

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Шебзухова Татьяна Александровна
Должность: Директор Пятигорского института (филиала) Северо-Кавказского
федерального университета
Дата подписания: 19.09.2023 10:53:34
Уникальный программный ключ:
d74ce93cd40e39275c3ba2f58486412a1c8ef96f

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Пятигорский институт (филиал) СКФУ

Методические указания
по выполнению практических занятий
по дисциплине «ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ПРЕДПРИЯТИЙ
ОБЩЕСТВЕННОГО ПИТАНИЯ»
для студентов направления подготовки
19.03.04 «Технология продукции и организация общественного питания»
Направленность (профиль):
«Технология и организация ресторанного дела»
Для очной формы обучения
(ЭЛЕКТРОННЫЙ ДОКУМЕНТ)

Пятигорск, 20__ г.

1. Введение
2. Перечень практических занятий
 - 2.1. Практическое занятие №1
 - 2.2. Практическое занятие №2
 - 2.3. Практическое занятие №3
 - 2.4. Практическое занятие №4
 - 2.5. Практическое занятие №5
 - 2.6. Практическое занятие №6
 - 2.7. Практическое занятие №7
 - 2.8. Практическое занятие №8
 - 2.9. Практическое занятие №9
3. Рекомендуемая литература и интернет-ресурсы:
- Приложение

1. ВВЕДЕНИЕ

Методические указания разработаны для проведения практических занятий по дисциплине «Технологическое оборудование предприятий общественного питания» для бакалавров, обучающихся по направлению подготовки 19.03.04 – Технология продукции и организация общественного питания (направленность (профиль): Технология и организация ресторанного дела).

В методических указаниях излагается перечень практических занятий, при выполнении которых бакалавры получают теоретические знания по индустриальным технологиям производства продукции общественного питания с учетом ресурсосберегающих и безотходных процессов, ассортименту продукции, полученной индустриальными методами, аппаратурному оформлению производства, а также практические навыки по разработке и внедрению инновационной продукции и технологий в производственный процесс с разработкой необходимой документации.

Целью освоения дисциплины «Технологическое оборудование предприятий общественного питания»: создание информационной базы выпускника, предполагающей выбор и разработку соответствующего технологического оборудования, и подготовку студентов к практической и научной деятельности, связанной с эксплуатацией машин и аппаратов предприятий общественного питания и торговли.

Задачами освоения дисциплины «Технологическое оборудование предприятий общественного питания» являются:

- приобретение теоретических знаний и практических навыков в области устройства и безопасной эксплуатации оборудования;
- рационального использования сырьевых, энергетических и др. ресурсов предприятий питания и торговли;
- подбор современных способов организации производства с использованием современных видов технологического оборудования.

Каждое занятие имеет унифицированную структуру, включающую определение его темы и цели, знаний и умений, приобретаемых студентом в результате его освоения, а также формируемые компетенции или их части. Каждая работа предполагает теоретическую подготовительную работу обучающегося к ней, выполнение практической части, исходя из заданий, письменное оформление материала в требуемом виде и заключение по проведенной работе.

При выполнении практических занятий основным методом обучения является самостоятельная работа студента с методическими указаниями под управлением преподавателя. Индивидуализация обучения достигается за счет выдачи студентам индивидуальных заданий, разнообразие которых достигается за счет подбора многовариантных исходных данных, объектов, ситуационных задач и других средств обучения. На практических занятиях студенты выполняют практическую часть по теме, в том числе учатся правильно понимать и применять нормы действующего законодательства по рассматриваемым вопросам, осуществлять необходимые расчеты и оформлять требуемую документацию.

Выполнению практических занятий должна предшествовать самостоятельная работа студентов с рекомендованной литературой, данными методическими указаниями и конспектами лекций. Перед началом занятий преподаватель проверяет теоретическую подготовку студента по теме практического занятия и разъясняет структуру предстоящей работы. В процессе выполнения студенту необходимо выполнить требуемые по заданию исследования или расчеты, а также составить документацию согласно заданию, сделать выводы о проделанной работе.

По окончании работы преподаватель проверяет усвоение студентом сущности изученного материала, сделанные записи в рабочей тетради, подготовленную документацию, комплексно оценивает практическое занятие и знания студента по теме.

Отчет выполняется в отдельной тетради для практических занятий, которую студенты сохраняют и предоставляют при сдаче экзамена. В отчете указываются дата, номер практического занятия, цель работы, теоретическая часть, выполненные задания, ответы на контрольные вопросы. В отчет также вносят все рисунки, таблицы, схемы в соответствии с принятыми в научно-технической документации обозначениями. Без оформления выводов или заключения практического занятия и сдачи отчета студент не допускается к выполнению следующего занятия.

Содержание отчета: титульный лист практической работы должен быть оформлен согласно требованиям приложения 1.

Текст практического занятия следует выполнять с использованием пакета программ Microsoft Office на компьютере на одной стороне листа белой бумаги, формата А4, шрифт – Times New Roman 14-го размера, межстрочный интервал – 1,5 или рукописно.

2. ПЕРЕЧЕНЬ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ

2.1. Практическое занятие № 1

Тема п/з: Расчет протирачной машины

Цель: изучение теоретических основ процесса разделения методом протирания, знакомство с классификацией протирачных машин, их устройством и принципом действия, приобретение практических навыков по расчету протирачных машин

Формируемые компетенции:

Код:	Формулировка:
ПК-5	способен применять специализированные и профессиональные знания, в том числе инновационные, в области технологии производства продуктов питания, определять направления развития технологии пищевых производств, повышения качества и безопасности готовой продукции
ПК-6	способен проводить проектные расчеты, обосновывать и осуществлять технологические компоновки, подбор оборудования для производственных технологических линий, основных и вспомогательных помещений, в том числе с использованием информационных технологий

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ:

Протирачные машины используются в производстве пюреобразных продуктов, соков, концентрированных томатопродуктов и других растительных полуфабрикатов. Они служат для разделения растительного сырья на две фракции: жидкую с мякотью, из которой изготавливаются консервированные продукты, и твердую, представляющую собой отходы (кожица, семена, косточки, плодоножки и т.п.).

Протирание - это процесс отделения массы плодовоовощного сырья от косточек, семян, кожуры путем продавливания на ситах через отверстия с диаметром 0,7...5,0 мм.

Финиширование - это дополнительное, более тонкое измельчение протертой массы путем пропускания через сито с диаметром отверстий менее 0,4 мм.

В процессе протирания или финиширования перерабатываемая масса попадает на поверхность движущегося бича. Под действием центробежной силы она прижимается к рабочему сити. Полу фабрикат через отверстия проходит в сборник, а отходы под действием силы, обусловленной углом опережения бичей, продвигается к выходу рабочего сита.

Протирачные машины классифицируются по следующим признакам: по числу барабанов - одинарные, сдвоенные и строенные; по принципу действия - бичевые и безбичевые; по форме барабанов - с цилиндрическим или коническим барабаном; по назначению - для семечковых плодов, для косточковых плодов и универсальные; по способу регулирования производительности - с изменяющимся углом опережения бичей, изменяющимся зазором между бичами и барабаном, изменяющейся частотой вращения ротора (рис. 1.1).

Основными рабочими органами протирачных машин являются ситчатый барабан, бичевое устройство, устройства загрузки сырья на бичи и удаления отходов из барабана.

Протирачная машина (рис. 1.2), предназначенная для отделения косточек плодов от мякоти, состоит из корпуса 2, станины 1, петельного вала 4, загрузочного бункера 5, сборника 7 и привода. Внутри корпуса машины на двух подшипниках скольжения вращается петельный вал с четырьмя рядами петель 6 и установлена сетка 3 с отверстиями диаметром 5 мм, укрепленная для жесткости в каркасе. Вал приводится во вращение от электродвигателя через редуктор.

Плоды поступают в машину через загрузочный бункер. Попадая в полость, образуемую ситом, плоды разбиваются петельным валом и отбрасываются на сетку.

Жидкая фаза плодов и мякоть проходит сквозь сито в полость между ситом и корпусом, откуда стекают в сборник. Косточки продвигаются к выходному лотку и по нему сходят в тару.

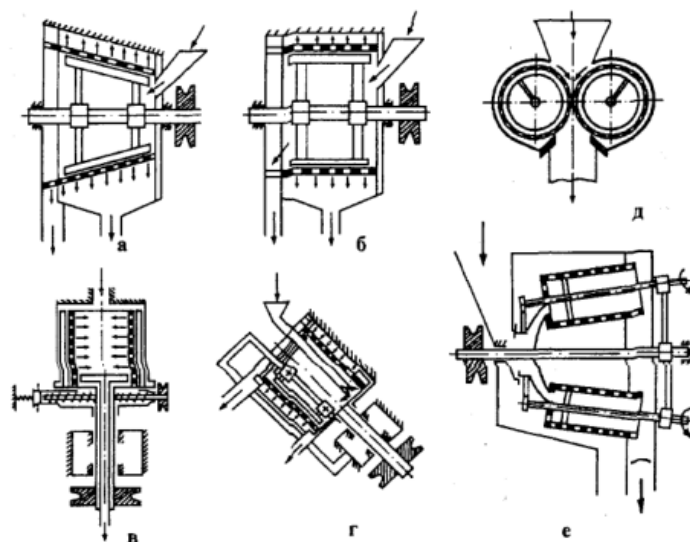


Рисунок 1.1 - Основные конструктивные схемы протирачных машин:

а - с коническим ситчатым барабаном; б - с цилиндрическим ситчатым барабаном; в - с вращающимся вертикальным ситчатым барабаном при наружной подаче сырья; г - с наклонным вращающимся ситчатым барабаном и внутренней подачей сырья; д - двухбарабанная безбичевая протирачная машина; е - трехбарабанная безбичевая протирачная машина

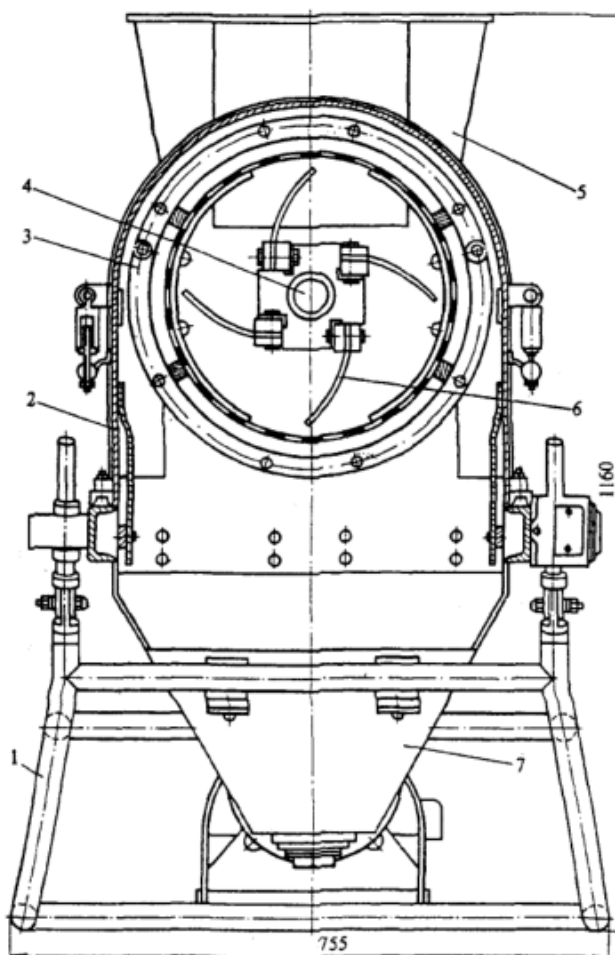


Рисунок 1.2 - Протирачная машина:

1 - станина; 2 - корпус; 3 - сетка; 4 - петельный вал; 5 - загрузочный бункер; 6 - петли; 7 - сборник в полость, образуемую ситом, плоды разбиваются петельным валом и отбрасываются на сетку

Протирачные машины должны обеспечивать качественное разделение протираемой массы на полуфабрикат и отходы, высокую удельную производительность, минимальное количество отходов, низкий удельный расход энергии, однородный и достаточно тонкий дисперсный состав

протертого полуфабриката, максимальную степень измельчения. К недостаткам протирочных машин следует отнести невысокую эксплуатационную надежность, обусловленную неравномерным износом и быстрым выходом из строя сеток; неравномерные нагрузки на ротор вследствие неодинакового зазора между бичом и сеткой цилиндра; низкую удельную протирочную способность. Перспективными конструкциями протирочных машин являются машины с вращающимся ситчатым барабаном и неподвижными бичами.

ПРАКТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ:

Выполнить расчет протирочной машины в соответствии с вариантом, если заданы: производительность машины Q , кг/с; вид перерабатываемого сырья; диаметр отверстий в сите d_c , мм; радиус бичей R , м; число бичей z , шт.; шаг отверстий каркаса $a_{отв}$, м; содержание мякоти в продукте θ , %

Диаметр трубопровода для подвода обрабатываемой массы в машину d_3 , м:

$$d_3 = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot \rho \cdot v_{пр}}}; \quad (1.1)$$

где Q - производительность машины, кг/с;

ρ - плотность перерабатываемой массы, кг/м³ (табл. 3.1);

$v_{пр}$ - скорость массы в загрузочной трубе машины, м/с (рекомендуется $v_{пр} = 0,5 \dots 1,0$ м/с).

Угловая скорость вращения бичевого вала ω , рад/с

$$\omega = \sqrt{\frac{F \cdot r \cdot g}{R}}; \quad (1.2)$$

где F_r - фактор разделения ($F_r = 200 \dots 300$);

$g = 9,81$ м/с² - ускорение свободного падения;

R - радиус бичей, м.

Таблица 1.1 - Параметры перерабатываемого сырья

Продукт	Плотность перерабатываемой массы, ρ , кг/м ³	Массовая доля мякоти в продукте, θ , %	Энергия, затрачиваемая на образование 1 м ² поверхности, W , Дж/м ²
Яблоки	1070	25...40	15,0...18,5
Томаты	1090	20...30	8,0...12,0
Морковь	1130	27...46	19,8...22,4
Груши	1060	27...45	19,0...21,8
Сливы	1040	18...28	12,0...15,0
Виноград	1030	17...26	9,0...12,0

Живое сечение каркаса ситчатого барабана при круглых отверстиях в каркасе

$$\varphi_6 \approx \frac{d_{отв}^2}{a_{отв}^2}; \quad (1.4)$$

где $d_{отв}$ - диаметр отверстий каркаса, м; $d_{отв} = (8 \dots 12) \cdot 10^{-3}$ м;

$a_{отв}$ - шаг отверстий каркаса, м.

Живое сечение сит φ_c ориентировочно определяется в зависимости от диаметра отверстий в сите.

Диаметр отверстий в сите, мм	0,4	0,8	1,2	2,8
Живое сечение сит, φ	0,134	0,165	0,196	0,305
Безразмерная производительность q				

$$q = \frac{0,0905 \cdot Q}{\varphi_6 \cdot \varphi_c \cdot \rho \cdot R^2 \cdot \sqrt{R \cdot g}}; \quad (1.4)$$

Длина зоны активного отделения жидкой фазы при протирании томатов l_1 , м

$$l_1 = R \cdot 30,4 \cdot q^{0,29} \cdot Fr^{0,53} \cdot z^{0,31}; \quad (1.5)$$

где z - число бичей, шт.

При протирании яблочной или другой перерабатываемой массы длину зоны активного отделения жидкой фазы увеличивают на 30 %.

Длина зоны центробежного отжима l_2 , м

$$l_2 = 0,11 \cdot R, \quad (1.6)$$

Длина ситчатого барабана l , м

$$l = l_1 + l_2, \quad (1.7)$$

Продолжительность пребывания продукта в протирочной машине τ , с

$$\tau = \frac{L}{v_1}, \quad (1.8)$$

где L - длина бича, м (в расчете принимается $L = l$);

v_1 - скорость перемещения продукта вдоль бича, м/с

$$v_1 = 2 \cdot R \cdot \omega \cdot \operatorname{tg} \alpha, \quad (1.9)$$

здесь R - радиус бичей, м; ω - угловая скорость бичевого вала, рад/с; α -

угол опережения бича, град, ($\alpha = 1,5 \dots 6,0^\circ$).

Мощность привода протирочной машины, Вт, складывается из следующих величин:

- мощности, затрачиваемой на сообщение продукту скорости

$$N_1 = 0,5 \cdot Q \cdot \omega^2 \cdot R^2, \quad (1.10)$$

- мощности, затрачиваемой на трение массы о сито

$$N_2 = z \cdot m \cdot \omega^3 \cdot R^2 \cdot f, \quad (1.11)$$

где f - коэффициент трения массы о сито ($f = 0,2 \dots 0,9$);

m - масса сырья вращающегося совместно с бичом, кг

$$m = \gamma \cdot \rho \cdot l \cdot R^2, \quad (1.12)$$

здесь γ - эмпирический коэффициент ($\gamma = 0,05$);

l - длина барабана, м;

- мощности, затрачиваемой на измельчение сырья

$$N_3 = Q \cdot W \cdot F_1, \quad (1.13)$$

где W - энергия, затрачиваемая на образование 1 м² новой поверхности, Дж/м²;

F_1 - площадь вновь образованной поверхности при переработке 1 кг сырья, м²/кг

$$F_1 = \left(\frac{2}{\rho \cdot d_2} - \frac{2}{\rho \cdot d_1} \right) \cdot \theta \cdot 10^{-2}, \quad (1.14)$$

здесь d_1 - средний размер частиц до обработки; $d_1 = (1,0 \dots 1,5) \cdot 10^{-3}$ м;

d_2 - средний размер частиц после обработки (при обработке массы на сите с отверстиями диаметром d_c принимают $d_2 = 0,3 \cdot d_c$ м);

θ - массовая доля мякоти в продукте, %.

Общая мощность привода, Вт

$$N = k \cdot \frac{(N_1 + N_2 + N_3)}{\eta_m}, \quad (1.15)$$

где $k = 1,5$ - коэффициент запаса мощности;

η_m - механический КПД привода ($\eta_m = 0,85 \dots 0,90$).

Контрольные вопросы

1. Какой процесс называется протиранием?
2. Как классифицируются протирочные машины?
3. В чем заключается отличие финишеров от протирочных машин?
4. Какие виды бичевых устройств известны?
5. Какие требования предъявляются к протирочным машинам?
6. Каково устройство и принцип действия протирочной машины?

7. Какие недостатки свойственны протирочным машинам?

Таблица 1.2 - Варианты индивидуальных заданий

Номер варианта	Производительность, G, кг/с	Вид перерабатываемого сырья	Радиус бичей, R, м	Диаметр отверстий в сите, d _c , мм	Число бичей, z, шт.	Шаг отверстий каркаса, α _{отв} , мм	Марка протирочной машины
1	0,30	Яблоки	0,10	0,4	2	11	КПУ – М
2	0,31	Томаты	0,11	0,4	2	11	
3	0,32	Морковь	0,12	0,4	2	11	
4	0,33	Груши	0,17	0,4	2	11	
5	0,34	Сливы	0,15	0,4	2	11	
6	0,35	Виноград	0,20	0,4	2	11	1ПЗ1
7	0,40	Яблоки	0,12	0,6	4	12	
8	0,41	Томаты	0,13	0,6	4	12	
9	0,42	Морковь	0,13	0,6	4	12	
10	0,43	Груши	0,16	0,6	4	12	
11	0,44	Сливы	0,12	0,6	4	12	А9 - КИТ
12	0,45	Виноград	0,18	0,6	4	12	
13	0,36	Яблоки	0,14	0,8	6	13	
14	0,37	Томаты	0,15	0,8	6	13	
15	0,35	Морковь	0,14	0,8	6	13	
16	0,39	Груши	0,15	0,8	6	13	Т1-КП2У
17	0,40	Сливы	0,11	0,8	6	13	
18	0,43	Виноград	0,16	0,8	6	13	
19	0,41	Яблоки	0,16	1,0	8	14	
20	0,34	Томаты	0,17	1,2	8	14	Т1 – КП2Т
21	0,38	Морковь	0,15	1,2	8	14	
22	0,32	Груши	0,14	1,2	8	14	
23	0,30	Сливы	0,13	1,2	8	14	
24	0,31	Виноград	0,14	1,2	8	14	
25	0,33	Яблоки	0,18	1,2	10	15	

2.2. Практическое занятие № 2

Тема п/з: Расчет овощерезательной машины

Цель: изучение сущности резания, видов режущих инструментов, способов резания и конструкций овощерезательных машин, определить основные параметры пуансонной овощерезки

Формируемые компетенции:

Код:	Формулировка:
ПК-5	способен применять специализированные и профессиональные знания, в том числе инновационные, в области технологии производства продуктов питания, определять направления развития технологии пищевых производств, повышения качества и безопасности готовой продукции
ПК-6	способен проводить проектные расчеты, обосновывать и осуществлять технологические компоновки, подбор оборудования для производственных технологических линий, основных и вспомогательных помещений, в том числе с использованием информационных технологий

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ:

Процесс измельчения пищевых продуктов, т.е. разделение их на части, широко применяется на предприятиях общественного питания при изготовлении сахарной пудры, панировочных сухарей, дробленых орехов, кофе, пюреобразных продуктов из вареных овощей, фруктов, творога, при нарезке сырых овощей и фруктов, мяса, хлеба, сыра, колбасы, масла сливочного и других продуктов.

Измельчение — механический процесс, при котором воздействие рабочих органов на обрабатываемый продукт сопровождается переходом последнего за пределы упругих деформаций. Поэтому при выборе способа измельчения первостепенное значение приобретают такие свойства продукта, как упругость, вязкость, пластичность. Под упругостью понимается свойство продукта восстанавливать свою форму и размеры после прекращения воздействия на него внешней нагрузки, под влиянием которой они были изменены. Это свойство характеризуется модулем упругости. Исходя из этого, все продукты подвергаемые измельчению, не могут рассматриваться как упругие. Наличие у них таких явлений, как релаксация (падение напряжения при неизменной деформации) и ползучесть (рост деформации при постоянных нагрузках), позволяет отнести эти продукты к упруго-вязким и вязкопластическим телам.

По характеру применяемых усилий измельчение производят следующими способами: разрыванием — разрушением при растяжении; раздавливанием — разрушением при сжатии; размалыванием — разрушением при изгибе; сдвиганием одного слоя продукта относительно другого — разрушением при сдвиге; созданием на малых участках поверхности продукта больших контактных напряжений — разрушением лезвием.

Разнообразие пищевых продуктов требует и различных способов их измельчения. На практике, как правило, применяются одновременно несколько способов измельчения, например изгиб и сдвиг, сжатие и сдвиг и др.

В зависимости от физико-механических свойств продуктов, особенностей технологического процесса, требований к дисперсности, качеству поверхности раздела, форме конечного продукта этот процесс осуществляют на различных измельчающих машинах.

По функциональному назначению режущее оборудование классифицируется на следующие виды:

- ✓ для измельчения твердых пищевых продуктов (размолочные машины и механизмы);
- ✓ для измельчения мягких пищевых продуктов (протирочные машины и механизмы);
- ✓ для резания пищевых продуктов (овощерезательные машины, мясорубки, мясорыхлители, хлебоборезки, машины резки гастрономических товаров и др.)

Значительное место в технологическом процессе механической обработки пищевых продуктов предприятий общественного питания занимает измельчение продуктов способом резания.

Способ резания применяется для разрезания различных продуктов ломтиками, дольками, кубиками, прямоугольными и квадратными пластинками, кружочками, а также для шинкования.

Разрезание продуктов осуществляется режущими инструментами с целью придания продуктам заданных формы, размера и качества поверхности. При этом каждый исходный кусок продукта должен быть разделен на более мелкие части без остатка и отходов. Существенным требованием к конечному продукту является одинаковость формы его частиц, а чаще всего их массы.

