4^2 – потери энергии на испарение промежуточного теплоносителя, кВт.

Потери теплоты от дна теплового аппарата малы, и в расчетах не учитывать.

Количество теплоты, затраченной на получение пара в пароводяной рубашке, определяется в соответствии с температурой насыщения (в нашем случае, по температуре кипения воды в водонагревателе $t_{\text{пт}}^k$) по таблице Приложения 1.

Масса единовременной загрузки j -х компонентов M_j определяется по заданной производительности с учетом потерь влаги x .

Масса вспомогательного промежуточного теплоносителя M_4 и M_3 определяется по их массовой доле g_4 и g_3 (табл. 5).

Количество кусков мяса n , размещаемых на жарочной поверхности определяется отношением:

$$n = \frac{M_1}{m_{II}} = \frac{M_1}{0,135}.$$

В виду взаимосвязи конструктивных и теплотехнических параметров расчет теплового аппарата рекомендуется проводить в следующей последовательности.

1. Определение массы единовременной загрузки j -х компонентов продуктов M_j , кг:

– мясо и картофель

$$M_{1,2} = \frac{U(\tau_{\text{то}} + \tau_3)}{60} (1 + 0,01x)$$

– жир (масло)

$$M_3 = \frac{M_{1,2}}{g_3}$$

– вода

$$M_4 = \frac{M_2}{g_4}$$

– для котла $\tau_{\text{то}} = \tau_{\text{н}} + \tau_{\text{с}}$

– для фритюрницы, сковороды $\tau_{\text{то}} = \tau_{\text{с}}$

2. M – общая масса загружаемых продуктов:

$$M = \sum_j^j M_j$$

– для котла $j = 2,4$

– для сковороды $j = 1,3$

– для фритюрницы $j = 3,4$

3. $V_{\text{рк}}$, м^3 – объем рабочей камеры

$$V_{\text{рк}} = \frac{M}{K_3 \cdot \bar{\rho}_{\text{пр}} \cdot K_{\text{П}}} \quad \rho_{\text{пр}} = \sum_j^j g_j \rho_j$$

4. Параметры рабочей камеры

4.1. Для цилиндра

Диаметр рабочей камеры $D_{\text{рк}}$, м

$$D_{\text{рк}} = 1,084 \left(\frac{V_{\text{рк}}}{m_{\phi}} \right)^{0,33}$$

Высота рабочей камеры $H_{\text{рк}}$, м

$$H_{\text{рк}} = 1,084 V_{\text{рк}}^{0,333} \cdot m_{\phi}^{0,667}$$

Площадь основания рабочей камеры $F_{\text{рк}}$, м²

$$F_{\text{рк}} = 0,79 D_{\text{рк}}^2$$

Объем «холодной» зоны фритюрницы V_x , м³

$$V_x = 0,26 \cdot D_{\text{рк}}^2 \cdot H_x$$

Глубина «холодной» зоны фритюрницы H_x , м

$$H_x = 0,4 \cdot H_{\text{рк}}$$

Объем паровой рубашки рабочей камеры котла V_p , м³:

– для цилиндра

$$V_p = 0,785 \left[D_p^2 (H_{\text{рк}} + S_p) - D_{\text{рк}}^2 \cdot H_{\text{рк}} \right]$$

– для параллелепипеда

$$V_p = H_{\text{рк}} \cdot B_{\text{рк}} \cdot L_{\text{рк}} - (H_{\text{рк}} + S_{\text{рк}}) \cdot B \cdot L$$

4.2. Для параллелепипеда

Площадь основания рабочей камеры $F_{\text{рк}}$, м²

$$F_{\text{рк}} = 0,932 \left(\frac{V_{\text{рк}}}{m_{\phi}} \right)^{0,667}$$

Высота $H_{\text{рк}}$, м

$$H_{\text{рк}} = 1,084 V_{\text{рк}}^{0,333} \cdot m_{\phi}^{0,667}$$

Ширина $B_{\text{рк}}$, м

$$B_{\text{рк}} = (F_{\text{рк}} \cdot \mu_{\phi})^{0,5}$$

Длина $L_{\text{рк}}, \text{м}$

$$L_{\text{рк}} = \left(\frac{F_{\text{рк}}}{\mu_{\phi}} \right)^{0,5}$$

Объем «холодной» зоны фритюрницы $V_{\text{х}}, \text{м}^3$

$$V_{\text{х}} = \frac{1}{3} H_{\text{х}} \left[F_{\text{рк}} + \left(F_{\text{рк}}^{\frac{1}{2}} \cdot L_{\text{х}} \right) + L_{\text{х}}^2 \right]$$

Глубина «холодной» зоны фритюрницы $H_{\text{х}}, \text{м}$

$$H_{\text{х}} = 0,4 \cdot H_{\text{рк}}$$

5. Параметры пароводяной и масляной рубашки

5.1. Для цилиндра

Диаметр $D_{\text{р}}, \text{м}$

$$D_{\text{р}} = D_{\text{рк}} + 2S_{\text{р}} + 2S_2$$

Высота $H_{\text{р}}, \text{м}$

$$H_{\text{р}} = H_{\text{рк}} + S_{\text{р}} + S_2$$

Объем промежуточного теплоносителя $V_{\text{пт}}, \text{м}^3$:

– пара $V_{\text{пт}} = V_{\text{п}}$

$$V_{\text{р}} = 0,785 \left[D_{\text{р}}^2 (H_{\text{рк}} + S_{\text{р}}) - D_{\text{рк}}^2 \cdot H_{\text{рк}} \right]$$

– воды $V_{\text{пт}} = V_{\text{в}}$

$$V_{\text{пт}} = 0,785 \cdot D_{\text{р}}^2 \cdot H_{\text{пт}}$$

– пара $V_{\text{пт}} = V_{\text{вп}}$

$$V_{\text{вп}} = (V_{\text{п}} + V_{\text{в}}) \cdot \beta$$

5.2 Для параллелепипеда:

Высота $H_{\text{р}}, \text{м}$

$$H_{\text{р}} = H_{\text{рк}} + S_{\text{р}} + S_2$$

Ширина $B_{\text{р}}, \text{м}$

$$B_{\text{р}} = B_{\text{рк}} + 2(S_{\text{р}} + S_2)$$

Длина $L_{\text{р}}, \text{м}$

$$L_{\text{р}} = L_{\text{рк}} + 2(S_{\text{р}} + S_2)$$

Объем промежуточного теплоносителя $V_{\text{пт}}, \text{м}^3$:

– пара $V_{\text{пт}} = V_{\text{п}}$

$$V_{\text{п}} = (H_{\text{р}} \cdot B_{\text{р}} \cdot L_{\text{р}}) - V_{\text{рк}};$$

– воды $V_{\text{пт}} = V_{\text{в}}$

$$V_{\text{в}} = B_{\text{р}} \cdot L_{\text{р}} \cdot H_{\text{пт}};$$

– пара $V_{\text{пт}} = V_{\text{вп}}$

$$V_{\text{вп}} = (V_{\text{п}} + V_{\text{в}}) \cdot \beta$$

6. Поверхность теплопередачи теплоты к продукту $F_{\text{тп}}$, м²:

6.1. Котел:

– цилиндр

$$F_{\text{тп}} = \left(3,69m_{\phi} + 0,92 \right) \left(\frac{V_{\text{рк}}}{m_{\phi}} \right)^{0,667}$$

– параллелограмм

$$F_{\text{тп}} = 2H_{\text{рк}}(B_{\text{рк}} + L_{\text{рк}}) + L_{\text{рк}} \cdot B_{\text{рк}}$$

6.2. Сковорода

$$F_{\text{тп}} = F_{\text{рк}} \cdot K_{\text{п}}$$

6.3. Фритюрница

$$F_{\text{тп}} = \frac{U \cdot \tau_c \cdot f}{60 \cdot m}$$

7. Коэффициент теплоотдачи α_i ($i = 3; 4$), Вт/м² · К:

– для вертикальной поверхности

$$\alpha_i = 9,74 + 0,07(t_i - t_{\text{в}})$$

– для горизонтальной поверхности

$$\alpha_i = 1,3[9,74 + 0,07(t_i - t_{\text{в}})]$$

Температура t_i :

– для нестационарного режима

$$t_i = t_i^{\text{сп}} = \frac{t_i^{\text{к}} + t_i^{\text{н}}}{2}$$

– для стационарного режима

$$t_i = t_i^{\text{к}}$$

8. Толщина теплоизоляции S_5 , м:

$$S_5 = \frac{\lambda_{\text{нз}} (t_{\text{пт}}^{\text{к}} - t_4^{\text{к}})}{\alpha_4 (t_4^{\text{к}} - t_{\text{в}})}$$