На предприятиях общественного питания разрезанию подвергают овощи, фрукты, мясо, рыбу, хлебобулочные изделия, гастрономические товары (колбасы всех видов, ветчина, буженина, сыр и т. д.).

В зависимости от вида обрабатываемого продукта все оборудование, предназначенное для разрезания пищевых продуктов, подразделяется на четыре группы:

- овощерезки;
- мясорубки, рыхлители;
- хлебoreзки;
- машины для нарезки гастрономических товаров.

Виды режущих рабочих инструментов. В качестве режущих рабочих инструментов на предприятиях общественного питания применяют ножи, имеющие различную конструкцию и форму.

У всех ножей режущая сторона (лезвие) имеет форму двугранного одностороннего или двустороннего клина (рис. 2.1). Грань лезвия Б, которая совпадает с плоскостью движения ножа, называется опорной.

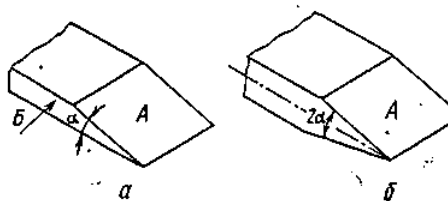


Рисунок 2.1 - Двугранный клин: а-односторонний; б – двусторонний

Грань лезвия А расположенная под углом к плоскости движения ножа, называется рабочей или лицевой. Эта грань производит деформирование, например отгибание продукта и вытеснение его из пространства, занимаемого впоследствии ножом.

Линия пересечения опорной и рабочей граней носит название режущей кромки лезвия. Поскольку двугранный клин имеет одну режущую кромку, резание продуктов он может производить только в одной плоскости.

Угол α , образованный опорной и рабочей гранями, называется углом заточки лезвия. Клин (рис. 2.1, а) называется односторонним, если имеет рабочую А и опорную Б грани. Клин (рис. 2.1, б) называется двусторонним, если не имеет опорной грани, поскольку обе его грани являются рабочими. Такой клин можно представить в виде двух сложенных вместе по опорным граням односторонних клина. Углом заточки для двустороннего клина является угол, образованный рабочими гранями. Для двустороннего симметричного клина (рис. 2.1, б) угол заточки равен удвоенному углу заточки одностороннего клина.

Помимо ножей для разрезания твердых продуктов применяют режущие инструменты, лезвия которых выполнены в форме клина с явно выраженными зубцами и углом заточки, равным нулю или отрицательным (рис. 2.2). Такие инструменты называют пилами. Кроме того, для разрезания пластичных продуктов в отдельных случаях применяют режущие инструменты в виде проволоки. Для осуществления процесса разрезания необходимо относительное перемещение рабочего инструмента и продукта. В общем случае скорость этого перемещения направлена под некоторым углом φ к режущей кромке лезвия и ее можно разложить по двум направлениям: по нормали к режущей кромке и вдоль нее.

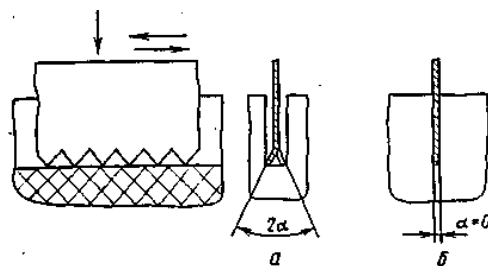


Рисунок 2.2 - Схема резания продукта пилой с разведенными зубьями: а — с отрицательным углом заточки; б — с углом заточки, равным 0.

В частном случае скорость может быть направлена по одному из этих направлений (рис. 4.3). Если скорость направлена вдоль режущей кромки, то проникновение ножа в продукт будет отсутствовать и резания не произойдет.

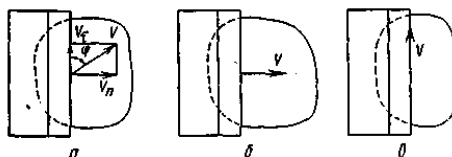


Рисунок 2.3. Схема относительного перемещения ножа и продукта:
а — под углом к режущей кромке; б — по нормали к режущей кромке; в — вдоль режущей кромки

ОСНОВНЫЕ СПОСОБЫ РЕЗАНИЯ ПРОДУКТОВ

Как уже отмечалось, резание может быть осуществлено при относительном перемещении режущего инструмента и продукта. В зависимости от направления этого перемещения резание принято подразделять на рубящее и скользящее.

При рубящем резании режущий инструмент перемещается относительно продукта перпендикулярно режущей кромке лезвия, при скользящем резании — под острым углом к режущей кромке лезвия.

При рубящем резании лезвие ножа, перемещаясь перпендикулярно режущей кромке, деформирует продукт и уплотняет его поверхностный слой, в котором возникают контактные напряжения, имеющие максимальное значение в зоне контакта с острой кромкой ножа. По мере возрастания силы воздействия ножа на продукт увеличивается деформирование последнего и возрастают контактные напряжения. Как только контактные напряжения достигают некоторой предельной величины, происходит разрушение продукта острой кромкой ножа.

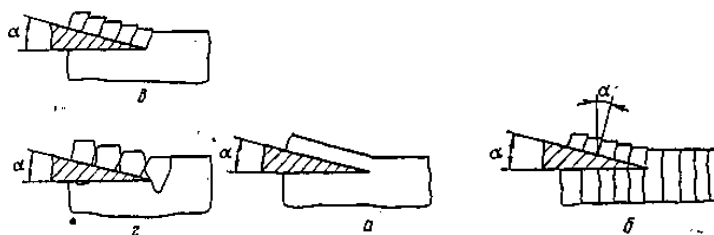


Рисунок 2.4 - Схема деформации различных продуктов при рубящем резании: а — пластичных продуктов; б — волокнистых пластичных продуктов — клин направлен поперек волокон; в — неволокнистых твердых продуктов; г — твердых хрупких продуктов

Характер разрушения зависит от структурно-механических свойств продукта: у пластичных продуктов имеет место срез уплотненных частиц продукта, у твердых хрупких, у пластичных волокнистых, разрезаемых поперек волокон, твердых волокнистых и неволокнистых продуктов — скалывание.

При резании пластичных продуктов (овощи, фрукты, хлеб мягкий, сыр, мясо и рыба сырые) при небольшом угле заточки клина под действием касательных напряжений, возникающих вследствие воздействия рабочей грани лезвия, происходит деформирование частей продукта вдоль рабочей грани ножа. При этом отрезаемый слой плавно отгибается рабочей гранью клина и отделяется от основной части продукта, которая остается за опорной гранью

ножа. Поверхности срезанных кусочков получаются достаточно ровными и гладкими (рис. 2.4, а).

У всех волокнистых пластичных и твердых продуктов, а также у неволокнистых твердых и хрупких продуктов в процессе резания происходит скалывание, т.е. разрушение материала под действием касательных напряжений, при котором одна часть продукта смещается относительно другой по какой-либо поверхности.

Так, у волокнистых пластичных продуктов (вареное мясо, рыба), если клин направлен поперек волокон, а также у неволокнистых твердых продуктов (черствый хлеб, вареная печень), скалывание происходит под острым углом к плоскости среза (рис. 2.4, б, в). При этом поверхности срезанных кусочков имеют неровности (зазубрины), а сам отрезанный кусочек не сохраняется целиком и чаще всего распадается на отдельные части.

При резании твердых хрупких продуктов, например, костей, даже при незначительных углах заточки клина происходит двойное скалывание: в направлении движения ножа и под некоторым углом к плоскости среза (рис. 2.4, г). Часто поверхности скалывания у таких продуктов располагаются ниже опорной грани клина. Поверхности кусочков получаются неровными, ломаными, со значительной шероховатостью.

При скользящем резании в результате движения ножа перпендикулярно режущей кромке происходит проникновение его в толщу продукта, а при движении ножа вдоль режущей кромки—перепиливание мельчайшими микрорубчиками лезвия волокон и стенок продукта.

В отличие от рубящего резания при скользящем резании для разрезания продукта требуются меньшие уплотнение и усилие, так как перерезание продукта осуществляется отдельными микрорубчиками, причем суммарная длина микрорубчиков, одновременно участвующих в разрезании продукта, всегда меньше длины режущей кромки лезвия. Поэтому при скользящем резании величина контактных напряжений, необходимая для разрезания продукта, а, следовательно, и требуемое усилие, значительно меньшие, чем при рубящем резании. При скользящем, резании для осуществления разрезания продукта не требуется, чтобы все зубчики лезвия на полную глубину проникали в продукт. Поверхности среза при скользящем резании получаются, более гладкими и ровными, чем при рубящем резании. Происходит это потому, что при скользящем резании продукт подвержен меньшему силовому воздействию со стороны, режущего инструмента.

Скользящее резание применяют для разрезания пластичных продуктов с невысокой механической прочностью.

Для разрезания твердых продуктов, имеющих значительную механическую прочность, применяют зубчатые режущие инструменты (пилы). Применение рубящего или скользящего резания определяется физико-механическими свойствами продукта, требованиями, предъявляемыми к качеству поверхности отрезаемых кусочков, а также энергетическими показателями.

Рубящее резание рекомендуется использовать для тех продуктов, у которых разрушающие контактные напряжения невелики и разрезание происходит без значительного уплотнения. Вследствие этого поверхность среза получается достаточно ровной и продукт не деформируется. К таким продуктам можно отнести сыры, масло сливочное. Для тех продуктов, у которых разрушающие контактные напряжения достигаются только после того, как продукт претерпел наряду с упругой и пластическую деформацию, рубящее резание не рекомендуется. У таких продуктов отрезанные кусочки остаются в деформированном состоянии. Пористые продукты (хлеб мягкий ржаной и пшеничный, бисквиты) утрачивают частично свою пористость, ухудшается их товарный вид. Сочные продукты (помидоры, лимоны, огурцы свежие, сырое мясо, рыба, фрукты и т. д.) вследствие деформации теряют часть сока и становятся малопригодными к употреблению.

При скользящем резании продукт значительно меньше деформируется. Пористые продукты не крошатся и не утрачивают своей пористости. Сочные продукты не теряют сока, а их ломтики не разваливаются и не деформируются.

На предприятиях общественного питания для нарезки плодов и овощей используют овощерезательные машины и механизмы. Наиболее распространенная форма нарезки —ломтики, брусочки, соломка, стружка, дольки

Ломтики имеют две параллельные поверхности среза, расстояние между которыми равно толщине ломтика h ; длина и ширина ломтика определяются размерами разрезаемого плода. Брусочки и соломка имеют, как правило, два определенных размера - толщину h и ширину b .

Пуансонный овощерезательный механизм

В пуансонном овощерезательном механизме нарезку овощей осуществляют путем продавливания продукта пуансоном через неподвижную ножевую рамку. По такому принципу работает сменный механизм МС28-100 (рис. 2.6.), присоединяемый к универсальной кухонной машине ПУ-0,6.

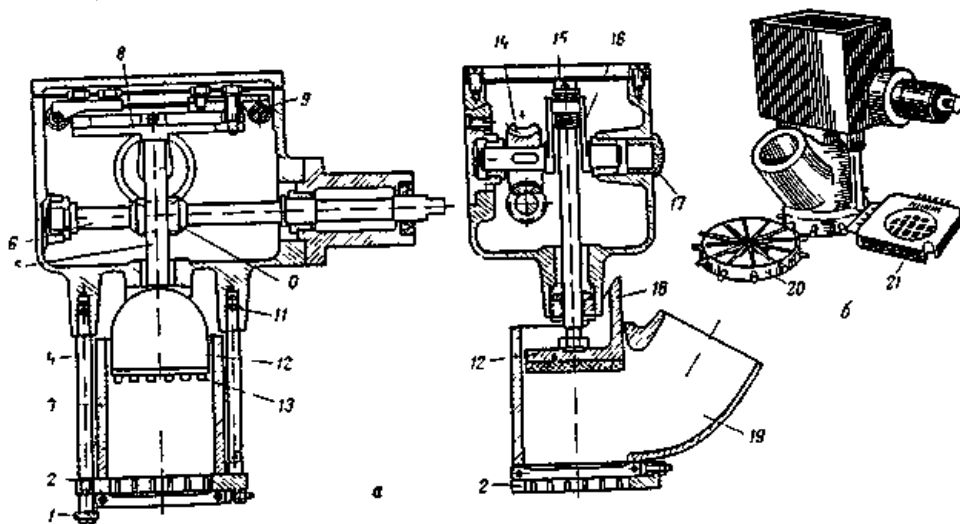


Рисунок 2.6 - Механизм МС28-100 для нарезки сырых овощей: а — разрез; б — общий вид

Рабочей камерой механизма служит неподвижный пустотелый цилиндр 3, выполненный как одно целое с загрузочным каналом 19. Нижним торцом камера опирается на ножевую рамку 2, которая крепится к корпусу редуктора 7 с помощью двух стоек 4 и гаек 1. Стойки закреплены в корпусе редуктора штифтами 11. Внутри рабочей камеры перемещается пуансон 12. К нижнему торцу пуансона прикреплена пластинка с выступами 13, предназначенными для проталкивания продукта в неподвижную ножевую рамку. Находясь в крайнем нижнем положении, пуансон своим выступом 18 закрывает загрузочный канал, предотвращая тем самым попадание продукта в пространство камеры над пуансоном. Пуансон совершает возвратно-поступательное движение, которое передается ему следующим образом. Привод кухонной машины передает вращение входному валу 6, от которого через червяк 10 и червячное колесо 14 движение передается коленчатому валу 16. Оба вала опираются на графито-бabbitовые подшипники. Шейка коленчатого вала установлена в прорези рамки-кулисы 8. Последняя имеет две пары роликов 9 (подшипников качения), движущихся по направляющим корпуса, и шток 5, к которому прикреплен пуансон. При вращении коленчатого вала его шейка совершает движение по окружности, в то время как связанная с ней рамка-кулиса совершает возвратно-поступательное движение. За один оборот коленчатого вала рамка-кулиса делает один двойной ход (вверх-вниз). Корпус редуктора закрыт крышкой 15 и пробкой 17.

Работа механизма заключается в следующем. В загрузочный канал вручную подают по одному корнеклубнеплоду. В тот момент, когда пуансон находится в верхнем положении, клубень скатывается на ножевую рамку, при движении пуансона вниз клубень продавливается через ячейки ножевой рамки. Форма нарезки определяется конструкцией ножевой рамки. Для нарезки продукта брусочками применяют ножевую рамку 21 с квадратными ячейками, для нарезки дольками (чесночком) рамку 20.

Дисковые овощерезки

Дисковые овощерезки предназначены для нарезки овощей и фруктов ломтиками, брусочками, соломкой. Устанавливают их, как правило, в заготовочных цехах предприятий общественного питания. Овощерезки выпускаются с индивидуальным приводом (МРО50-200,

МРО400-1000, МУ-1000) или в качестве сменных механизмов (МС10-160, УММ-10, МОП-II-1) к приводам универсальных кухонных машин.

Рабочей камерой овощерезок служит пустотелый цилиндр, расположенный вертикально или горизонтально. Рабочая камера имеет загрузочное и разгрузочное устройства. Рабочим органом овощерезок являются ножи, закрепленные на вращающемся опорном диске и имеющие прямолинейную или криволинейную форму. Для нарезки овощей и фруктов ломтиками ножи устанавливают параллельно плоскости опорного диска на некотором расстоянии от него, равном толщине отрезаемого ломтика. Для нарезки плодов и овощей брусочками применяют комбинированные ножи, состоящие из ножевой гребенки с лезвиями, расположенными перпендикулярно плоскости опорного диска, и ножа, установленного параллельно плоскости опорного диска. Для получения соломки применяют рабочие органы в виде стального листа с отверстиями, один край которых отогнут, и заострен.

Нарезку плодов ломтиками осуществляют следующим образом: плоды из загрузочного устройства поступают на вращающийся опорный диск и движутся вместе с ним до тех пор, пока не будут остановлены стенкой камеры, имеющей форму кругового клина «улитки» либо цилиндра. К опорному диску продукт прижимается за счет его заклинивания между наклонной поверхностью камеры и опорным диском или вручную с помощью толкателя. Ножи врезаются в неподвижные плоды и отрезают от них ломтики, которые проваливаются в отверстия опорного диска. Оставшаяся часть плода опускается на опорный диск, вновь останавливается стенкой камеры и прижимается к опорному диску, после чего с нее срезается следующий ломтик. Процесс повторяется до тех пор, пока продукт полностью не измельчится.

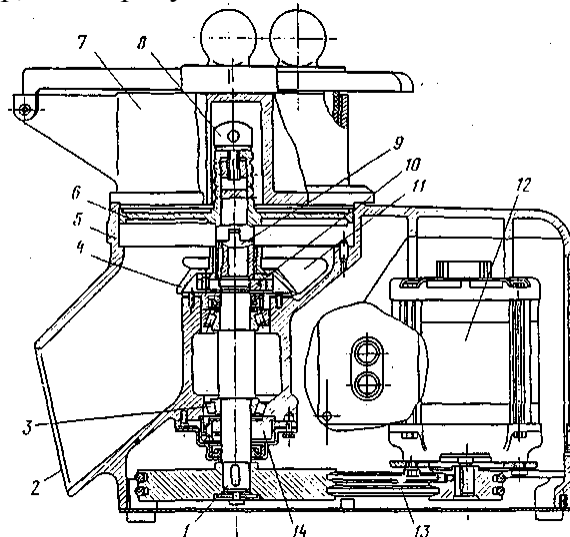


Рисунок 2.7 - Универсальная овощерезательная машина МРО 50-200

Универсальная овощерезательная машина МРО50-200. Машина (рис. 2.7) предназначена для нарезки сырых овощей ломтиками, брусочками, соломкой и шинковки капусты. Устанавливается машина на амортизаторах на рабочем столе в заготовочном цехе. Состоит она из приводной части, сменных рабочих органов и съемного загрузочного устройства 7. В состав приводной части входят литой алюминиевый корпус 5, электродвигатель 12, укрепленный на плите, имеющей пазы для натяжения ремней клиноременной передачи 13, и вертикальный приводной вал 1, установленный на конических роликовых подшипниках 3. Натяг в подшипниках регулируется с помощью гайки 14. Подшипники закрыты крышками. На верхней половине вала, на шпонке установлена втулка 9 с двумя выступами, передающими вращение рабочим органам. Положение втулки относительно цилиндрической части корпуса, в которой расположены рабочие органы, регулируется гайкой 10 и фиксируется винтом 4. На втулке 9 с помощью левой резьбы закреплен трехлопастный сбрасыватель 11, предназначенный для продвижения нарезанного продукта к разгрузочному устройству 2. На верхний конец приводного вала насажен опорный диск 6 с ножами, закрепленный на валу с помощью специального винта 8 и имеющий в нижней части два паза для зацепления с втулкой 9.

В комплект машины входят следующие рабочие органы: опорный диск с серповидными ножами для нарезки овощей ломтиками, кольцами и полукольцами толщиной 2 мм и шинковки

капусты, два опорных диска с комбинированными ножами для нарезки овощей брусочками сечением 10X10 мм и соломкой сечением 3X3 мм, два терочных диска для нарезки овощей стружкой сечением 0,8x1,2 мм и 3X3 мм. Регулировка толщины нарезки в данной машине не предусмотрена.

Опорный диск с ножами размещен в цилиндрической расточенной части литого корпуса машины. Сверху на эту часть корпуса устанавливается съемное загрузочное устройство 7, закрепляемое с помощью зацепа и фиксатора. Для обеспечения безопасной работы в машине предусмотрен блокировочный выключатель, который разрывает цепь питания электродвигателя при снятом загрузочном устройстве.

Загрузочное устройство 7 имеет литой корпус с двумя круглыми и одним серповидным отверстиями. В отверстия вставляются соответствующей формы толкатели. В серповидном отверстии продукт прижимается к опорному диску посредством кронштейна, который является рычагом второго рода. Серповидный толкатель шарнирно закреплен на кронштейне, который в свою очередь шарнирно закреплен на корпусе загрузочного устройства. При повороте кронштейна вокруг оси серповидный толкатель перемещается внутри отверстия. Серповидное отверстие в загрузочном устройстве предназначено для подачи к ножам разрезанных на части кочанов капусты, круглые отверстия — для овощей других видов (картофеля, моркови, свеклы, редиса, репы и т.д.).

Нарезку продуктов на овощерезке производят следующим образом. Включив машину, закладывают овощи вручную в одно из отверстий загрузочного устройства и прижимают толкателями к вращающемуся опорному диску. Ножи, вращающиеся вместе с опорным диском, отрезают от плодов последовательно слой за слоем в виде ломтиков, колец, полуколец, брусочков, соломки. В момент отрезания продукт удерживается от перемещения стенкой загрузочного отверстия и толкателем. Отрезанные частицы продукта проходят в отверстия опорного диска, расположенные под ножами, захватываются вращающимся сбрасывателем и подаются в разгрузочный лоток.

Роторная овощерезательная машина

Роторная овощерезка так же, как и дисковая, входит в комплект универсальной овощерезательной машины МРО400-1000. Особенность этой овощерезки состоит в том, что ее ножи в процессе резания остаются неподвижными, а продукт перемещается вращающимся ротором с лопастями. На роторной овощерезке овощи нарезаются ломтиками толщиной 3 мм и брусочками сечением 3X3; 6X6 и 10X10 мм.

Камерой обработки этой машины (рис. 2.8, а) служит вертикально расположенный литой цилиндр 5, который крепится к корпусу 9 с помощью зацепа 13 и фиксирующей защелки 12. Сверху на рабочую камеру устанавливается откидная загрузочная воронка 5, которая поворачивается вокруг оси 10 и стопорится фиксатором 11. В боковой стенке рабочей камеры имеется проем, куда вставляется сменный ножевой блок 3.

Для нарезки продукта ломтиками (рис. 2.8, б) ножевой блок имеет литую щеку 14 и нож 16. При установке ножевого блока в рабочей камере внутренняя поверхность щеки совмещается с внутренней поверхностью камеры, а лезвие ножа выступает внутрь камеры на расстояние, равное толщине отрезаемых ломтиков. Острая кромка ножа располагается параллельно образующей рабочей камеры. Для нарезки продукта брусочками ножевой блок дополнительно оснащается ножевой гребенкой 15, лезвия которой расположены перпендикулярно стенке камеры. Ножевые блоки закрепляются в стенке рабочей камеры с помощью вилки 17 и откидного болта.

Внутри рабочей камеры расположен ротор (рис. 2.8, б), имеющий литое основание в виде диска, к которому прикреплены три вертикальные лопасти 6, расположенные под углом 65° к касательной окружности основания 7 ротора, проведенной через точку пересечения лопасти с этой окружностью. Ротор устанавливается на верхнем конце выходного вала 1 приводного устройства машины и закрепляется винтом 4 с левой резьбой. С внешней стороны рабочей камеры напротив режущих инструментов расположен разгрузочный канал 2, переходящий в разгрузочное устройство машины. Работает овощерезка следующим образом. Продукт через загрузочное устройство загружают в рабочую камеру, где он захватывается вращающимися лопастями ротора и подается к неподвижным ножам. При этом продукт под действием центробежной силы прижимается к внутренней стенке рабочей камеры и скользит по ней. При

нарезке ломтиками выступающий над поверхностью рабочей камеры нож, расположенный параллельно образующей рабочей, камеры, за каждый оборот отрезает от продукта слой, равный толщине ломтика. При нарезке брусочками продукт сначала надрезается ножовой гребенкой, а затем отрезается ножом, расположенным перпендикулярно нолам ножовой гребенки. Отрезанные частицы продукта поступают сначала в разгрузочный канал, а затем в разгрузочное устройство машины. Для обеспечения безопасной работы машина снабжена блокировочным выключателем, предотвращающим включение электродвигателя при снятых рабочей камере и загрузочном устройстве.

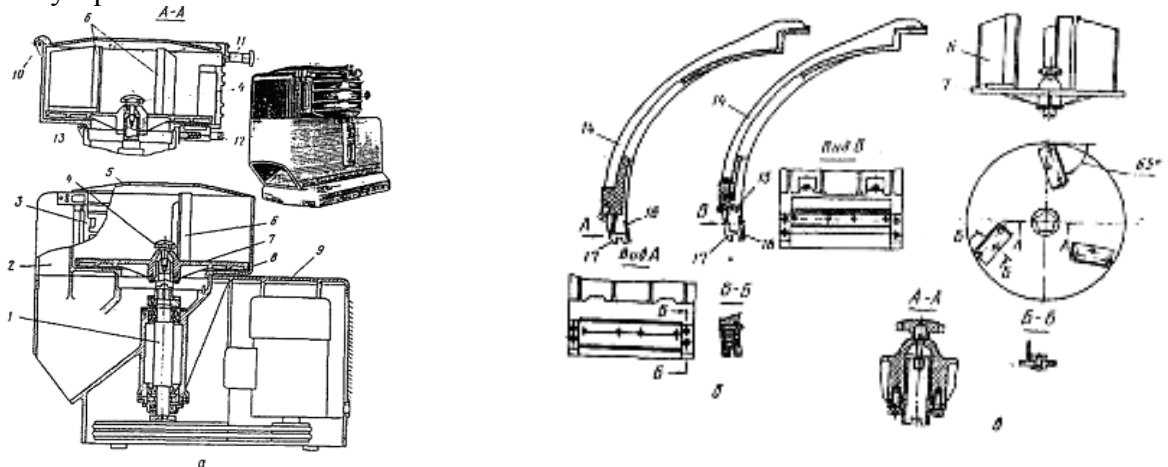


Рисунок 2.8 - Универсальная овощерезательная машина МРО400-1000: а — общий вид машины; б — блок инструмента для нарезки продукта ломтиками и брусочками; в — ротор

ПРАКТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ:

1. Определение основных параметров

Из формулы производительности находим скорость продвижения продукта через ножовую решетку:

$$Q = F_0 \cdot v_0 \cdot \rho \cdot \varphi \cdot 3600 \Rightarrow V_0 = \frac{h \cdot n_4}{60}, \quad (2.1)$$

где, h -высота хода пуансона, м;

n_4 - число двойных ходов пуансона, 1/мин;

Находим площадь ножовой рамки:

$$F_0 = \frac{Q}{v_0 \cdot \rho \cdot \varphi \cdot 3600}; \text{м}^2; \quad (2.2)$$

где, Q -производительность пуансонной овощерезки, кг/ч;

v_0 - скорость продвижения продукта через ножовую рамку, м/с;

ρ - насыпная масса продукта, кг/м³;

φ - коэффициент использования объема рабочей камеры;

Находим диаметр ножовой рамки: принимаем, что ножовая рамка круглого сечения

$$D = \sqrt{\frac{4F_0}{\pi}}, \text{м} \quad (2.3)$$

Усилие направленное на разрезание продукта режущими кромками ножовой рамки:

$$P_1^* = q_v \cdot \sum l \cdot \psi, \text{Н} \quad (2.4)$$

где, q_v - удельное сопротивление продукта резанью, 700 Н/м;

$\sum l$ - общая длина лезвия, м;

ψ - коэффициент использования длины лезвия.

Для брусочков с сечением ($a \times a$, $a=0,01$ м):

$$\sum l = \frac{\pi D^2}{2a}, \text{м} \quad (2.5)$$

Определяем мощность электродвигателя:

$$N_{\text{э}} = \frac{(P_1^* + P_4) \cdot v_0}{1000 \cdot \eta}, \text{ кВт} \quad (2.6)$$

где, P_4 – сила трения продукта о ножи ножевой решетки, Н;

η – КПД всего привода и механизма

$$P_4 = \delta_{\text{сж}} \cdot F \cdot f = 2 \cdot \frac{\delta}{a} \cdot E \cdot \sum l \cdot h_1 \cdot f \cdot \psi$$

$$\delta_{\text{сж}} = E \cdot E^* = \frac{\delta}{a} \cdot E \quad (2.7)$$

где $\delta_{\text{сж}}$ – напряжение сжатия, возникающее в продукте в результате продавливания его через ножевую решетку, Па;

E^* - относительная деформация продукта при его сжатии;

a – ширина брусков, м;

E – модуль упругости продукта, $2,5 \cdot 10^6$ Па;

F – площадь соприкосновения продукта с боковыми поверхностями ножей, м^2 .

$$F = 2h_1 \sum l \psi_{\text{н}} \quad (2.8)$$

где h_1 – высота ножей, м;

f – коэффициент трения продукта о ножи, 0,25.

Найдем силу трения продукта о ножи ножевой рамки:

$$P_4 = 2 \cdot \frac{\delta}{a} \cdot E \cdot \sum l \cdot h \cdot f \cdot \varphi, \text{ Н} \quad (2.9)$$

где δ – толщина ножей в ножевой рамке, м;

E – модуль упругости продукта, Па;

$\sum l$ – общая длина лезвий, м;

ψ – коэффициент трения продукта о ножи.

Мощность равна:

$$N_{\text{э}} = \frac{(P_1^* + P_4) \cdot v_0}{1000 \cdot \eta}, \text{ кВт} \quad (2.10)$$

Таблица 2.1 – Исходные данные для расчета

№, п/п	Ширина брусочка, а, м	Высота хода пуансона, h, м	Толщина ножей, δ , м	Высота ножей, h_1 , м	Число ходов пуансона, п4, об/мин	Коэффициент трения продукта о ножи, f	Модуль упругости картофеля, E, Па	Удельное сопротивление продукта резанию, $q_{\text{в}}$, Н/м	Производительность, Q, кг/ч	Количество зубьев, z_1, z_3, z_5, z_6	Коэффициент использования рабочей	Число оборотов двигателя, $n_1 = n_3$, об/мин	Насыпная масса продукта, ρ , кг/м ³
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1	0,01	0,08	0,001	0,016	26	0,25	$2,5 \cdot 10^6$	700	70	18, 20, 15, 18	0,20	1440	700
2	0,02	0,07	0,001	0,017	28	0,24	$2,7 \cdot 10^6$	710	80	16, 18, 13, 16	0,22	975	720
3	0,01	0,09	0,002	0,020	25	0,23	$2,4 \cdot 10^6$	800	75	18, 22, 16, 20	0,30	2980	740
4	0,03	0,09	0,002	0,020	25	0,24	$2,0 \cdot 10^6$	750	78	18, 20, 15, 18	0,25	975	710

5	0,03	0,08	0,001	0,016	26	0,25	$2,1 \cdot 10^6$	720	75	16, 18, 13, 16	0,28	1440	700
6	0,02	0,07	0,003	0,015	30	0,23	$2,0 \cdot 10^6$	780	82	16, 18, 13, 16	0,27	1440	720
7	0,0	0,06	0,002	0,009	24	0,26	$2,7 \cdot 10^6$	760	85	18, 20, 15, 18	0,25	975	770
8	0,03	0,09	0,002	0,015	25	0,25	$2,6 \cdot 10^6$	740	68	16, 18, 13, 16	0,27	2980	820
9	0,01	0,07	0,005	0,014	24	0,26	$2,4 \cdot 10^6$	760	75	18, 20, 15, 18	0,28	2980	840
10	0,04	0,09	0,003	0,011	25	0,24	$2,7 \cdot 10^6$	810	84	18, 20, 15, 18	0,25	975	760
11	0,03	0,08	0,002	0,016	24	0,25	$2,4 \cdot 10^6$	690	69	18, 22, 16, 20	0,24	1440	780
12	0,02	0,09	0,003	0,022	25	0,22	$2,8 \cdot 10^6$	720	73	18, 22, 16, 20	0,21	975	720
13	0,01	0,07	0,003	0,018	26	0,29	$2,7 \cdot 10^6$	800	74	16, 18, 13, 16	0,26	2890	810
14	0,03	0,10	0,003	0,017	28	0,23	$2,5 \cdot 10^6$	690	80	16, 18, 13, 16	0,24	2890	750
15	0,04	0,09	0,002	0,016	25	0,26	$2,3 \cdot 10^6$	730	60	18, 20, 15, 18	0,26	975	720
16	0,05	0,08	0,015	0,015	24	0,22	$2,6 \cdot 10^6$	800	75	18, 20, 15, 18	0,24	1440	700
17	0,08	0,07	0,002	0,016	24	0,24	$2,5 \cdot 10^6$	750	65	16, 18, 13, 16	0,25	1820	750
18	0,06	0,04	0,003	0,015	26	0,25	$2,4 \cdot 10^6$	760	85	18, 20, 15, 18	0,26	1780	860

Контрольные вопросы:

1. Назначение и сущность процесса измельчения.
2. Характеристика способов измельчения.
3. Классификация режущего оборудования, виды режущих инструментов.
4. Опишите механизм основных способов резания продуктов.
5. Конструкция, принцип действия и правила эксплуатации пуансонного овощерезательного механизма.
6. Конструкция, принцип действия и правила эксплуатации дисковой овощерезки.
7. Конструкция, принцип действия и правила эксплуатации роторной овощерезательной машины.

2.3. Практическое занятие № 3

Тема п/з: Расчет мясорубки

Цель: изучение конструкции и принципа действия мясорубки; определение состава набора режущих пар; определение последовательности сборки режущего механизма мясорубки; изучение правил эксплуатации мясорубок; расчет основных технико-экономических показателей мясорубок

Формируемые компетенции:

Код:	Формулировка:
ПК-5	способен применять специализированные и профессиональные знания, в том числе инновационные, в области технологии производства продуктов питания, определять направления развития технологии пищевых производств, повышения качества и безопасности готовой продукции
ПК-6	способен проводить проектные расчеты, обосновывать и осуществлять технологические компоновки, подбор оборудования для производственных технологических линий, основных и вспомогательных помещений, в том числе с использованием информационных технологий

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ:

Для мелкого измельчения сырья (мясо, рыба и др.) на предприятиях общественного питания широко используются мясорубки, принцип работы которых одинаков. Все конструкции мясорубок имеют режущие механизмы, включающие набор ножей (обычно крестообразных), подрезных и измельчительных решеток.

Процесс измельчения осуществляется путем подачи сырья шнеком к решеткам и ножам с одновременным его уплотнением (сжатием) с последующим продавливанием и резанием продукта с помощью рабочих органов.

Наиболее распространены на предприятиях общественного питания мясорубки типа МИМ, которые отличаются друг от друга техническими характеристиками и некоторыми конструктивными особенностями.

На рис. 3.1, а показан продольный разрез мясорубки МИМ-300, которая состоит из камеры обработки продукта и размещающихся в ней рабочих инструментов – шнека, ножей, решеток, а также станины и привода. Камера обработки 15 выполнена в виде горизонтальной цилиндрической полости, внутри которой имеются винтовые бороздки, направляющие продукт к решеткам и ножам и исключающие прокручивание сырья.

В камере обработки вращается шнек 8, выполненный в виде однозаходного винта с уменьшающимся шагом. С одной стороны в шнек ввинчен хвостовик 11, заканчивающийся шипом, посредством которого он получает вращательное движение от привода, с другой стороны – палец 1 с двумя параллельными лысками. На палец шнека насаживаются ножи и решетки, которые в результате правильной сборки образуют режущие пары. Решетки 2, 6, 7 свободно надеваются на палец шнека и удерживаются неподвижно закрепленной внутри корпуса камеры шпонкой, входящей в специальные пазы на периферийной поверхности решеток. Ножи 5 центральной частью плотно насаживаются на палец и вращаются вместе со шнеком.

Плотность прилегания режущих пар обеспечивается упорными кольцами 3 и нажимной гайкой 4, навинчиваемой на переднюю часть корпуса мясорубки. Задняя часть корпуса имеет цилиндрический хвостовик 12, который соединяется с верхней частью двигателя-редуктора 14. На горловину корпуса мясорубки устанавливается загрузочная чаша 13 с предохранителем 9, выполняющим роль ограждения и служащим одновременно для поддержания толкателя 10, с помощью которого осуществляется проталкивание сырья.

Общий вид мясорубки показан на рис. 3.1, б.

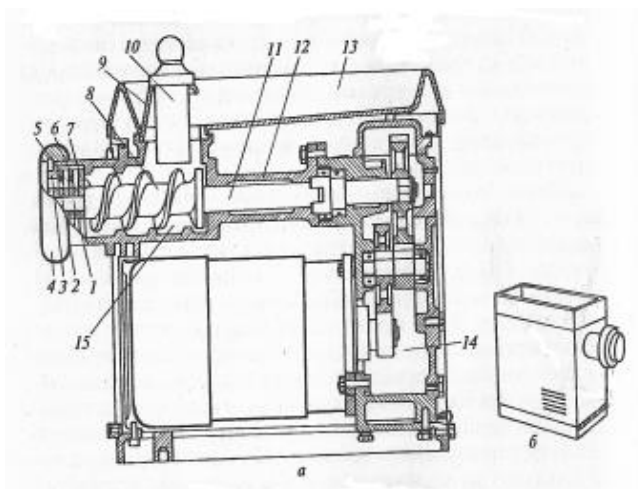


Рисунок 3.1 - Мясорубка МИМ-300

а – продольный разрез; б – общий вид: 1 - палец; 2 - выходная ножевая решётка; 3 - упорные кольца; 4 - нажимная гайка; 5 - двусторонние ножи; 6, 7 - проходная и подрезная ножевые решётки; 8 - шнек; 9 - предохранитель; 10 - толкатель; 11, 12 - хвостовики; 13 - загрузочная чаша; 14 - двигатель-редуктор; 15 - камера обработки

ПРАКТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ:

По исходным данным найти параметры шнека, определить производительность и мощность двигателя мясорубки. Выполнить общий вид мясорубки с разрезами, начертить схему установки ножей.

Исходные данные: диаметр решетки D , мм; диаметры отверстий решеток, мм: первая ножевая d_1 ;

вторая ножевая d_2 ; число отверстий решеток, шт.: первая ножевая z_1 ; вторая ножевая z_2 ; число перьев у ножей z , шт; частота вращения ножей и шнека n , об/мин;

Определим параметры шнека:

наружный диаметр, мм

$$d_H = 0,9 \cdot D, \quad (3.1)$$

внутренний диаметр, мм

$$d_B = 0,45 \cdot d_H, \quad (3.2)$$

диаметр хвостовика, мм

$$d = 0,3 \cdot d_H, \quad (3.3)$$

длина шнека, мм;

$$L = 3 \cdot d_H; \quad (3.4)$$

минимальный шаг витков

$$t_{\min} = 0,7 \cdot d_H, \quad (3.5)$$

Угол подъема винтовой линии витков, мм:

$$\beta = \arctg \left[\frac{t_{\min}}{\pi d_H} \right]; \quad (3.6)$$

Угол подъема последнего витка шнека принимаем $\beta_n = 8^\circ$.

Шаг последнего витка, мм:

$$t_n = \tg \beta_n \cdot \pi \cdot d_H; \quad (3.7)$$

Усредненное количество витков шнека, шт:

$$m = \frac{L}{t_{\min}} \quad (3.8)$$

Производительность мясорубки рассчитывается по формуле, кг/ч:

$$Q = F'_0 \cdot V_0 \cdot \rho \cdot \varphi \cdot 3600, \quad (3.9)$$

где F'_0 - суммарная площадь отверстий в первой ножевой решетке, m^2 ;

V_0 - скорость продвижения продукта через первую ножевую решетку, м/с;

ρ - плотность продукта ($\rho = 1000 \text{ кг/м}^3$);

φ - коэффициент использования площади отверстий первой ножевой решетки, $\varphi = 0,7 \div 0,8$.

Суммарная площадь отверстий в первой решетке, м^2 :

$$F'_0 = \frac{\pi \cdot d_1^2}{4} z_1, \quad (3.10)$$

Скорость продвижения продукта, м/с :

$$V_0 = \frac{\pi n}{60} \left(\frac{d_H}{2} + \frac{d_s}{2} \right) \cdot \operatorname{tg} \beta_n \cdot k_s, \quad (3.11)$$

где $\frac{d_H}{2} = r_H$ - наружный радиус последнего витка шнека, м ;

$\frac{d_s}{2} = r_B$ - внутренний радиус последнего витка шнека, м ;

k_s - коэффициент объемной подачи продукта, $k_s = 0,35 \div 0,4$.

Следовательно, производительность мясорубки равна, кг/ч :

$$Q = F'_0 \cdot V_0 \cdot \rho \cdot \varphi \cdot 3600, \quad (3.12)$$

Мощность электродвигателя рассчитывается по формуле:

$$N = \frac{N_1 + N_2 + N_3 + N_4}{1000 \cdot \eta}, \quad (3.13)$$

где N_1 - мощность, затрачиваемая на разрезание продукта в трех решетках, Вт ;

N_2 - мощность, затрачиваемая на преодоление сил трения в режущем механизме, Вт ;

N_3 - мощность, расходуемая на преодоление сил трения о шнек, Вт ;

N_4 - мощность, необходимая для продвижения продукта через режущий механизм,

Вт ;

η - коэффициент полезного действия, ($\eta = 0,9$).

Мощность, необходимая для разрезания продукта, Вт :

$$N_1 = F_p \cdot (k_{np} + 2k_{p1} + k_{p2}) \cdot \frac{n}{60} \cdot a \cdot z, \quad (3.14)$$

где F_p - площадь ножевой решетки равная:

$$F_p = \frac{\pi D^2}{4}, \quad (3.15)$$

k_{p1} - коэффициент использования площади первой ножевой решетки равный:

$$k_{p1} = \frac{F'_0}{F_p} \quad (3.16)$$

k_{np} - коэффициент использования площади подрезной решетки

$$k_{np} = \frac{F'_0 \cdot (1,25 \div 1,35)}{F_p}, \quad (3.17)$$

k_{p2} - коэффициент использования площади второй ножевой решетки

$$k_{p2} = \frac{F'_0 \cdot (0,75 \div 0,85)}{F_p}; \quad (3.18)$$

a - удельный расход энергии на резание ($a = 3 \cdot 10^3 \text{ Дж/м}^2$).

Следовательно, мощность для разрезания продукта, Вт :

$$N_1 = F_p \cdot (k_{np} + 2k_{p1} + k_{p2}) \cdot \frac{n}{60} \cdot a \cdot z, \quad (3.19)$$

Мощность на преодоление сил трения, Вт :

$$N_2 = \frac{\pi \cdot n}{60} \cdot P_3 \cdot (r_{\max} + r_{\min}) \cdot f_1 \cdot z, \quad (3.20)$$

где $r_{\max}$ - наружный радиус ножа, м;

$r_{\min}$ - внутренний радиус ножа;

f_1 - коэффициент трения ($f_1 = 0,1$);

P_3 - усилие затяжки режущего механизма, Н, равное:

$$P_3 = p_y \cdot b_k \cdot z \cdot (r_{\max} - r_{\min}), \quad (3.21)$$

где p_y - удельное давление на поверхности контакта ножей и решеток ($p_y = 2,5 \cdot 10^6 \text{ Па}$)

b_k - ширина площадки контакта ножей с решетками, $b_k \approx 0,002 \text{ м}$.

Мощность на преодоление сил трения в режущем механизме, Вт:

$$N_2 = \frac{\pi \cdot n}{60} \cdot P_3 \cdot (r_{\max} + r_{\min}) \cdot f_1 \cdot z \quad (3.22)$$

Мощность, затрачиваемая на преодоление трения продукта о шнек, Вт:

$$N_3 \approx (0,03 + 0,05) \cdot N_2, \quad (3.23)$$

Мощность, необходимая для продвижения продукта через режущий механизм, Вт:

$$N_4 = (0,07 + 0,1) \cdot N_1, \quad (3.24)$$

В итоге мощность электродвигателя, кВт:

$$N = \frac{N_1 + N_2 + N_3 + N_4}{1000 \cdot \eta}, \quad (3.25)$$

Таблица 3.1 – Варианты заданий

Номер варианта	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Диаметр решеток, мм	185	190	195	200	200	205	210	215	220	220
Диаметр отверстий первой ножевой решетки, мм	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
Диаметр отверстий второй ножевой решетки, мм	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Число отверстий в первой решетке, шт.	44	46	48	50	54	56	58	60	62	65
Число отверстий во второй решетке, шт.	128	130	133	135	140	142	145	147	150	155
Частота вращения ножей и шнека, об/мин	180	185	190	195	200	205	210	215	220	225

Контрольная работа

1. Назначение, конструкция и принцип действия мясорубки.
2. Определите состав набора режущих пар.
3. Последовательность сборки режущего механизма мясорубки.
4. Правила эксплуатации мясорубок.
5. Что влияет на мощность и производительность мясорубок.
6. Расчет основных технико-экономических показателей мясорубок.

2.4. Практическое занятие № 4

Тема п/з: Расчет взбивальной машины

Цель: изучить назначение и классификацию взбивальных машин; изучить конструкции и принцип действия взбивальных машины периодического действия; рассчитать основные технико-экономических параметры взбивальной машины периодического действия.

Формируемые компетенции:

Код:	Формулировка:
ПК-5	способен применять специализированные и профессиональные знания, в том числе инновационные, в области технологии производства продуктов питания, определять направления развития технологии пищевых производств, повышения качества и безопасности готовой продукции
ПК-6	способен проводить проектные расчеты, обосновывать и осуществлять технологические компоновки, подбор оборудования для производственных технологических линий, основных и вспомогательных помещений, в том числе с использованием информационных технологий

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ:

Взбивальные машины применяются на предприятиях общественного питания в кондитерских цехах и отделениях для взбивания сливок, яиц, кремов и других продуктов. Процесс взбивания можно подразделить на три стадии – равномерное распределение компонентов в общем объеме, растворение отдельных продуктов с образованием однородной массы и насыщение смеси воздухом. Взбитые продукты и полуфабрикаты должны представлять собой стойкие мелкодисперсные пены.

Наибольшее распространение на предприятиях получили машины типа МВ, в которых хорошее качество взбивания продуктов достигается за счет вращения взбивателя (рабочего органа) вокруг своей оси и вокруг оси дежи (бачка).

Машина МВ-6 с планетарным вращением взбивателя показана на рисунке 4.1. В литом корпусе 1 смонтированы электродвигатель 13, клиноременный вариатор скоростей (с раздвижным шкивом 10, ведущим валом 11, шкивом 17 и клиновым ремнем 18), двухступенчатый редуктор (с цилиндрическими шестернями 9 и коническими шестернями 7), планетарная передача, включающая водило 5, рабочий вал 6 и систему шестерен для обеспечения вращения взбивателя вокруг своей оси и оси неподвижного бачка 2. Бачок закрепляется на кронштейне 3, а пружина 12 способствует нормальному прижиму ремня 18 к канавке раздвижного шкива 10.

Частоту вращения взбивателя 4 изменяют перемещением ползуна 16, на котором установлен электродвигатель 13, с помощью рукоятки 14 и винтовой пары 15.

При этом усеченные конусы ведомого шкива 10 раздвигаются или сближаются, а межцентровое расстояние и диаметр шкива изменяется, увеличивая или уменьшая передаточное число. От вариатора скорости вращательное движение передается через двухступенчатый редуктор планетарному механизму и взбивателю 4.