9. Габариты аппарата:

Наружный диаметр аппарата D , м

$$D = D_{\text{рк}} + 2(S_{\text{п}} + S_5 + S_2 + S_4)$$

Высота теплового аппарата H , м:

– котел, сковорода

$$H = H_{\text{рк}} + S_{\text{п}} + H_{\text{пт}} + S_2 + S_4 + S_5 + H_{\text{кр}}$$

– фритюрница

$$H = H_{\text{рк}} + H_{\text{х}} + H_{\text{кр}}$$

Длина аппарата L , м:

– котел, сковорода

$$L = L_{\text{рк}} + 2(S_5 + S_{\text{п}} + S_2 + S_4)$$

– фритюрница

$$L = L_{\text{рк}} + 2(S_5 + S_1 + S_4)$$

Ширина аппарата B , м

$$B = B_{\text{рк}} + L - L_{\text{рк}}$$

10. Площадь поверхности теплоотдачи в окружающую среду F_i , м²:

10.1 Для цилиндра:

– боковая поверхность

$$F_4 = 3,14D \cdot H$$

– крышка

$$F_3 = 3,14 \frac{D^2}{4}$$

10.2 Для параллелепипеда:

– боковая поверхность

$$F_4 = 2H(B + L)$$

– крышка

$$F_3 = L \cdot B$$

11. Q_1 – полезные затраты энергии, кВт:

– для котла

$$Q_1 = Q_1^1 + Q_1^2$$

– для сковороды и фритюрницы

$$Q_1 = Q_1^1 + Q_1^2 + Q_1^3$$

Q_1^1 – нагрев продуктов, кВт

$$Q_1^1 = \sum Q_{1j}^1$$

$$Q_{1j}^1 = M_j \cdot C_j (t_{\text{пр}}^k - t_{\text{пр}}^h) / \tau_{\text{то}} \cdot 60$$

Q_1^2 – испарение влаги из продукта, кВт

$$Q_1^2 = 0,01 \cdot x \cdot M_j \cdot r \cdot \frac{1}{60 \tau_{\text{то}}}$$

Q_1^3 – образование корочки продукта, кВт

$$Q_1^3 = 0,01 \cdot y_k \cdot M_2 \cdot c_k (t_k^{\text{сп}} - t_{\text{пр}}^h) \frac{1}{60 \tau_{\text{то}}}$$

принять: $t_k^{\text{сп}} = 120^\circ \text{C}$

$$c_k = 1,67 \text{ кДж / кг} \cdot \text{K}$$

12. Q_2 – затраты энергии на нагрев конструктивных элементов, кВт

$$Q_2 = \sum Q_2^i = \sum \left[G_i c_i (t_i^{\text{сп}} - t_i^h) \right] \frac{1}{60 \tau_{\text{H}}}$$

$$t_1^{\text{сп}} = t_2^{\text{сп}} = t_6^{\text{сп}} = t_7^{\text{сп}} = t_{\text{пт}}^{\text{к}}$$

$$t_{3,5}^{\text{сп}} = \frac{t_{\text{пт}}^{\text{к}} + t_{3,4}^{\text{к}}}{2}$$

$$t_4^{\text{сп}} = t_4^{\text{к}}$$

$$t_i^h = t_{\text{пт}}^h = t_{\text{в}}$$

13. Q_3 – потери энергии в окружающее пространство, кВт:

$$Q_3 = Q_3^1 + Q_3^2$$

Q_3^1 – потери конвекцией, кВт $i = 3; 4$

$$Q_3^1 = \alpha_i (t_i - t_{\text{в}}) F_i \cdot 10^{-3}$$

$$t_4^{\text{ср}} = \frac{t_4^{\text{к}} + t_i^{\text{н}}}{2}$$

Q_3^2 – потери излучением, кВт

$$Q_3^4 = \varepsilon C_0 \left[\left(\frac{t_i + 273}{100} \right)^4 - \left(\frac{t_{\text{в}} + 273}{100} \right)^4 \right] \cdot 10^{-3} F_i;$$