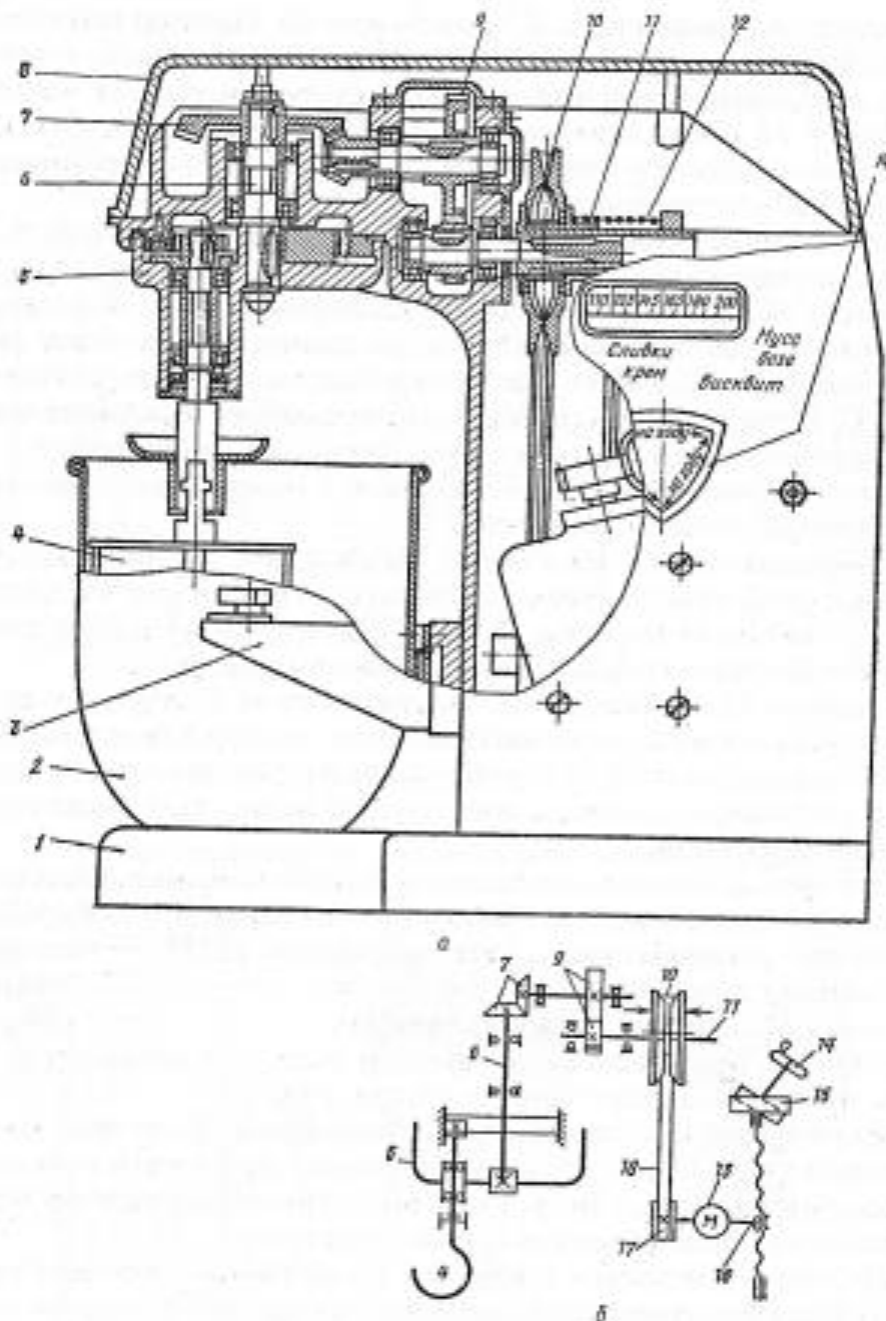


Рисунок 4.1 - Взбивальная машина МВ-6:

а – общий вид; б – кинематическая схема;

1 - корпус; 2 - бачок; 3 - кронштейн; 4 - взбиватель; 5 - водило; 6 - рабочий вал; 7 - коническая шестерня; 8 - кожух; 9- цилиндрическая шестерня; 10 - раздвижной шкив; 11 - ведущий вал; 12 - пружина; 13 - электродвигатель; 14 - рукоятка; 15 - винтовая шестерня; 16 - ползун; 17 - шкив; 18 - клиновый ремень

ПРАКТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ:

- Определить геометрические размеры ёмкости(бачка) и взбивателя, продолжительность взбивания, производительность и мощность двигателя машины.
- Выполнить общий вид машины.
- Составить принципиальную схему машины.

Определим диаметр взбивателя, м:

$$d = \sqrt[3]{\frac{V}{3,46}}, \quad (4.1)$$

Определим геометрические размеры бачка и взбивателя, м:

- диаметр бачка (цилиндрической части):

$$D=1,75 \cdot d, \quad (4.2)$$

- высота цилиндрической части:

$$H=0,5 \cdot D, \quad (4.3)$$

- диаметр днища бачка:

$$D'=0,7 \cdot d, \quad (4.4)$$

- высота днища бачка:

$$H'=0,82 \cdot H, \quad (4.5)$$

- общая высота бачка:

$$H_6=H+H', \quad (4.6)$$

- высота взбивателя:

$$h=1,3 \cdot d, \quad (4.7)$$

диаметр прутков взбивателя $d'=0,005$ м;

эксцентриситет оси взбивателя:

$$e=0,34 \cdot d, \quad (4.8)$$

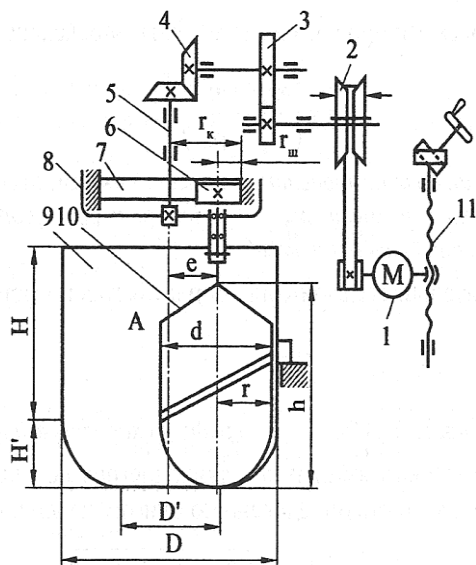


Рисунок 7.2 - Расчётная схема взбивальной машины типа MB-6:

1 - электродвигатель; 2 - вариатор; 3 - зубчатая передача; 4 - коническая зубчатая передача; 5 - приводной вал; 6 - сателлитная шестерня; 7 - солнечное колесо; 8 - водило; 9 - сменный бачок; 10 - взбиватель; 11 - устройство ручного управления

Определить продолжительность взбивания, с:

$$t_0 = C_m \cdot \frac{d}{v_{cp}}, \quad (4.9)$$

где C_m - постоянная для смеси ($C_m = 20 \cdot 10^3$)

v_{cp} - средняя скорость взбивателя, равная:

$$v_{cp} = 1,32 \cdot \omega_8 \cdot (r_k - r_{sh}), \quad (4.10)$$

где ω_8 - угловая скорость водила, рад/с;

r_k, r_{sh} - радиусы делительных окружностей солнечного колеса и сателлитной шестерни ($r_{sh}=0,02$ м) вычисляемые из формулы:

$$r_k = r_{sh} + e, \quad (4.11)$$

Следовательно, продолжительность взбивания, с:

$$t_0 = C_m \cdot \frac{d}{v_{cp}}, \quad (4.12)$$

Определим производительность машины, кг/ч:

$$Q = \frac{V \cdot \rho \cdot \varphi}{t_s + t_0 + t_g} \cdot 3600, \quad (4.13)$$

где φ - коэффициент заполнения бачка ($\varphi=0,3+0,6$);

t_z - продолжительность загрузки, (30 с);

t_v - продолжительность выгрузки, (30с);

ρ - плотность смеси, кг/м³, равная:

$$\rho = m_b \cdot \rho_b + m_c \cdot \rho_c, \quad (4.14)$$

здесь m_b , m_c - соответственно массовые доли белка и сахара в смеси, ($m_b=0,3$, $m_c=0,7$);

ρ_b , ρ_c - соответственно компонентов в смеси ($\rho_b=1045$ кг/м³, $\rho_c=780$ кг/м³).

Следовательно, производительность, кг/ч, равна:

$$Q = \frac{V \cdot \rho \cdot \varphi}{t_z + t_0 + t_v} \cdot 3600, \quad (4.15)$$

Определим мощность электродвигателя, кВт:

$$N = \frac{P \cdot v}{1000 \cdot \eta}, \quad (4.16)$$

где η - коэффициент полезного действия, ($\eta=0,7$);

v - скорость движения взбивателя относительно продукта, м/с, равная:

$$v = \frac{\pi \cdot d \cdot n_0}{60} \cdot \alpha, \quad (4.17)$$

где α - коэффициент проскальзывания;

P - сила сопротивления движению взбивателя, Н.

$$P = \varepsilon \cdot F \cdot z \cdot v_{cp}^2 \cdot \frac{\rho}{2}, \quad (4.18)$$

где ε - коэффициент лобового сопротивления, $\varepsilon=2,4 \cdot 10^{-2}$;

z - число прутков взбивателя (конструктивно $z=14$)

F - площадь сопротивления движению взбивателя, м², равная:

$$F = \frac{4}{3} \cdot d' \cdot h, \quad (4.19)$$

где d' - диаметр прутков взбивателя, м.

Следовательно, сила сопротивления, Н, равна:

$$P = \varepsilon \cdot F \cdot z \cdot v_{cp}^2 \cdot \frac{\rho}{2}, \quad (4.20)$$

Определим мощность электродвигателя, кВт:

$$N = \frac{P \cdot v}{1000 \cdot \eta}. \quad (4.21)$$

Таблица 4.1 – Исходные данные

Вариант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Объем ёмкости, л	8,0	8,5	9,0	9,5	10	10,5	11,0	11,5	12,0	12,5
Частота вращения взбивателя, об/мин	305	310	315	320	325	330	335	340	345	350
Частота вращения валика, об/мин	70	75	80	85	90	92	95	97	100	105

Контрольные вопросы:

1. Назначение и классификация взбивальных машин.
2. Конструкция и принцип действия взбивальной машины периодического действия.
3. Правила эксплуатации взбивальной машины.

4. Виды взбивальных машин непрерывного действия.
5. Параметры, влияющие на производительность и мощность взбивальной машины.
6. Расчет основных технико-экономических параметров взбивальной машины периодического действия.
7. Что такое перемешивание, взбивание?
8. Какова форма рабочих органов во взбивальных машинах и какое движение они совершают?
9. Как регулируется частота вращения рабочих органов в различных взбивальных машинах и механизмах?
10. Назовите основные неисправности взбивальных машин и способы их устранения.

2.5. Практическое занятие № 5

Тема п/з: Расчет посудомоечной машины

Цель: изучение классификации, устройства и принципа действия посудомоечных машин, используемых в общественном питании, определение основных параметров посудомоечной машины непрерывного действия.

Формируемые компетенции:

Код:	Формулировка:
ПК-5	способен применять специализированные и профессиональные знания, в том числе инновационные, в области технологии производства продуктов питания, определять направления развития технологии пищевых производств, повышения качества и безопасности готовой продукции
ПК-6	способен проводить проектные расчеты, обосновывать и осуществлять технологические компоновки, подбор оборудования для производственных технологических линий, основных и вспомогательных помещений, в том числе с использованием информационных технологий

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ:

Мытье посуды является одной из самых трудоемких процессов в работе предприятий общественного питания. Поэтому уже давно созданы и применяются машины для механизации этого процесса.

Технологический процесс машинной обработки посуды состоит из нескольких последовательно выполняемых операций. К ним относятся:

- удаление остатков пищи с посуды холодной или теплой водой с температурой до 40⁰С;
- мойка моюще-дезинфицирующим раствором с температурой 45...55⁰С;
- первичное ополаскивание водой с температурой 55...65⁰С;
- вторичное ополаскивание водой с температурой 85...98⁰С;
- сушка за счет естественной конвекции с окружающим воздухом или с принудительной подачей горячего воздуха;
- бактерицидная обработка (применяется редко).

Все посудомоечные машины классифицируются по назначению, структуре рабочего цикла, устройству рабочей камеры и рабочих органов.

По назначению посудомоечные машины делятся на универсальные и специальные.

Универсальные машины могут обрабатывать различные виды столовой и кухонной посуды (тарелок, стаканов, столовых приборов, подносов, баков и т.д.)

Специализированные машины предназначены для обработки только одного вида посуды: стаканов, столовых приборов, котлов, контейнеров. Функциональных емкостей, стеллажей и т.д.

По структуре рабочего цикла различают посудомоечные машины периодического и непрерывного действия.

По устройству рабочей камеры различают открытые, камерные, капотные и конвейерные посудомоечные машины.

Открытые машины встречаются довольно редко и выпускаются только зарубежными фирмами.

К камерным машинам относятся машины с фронтальной загрузкой и выгрузкой кассет с посудой. Это специализированные стакано-моечные машины и бытовые посудомоечные машины с небольшой производительностью.

К капотным посудомоечным машинам относятся такие, в которых загрузка и выгрузка посуды производится при поднятии кожуха рабочей камеры вверх. Это машины средней производительности по тарелкам до 700 шт. в час.

Конвейерные посудомоечные машины относятся к машинам непрерывного действия и имеют большую производительность – от 1000 и более тарелок в час. Посуда в них устанавливается на постоянно движущийся конвейер и перемещаясь внутри рабочей камеры, проходит все стадии обработки.

По устройству рабочих органов различают гидравлические и гидромеханические машины.

Работа гидравлических (душевых) машин основана на воздействии моющих растворов на посуду с достаточно большим гидравлическим давлением, создаваемым центробежным насосом.. Гидромеханических машинах используется гидравлическое и механическое воздействие с помощью специальных щеток. Такие машины на наших предприятиях общественного питания применяются редко.

Качество мытья посуды во многом зависит от применяемых моющих средств, которые способствуют диспергированию загрязнений (набуханию, пектизации, дроблению белковых веществ, омылению жиров и др.). При этом. Моющие средства должны быть безвредными, не образовывать большого количества пены и не являться благоприятной средой для болезнетворных микроорганизмов. Среди отечественных моющих средств наибольшее распространение получили «Прогресс», «Санпор», «Посудомой» и др.

К основным режимам мойки относятся:

- время мойки, которое в зависимости от типа посуды и степени ее загрязнения выбирается в пределах от нескольких десятков секунд до двух минут;
- расстояние от посуды до душевых насадок, которое должно находиться в пределах 100...120 мм;
- угол наклона, от которого зависит площадь и форма размываемого пятна. Чем больше угол наклона, тем меньше радиус размыва и хуже качество и производительность процесса;
- направление струи, которое предпочтительно должно быть сверху вниз;
- форма и диаметр насадок (от 1,5 до 8 мм);
- давление жидкости у насадки;
- жесткость воды (чем выше жесткость воды, тем больше расход моющих средств).

Посудомоечные машины периодического действия

На сегодняшний день это наиболее распространенная группа посудомоечных машин, которая на отечественных предприятиях общественного питания в основном представлена машинами капотного типа. Их рекомендуется применять при количестве посадочных мест от 50 до 200 человек. Внешний вид и схема такой машины представлена на рис. 5.1.

В комплект поставки таких машин помимо самой машины 1 входит загрузочный стол 2 с моечной ванной и душирующим устройством 3. Для удаления остатков пищи и разгрузочный стол 4 для кассет с чистой посудой. Компонировка размещения машины и столов может быть как прямолинейной, так и угловой.

Последовательность выполнения всех операций мытья посуды (мойка моющим раствором, пауза для стекания раствора с посуды, ополаскивание теплой водой) осуществляется автоматически с помощью программного устройства. Оно состоит из электродвигателя с тихоходным червячным редуктором, на выходном валу которого установлены специальные кулачки. При вращении вала кулачки замыкают те или иные контакты, что является командой для выполнения соответствующих операций. Изменяя положение кулачков можно регулировать время мойки.

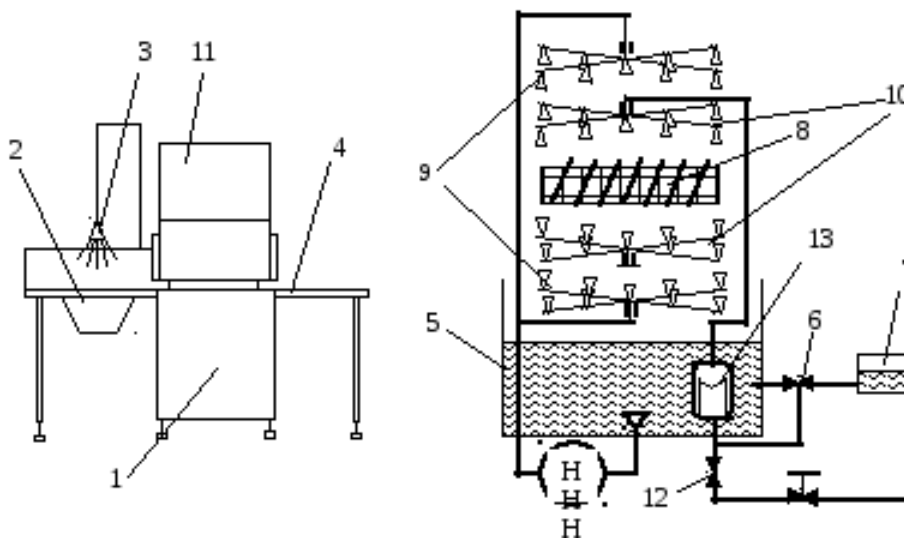


Рисунок 5.1 - Схема капотной посудомоечной машины

В нижней части корпуса машины имеется ванна 5 с моющим раствором. Необходимая концентрация моющего раствора и ее поддержание обеспечивается мембранным клапаном 6, который открывается в период ополаскивания и подает определенную дозу моющего средства из бачка 7 в ванну. Кассета 8 с очищенной от остатков пищи посудой устанавливается между моющими 9 и ополаскивающими 10 душирующими устройствами при поднятом вверх кожухе 11 рабочей камеры. После установки посуды кожух опускают вниз, что приводит к замыканию микровыключателя и включению программного устройства. В начале мойки включается центробежный насос и моющий раствор из ванны подается в моющие душирующие устройства. Напор жидкости ударяется о поверхность посуды и, как бы, «отталкивается» от нее, что придает душирующим устройствам вращательное движение. Это повышает качество мойки. После цикла мойки, который длится 70...110 с, насос отключается и выдерживается пауза для того, чтобы моющий раствор частично стек с посуды. Затем открывается соленоидный клапан 12. Холодная вода из водопровода, проходя через бойлер 13, нагревается и подается в ополаскивающие душирующие устройства. Ополаскивающие душирующие устройства также вращаются в рабочем состоянии. Цикл ополаскивания длится 10...20 с. Затем соленоидный клапан закрывается, кожух поднимают вверх и кассеты удаляют из рабочей камеры машины.

Посудомоечные машины непрерывного действия

Посудомоечные конвейерные (туннельные) машины непрерывного действия предназначены для крупных предприятий общественного питания с количеством посадочных мест 300 и более человек. Они имеют большие габариты и в настоящее время применяются крайне редко.

Вместе с тем, машины этого типа обладают большими возможностями и автоматически выполняют следующие операции:

- струйную очистку посуды от остатков пищи (зона I);
- мойку с применением моющих средств (зона II);
- первичное ополаскивание от моющего раствора рециркулирующей водой (зона III);
- вторичное ополаскивание проточной горячей водой (зона IV).

Рабочая камера машины в виде кожуха и трех ванн образуют туннель, через который по раме движется транспортер, состоящий из двух пластинчатых цепей, соединенных между собой стяжками (рис.5.2). На них находятся фигурные пластмассовые элементы, удерживающие посуду в наклонном положении.

В машине различают четыре зоны. В I, II, и III зонах мытье посуды осуществляется рециркулирующей водой с помощью центробежных насосов. Концентрация моющего раствора во II зоне поддерживается автоматической подачей моющего раствора из бачка через соленоидный клапан, который открывается через один оборот конвейера. В IV зоне вторичного ополаскивания посуда обрабатывается горячей проточной водой (не менее 85⁰C), которая поступает из водопровода и нагревается в водонагревателе ВН. Пройдя все зоны посуда подается на открытый участок разгрузочной секции.

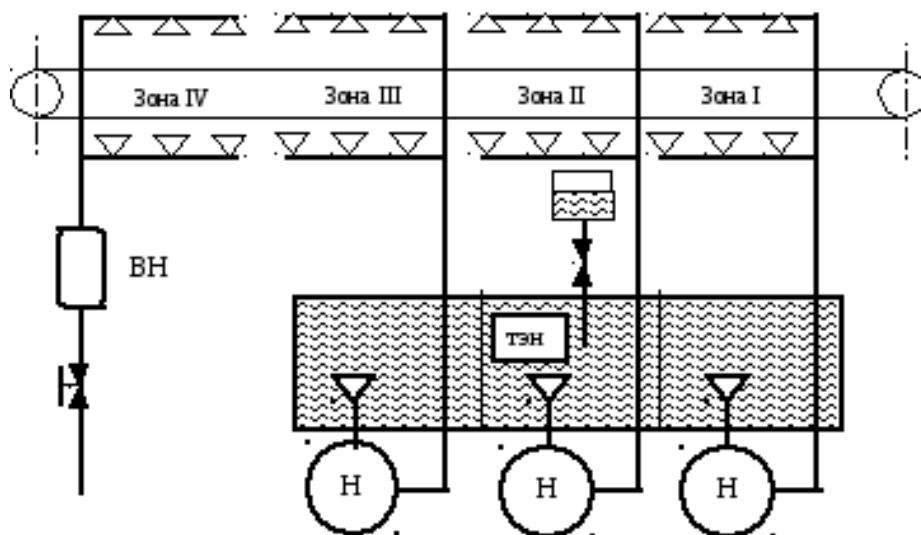


Рисунок 5.2 - Схема посудомоечной машины туннельного типа.

ПРАКТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ:

Отчет о выполненной практической работе должен содержать:

1. Описание устройства и принципа действия посудомоечных машин различных типов периодического и непрерывного действия.
2. Схемы посудомоечных машин различных типов.
3. Расчет основных параметров посудомоечной машины непрерывного действия в соответствии с представленными ниже формулами.

Производительность машины, Q , м/с по формуле:

$$Q = \frac{V_T \cdot n \cdot \varphi}{S}, \quad (5.1)$$

где V_T - скорость транспортера, м/мин;

n - количество рядов посуды при размещении ее поперек транспортера, шт;

φ - коэффициент заполнения транспортера;

S - расстояние между одноименными точками тарелок, м, $S=0,09$.

Мощность электродвигателя насоса, Вт:

$$N = \frac{Q_n \cdot p}{\eta}, \quad (5.2)$$

где Q_n - секундная производительность насоса, м/с;

p - давление, перекачиваемой жидкости за счет энергии, сообщаемой ей насосом, Па;

η - КПД насоса характеризует совершенство конструкции и отражает относительные потери мощности в самом насосе.

$$Q_n = \frac{Q \cdot b}{3600}, \quad (5.3)$$

где b - расход воды на одну тарелку в зоне первичного ополаскивания, л/ч, $b=19,5$.

Мощность электродвигателя с учетом потерь и возможных перегрузок в момент пуска, кВт:

$$N = \frac{N \cdot \beta'}{\eta_{\text{э}} \cdot \eta_{\text{н}} \cdot 1000}, \quad (5.4)$$

где β' - коэффициент запаса мощности, $\beta'=1,5$;

$\eta_{\text{э}}$ - КПД электродвигателя;

$\eta_{\text{н}}$ - КПД передаточного механизма.

Вес груза на одном погонном метре транспортера, Н/м:

$$q_{\text{ГР}} = \frac{Q \cdot G_1}{60 \cdot V_T}, \quad (5.5)$$

где V_T - скорость транспортера, м/мин;

G_1 - вес одной тарелки, Н.

Общее сопротивление перемещения транспортера:

$$P_0 = W_{II} + W_K, \quad (5.6)$$

где W_{II} – сопротивление на прямолинейном участке трассы, Н;

W_K – сопротивление на криволинейном участке трассы, Н.

$$W_{II} = (2 \cdot q_0 + q_{GP}) \cdot L \cdot c \cdot K_6, \quad (5.7)$$

где q_0 – собственный вес одного погонного метра транспортера, Н/м;

L – длина транспортирования, м;

c – коэффициент сопротивления перемещению катков цепи по направляющим, $c = 0,1 \dots 0,3$;

K_6 – коэффициент увеличения сопротивления за счет бортового трения настила, $K_6 = 1,3 \dots 1,5$.

$$W_K = 4 \cdot C_0 \cdot K_{пов}, \quad (5.8)$$

где C_0 – наименьшее натяжение цепи, Н;

$K_{пов}$ – коэффициент, $K_{пов} = 0,03 \dots 0,06$.

Мощность электродвигателя транспортера, кВт:

$$N = \frac{1,3 \cdot P_0 \cdot V_T}{1000 \cdot \eta_m}, \quad (5.9)$$

где η_m – КПД передаточного механизма, $\eta_m = 0,5 \dots 0,75$.

Таблица 5.1 – Таблица вариантов

Вариант задания	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Наименование показателя	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Скорость транспортера, V_T , м/мин	1,5	1,2	1,1	1,6	1,3	1,6	1,4	1,3	1,5	1,4
Количество рядов посуды, n , шт	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
Коэффициент заполнения транспортера, ϕ	0,6	0,7	0,5	0,8	0,7	0,7	0,6	0,5	0,8	0,6
Расстояние между тарелками, S , м	0,09	0,08	0,07	0,08	0,07	0,10	0,11	0,10	0,09	0,08
Давление, перекачиваемой жидкости, p , кПа	78,4	76,4	79,2	77,5	72,6	80,1	75,4	74,7	73,9	76,8
КПД насоса, η	0,7	0,8	0,75	0,81	0,83	0,72	0,7	0,78	0,76	0,72
Коэффициент запаса мощности, β'	1,5	1,3	1,2	1,4	1,5	1,6	1,4	1,2	1,5	1,6
КПД электродвигателя, $\eta_э$	0,9	0,8	0,83	0,82	0,9	0,85	0,87	0,9	0,8	0,88
КПД передаточного механизма, η_n	0,98	0,97	0,96	0,98	0,95	0,97	0,96	0,98	0,97	0,98
Вес одной тарелки, G , Н	6	6,5	7	5	5,8	7,4	6,3	6,2	7,1	6,4
Собственный вес 1 погонного м транспортера, q_0 , Н/м	100	200	150	180	120	110	130	190	160	130
Длина транспортера, L , м	4,3	4,5	5,2	5,6	4,2	4,7	4,8	5,0	4,9	5,2
Наименьшее натяжение цепи, C_0 , Н	1000	980	1100	1200	990	1000	1300	970	1100	1200

Контрольные вопросы:

1. Какие операции входят в процесс машинной обработки посуды.
2. Классификация посудомоечных машин.
3. Основные режимы мойки в посудомоечных машинах.
4. Требования, предъявляемые к чистой посуде.
5. Свойства моющих струй.
6. Конструкция и принцип действия барных фронтальных посудомоечных машин.
7. Конструкция и принцип действия посудомоечных машин купольного (капотных и колпаковых) типа.
8. Конструкция и принцип действия посудомоечных машин туннельного типа.
9. Конструкция и принцип действия пальчиковых конвейерных посудомоечных машин.

2.6. Практическое занятие № 6

Тема п/з: Расчет инжекционной газовой горелки

Цель: изучение назначения сожигательных устройств; знакомство с классификацией горелок; изучение конструкции и принципа действия диффузионных горелок; конструкции и принципа действия атмосферных горелок; конструкции и принципа действия инжекционных горелок; конструкцией горелок с принудительной подачей топлива; рассчитать основные параметры инжекционных газовых горелок.

Формируемые компетенции:

Код:	Формулировка:
ПК-5	способен применять специализированные и профессиональные знания, в том числе инновационные, в области технологии производства продуктов питания, определять направления развития технологии пищевых производств, повышения качества и безопасности готовой продукции
ПК-6	способен проводить проектные расчеты, обосновывать и осуществлять технологические компоновки, подбор оборудования для производственных технологических линий, основных и вспомогательных помещений, в том числе с использованием информационных технологий

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ:

Газообразное топливо уже несколько десятков лет является основным и наиболее удобным видом топлива для нагревательных и термических печей.

Устройства, с помощью которых химическую энергию топлива и электрическую энергию превращают в тепловую, можно разделить на две группы: сожигательные устройства и нагреватели. Сожигательные устройства (горелки и форсунки) применяют для сжигания газообразного или жидкого топлива. Характерная особенность этих устройств — перенос тепла в рабочее пространство главным образом продуктами сгорания или с их помощью.

Нагреватели используют для превращения в тепло как химической энергии топлива (радиантные трубы), так и электрической энергии (нагреватели электросопротивления). В этом случае тепло в рабочее пространство печи передается главным образом излучением от поверхности нагревателя.

Сожигательные устройства применяют тогда, когда допустимо соприкосновение продуктов сгорания топлива с нагреваемым изделием, а также в печах с муфелями. В печах без муфелей при необходимости исключить соприкосновение продуктов сгорания с нагреваемыми изделиями применяют нагреватели.

Процесс превращения химической энергии топлива в тепло состоит из двух частей: смешения топлива с воздухом для горения и собственно горения. Сожигательные устройства в зависимости от степени развития процесса смешения можно разделить на три типа: устройства без предварительного смешения, с улучшенным смешением и с предварительным смешением.

В пределах сожигательного устройства без предварительного смешения (горелки типа «труба в трубе», форсунки и др.) только создаются условия для последующего смешения топлива с воздухом: газовые и воздушные потоки приобретают необходимые скорости и направления (при использовании горелок) или происходит распыливание мазута (при использовании форсунок). Топливо смешивается с воздухом вне пределов сожигательного устройства, в рабочем пространстве печи или в специальной топке.

Сожигательные устройства с улучшенным смешением позволяют почти полностью провести смешение в пределах устройства, в результате чего горение начинает развиваться уже в горелочном туннеле, а в рабочем пространстве лишь завершается (например, при использовании турбулентных горелок).

В сожигательных устройствах с предварительным смешением смешение завершается полностью, полное же сгорание происходит в горелочном туннеле (например, в инжекционных и радиационных горелках).

Этими положениями следует руководствоваться при определении типа устройства, применение которого обеспечит выполнение технологических требований нагрева при располагаемом виде энергии.

Следует отметить, что большинство нагревательных и термических печей наиболее успешно работает при применении устройств без предварительного смешения или с предварительным смешением. Сожигательные устройства с улучшенным смешением целесообразно применять только в отдельных исключительных случаях, так как им присущи многие недостатки, характерные для устройств других двух типов.

Практика эксплуатации термических печей показывает, что наибольшее распространение находят сожигательные устройства наиболее простой конструкции: без подвижных частей, многочисленных выходных отверстий малого сечения, так как сложность изготовления и эксплуатации, а также понижение стойкости сожигательного устройства не компенсируются преимуществами, получаемыми в результате таких усложнений.

Классификация горелок

Воздух, подаваемый в горелки, называется первичным, а поступающий для горения из топочного пространства — вторичным.

Отметим наиболее характерные способы смешения газа с первичным воздухом в различных его количествах.

1. Газ подается в камеру сгорания без примеси первичного воздуха, а смешивается за счет диффузии с подсасываемым воздухом в факеле пламени ($\alpha' = 0$).
2. Газ, смешанный с частью эжектируемого воздуха (первичного), подается в камеру горения, а остальная часть (в виде вторичного воздуха) подводится к горелке за счет диффузии у амбразуры; завершение смешения газа с воздухом производится в факеле пламени ($\alpha' < 1$).
3. Газ со всем эжектируемым воздухом, необходимым для горения, подается через горелку, и процесс смешения успевает завершиться еще до выхода горючей смеси из амбразуры в топку ($\alpha' > 1$).
4. Газ со всем принудительно поданным в горелку воздухом, необходимым для горения, не успевает полностью перемешаться до выхода из амбразуры, а смешение продолжается в факеле пламени ($\alpha' > 1$).

В соответствии с этим горелки можно классифицировать на четыре основные типа с подгруппами в каждом из них.

1. Горелки диффузионного типа низкого и среднего давления коэффициент первичного воздуха ($\alpha' = 0$).
2. Горелки атмосферного типа [коэффициент первичного воздуха $\alpha' < 1$ (0,3-0,7)].
3. Горелки инжекционные среднего и высокого давления (коэффициент первичного воздуха ($\alpha' > 1$)).
4. Горелки с принудительной подачей воздуха комбинированные и газовые низкого и среднего давления (коэффициент первичного воздуха ($\alpha' > 1$)).

В горелках первых трех типов воздух поступает под действием разрежения, вызванного газовыми струями и тягой в камере горения. В горелках четвертого типа весь воздух, участвующий в горении, подается принудительно.

Горелки третьего и четвертого типов могут иметь одинаковые количества первичного воздуха, но они принципиально различаются процессами смешения воздуха с газом. В горелках третьего типа имеется полное предварительное смешение. В горелках четвертого типа процесс смешения чаще всего только начинается, а развивается в объеме камеры горения. В специальных случаях процесс смешения может завершаться в горелке.

Приведенная классификация горелочных устройств позволяет разделить по характерным признакам все многообразие конструкций на четыре основных типа. Это существенно упрощает рассмотрение различных горелок, облегчает анализ их работы и разработку методики расчета.

Диффузионные горелки

Особенность этих горелок — образование горючей смеси за счет медленного процесса молекулярной диффузии, возникающего от подсосывающего действия газовой струи. В диффузионных горелках коэффициент первичного воздуха равен нулю ($\alpha' = 0$).

В наипростейшем виде такая горелка представляет собой трубу, по которой газ поступает под давлением в окружающую неподвижную воздушную среду, используемую в качестве источника окислителя. При этом возникает зона диффузионного смешения, которая после воспламенения и возникновения устойчивого фронта пламени будет представлять собой нарастающую вперед толщу продуктов сгорания, через которую навстречу друг другу будут продвигаться из газовой струи молекулы топлива, а из воздушной среды — молекулы кислорода и азота. Тот же медленный характер смесеобразования за счет молекулярной диффузии приведет к возникновению вытянутого факела пламени с острием на конце (см. рис. 6.1).

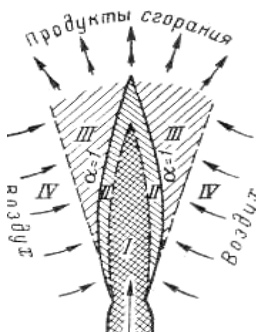


Рисунок 6.1 – Разрез факела пламени диффузионной горелки

Зоны факела: I — чистый газ; II — смесь газа с продуктами сгорания;
III — смесь воздуха с продуктами сгорания;
IV — окружающий воздух. Между зонами II и III расположена поверхность фронта горения (поверхность $\alpha = 1$).

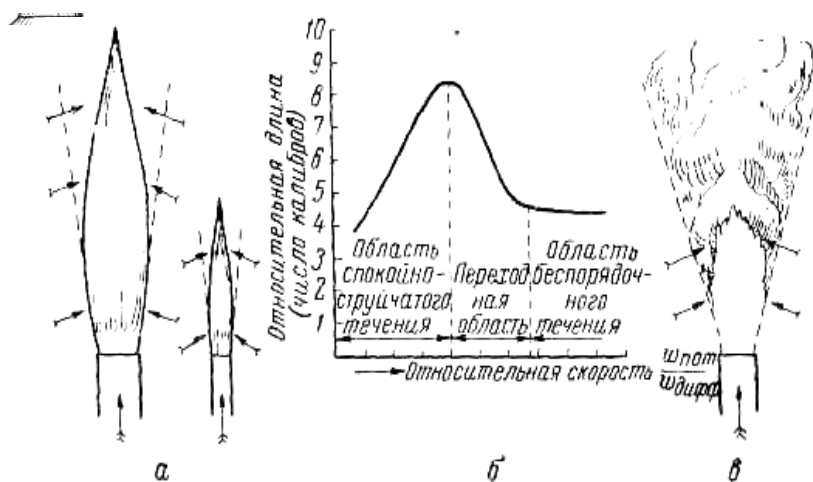


Рисунок 6.2 - Изменение относительной длины факела пламени с увеличением скорости потока при ламинарном и турбулентном режимах движения.

а — вид факела пламени при ламинарном течении газа; б — кривая изменения относительной длины факела пламени от относительной скорости потока; в — вид факела пламени при турбулентном течении газа.

Длина факела одной и той же горелки может изменяться в зависимости от ее форсировки. Она будет увеличиваться с повышением скорости истечения газа. Эта зависимость возрастания длины пламени от скорости истечения будет сохраняться, пока ламинарное (параллельно-струйчатое) движение (рис. 6. 2а) не переродится в турбулентное (беспорядочное вихревое движение).

При развитом турбулентном режиме движения вместе с увеличением скорости потока растет и интенсивность процесса смесеобразования за счет перемещения поперек потока уже больших объемов газа (молей), как это можно видеть на рис. 6.2, в. На рис. 6.2, б видно, что изменение относительной длины факела пламени в зависимости от относительной скорости имеет три области. В первой области ламинарного режима движения длина растет прямо пропорционально скорости истечения газа; в промежуточной области перехода от

ламинарного к турбулентному режиму движения длина начинает уменьшаться вследствие резкого ускорения процесса смесеобразования; в турбулентной области движения длина факела пламени остается неизменной при увеличении скорости истечения газа.

Положительные характеристики диффузионных горелок: устойчивость горения газа; возможность работы на газе низкого давления без принудительной подачи воздуха; большой диапазон регулирования с возможностью изменения длины факела и получения равномерной температуры в объеме горения (вдоль факела пламени); практически бесшумная работа; простота конструкции.

Отрицательные характеристики диффузионных горелок: сложность создания горелок большой производительности; трудность получения высоких тепловых напряжений в обычных камерах горения; наличие химической неполноты горения в большинстве случаев.

Атмосферные горелки

Атмосферными или инжекционными горелками низкого давления газа называются горелки с частичным предварительным смешением ($\alpha = 0,3 \sim 0,7$). Первичный воздух подсасывается в горелку за счет эжектирующего действия газовой струи. Вторичный воздух, необходимый для полного сжигания газа, поступает к факелам пламени из окружающего пространства за счет эжектирующего действия самого факела и за счет разрежения в топке.

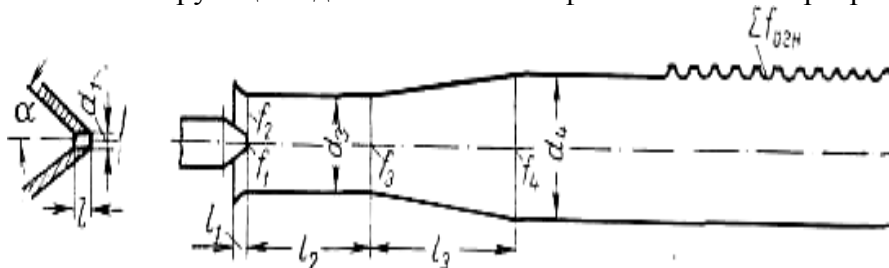


Рисунок 6.3 - Схема атмосферной горелки.

Атмосферные горелки применяются главным образом для сжигания высококалорийных газов, свыше 4000 ккал/м^3 . Благодаря удовлетворительным теплотехническим показателям, удачному конструктивному оформлению эти горелки имеют широкое распространение. Они устанавливаются в секционных котлах, газовых водонагревателях, бытовых плитах, сушилках и различных мелких отопительных котлах, работающих на природном газе.

Принципиальная схема атмосферной горелки приведена на рис. 6.3. Основными частями горелки являются сопло, смеситель, имеющий обычно форму трубы Вентури, и огневая насадка с мелкими отверстиями для выхода газа.

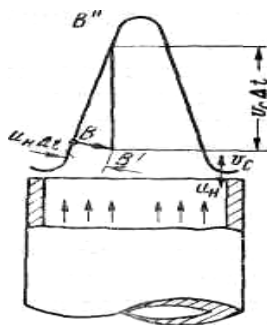


Рисунок 6.4 - Схема распространения пламени при ламинарном истечении газовой смеси.

Диаметр выходного отверстия сопла должен соответствовать производительности горелки при данной теплотворности газа.

Смеситель обычно представляет собой камеру смешения и диффузор, используемый для преобразования скоростного напора смеси в давление, необходимое для преодоления сопротивления огневой насадки.

Диапазон устойчивой работы атмосферных горелок ограничен, с одной стороны, возможностью проскока пламени внутрь горелки, а с другой — возможностью отрыва пламени от кратера горения и даже полного срыва (затухания) его. Эти явления могут служить причиной нарушения нормальной работы горелок, а в некоторых случаях даже

серьезных аварий. Необходимо разобраться в сущности таких нарушений устойчивости горения и найти пути их предотвращения, учитывая, что строгой теории устойчивости горения еще не разработано.

В зоне горения устанавливается динамическое равновесие между стремлением пламени продвинуться навстречу потоку газовой смеси и стремлением потока отнести пламя от горелки. Устойчивость горения зависит от тепловых и гидродинамических условий, в которых находятся корневые участки конусообразной зоны горения. Рассмотрим устойчивость фронта горения, когда пламя не отрывается от кратера горелки. На рис.6.4 можно видеть, что зона горения у своего основания имеет горизонтальный участок. Чем же он определяется?

Скорость истечения смеси вблизи стенок горелки меньше, чем в других точках потока. По периферии потока образуется область медленного течения и даже застойная зона, в которую газ проникает из струи, а воздух из атмосферы. Векторы нормальной скорости распространения пламени ω_n и скорости движения смеси ω_c имеют в этом месте противоположное направление. Так формируется кольцевой источник зажигания, который предотвращает отрыв всего пламени от кратера горелки.

Этот поджигающий пояс эффективен при ламинарных режимах движения, а при повышении форсировки горелки его размеры уменьшаются. Отрыв открытого пламени от устья горелки наблюдается обычно еще до того, как горение становится турбулентным. Необходимо также отметить, что с увеличением количества первичного воздуха устойчивость пламени атмосферных горелок уменьшается.

Преимущества атмосферных горелок - простота устройства и регулирования расхода газа.

Недостатки атмосферных горелок:

- а) при обычной установке горелок топке они не обеспечивают устойчивого горения и очень чувствительны к изменениям давления газа у сопла и разрежения в топке;
- б) в топках, оборудованных атмосферными горелками, не удастся осуществлять режим горения с коэффициентом избытка воздуха меньше 1,3—1,4, что приводит к невысоким к.п.д. установок.

Инжекционные горелки

Инжекционные горелки могут быть односопловые и многосопловые круглые и плоские, с одноступенчатым, двухступенчатым и трехступенчатым смесителями.

В отличие от атмосферных горелок (инжекционных горелок низкого давления) инжекционные горелки среднего и высокого давления являются горелками полного смешения, за исключением некоторых конструкций.

Инжекционные горелки по сравнению с горелками неполного предварительного смешения газа с воздухом обеспечивают полное сгорание газа при минимальном избытке воздуха с более высокой температурой.

При сжигании предварительно перемешанной горючей смеси в туннелях достигаются довольно высокие теплоты сгорания их объемов порядка 10—50 млн. ккал/м³.ч.

Наибольшее распространение получили одноступенчатые инжекционные горелки — весь воздух для горения подсасывается в один прием. В двухступенчатых весь воздух для горения подсасывается в два приема. В первой ступени обычно засасывается такое количество воздуха, чтобы полученная смесь была негорючей (для природного газа это соответствует содержанию воздуха в смеси с газом ниже 84,5%). Во вторичном сопле негорючая смесь уже засасывает остальной воздух, необходимый для горения, и перемешивается с ним. По компактности двухступенчатые смесители уступают одноступенчатым, и для сжигания природного газа они не получили распространения.

Эжекция может осуществляться тремя способами: эжекция всего воздуха газом, части воздуха газом и газа воздухом. В так называемых инжекционных горелках используется первый способ, в то время как в атмосферных — второй. Третий способ используется реже всего. Работа горелок с подсосом всего воздуха газом требует среднего давления газа, причем нет необходимости в дополнительных регуляторах для поддержания на заданном уровне пропорции между газом и воздухом.

Инжекционные горелки имеют недостаточную глубину регулирования их производительности, трудность работы на подогретом за счет рекуперации тепла отходящих газов воздухе, большую длину смесителей, препятствующую созданию горелок большой единичной теплопроизводительности, и шум, производимый работающими горелками, в особенности при высоком давлении газа, травмирующий обслуживающий персонал.

Под глубиной регулирования понимается отношение максимальной производительности горелки, определяемой максимальным давлением газа, к минимальной производительности ее, при которой пламя еще не проскакивает в горелку.

Инжекционные горелки имеют конструкцию смесительного устройства, аналогичную горелкам атмосферного типа, но более совершенной формы. Конструкция огневой насадки у инжекционных горелок (в отличие от горелок атмосферного типа) имеет форму конфузора и во многих конструкциях плотно примыкает к огнеупорному туннелю или непосредственно к камере горения.

В некоторых конструкциях инжекционных горелок (без туннеля) в горелочной насадке круглого или квадратного сечения установлены различной формы стабилизаторы, обеспечивающие надежное поджигание газозвушной смеси, устойчивость горения и защиту от проскока пламени в инжектор (от обратного удара).

Отсутствие практически факела пламени в инжекционных горелках сужает область их применения по сравнению с горелками, обладающими факелом регулируемой длины. Эти горелки труднее использовать в крупных печах, требующих равномерного обогрева материала по длине; приходится устанавливать несколько горелок по длине печи. Конструкции инжекционных горелок представлены на рис. 6.5 и 6.6.

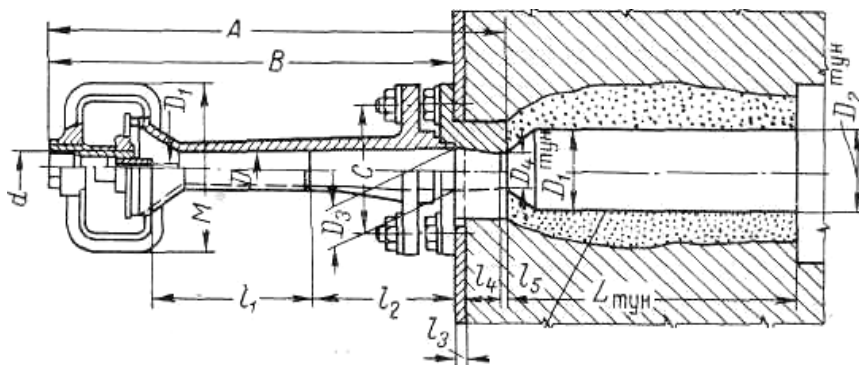


Рисунок 6.5 - Инжекционная горелка среднего давления газа теплопроизводительностью 29 000—86 000 ккал/ч с воздушным охлаждением.