$$C_0 = 5,6 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}^4$$

$$\varepsilon = 0,75$$

14. Q_4^1 – нагрев промежуточного теплоносителя, кВт:

– для котла и сковороды

$$Q_4^1 = G_{\text{пт}} \cdot c_{\text{пт}} (t_{\text{пт}}^{\text{к}} - t_{\text{пт}}^{\text{н}}) \frac{1}{60\tau_{\text{н}}}$$

$$G_{\text{пт}} = V_{\text{пт}} \cdot \rho_{\text{пт}}$$

– для фритюрницы

$$Q_4^1 = Q_4^x + Q_4^{\Gamma}$$

$$Q_4^{\Gamma} = G_{\text{пт}}^{\Gamma} \cdot C_{\text{пт}} (t_{\text{пт}}^{\text{к}} - t_{\text{пт}}^{\text{н}}) / 60\tau_{\text{н}}$$

$$Q_4^x = G_{\text{пт}}^x \cdot C_{\text{пт}} (t_{\text{пт}}^{\text{к}} - t_{\text{пт}}^{\text{н}}) / 60\tau_{\text{н}}$$

$$G_{\text{пт}}^x = M_3^x = V^x \cdot \rho_{\text{пт}}$$

$$G_{\text{пт}}^{\Gamma} = M_3^{\Gamma} - M_3^x$$

15. Q_4^2 – испарение промежуточного теплоносителя, кВт

$$Q_4^2 = V_{\text{п}} \cdot \rho_{\text{п}} \cdot i'' \frac{1}{60\tau_{\text{н}}}$$

*Примечание: *Расчет расхода энергии на разогрев конструкции провести для нестационарного режима работы аппарата, результаты представляются в виде табл. 7.*

Обозначения, используемые в формулах, приведены в Приложении 2.

В записке должны быть представлены расчетные формулы с пояснением входящих параметров и их размерностей. Результаты расчета можно округлять до одного знака после запятой.

Расчет затрат энергии на нагрев³⁰конструктивных элементов

Индекс i	Элемент конструкции	F_i , м ²	S_i , м	V_i , м ³	ρ_i , кг/м ³	G_i , кг	C_i , кДж/ кг·°C	$t_{i,к}^k$, °C	$t_{i,н}^n$, °C	$t_{i,п}^p$, °C	Q_i , кВт
1	Рабочая камера										
2	Рубашка*										
3	Крышка										
4	Кожух										
5	Теплоизоляция										
6	«Холодная» зона										
7	Сетка-вкладыш**	-	-	-	-	1					
			Итого: $G = \sum G_i =$					Итого: $Q_2 = \sum Q_2^i =$			

Примечание. * у фритюрницы отсутствует;

** условно принять $G_7 = 0,5$ кг.

Масса отдельного элемента конструкции G_i :

$$G_i = V_i \cdot \rho_i, \text{ кг},$$

где V_i – объем материала i -го элемента, м³;

ρ_i – плотность материала i -го элемента, кг/м³.

Объем материала элемента конструкции V_i определяется по формуле:

$$V_i = F_i \cdot S_i, \text{ м}^3,$$

где F_i – площадь элемента конструкции, м²;

S_i – толщина элемента конструкции, м.

$F_1 = F_{\text{тн}}$ (табл. 6).

F_3 и F_4 (табл. 6).

Площади (F_2 , F_3 , F_5) рассчитать, используя геометрические формулы.

Например, площадь боковой поверхности «холодной» зоны F_6 фритюрницы можно определить по формуле:

– для усеченной пирамиды:

$$F_6 = F_x = \frac{1}{2}(P_1 + P_2)\bar{a}, \text{ м}^2,$$

где \bar{a} – средняя апофема усеченной призмы, м;

$$\bar{a} = \frac{a_B + a_L}{2} = \frac{H_x}{2} \left(\frac{1}{\sin \gamma_B} + \frac{1}{\sin \gamma_L} \right), \text{ м,}$$

где a_B и a_L – соответственно апофема стороны B и стороны L пирамиды, м;

$\gamma_{B,L}$ – соответственно угол между апофемой и основанием «горячей» зоны, по сторонам B и L , град;

H_x – высота «холодной» зоны, м, принять: $H_x = 0,7 \cdot H_{\text{рк}}$;

– для конуса:

$$F_6 = F_x = \frac{\pi \cdot D_{\text{рк}} \cdot l}{2}, \text{ м}^2,$$

где $D_{\text{рк}}$ – диаметр окружности основания конуса, м;

$$l = \frac{H_x}{\sin \gamma}, ;$$

l – длина образующей конуса, м,

γ – угол наклона конуса, м.