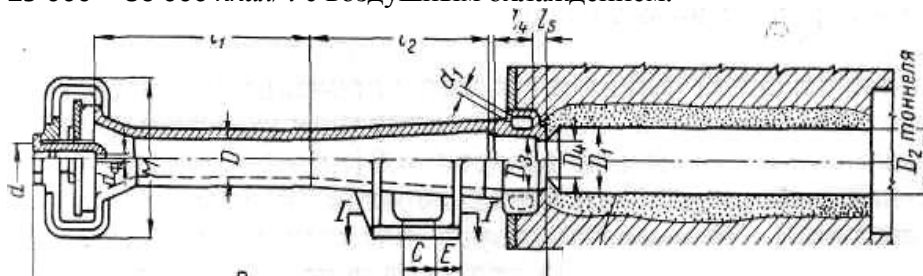


Рисунок 6.6 - Инжекционная горелка среднего давления газа теплопроизводительностью 114 000—1 140 000 ккал/ч с водяным охлаждением.

Горелки с принудительной подачей воздуха

Горелки с принудительной подачей воздуха, как правило, основаны на струйном принципе перемешивания. Благодаря высокой производительности, широкой возможности регулирования и образованию факелов пламени, различных по форме, длине и светимости, а также сравнительно небольшим габаритам (вследствие повышенных скоростей принудительно поданного в них воздуха) горелочные устройства этого типа с каждым годом все более широко применяются в различных отраслях промышленности, использующих газообразное топливо.

Повышение мощности теплотехнических агрегатов в свою очередь вызывает повышение единичной мощности газогорелочных устройств, что неизбежно связано с

использованием принудительной подачи воздуха и струйного принципа смесеобразования.

В печах для нагрева под термические операции такие горелки практически не применяются.

ПРАКТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ:

В соответствии с вариантом произвести расчет инжекционной горелки.

Сделать эскиз горелки подобно чертежу на рис.6.7

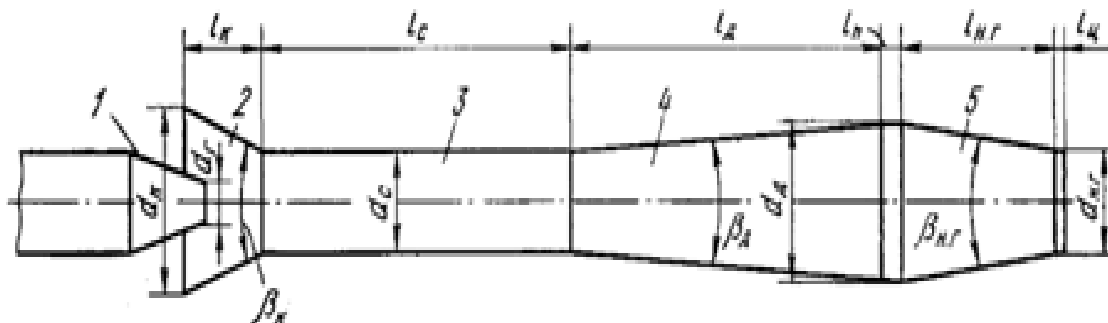


Рисунок 6.7 – Расчетная схема инжекционной горелки:

1 – газовое сопло; 2 – входной конфузор; 3 – смеситель; 4 – диффузор; 5 – носик горелки

Варианты задания

Вариант №	$V_{ог}, м^3/ч$	α	$\omega'_{оз} м/с$
1	30	1,01	280
2	31	1,02	282
3	32	1,03	283
4	33	1,04	285
5	34	1,05	287
6	35	1,06	289
7	36	1,07	290
8	37	1,08	292
9	38	1,09	295
10	39	1,10	298
11	40	1,11	300
12	41	1,12	303
13	42	1,13	305
14	43	1,14	306

Порядок расчета

Условное обозначение	Параметр	Размерность	Условное обозначение	Параметр	Размерность
d	диаметр	мм	f	площадь	мм ²
L_o	Теоретическое количество воздуха, необходимого для сжигания 1 м ³ газа	м ³	l	линейный размер	мм

Продолжение

Условное обозначение	Параметр	Размерность	Условное обозначение	Параметр	Размерность
p^{abc}	абсолютное давление	н/м ²	p	статическое давление	н/м ²
$T(t)$	температура	К (°C)	V	объемное количество	м ³ /сек (м ³ /ч)
ω	скорость	м/сек	α	коэффициент расхода воздуха	-
γ	удельный вес	н/м ³	Δp	избыточное давление	н/м ²
ρ	плотность	кг/м ³	v	пределы регулирования	-
φ	коэффициент истечения				

Исходные данные: Температура воздуха и газа $-T_e = T_2$ (см. вариант задания), коэффициент расхода воздуха α (см. вариант задания); температура воздуха и газа $-t_e = t_2 = 20^\circ\text{C}$; плотность газа $\rho_{oz} = 0,77 \text{ кг/м}^3$, плотность воздуха $\rho_{ov} = 1,29 \text{ кг/м}^3$; и теоретическое количество воздуха на 1 м³ газа $L_0 = 9,25 \text{ м}^2$; Коэффициенты: $K_p = 1,3$; $K_t = 0,965$; $\Pi = 1,095$; $B = 1,15$; $C = 0,425$; $D = 0,55$; $\varphi = 0,85$

Определим скорость истечения газа, м/с по формуле:

$$\omega_{oz} = \omega'_{oz} K_p K_t, \quad (6.1)$$

Определим диаметр газового сопла, мм, по формуле:

$$d'_{\varepsilon} = \sqrt{\frac{V_{oz} 10^3}{0,785 \omega_{oz}}}, \quad (6.2)$$

Определим объемную кратность инжекции по формуле:

$$m = 1 + (\alpha L_0 T_e / T_2) \Pi, \quad (6.3)$$

Определим массовую кратность инжекции по формуле:

$$n = 1 + \alpha L_0 \rho_{ov} / \rho_{oz}, \quad (6.4)$$

Определим оптимальное отношение площади смесителя к площади газового сопла по формуле:

$$\left(\frac{f_c}{f_r} \right) = Bmn - C(m-1)(n-1), \quad (6.5)$$

Определим диаметр смесителя, мм, по формуле:

$$d_c = d_{\varepsilon} \sqrt{\left(\frac{f_c}{f_a} \right)} \quad (6.6)$$

Определим диаметр носика горелки, мм, по формуле:

$$d_{nz} = d_c + 5, \quad (6.7)$$

Определим длину смесителя и диффузора, мм, по формуле:

$$l_c = l_d = 4d_c, \quad (6.8)$$

Определим конечный диаметр диффузора, мм, по формуле:

$$d_d = d_c + 2l_d \tan^2 \frac{\beta_d}{2}, \quad (6.9)$$

Зададим угол раскрытия диффузора принимаем $\beta_d = 7^\circ$.

Определим длину входного конфузора и расстояние до среза газового сопла, мм:

$$l_k = l_{p.c.} = 1,25d_c, \quad (6.10)$$

Определим начальный диаметр входного диффузора, мм, по формуле:

$$d_k = d_c + 2l_k \tan^2 \frac{\beta_k}{2}, \quad (6.11)$$

Принимаем угол сужения входного конфузора $\beta_k = 42^\circ$

Определим длину носика горелки, мм, по формуле:

$$l_{н.г.} = \frac{d_d - d_{i.д.}}{2 \operatorname{tg} \frac{\beta_{i.д.}}{2}}, \quad (6.12)$$

Принимаем угол сужения носика горелки $\beta_{н.г.} = 42^\circ$

Определим скорость смеси в носике горелки, м/с, по формуле:

$$\omega_{0н.г.} = \frac{V_{оз} (1 + \alpha L_0) T_{см} 10^3}{L_0 d_{н.г.}^2 (T_{см} - 100)}, \quad (6.13)$$

Определим пределы регулирования горелки по формуле:

$$\mathcal{G} = \frac{\omega_{0н.г.}}{\omega_{0н.г.}^{мин}}, \quad (6.14)$$

Значение $\omega_{0н.г.}^{мин}$ выбираем по графику для рассчитанного $d_{н.г.}$ (рис.6.8).

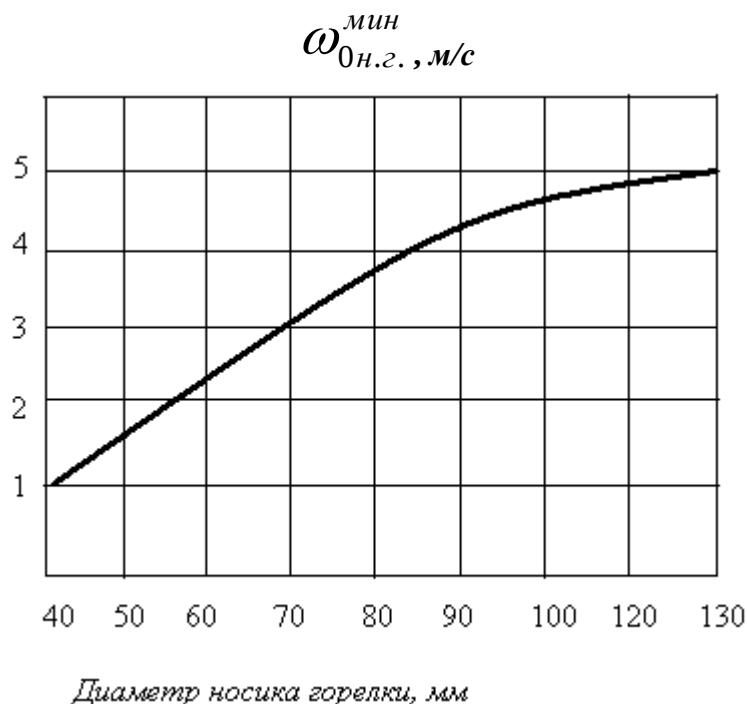


Рисунок 6.8 - Зависимость скорости проскака от диаметра носика горелки

Содержание отчета

1. Цель работы. Общие представления о процессах сжигания топлива.
2. Классификация горелок.
3. Диффузионные горелки. Структура пламени (факела).
4. Атмосферные горелки.
5. Инжекционные горелки.
6. Горелки с принудительной подачей воздуха.
7. Расчет параметров инжекционной горелки в соответствии с заданным вариантом.

Контрольные вопросы к теме занятия

1. Назовите отличия и особенности сожигательных устройств и нагревателей.
2. Опишите особенности процессов, происходящих внутри сожигательных устройств различных конструкций.
3. Назовите способы смешения газа с воздухом и классификацию горелок.

4. Опишите конструкцию, принцип действия, процессы горения, достоинства и недостатки диффузионных горелок.
5. Опишите конструкцию, принцип действия, механизм процесса горения, достоинства и недостатки атмосферных горелок.
6. Опишите устройство инжекционных горелок различного назначения, механизм процесса горения, достоинства и недостатки.
7. Опишите конструкцию горелок с принудительной подачей воздуха.

2.7. Практическое занятие № 7

Тема п/з: Расчет конструктивных параметров пищеварочного котла

Цель: изучение назначения, конструкция и принципа действия пищеварочного котла; определение геометрических размеров варочного котла; расчет толщины тепловой изоляции аппарата; определение масс конструктивных элементов.

Формируемые компетенции:

Код:	Формулировка:
ПК-5	способен применять специализированные и профессиональные знания, в том числе инновационные, в области технологии производства продуктов питания, определять направления развития технологии пищевых производств, повышения качества и безопасности готовой продукции
ПК-6	способен проводить проектные расчеты, обосновывать и осуществлять технологические компоновки, подбор оборудования для производственных технологических линий, основных и вспомогательных помещений, в том числе с использованием информационных технологий

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ:

Пищеварочные котлы предназначены для приготовления первых блюд, каш, варки овощей, кипячения молока и т.д. в технологических жидкостях (вода, молоко, бульон), являющихся компонентами кулинарной продукции. Независимо от способа действия варочного аппарата, процесс варки основан на проходящих под действием теплоты и влаги физико-химических превращениях веществ, входящих в продукт. Кроме того, при варке бульонов имеют место процессы экстрагирования (извлечения) питательных веществ из твердой фазы в жидкую.



Рис. 7.1 - Внешний вид пищеварочных котлов: а) модулированный неопрокидывающийся котел, б) опрокидывающийся немодулированный котел КПЭ-60

В настоящее время на предприятиях общественного питания эксплуатируются пищеварочные котлы различных типов, отличающиеся способом обогрева, вместимостью, способом установки, видом энергоносителя и некоторыми другими признаками. На рис.7.1. представлен внешний вид некоторых моделей современных пищеварочных котлов.

В зависимости от способа обогрева различают пищеварочные котлы с косвенным и непосредственным обогревом. Несмотря на простоту устройства, пищеварочные котлы с непосредственным обогревом в настоящее время практически не применяются. Это связано с такими их недостатками, как низкий КПД, сложность регулировки теплового режима, пригоранием продукта и др. Нагрев продуктов в котлах с косвенным обогревом происходит с помощью пароводяной рубашки, которая обеспечивает более равномерный подвод тепла к стенкам варочной емкости, что снижает вероятность пригорания продукта и повышает производительность

По способу установки различают котлы опрокидывающиеся, неопрокидывающиеся и со съемной варочной емкостью. Опрокидывающиеся котлы имеют объем варочной емкости не

более 60 дм³ и оборудованы устройством для поворота варочной емкости относительно горизонтальной оси вращения. Это делает их более удобными при выгрузке готовой продукции и санитарном обслуживании.

По вместимости на предприятиях питания в настоящее время используются котлы емкостью от 40 до 250 дм³. В линейный ряд отечественных производителей входят котлы емкостью 40, 60, 100, 160 и 250 м³.

В зависимости от давления в варочном сосуде различают пищеварочные котлы, работающие при атмосферном давлении, и автоклавы, работающие при повышенном давлении (автоклавы).

По геометрическим параметрам пищеварочные котлы классифицируются на немодулированные, модулированные и котлы под функциональные емкости. Большинство производителей технологического оборудования для предприятий питания практически полностью перешли на выпуск модулированных пищеварочных котлов, входящих в состав тепловых линий. Модулированные и немодулированные котлы имеют цилиндрическую форму варочной емкости, а котлы под функциональную емкость - прямоугольную.

По типу энергоносителя основная масса пищеварочных котлов относятся к электрическим. Реже применяют газовые котлы. Котлы, работающие на твердом топливе, в настоящее время применяются крайне редко.

Устройство и принцип действия

Несмотря на большое разнообразие пищеварочных котлов, все они имеют схожую конструкцию и принцип действия. Их устройство рассмотрим на примере обобщенной схемы электрического пищеварочного котла (рис. 7.2).

Котел представляет собой сварную конструкцию, состоящую из цилиндрического варочного сосуда 1, пароводяной рубашки 2 в нижней части которой находится парогенератор 3, внешнего ограждения 4, слоя теплоизоляции 5 и крышки 6. В зависимости от емкости котла и его назначения крышки могут быть герметичными и негерметичными. Герметичными крышками оснащаются котлы с объемом варочной емкости от 160 дм³ и выше, а также в автоклавы, работающие при избыточном давлении в варочной емкости. Такие крышки имеют более прочную конструкцию и плотно прижимаются к варочной емкости с помощью резиновых прокладок и специального крепления. Кроме того, Они оснащены клапаном-турбинкой для поддержания оптимального давления при варке за счет удаления излишков пара из варочной емкости. В настоящее время на предприятиях питания в основном используют котлы с негерметичными крышками.

В парогенераторе находятся ТЭНы 7 количеством от 3 до 9 в зависимости от емкости и мощности котла. Перед началом работы через заливочную воронку 8 производят заполнение парогенератора кипяченой или дистиллированной водой. Для контроля за уровнем воды в парогенераторе имеется кран уровня 9 и датчик защиты от «сухого хода» 10. В парогенераторе образуется пар, который поступает в пароводяную рубашку. Соприкасаясь с холодными стенками варочного сосуда он конденсирует, отдавая тепло и превращаясь в воду вновь стекает в парогенератор. Датчик «сухого хода» и корпус парогенератора включены в электрическую цепь. При оголении тэнов электрическая цепь между датчиком и корпусом прерывается, что является сигналом для автоматического отключения тэнов и включения сигнальной лампочки на панели приборов.

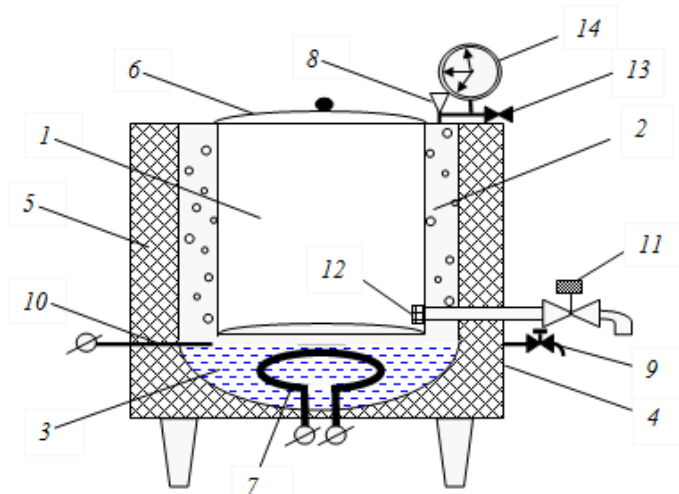


Рис. 7.2 - Схема электрического пищеварочного котла

Слив жидкости из варочного котла осуществляется с помощью сливного крана 11 с решеткой 12.

Для обеспечения безопасности работы пищеварочный котел оборудуют двойным предохранительным клапаном 13, состоящим из парового и вакуумного клапанов. Когда давление в рубашке достигает значения свыше $0,5 \text{ кгс/см}^2$ паровой клапан открывается и излишки пара выходят в атмосферу. Вакуумный клапан открывается тогда, когда при остывании котла в рубашке образуется вакуум, что может привести к ее деформации.

Автоматическое регулирование теплового режима котла производится с помощью электроконтактного манометра (ЭКМ) 14. Он имеет три стрелки - одну подвижную и две неподвижные. Подвижная стрелка постоянно показывает давление пара в пароводяной рубашке. С помощью специального ключа неподвижные стрелки устанавливаются на заданное верхнее и нижнее давление. В процессе работы котла при достижении верхнего заданного давления подвижная стрелка совпадает с соответствующей неподвижной стрелкой и замыкает электрические контакты. При этом котел переключается на $1/6$ своей мощности. Когда давление пара упадет до заданного минимального значения, подвижная стрелка совпадет с нижней неподвижной стрелкой и замкнет контакты, благодаря которым котел переключится на максимальную мощность. Таким образом, работа котла поддерживается в заданном тепловом режиме.

Управление работой котла производится с помощью пульта, на котором находятся кнопки «пуск», «стоп», сигнальные лампы, тумблеры для переключения режимов и некоторые другие органы управления в зависимости от производителя. В современных пищеварочных котлах пульты управления располагают непосредственно на фронтальной (передней) поверхности внешнего ограждения.

Конструкция котлов постоянно совершенствуется. Например, крупнейший российский производитель теплового оборудования ОАО «Чувашторгтехника» оснащает свои котлы дополнительными аксессуарами в виде решетчатой металлической поверхности, которая устанавливается в варочную емкость котла и позволяет производить варку на пару. Финская фирма «Metos» производит комбинированные опрокидывающиеся котлы, оснащенные специальным миксером с помощью которого можно производить перемешивание продуктов непосредственно в варочной емкости как при варке так и после нее. Такие котлы удобны для приготовления картофельного пюре, овощного рагу, различных десертов и т.д. Функциональные возможности таких котлов расширяются еще больше при наличии системы быстрого охлаждения варочной емкости за счет подачи в полость пароводяной рубашки проточной холодной воды.

ПРАКТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ:

1. Определение геометрических размеров варочного котла

Целью конструктивного расчета является определение основных размеров аппарата в соответствии с техническим заданием. Варочные котлы являются аппаратами периодического

Technical drawing of a cylindrical vessel with a hemispherical head. The drawing includes a front view (top) and a side view (bottom).

Front View Dimensions:

- $D_{обн}$: Overall diameter of the vessel.
- $D_{кр}$: Diameter of the cylindrical part.
- $h_{кр}$: Height of the cylindrical part.
- H : Total height of the vessel.
- D_H : Diameter of the internal structure.
- D_g : Diameter of the internal structure.
- h : Height of the internal structure.
- $\delta_{из}$: Thickness of the vessel wall.
- $\delta_{руб}$: Thickness of the internal structure.

Side View Dimensions:

- $h_{обн}$: Overall height of the vessel.
- $h_{кр}$: Height of the cylindrical part.
- h_n : Height of the internal structure.
- δ_n : Thickness of the internal structure.
- $d_{из}$: Diameter of the internal structure.
- d_m : Diameter of the internal structure.

$D_{кр}$ — диаметр крышки, $D_{кр} = D_n$; $D_{обл}$ — диаметр обливовки; D_n — диаметр наружного котла; D_v — диаметр варочного сосуда; $H_{общ}$ — общая высота аппарата; H — высота варочного сосуда; $h_{кр}$ — высота выпуклости крышки; h — высота вогнутости или выпуклости варочного сосуда; h_n — вертикальное расстояние между наружным и внутренним котлами; a_n — длина парогенератора (на схеме не показана); b_n — ширина парогенератора; h_n — высота парогенератора; $h_{ен}$ — уровень воды в парогенераторе; $\delta_{из}$ — толщина тепловой изоляции; $\delta_{руб}$ — величина зазора между варочным сосудом и наружным котлом; $H_{пост}$ — высота постаменты; d_m — диаметр ТЭНа, $d_{изг}$ — диаметр изгиба ТЭНа.

 D_β

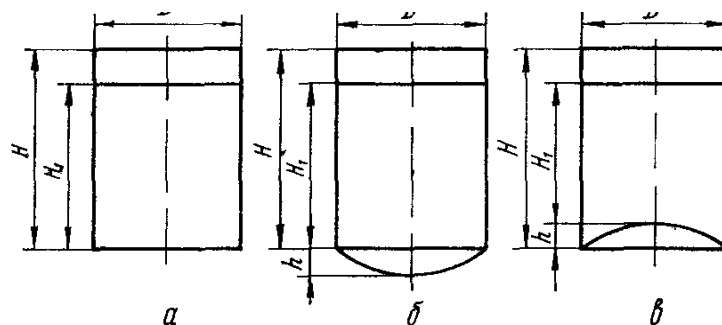


Рисунок 7.4 - Конфигурация варочных сосудов:

a - с плоским дном, *б* - с выпуклым дном, *в* - с вогнутым дном

Из конструктивных и эксплуатационных соображений принимаем соотношение $K = \frac{H}{D_в} = 0,3 \div 1,2$, причем чем больше объем содержимого котла, тем меньше должен быть

коэффициент K и отношение $K_1 = \frac{h}{D_в} = 0,05 \div 0,1$.