Расчет затрат энергии $Q_{\text{затр}}$, в соответствии с уравнениями теплового баланса, провести для нестационарного и стационарного режимов работы аппарата, расчетные данные представить в виде табл. 8.

Таблица 8

Расход энергии теплового аппарата

Составляющие теплового баланса		Режим работы		
		нестационарный	стационарный	
Q_1	Q_1^1	Нагрев продукта, кВт		
	Q_1^2	Испарение влаги, кВт		
	Q_1^3	Образование корочки, кВт		
Q_2		Нагрев конструктивных элементов, кВт		
		Потери в окружающее пространство, кВт		
Q_4	Q_4^1	Нагрев промежуточного теплоносителя, кВт		
	Q_4^2	Испарение промежуточного теплоносителя, кВт		
		$Q_{\text{затр}} = \sum Qi$, кВт		
		$\eta^{\text{н,с}}$		
		η		

Коэффициент полезного³²действия аппарата определяется по формулам:

$$\eta^H = \frac{Q_1}{Q_{затр}^H},$$

$$\eta^c = \frac{Q_1}{Q_{затр}^c},$$

$$\eta = \frac{Q_1}{Q_{затр}^H + Q_{затр}^c},$$

где Q_1 – полезные затраты энергии, кВт;

$Q_{затр}^H$ – затраты энергии в нестационарном режиме, кВт;

$Q_{затр}^c$ – затраты энергии в стационарном режиме, кВт.

Конструктивные данные аппарата представляются по форме табл. 9 (пример для аппарата в форме параллелепипеда).

Таблица 9

Данные конструктивного расчета

Величина	Численное значение
Высота рабочей камеры $H_{рк}$, м	
Ширина рабочей камеры $B_{рк}$, м	
Длина рабочей камеры $L_{рк}$, м	
Высота аппарата H , м	
Ширина аппарата B , м	
Длина аппарата L , м	
Толщина теплоизоляции S_S , м	
Толщина рубашки S_2 , м	

Список литературы

Оборудование предприятий общественного питания: Учебное пособие / В.Ф. Кащенко, Р.В. Кащенко. - М.: Альфа-М: ИНФРА-М, 2011. - 416 с

Оборудование предприятий общественного питания. Торговое оборудование: учебное пособие / Под общ. ред. Т.Л. Колупаевой. - М.: Форум, 2009. - 272 с

Технологическое оборудование предприятий общественного питания и торговли: Учебник / К.Я.Гайворонский, Н.Г.Щеглов - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: ИД ФОРУМ: НИЦ ИНФРА-М, 2013. - 480 с. (электронный ресурс)

Технологическое оборудование предприятий общественного питания и торговли: Практикум / К.Я. Гайворонский. - М.: ИД ФОРУМ: НИЦ ИНФРА-М, 2014. - 104 с

Курочкин А.А. Основы расчета и конструирования машин и аппаратов перерабатывающих производств: учеб. пособие для студ. вузов / А.А. Курочкин, В.М. Зимняков; под ред. А.А. Курочкина. – М.: КолосС, 2006. – 319 с

Курочкин А.А. Технологическое оборудование для переработки продукции животноводства: учеб. для студ. вузов / А.А. Курчаткин, В.В. Ляшенко; под ред. В.М. Баутина. – М.: Колос, 2001. – 439 с.

Бородулин Д.М. Процессы и аппараты химической технологии: учеб. пособие/ Д.М. Бородулин, В.Н. Иванец; Кемеровский технологический институт пищевой промышленности. – Кемерово, 2007. – 168 с.

Машины и аппараты пищевых производств в 2^х кн.: Под ред. Акад. В.А. Панфилова. М.: Высшая школа 2001г., 1400с.

Чаблин, Б.В. Практикум по механическому оборудованию предприятий общественного питания : учеб. пособие. - Москва : ДеЛи принт, 2007. - 312 с.

Составитель
Мезенов Артём Анатольевич,

Оборудование предприятий общественного питания
19.03.04 Технология продукции и организация общественного питания, профиль Технология общественного питания