Объем варочного сосуда равен:

$$V_в = \frac{V}{\varphi} \quad (7.1)$$

где V – объем содержимого варочного котла, м³;

φ – коэффициент заполнения варочного котла ($\varphi = 0,8 - 0,9$);

Диаметр варочного сосуда можно определить по формулам, приведенным в таблице 1.1

Рассчитанный диаметр варочного сосуда округляют до стандартной величины. ГОСТ 9617-76 предусматривает ряд внутренних номинальных диаметров: $D_в = 200, 250, 300, 350, 400, (450), 500, (550), 600, (650), 700, (750), 800, (850), 900, (950), 1000, 1100, 1200, (1300), 1400, (1500)$ мм. Диаметры, заключенные в скобки, рекомендуется применять только для рубашек аппаратов, т.е. для $D_н$. Диаметр наружного котла определяем конструктивно:

$$D_н = D_в + (50 \div 100), \text{ мм}$$

Таблица 7.1 – Формулы для определения размеров варочного сосуда

Форма дна	Формула для определения	
	диаметра $D_в$ варочного сосуда, м	высоты H_1 заполнения варочного сосуда, м
Плоская	$D_в = \sqrt[3]{\frac{V_в}{\frac{\pi}{4} \cdot K}} \quad (1.2)$	$H_1 = \varphi K D_в \quad (1.5)$
Выпуклая	$D_в = \sqrt[3]{\frac{V_в}{\frac{\pi}{4} \cdot \left(K + \frac{K_1}{2}\right)}} \quad (1.3)$	$H_1 = \varphi \left(K - \frac{K_1}{2}\right) D_в \quad (1.6)$
Вогнутая	$D_в = \sqrt[3]{\frac{V_в}{\frac{\pi}{4} \cdot \left(K - \frac{K_1}{2}\right)}} \quad (1.4)$	$H_1 = \varphi \left(K + \frac{K_1}{2}\right) D_в \quad (1.7)$

Высота выпуклости (вогнутости) варочного сосуда h равна:

$$h = D_в \cdot K_1 \quad (7.2)$$

Высота варочного сосуда:

$$H = D_в \cdot K, \quad (7.3)$$

Толщину стенок варочного сосуда, наружного котла и крышки $\delta_{ст}$, выполненных из нержавеющей стали, можно принять одинаковой и рассчитать по формуле:

$$\delta_{cm} = \frac{P \cdot D_{\epsilon}}{2\sigma_{\text{дон}} \eta \cdot \varphi' - P} + C, \quad \text{м} \quad (7.4)$$

где P – расчетное (рабочее) давление, равное заданному давлению в паровой рубашке, МПа;

D_{ϵ} – внутренний диаметр варочного сосуда, м;

$\sigma_{\text{дон}}$ – номинальное допустимое напряжение, МПа.

η – коэффициент, учитывающий класс аппарата (при обогреве паром $\eta = 0,9$);

φ' – коэффициент прочности сварного шва; (таблица 7.3)

C – поправка на коррозию и округление толщины δ_{cm} до стандартной толщины листа, мм. Для легированных сталей принимают скорость коррозии не более

$C_2 = 0,1$ мм/год. Нормативный срок эксплуатации теплообменных аппаратов

$N = 8 - 10$ лет. Поправка на коррозию $C = N \cdot C_2$.

Примечание: Толщины листов стали следует выбирать из ряда: 0,5; 0,55; 0,6; 0,65; 0,7; 0,75; 0,8; 0,9; 1,0; 1,2; 1,3; 1,4; 1,5; 1,6; 1,7; 1,8; 2,0; 2,2; 2,5; 2,8; 3,0; 3,2; 3,5; 3,8; 4,0; 4,2; 4,5; 4,8; 5,0 (ГОСТ 19904-74).

Таблица 7.2 – Нормативно допускаемые напряжения для сталей в зависимости от температуры

Расчетные температуры стенки, °C	16ГС 09Г2С	12ХН	15ХМ	X18H10T
20	167	144	152	143
100	156	143	150	132
200	145	142	149	122

Таблица 7.3 – Значение коэффициента прочности φ сварных швов для стальных сосудов

Тип сварного соединения	Вид сварки	
	Ручная	Автоматическая
Стыковой односторонний шов	0,85	0,8
Стыковой двусторонний шов	0,9	1,0

Для определения конструктивных размеров парогенератора принимаем количество воды, заливаемой в парогенератор:

$W = 7 \div 8$ л для котлов вместимостью до 100 литров;

$W = 10 \div 14$ л для котлов вместимостью от 100 до 250 литров.

Для удобного размещения ТЭНов парогенератор выполняют в форме прямоугольного параллелепипеда. Объем парогенератора можно определить по формуле: $V_n = a_n \cdot b_n \cdot h_n$. Парогенератор заполняют водой на 80% его объема, тогда объем парогенератора равен

$$V_n = \frac{W \cdot 10^{-3}}{0,8}, \quad \text{м}^3 \quad (7.5)$$

Исходя из условий эксплуатации и экспериментальных исследований, можно рекомендовать следующие отношения длины, ширины и высоты парогенератора: $a_n : b_n : h_n =$

2:1:1,25. Тогда ширина парогенератора будет равна $b_n = \sqrt[3]{\frac{V_n}{2,5}}$. Полученное значение округляют в большую сторону до величины кратной 10 мм.

Толщину стенок парогенератора принимают $\delta_n = \delta_{cm} + 0,8 \dots 1,0$ мм.

После определения основных размеров аппарата выполняют его эскизную компоновку.

2. Расчет толщины тепловой изоляции аппарата

Тепловая изоляция аппаратов должна обладать достаточной механической прочностью, противостоять высоким температурам, иметь низкую теплопроводность, теплоемкость и гигроскопичность. Особое внимание уделяется выбору тепловой изоляции в сырых помещениях. В этих условиях существует опасность насыщения изоляции влагой, вследствие чего снижаются ее теплоизоляционные свойства. Некоторые виды теплоизоляционных материалов и их теплофизические свойства даны в приложении.

Толщину тепловой изоляции определяют из равенства удельных тепловых потоков через слой изоляции и от поверхности изоляции, покрытой облицовкой, в окружающую среду. При этом термическим сопротивлением стенки стальной облицовки пренебрегают ввиду ее малой толщины и высокого коэффициента теплопроводности.

Тогда:

$$q = \frac{\lambda_{из}}{\delta_{из}} (t_n^{\kappa} - t_{обл}^{\kappa}) = \alpha_{обл} (t_{обл}^{\kappa} - t_{\epsilon}) \quad (7.6)$$

где $\lambda_{из}$ – коэффициент теплопроводности материала изоляции, Вт/(м·К). Следует помнить, что коэффициент теплопроводности λ зависит от средней температуры в слое тепловой изоляции

$$t_{из}^{cp} = 0,5 \cdot (t_n^{\kappa} + t_{обл}^{\kappa}), \quad (7.7)$$

t_n^{κ} – температура наружного котла, °С; температуру наружного котла считают равной температуре греющего пара $t_n^{\kappa} = t_n$.

$t_{обл}^{\kappa}$ – температура поверхности облицовки котла, °С; по санитарно-гигиеническим нормам температура поверхности облицовки не должна превышать 55 °С. Обычно принимают 45 ÷ 55 °С

$\alpha_{обл}$ – коэффициент теплоотдачи от поверхности облицовки котла в окружающую среду, Вт/(м²·К).

Преобразовав выражение (7.6), определим толщину тепловой изоляции аппарата по формуле:

$$\delta_{из} = \frac{\lambda_{из} (t_n^{\kappa} - t_{обл}^{\kappa})}{\alpha_{обл} (t_{обл}^{\kappa} - t_{\epsilon})}, \quad (7.8)$$

Для аппаратов цилиндрической формы, установленных в закрытых помещениях, с облицовками, окрашенными эмалевыми красками светлых тонов, коэффициент теплоотдачи $\alpha_{обл}$ с поверхности облицовок котла можно определить по формуле:

$$\alpha_{обл} = 9,74 + 0,07 \cdot (t_{обл}^{\kappa} - t_{\epsilon}), \quad \frac{Вт}{м^2 \cdot К} \quad (7.9)$$

Найденную толщину изоляции $\delta_{из}$ округляют до стандартной величины кратной 5 мм, а затем рассчитывают действительную температуру на поверхности облицовки.

3. Определение масс конструктивных элементов

В нестационарном режиме часть тепловой энергии расходуется на нагрев конструкций котла, в том числе варочного и наружного котлов, парогенератора, крышки, облицовок, трубчатых электронагревателей, тепловой изоляции. Целью данного расчета является определение масс конструктивных элементов.

Массы элементов конструкции можно определить по формуле:

$$G_i = F_i \cdot \delta_i \cdot \rho_i, \quad кг \quad (7.10)$$

где: F_i – площадь элемента конструкции, м²;

δ_i – толщина стенок элемента конструкции, м;

ρ_i – плотность материала, кг/м³; плотность стали $\rho_{ст} = 7900$ кг/м³

Площадь поверхности варочного сосуда с учетом выпуклости или вогнутости днища равна:

$$F_{\varepsilon} = \pi D_{\varepsilon} \cdot H + \frac{\pi D_{\varepsilon}^2}{4} + \pi h^2 = \pi \left(D_{\varepsilon} \cdot H + \frac{D_{\varepsilon}^2}{4} + h^2 \right); \quad (7.11)$$

Площадь поверхности наружного котла:

$$F_n = \pi D_n \cdot H + \frac{\pi D_n^2}{4} - a_n b_n, \quad (7.12)$$

Площадь поверхности крышки с учетом выпуклости:

$$F_{кр} = \pi \left(\frac{D_{кр}^2}{4} + h_{кр}^2 \right); \quad D_{кр} = D_n \quad (7.13)$$

Высоту выпуклости крышки $h_{кр}$ следует принимать конструктивно, $h_{кр} \approx h$.

Толщина стенок варочного, наружного котлов и крышки может быть принята одинаковой для всех элементов по формуле (7.10), толщина стенки парогенератора $\delta_n = \delta_{ст} + 0,8 \dots 1,0$ мм.

Масса дополнительных металлических элементов арматуры и каркаса котла составляет 250% от массы варочного сосуда. Масса постаментов составляет 400 % от массы варочного сосуда.

Площадь поверхности наружной облицовки:

$$F_{обл} = \pi D_{обл} (H + h_n), \quad (7.14)$$

$$D_{обл} = D_n + 2(\delta_{ст} + \delta_{обл} + \delta_{из}), \quad (7.15)$$

Вертикальное расстояние между наружным и внутренним котлами принимается из эскизной компоновки.

Толщину листов облицовки принимают $\delta_{обл} = 0,5 \div 0,7$ мм.

Площадь поверхности парогенератора равна:

$$F_n = 2b_n \cdot h_n + a_n \cdot h_n + a_n \cdot b_n, \quad (7.16)$$

Одна из стенок парогенератора представляет собой плиту для крепления ТЭНов площадью

$$\begin{aligned} F_{nl} &= h_{nl} \cdot a_{nl}, \\ h_{nl} &= h_{ен} + 0,08 \\ a_{nl} &= a_n + 0,08, \text{ м} \end{aligned} \quad (7.17)$$

где $h_{ен}$ – уровень воды в парогенераторе, м.

Плита крепится к фланцу шириной 0,04 м, приваренному к парогенератору. Площадь фланца:

$$F_{фл} = F_{nl} - a_n \cdot h_{ен} = a_{nl} \cdot h_{nl} - a_n \cdot h_{ен}, \quad (7.18)$$

Толщина плиты и фланца одинакова и равна $\delta_{nl} = 0,010$ м. Общий объем плиты и фланца с учетом отверстий под крепежные болты и концы ТЭНов равен:

$$V_{nl} + V_{фл} = [2a_{nl} \cdot h_{nl} - a_n h_{ен} - 0,5\pi(d_{\bar{o}}^2 n_{\bar{o}} + d_m^2 n_m)] \cdot \delta_{nl}, \quad (7.19)$$

где: $n_{\bar{o}}$ – число болтов; $n_{\bar{o}} = 10$ или 12 штук.

Масса одного крепежного болта М10х60.58 ГОСТ 7805-70 с гайкой и шайбой составляет $90 \div 95$ г.

Массу ТЭНов рассчитывают по формуле:

$$\sum G_m = 1,15 \cdot n_m \cdot G_m, \quad \text{кг} \quad (7.20)$$

где 1,15 – коэффициент, учитывающий массу дополнительных конструктивных элементов ТЭНа;

n_m – количество ТЭНов, шт. Из условия регулирования мощности в соотношении 6:1 принимают количество $n_m = 3$ для котлов $V < 70$ л и $n_m = 6$ для котлов $V \geq 70$ л.

G_m – масса активной части одного ТЭНа, кг

$$G_m = \pi \cdot L_a \cdot [d_m \cdot \delta_m \cdot \rho_{ст} + 0,25 \cdot \rho_{нап} \cdot (d_m - 2 \cdot \delta_m)^2], \quad \text{кг} \quad (7.21)$$

где: L_a — длина активной части ТЭНа, м;

d_m — диаметр трубки ТЭНа, м; принимают из стандартного ряда: 8; 9,5; 10; 12,5; 13; 16 мм.

δ_m — толщина стенки трубки, м; принимают $\delta_m = (1,0 \div 1,5) \cdot 10^{-3}$ м;

$\rho_{ст}$, $\rho_{нап}$ — соответственно плотности материала трубки ТЭНа и наполнителя (периклаза или кварцевого песка), кг/м³; плотность стали $\rho_{ст} = 7900$ кг/м³; алюминия $\rho_{ал} = 2560$ кг/м³, латуни $\rho_{л} = 8500$ кг/м³, $\rho_{нап} = 3050 \div 3150$ кг/м³.

Длину активной части ТЭНа ориентировочно определяют из условий рационального размещения нагревателей в парогенераторе. Диаметр изгиба трубки ТЭНа $d_{изг}$ ориентировочно можно определить по формуле

$$d_{изг} = b_n - 2 \cdot 0,02 - d_m \quad (7.22)$$

тогда длина активной части ТЭНа равна $L_a = 2\pi d_{изг}$

Следует помнить, что $d_{изг} \geq 7d_m$.

Массу тепловой изоляции вычисляют по формуле:

$$G_{из} = \frac{\pi}{4} (H + h_n) (D_{обл}^2 - D_n^2) \rho_{из}, \quad \text{кг} \quad (7.23)$$

Масса варочного котла равна $G = \sum G_i$

Таблица 7.4 – Исходные данные к расчету

№, варианты	Параметры	Номера подвариантов												
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	V , л	70	75	80	85	90	100	110	120	125	130	140	145	150
2	P , кПа	140	145	150	130	133	137	143	135	128	147	139	144	149
3	t_{θ} , °C	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	19	20
	$t_{вод}^H$, °C	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	11	10	9
4	$t_{вод}^K$, °C	99	96	98	100	97	96	99	100	97	98	96	100	99
5	τ_p , мин	43	38	48	41	53	45	43	46	52	44	59	47	50

Контрольные вопросы к теме занятия:

1. Назначение пищеварочных котлов, их основные типы.
2. Классификация пищеварочных котлов.
3. Устройство и принцип действия пищеварочных котлов.
4. Как осуществляется автоматическое регулирование теплового режима котла.

2.8. Практическое занятие № 8

Тема п/з: Теплотехнические расчеты пищеварочного котла

Цель: изучение режимов работы пищеварочного котла; изучение принципиальной электрической схемы; определение коэффициента теплопередачи через стенку варочного сосуда; определение энергетического баланса аппарата в режиме разогрева до кипения; определение энергетического баланса аппарата в режиме «тихого» кипения.

Формируемые компетенции:

Код:	Формулировка:
ПК-5	способен применять специализированные и профессиональные знания, в том числе инновационные, в области технологии производства продуктов питания, определять направления развития технологии пищевых производств, повышения качества и безопасности готовой продукции
ПК-6	способен проводить проектные расчеты, обосновывать и осуществлять технологические компоновки, подбор оборудования для производственных технологических линий, основных и вспомогательных помещений, в том числе с использованием информационных технологий

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ:

Различают два основных режима варки в жидкостях при атмосферном давлении:

– Режим 1 - доведение содержимого варочного сосуда до кипения на полной мощности, а затем автоматическое переключение на пониженную мощность (1/6 часть) для продолжения варки процессом «тихого кипения». Этот режим используется при варке супов, борщей и других первых блюд;

– Режим 2 - доведение содержимого варочного сосуда до кипения при максимальной мощности и полное отключение нагревателей. Доваривание происходит за счет аккумулированной теплоты продуктов без расхода энергии. Этот режим используется для варки каш, кипячения молока и варки напитков.

Нагрев осуществляется от кипящей жидкости внутрь продукта за счет его теплопроводности и зависит от теплофизических характеристик конвективной среды и самих продуктов. Так как большинство продуктов имеет низкий коэффициент теплопроводности, то с целью повышения производительности и уменьшения энергозатрат перед варкой продукты желательно измельчать.

Основные технологические требования, предъявляемые к пищеварочным котлам, сводятся к получению высококачественного готового продукта с максимальным сохранением питательных веществ при минимальных затратах времени и потребляемой энергии, снижении трудозатрат обслуживающего персонала и обеспечении безопасной работы.

Котел может быть включен в сеть с напряжением 3N~380 вольт и 3~220 вольт (Рисунок 8.1). Для получения сильного нагрева при напряжении сети 3N~380 вольт нагреватели соединяются в звезду, слабого нагрева - последовательно присоединяются к сети между фазовым С и нулевым N проводами. Для получения сильного нагрева при напряжении сети 3~220 вольт нагреватели соединяются в треугольник, слабого нагрева - последовательно между двумя фазовыми проводами. При включении переключателя Пк в положение 1 (напряжение сети 3N~380 вольт) ток проходит по первичной обмотке трансформатора Тр, при этом загорается сигнальная лампа Л1, сигнализирующая о включении цепи управления котла в сеть. При нормальном уровне воды в парогенераторе цепь между электродом Э и корпусом замкнута, лампа Л2 не горит, т.е. созданы условия для включения реле Р1 и Р2. Через размыкающий контакт Р2 ток проходит по обмотке реле Р1, в результате чего обмотка катушки магнитного пускателя П1 включается через размыкающий контакт Р1. Контакты магнитного пускателя П1 включают электроводонагреватели НЭ1, НЭ2 и НЭ3 на сильный нагрев, при этом провода А, В и С через соответствующие контакты магнитного пускателя П1 соединяются с верхними клеммами нагревателей НЭ1, НЭ2 и НЭ3. Нижняя клемма электронагревателя НЭ2 через клемму N1, размыкающий контакт П2 и клемму N3 присоединяется к нижним клеммам электронагревателей

НЭ1 и НЭ3, соединенных один с другим перемычкой. Таким образом, три нагревателя включены в звезду и каждый из них находится под напряжением 220 вольт, т.е. осуществляется сильный нагрев.

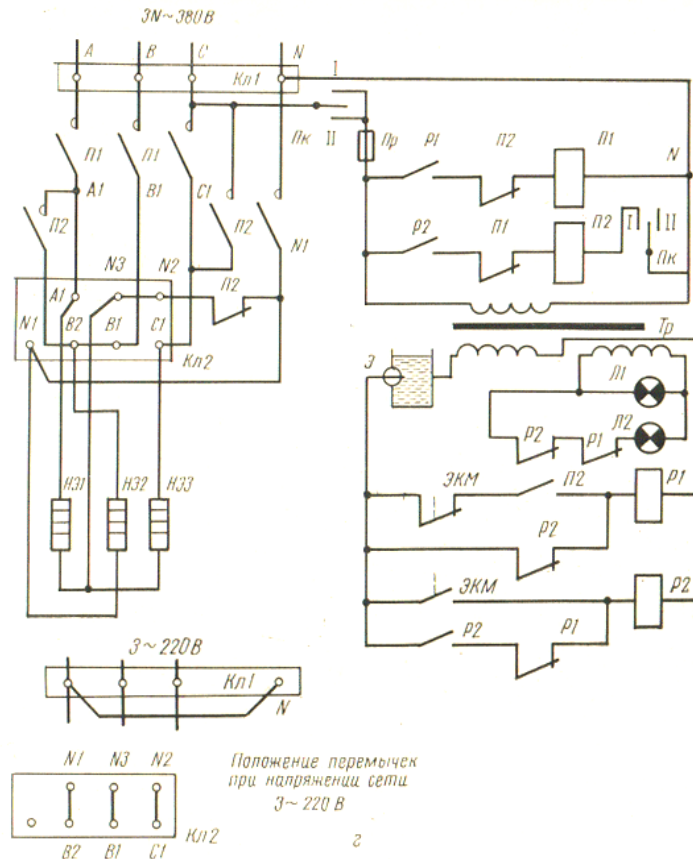


Рисунок 8.1 – Принципиальная электрическая схемы пищеварочного котла.

П1, П2 – магнитные пускатели; Р1, Р2 – реле промежуточные; ЭКМ – электроконтактный манометр; Л1, Л2 – лампы сигнальные; НЭ1-НЭ2 – электронагреватели трубчатые; Пр – плавкий предохранитель; Пк – переключатель режимов работы; Тр – трансформатор; Э - электрод

После того как давление пара в пароводяной рубашке котла достигает заданного предела, замыкающий контакт электроконтактного манометра ЭКМ замкнет и включит обмотку реле Р2. Последнее сработает и своими размыкающими контактами Р2 отключит обмотку реле Р1, а замыкающим контактом Р2 подготовит к работе цепь магнитного пускателя П2, которая включится после того, как отключится катушка магнитного пускателя П1 и замкнется ее размыкающий контакт П1. После выключения магнитного пускателя П1 включения П2 ток по проводу С через замыкающий контакт П2, клемму С1, нагреватели НЭ3 и НЭ1, клемму А1, контакт П2, клемму В2, нагреватель НЭ2, клемму N1 и контакт П2 поступит на провод N сети. Таким образом, все три нагревателя окажутся соединенными последовательно между проводами С и N.

Если котел включен в сеть с напряжением 3~220 вольт, то перемычки на клеммных панелях Кл1 и Кл2 устанавливаются так, что линия А соединяется с линией N, а клеммы А1, N3, N2 соединяются соответственно с клеммами В2, В1 и С1. При включении магнитного пускателя П1 (сильный нагрев) провод А присоединяется через контакт П1 и клемму А1 к верхней клемме электронагревателя НЭ1 и через перемычку А1-В2 к верхней клемме электронагревателя НЭ2. Провод В через контакт П1, клемму В1, перемычку В1-N3, присоединяется к нижним клеммам нагревателей НЭ1 и НЭ3. Провод С через контакт П1, клемму С1 соединяется с верхней клеммой электронагревателя НЭ3, а через перемычку С1-N2, размыкающий контакт П2 и клемму N1 - с нижней клеммой электронагревателя НЭ2. В этом случае электронагреватели соединены в треугольники каждый из них оказывается под напряжением 220 вольт.

При выключении магнитного пускателя П1 и включении магнитного пускателя П2 (слабый нагрев) ток из провода С через контакт П2, клемму С1, электронагреватели НЭ3 и НЭ1, клемму А1, перемычку А1-В2, электронагреватель НЭ2, клемму N1, замыкающий контакт П2,

перемычку на панели К1 попадает в провод А. Таким образом, при слабом нагреве электронагреватели соединены последовательно между проводами А и С.

Если переключателем Пк задан режим II, то после отключения контактом Р1 катушки магнитного пускателя П1 отключаются электронагреватели, а обмотка катушки магнитного пускателя П2 не включается и, следовательно, аппарат не переходит на режим слабого нагрева.

Если давление в пароводяной рубашке понизится до нижнего предела, замкнется размыкающий контакт ЭКМ и включится обмотка реле Р1. Реле Р1 сработает, его размыкающий контакт Р1 включит обмотку реле Р2, а замыкающий контакт Р1 подготовит цепь катушки магнитного пускателя П1 к включению. Замыкающий контакт Р2 выключит обмотку пускателя П2, после чего размыкающий контакт П2 включит магнитный пускатель П1. В результате электронагреватели включатся на сильный нагрев, давление в рубашке начнет повышаться и замыкающий контакт ЭКМ разомкнется. Однако реле Р1 не отключится, так как после выключения реле Р2 оно получит питание через размыкающий контакт реле Р2.

ПРАКТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ:

Определение коэффициента теплопередачи через стенку варочного сосуда

Целью данного расчета является определение среднего за период разогрева коэффициента теплопередачи через стенку варочного сосуда. Коэффициент теплопередачи K определяют по уравнению аддитивности термических сопротивлений:

$$K = \left(\frac{1}{\alpha_1} + \sum \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_2} \right)^{-1}, \quad \frac{Bm}{m^2 K} \quad (8.1)$$

Суммарное термическое сопротивление стенки котла

$$\sum \frac{\delta_i}{\lambda_i} = \frac{\delta_{ст}}{\lambda_{ст}} + \frac{\delta_{нак}}{\lambda_{нак}} = R, \quad \frac{m^2 K}{Bm} \quad (8.2)$$

где: $\delta_{ст}$ – толщина стенки варочного сосуда, м;

$\delta_{нак}$ – толщина котельной накипи со стороны паровой рубашки, м;

$\delta_{нак} = (0,5 \div 0,8) \cdot 10^{-3}$ м;

$\lambda_{ст}, \lambda_{нак}$ – соответственно коэффициенты теплопроводности стальной стенки и котельной накипи; для нержавеющей стали $\lambda_{ст} = 17 \div 28$ Вт/(м·К), для котельной накипи $\lambda_{нак} = 1,3 \div 3,1$ Вт/(м·К).

Термическое сопротивление накипи со стороны содержимого котла (воды) можно не учитывать, т.к. внутренняя поверхность варочного сосуда подвергается систематической санитарной обработке.

Для определения коэффициента теплопередачи используют графо-аналитический метод, который основан на том положении, что при установившемся тепловом режиме стенка не аккумулирует тепло и плотность теплового потока через нее есть величина постоянная, т.е.

$$q_1 = q_2 = q_3 = q_{общ}, \quad \frac{Bm}{m^2}$$

$$\alpha_1 \cdot \Delta t_1 = \sum \frac{\lambda_i}{\delta_i} \cdot \Delta t_{cm} = \alpha_2 \cdot \Delta t_2 = K \cdot \Delta t_{cp}, \quad \frac{Bm}{m^2} \quad (8.3)$$

где: α_1, α_2 – соответственно коэффициенты теплоотдачи от конденсирующегося пара к стенке и от стенки к содержимому котла, Вт/(м²·К);

$$\sum \frac{\lambda_i}{\delta_i} = \frac{1}{R} - \text{теплопроводность стенки, Вт/(м}^2 \cdot \text{К);}$$

$\Delta t_1, \Delta t_{cm}, \Delta t_2$ – разности температур,

$$\Delta t_1 = t_n - t'_{cm}, \quad (8.4)$$

$$\Delta t_{cm} = t'_{cm} - t''_{cm} \quad (8.5)$$

$$\Delta t_2 = t''_{cm} - t_{вод}^{cp}, \quad (8.6)$$

t_n - температура греющего насыщенного водяного пара, °С. Определяется по заданному давлению в паровой рубашке с точностью до десятых долей градуса методом интерполяции;

t'_{cm} - температура наружной поверхности варочного сосуда, °С;

t''_{cm} - температура внутренней поверхности варочного сосуда, °С;

$t_{вод}^{cp}$ - средняя за период разогрева температура содержимого котла, °С.

Следует помнить, что

$$\Delta t_1 + \Delta t_{cm} + \Delta t_2 = \Delta t_{cp}, \quad (8.7)$$

где Δt_{cp} - средняя логарифмическая разность температур между греющим паром и содержимым котла за период разогрева

$$\Delta t_{cp} = \frac{\Delta t_{\delta} - \Delta t_{\mathcal{M}}}{\ln \frac{\Delta t_{\delta}}{\Delta t_{\mathcal{M}}}} = \frac{\Delta t_{\delta} - \Delta t_{\mathcal{M}}}{2,3 \cdot \lg \frac{\Delta t_{\delta}}{\Delta t_{\mathcal{M}}}}, \quad (8.8)$$

Δt_{δ} , $\Delta t_{\mathcal{M}}$ - соответственно большая и меньшая разность температур между греющим теплоносителем и нагреваемым содержимым котла.

$$\Delta t_{\delta} = t_n - t_{вод}^H, \quad \Delta t_{\mathcal{M}} = t_n - t_{вод}^K \quad (8.9)$$

$t_{вод}^H$, $t_{вод}^K$ - температура воды в начале и в конце нагрева, °С.

Коэффициент теплоотдачи от конденсирующегося пара к стенке равен:

$$\alpha_1 = 2,04 \cdot \sqrt[4]{\frac{r_z \cdot \rho_{nl} \cdot \lambda_{nl}^3 \cdot 10^3}{\nu_{nl} \cdot H_1 \cdot \Delta t_1}}, \quad \frac{Bm}{m^2 K} \quad (8.10)$$

где: r_z - удельная теплота конденсации греющего пара, кДж/кг; определяется по давлению греющего пара;

ρ_{nl} - плотность, кг/м³;

λ_{nl} - коэффициент теплопроводности, Вт/(м·К);

ν_{nl} - кинематический коэффициент вязкости, м²/с пленки конденсата (воды) при средней температуре пленки t_{nl}

$$t_{nl} = t_n - 0,5 \cdot \Delta t_1, \quad (8.11)$$

H_1 - высота жидкости в варочном сосуде, м.

Расчет ведем методом последовательных приближений. Для этого задаем $\Delta t_1 = 2$ град, вычисляем t_{nl} по формуле (8.11) и определяем теплофизические характеристики пленки конденсата ρ_{nl} , λ_{nl} , ν_{nl} . Затем вычисляем α_1 по формуле (8.10) и плотность теплового потока

$$q_1 = \alpha_1 \cdot \Delta t_1.$$

Из соотношения (8.3) следует, что

$$\Delta t_{cm} = \frac{\alpha_1 \cdot \Delta t_1}{\sum \frac{\lambda_i}{\delta_i}} = q_1 \cdot R, \quad (8.12)$$

тогда согласно формуле (8.7) $\Delta t_2 = \Delta t_{cp} - \Delta t_1 - \Delta t_{cm}$

Коэффициент теплоотдачи α_2 от стенки к содержимому котла определяем для условий свободной тепловой конвекции жидкости в объеме варочного котла. Критериальное уравнение для описываемого случая имеет вид:

$$Nu = C \cdot (Gr \cdot Pr)^n \cdot \varepsilon_t = C \cdot Ra^n \cdot \varepsilon_t, \quad (14.13)$$

Числовые значения коэффициента C и показателя степени n выбирают в зависимости от режима свободной конвекции, который определяют по значению критерия Релея $Ra = Gr \cdot Pr$

Ra	C	n
$< 10^{-3}$	0,45	0
$10^{-3} \dots 5 \cdot 10^2$	1,18	0,125
$5 \cdot 10^2 \dots 2 \cdot 10^7$	0,54	0,25
$> 2 \cdot 10^7$	0,135	0,33

Определяющей температурой при нахождении критериев является средняя температура пограничного слоя содержимого котла $t_m = 0,5 \cdot (t_{cm}'' + t_{год}^{cp})$. Эта температура может быть найдена из соотношения

$$t_m = t_n - \Delta t_{cp} + 0,5 \Delta t_2, \quad (8.14)$$

По значению определяющей температуры t_m находим β , λ , ν , Pr для воды (таблица 2 Приложения) и вычисляем критерий Грасгофа:

$$Gr = \frac{\beta \cdot g \cdot H_1^3 \cdot \Delta t_2}{\nu^2}, \quad (8.15)$$

где: β – коэффициент объемного температурного расширения, K^{-1} ;

g – ускорение силы тяжести, m/c^2 ;

Pr – критерий Прандтля.

По значению критерия Релея $Ra = Gr \cdot Pr$ подбираем коэффициенты C и n критериального уравнения (8.13) и вычисляем критерий Нуссельта. Поправка ε_t в уравнении (8.13) учитывает направление теплового потока и рассчитывается по формуле:

$$\varepsilon_t = \left(\frac{Pr_{год}}{Pr_{cm}} \right)^{0,25}, \quad (8.16)$$

где: $Pr_{год}$, Pr_{cm} – критерий Прандтля, определенный соответственно при температуре содержимого котла $t_{год}^{cp}$ и температуре стенки t_{cm}'' .

$$t_{год}^{cp} = t_n - \Delta t_{cp}, \quad (8.17)$$

$$t_{cm}'' = t_n - \Delta t_1 - \Delta t_{cm} = t_{год}^{cp} + \Delta t_2, \quad (8.18)$$

По найденному значению критерия Нуссельта вычисляем коэффициент теплоотдачи от стенки к содержимому котла:

$$\alpha_2 = \frac{Nu \cdot \lambda}{H_1}, \quad \frac{Bm}{m^2 \cdot K} \quad (8.19)$$

Плотность теплового потока равна

$$q_2 = \alpha_2 \cdot \Delta t_2. \quad (8.20)$$

Так как в первом приближении значение Δt_1 было задано произвольно, рассчитанные значения q_1 и q_2 зачастую не совпадают. Если расхождение между этими величинами

$$\Delta = \frac{q_1 - q_2}{q_1} \cdot 100\% \quad (8.21)$$

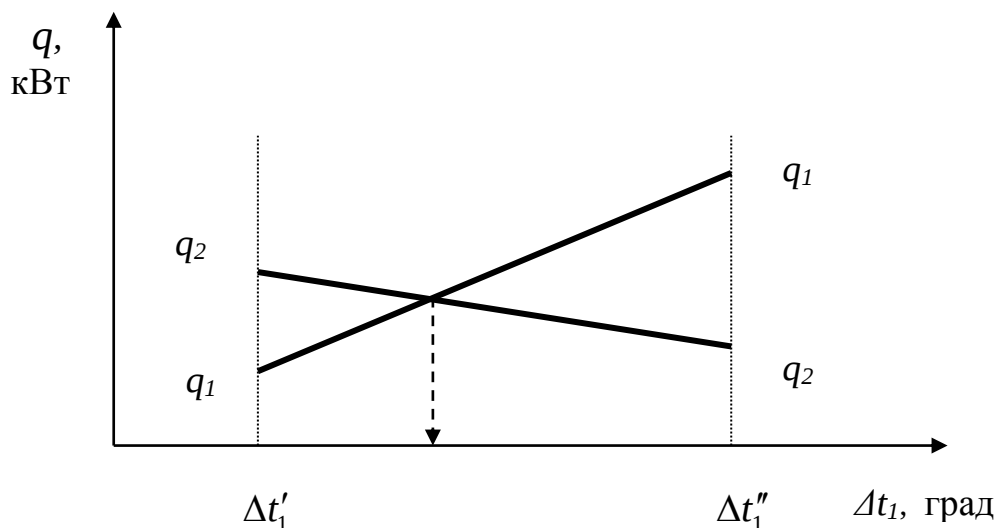
не превышает 3%, вычисляют коэффициент теплопередачи по формуле (8.1). Если отклонение составляет более 3%, выполняем второе приближение.

Если в первом приближении было получено значение $q_1 > q_2$, то во втором приближении задаем Δt_1 меньше, чем в первом приближении, например

$\Delta t_1 = 1$ град. И наоборот, если в первом варианте получено $q_1 < q_2$, то во втором задаем большее значение Δt_1 , например $\Delta t_1 = 3$ град.

Во втором приближении для вновь принятого значения Δt_1 повторяем расчет по формулам (8.10) – (8.21). Если расхождение значений q_1 и q_2 во втором приближении превышает 3%, то по результатам двух приближений строим график зависимости $q = f(\Delta t_1)$. Пример построения графика показан на рисунке 8.1.

Абсцисса точки пересечения графиков $q_1 = f(\Delta t_1)$ и $q_2 = f(\Delta t_1)$ на рисунке 8.1 определяет действительное значение разности температур греющего пара и стенки варочного сосуда. По найденному значению Δt_1 следует выполнить расчет в третьем приближении. Если расхождение между найденными значениями q_1 и q_2 по формуле (8.21) не превысит 3 %, результат можно считать удовлетворительным и по значениям коэффициентов теплоотдачи α_1 и α_2 вычислить



коэффициент теплопередачи K (8.1).

Рисунок 8.1 - Зависимость плотности теплового потока от разности температур

Зная K , определяем максимальное количество тепла, которое может быть передано от пара к содержимому котла в режиме разогрева:

$$Q_{\max} = K \cdot F_{\text{с}} \cdot \Delta t_{\text{ср}} \cdot \tau_p \cdot 10^{-3}, \quad \text{кДж}$$

Энергетический баланс аппарата в режиме разогрева до кипения

Уравнение энергетического баланса варочного котла в режиме разогрева до кипения имеет вид:

$$Q_{\text{затр}} = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5 + Q_6, \quad \text{кДж} \quad (8.22)$$

где Q_1 – расход тепла на нагрев содержимого котла от начальной до конечной температуры;

Q_2 – расход тепла на испарение содержимого котла;

Q_3 – расход тепла на нагрев конструкций котла;

Q_4 – теплопотери наружными поверхностями облицовки и крышки в окружающую среду;

Q_5 – расход тепла на нагрев воды в парогенераторе;

Q_6 – расход тепла на испарение теплоносителя.

Так как из всех пищевых продуктов максимальной удельной емкостью обладает вода, количество полезно используемого тепла при расчете варочных котлов определяют для условий нагревания и кипячения воды.

Полезное тепло, расходуемое на доведение содержимого котла до кипения:

$$Q_1 = G_{\text{с}} \cdot c_{\text{с}} \cdot (t_{\text{вод}}^{\text{к}} - t_{\text{вод}}^{\text{н}}), \quad \text{кДж} \quad (8.23)$$

где $G_{\text{с}}$ – масса содержимого варочного котла, кг;

c_v – удельная теплоемкость нагреваемой жидкости при $t_{вод}^{cp}$, кДж/(кг·К);

$t_{вод}^k, t_{вод}^h$ – соответственно конечная и начальная температура жидкости, °С

Масса содержимого варочного котла:

$$G_v = V \cdot \rho_v,$$

где ρ_v определяют при $t_{вод}^{cp}$ (8.17).

Количество испарившейся из котла жидкости в режиме нагрева принимаем равным 0,5% от массы содержимого котла G_v , тогда

$$Q_2 = \Delta W_1 \cdot r_1, \quad \text{кДж}; \quad (8.24)$$

где ΔW_1 – количество испарившейся влаги; $\Delta W_1 = 0,005 G_v$

r_1 – удельная теплота парообразования при $t_{вод}^k$, кДж/кг;

$$Q_2 = 0,005 G_v \cdot r_1, \quad \text{кДж}$$

Расход тепла на нагрев конструкций котла складывается из расходов тепла на нагрев наружного и внутреннего котлов, крышки, парогенератора, ТЭНов, облицовки, тепловой изоляции и на нагрев дополнительных конструктивных элементов:

$$Q_3 = \sum_{i=1}^n G_i \cdot c_i \cdot (t_i^k - t_i^h);$$

$$Q_3 = (1,2 G_n + G_n) \cdot c_{ст} \cdot (t_n^k - t_n^h) + G_v \cdot c_{ст} \cdot (t_v^k - t_v^h) + 1,2 G_{кр} \cdot c_{ст} \cdot (t_{кр}^k - t_{кр}^h) +$$

$$+ \Sigma G_m \cdot c_m \cdot (t_m^k - t_m^h) + 1,2 G_{обл} \cdot c_{обл} \cdot (t_{обл}^k - t_{обл}^h) + G_{из} \cdot c_{из} \cdot (t_{из}^k - t_{из}^h) \quad (8.25)$$

где $G_n, G_v, G_{кр}, G_n, G_m, G_{обл}, G_{из}$ – соответственно массы наружного и внутреннего котлов, крышки, парогенератора, трубчатых электронагревателей, облицовки, изоляции, кг. Масса дополнительных конструктивных элементов составляет 20% от массы наружного котла G_n , крышки $G_{кр}$ и облицовки $G_{обл}$;

$c_{ст}, c_m, c_{из}$ – соответственно средние удельные теплоемкости стали, трубчатых электронагревателей, тепловой изоляции кДж/(кг·К); для нержавеющей сталей $c_{ст} = 0,472$ кДж/(кг·К); усредненная удельная теплоемкость трубчатого электронагревателя $c_m = 1,1$ кДж/(кг·К);

значения удельной теплоемкости тепловой изоляции выбирают из таблицы при средней температуре в слое t_{cp} ;

t_n^k, t_n^h – соответственно среднеобъемная конечная и начальная температуры наружного котла, °С; $t_n^k = t_n, \quad t_n^h = t_v$;

$\Delta t_1'$ – соответственно конечная и начальная температуры внутреннего котла, °С.

$$t_v^k = 0,5 \cdot (t_n + t_{вод}^k); \quad t_v^h = t_{вод}^h$$

$t_{кр}^k, t_{кр}^h$ – соответственно конечная и начальная температуры крышки котла, °С.

$t_{из}^k, t_{из}^h$ – соответственно среднеобъемная конечная и начальная температуры тепловой изоляции,

$$t_{из}^k = t_{из}^{cp}; \quad t_{из}^h = t_v.$$

Среднеобъемную конечную температуру крышки котла принимаем равной

$$t_{кр}^k = t_{вод}^k - 5...7^\circ \text{C}, \quad \text{начальная температура} \quad t_{кр}^h = t_v;$$

$t_{обл}^{\kappa}, t_{обл}^H$ - соответственно конечная и начальная температуры облицовки варочного котла, °C.

Среднеобъемную конечную температуру ТЭНа можно принимать $t_m^{\kappa} = 500 \dots 550 \text{ } ^\circ\text{C}$, начальную температуру $t_m^H = t_{вод}^H$.

Теплопотери наружными поверхностями облицовки и крышки в окружающую среду определяют по формуле:

$$Q_4 = \sum_{i=1}^2 \alpha_i^{cp} \cdot F_i (t_i^{cp} - t_{\epsilon}) \cdot \tau_p \cdot 10^{-3}, \quad \text{кДж} \quad (8.26)$$

где: α^{cp} – средний за период разогрева коэффициент теплоотдачи с поверхностей в окружающую среду, Вт/(м²К);

t^{cp} – средняя за период разогрева температура поверхности, °C

$$t_{обл}^{cp} = 0,5 \cdot (t_{обл}^{\kappa} + t_{\epsilon}),$$

$$t_{кр}^{cp} = 0,5 \cdot (t_{кр}^{\kappa} + t_{\epsilon})$$

τ_p – время разогрева, с.

Для цилиндрических облицовок, окрашенных эмалями светлых тонов, справедлива формула (8.14), в которую вместо $t_{обл}^{\kappa}$ подставляют $t_{обл}^{cp}$. Для крышки, изготовленной из нержавеющей стали, используют формулу:

$$\alpha_{кр}^{cp} = 5,37 + 0,06(t_{кр}^{cp} - t_{\epsilon}), \quad \frac{Bm}{m^2 \cdot K} \quad (8.27)$$

Расход тепла на нагрев воды в парогенераторе:

$$Q_5 = G_{\epsilon n} \cdot c_{\epsilon} (t_n - t_{вод}^H) \quad (8.28)$$

где $G_{\epsilon n}$ - количество воды в парогенераторе, кг;

$$G_{\epsilon n} = \rho_{\epsilon} \cdot a_n \cdot b_n \cdot h_{\epsilon n} = W \cdot \rho_{\epsilon} \cdot 10^{-3};$$

$c_{\epsilon}, \rho_{\epsilon}$ - соответственно удельная теплоемкость и плотность воды при средней за период нагрева температуре

$$t_{cp} = 0,5(t_n + t_{вод}^H)$$

Расход тепла на испарение воды в парогенераторе:

$$Q_6 = \Delta W_2 \cdot r_2, \quad \text{кДж} \quad (8.29)$$

где ΔW_2 – количество испарившейся в парогенераторе воды, равное количеству пара в паровой рубашке, кг;

r_2 – удельная теплота парообразования при температуре пара t_n , кДж/кг.

Количество пара в паровой рубашке равно:

$$\Delta W_2 = V_{np} \cdot \rho_n$$

где V_{np} – объем паровой рубашки, м³,

ρ_n – плотность пара при заданном давлении, кг/м³.

Объем паровой рубашки при вогнутом днище можно определить по формуле:

$$V_{np} = \frac{\pi D_n^2}{4} \cdot (H + h_n) - \frac{\pi D_{\epsilon}^2}{4} \cdot H + \frac{\pi D_{\epsilon}^2 h}{8} + \frac{1}{6} \pi \cdot h^3 + a_n \cdot b_n (h_n - h_{\epsilon n}) \quad (8.30)$$

$$\text{или} \quad V_{np} = \frac{\pi}{4} \left[D_n^2 (H + h_n) - D_{\epsilon}^2 \left(H - \frac{h}{2} \right) + \frac{2}{3} h^3 \right] + a_n \cdot b_n (h_n - h_{\epsilon n}) \quad (14.31)$$

При выпуклом днище следует использовать формулу:

$$V_{np} = \frac{\pi D_n^2}{4} \cdot (H + h_n) - \frac{\pi D_6^2}{4} \cdot H - \frac{\pi D_6^2}{8} h - \frac{1}{6} \pi \cdot h^3 + a_n \cdot b_n (h_n - h_{en}) \quad (8.32)$$

$$\text{или} \quad V_{np} = \frac{\pi}{4} \left[D_n^2 (H + h_n) - D_6^2 \left(H + \frac{h}{2} \right) - \frac{2}{3} h^3 \right] + a_n \cdot b_n (h_n - h_{en}) \quad (8.33)$$

Мощность электронагревателей в режиме нагрева равна:

$$P_1 = \frac{Q_{затр}}{\tau_p}, \quad \kappa Bm \quad (8.34)$$

В этом разделе следует также выполнить проверку ранее найденного конструктивного значения площади поверхности варочного сосуда. Если $Q_{\max} \geq Q_1 + Q_2$, то размеры варочного сосуда определены в разделе 8.1 верно.

Энергетический баланс аппарата в режиме “тихого” кипения

Уравнение энергетического баланса варочного котла в режиме “тихого” кипения имеет вид:

$$Q'_{затр} = Q'_2 + Q'_4, \quad \kappa ДЖ \quad (8.35)$$

Расход тепла на испарение содержимого котла в режиме “тихого” кипения:

$$Q'_2 = \Delta W_3 \cdot r_1, \quad \kappa ДЖ$$

где ΔW_3 – количество испарившейся воды, кг.

В серийно выпускаемых котлах в режиме “тихого” кипения испаряется приблизительно 2÷3 % воды в час.

Теплопотери наружными поверхностями облицовки и крышки в окружающую среду могут быть определены по формуле аналогичной (2.26)

$$Q'_4 = \sum_{i=1}^2 \alpha_i \cdot F_i (t_i - t_e) \cdot 3,6, \quad \kappa ДЖ \quad (8.36)$$

где t_i – конечная температура поверхностей, °С.

Коэффициент теплоотдачи с поверхности облицовки в стационарном режиме определен ранее по формуле (8.14), а с поверхности крышки $\alpha_{кр}$ определяется аналогично (8.27):

$$\alpha_{кр} = 5,37 + 0,06(t_{кр}^{\kappa} - t_e), \quad \frac{Bm}{m^2 \cdot K}$$

Мощность электронагревателей в режиме “тихого” кипения равна:

$$P_2 = \frac{Q'_{затр}}{3600}, \quad \kappa Bm \quad (8.37)$$

Определив мощности варочного котла в режиме разогрева P_1 и в режиме “тихого” кипения P_2 , находят соотношение между высшей и низшей ступенями мощности Π , называемое пределом регулирования мощности:

$$\Pi = \frac{P_1}{P_2}$$

Для стандартной электрической схемы $P_1 = 6 P_2$, т.е. предел регулирования равен 6. Исходя из этого соотношения, подбирают мощности P_1 и P_2 . При этом следует помнить, что уменьшение P_1 увеличивает время разогрева, а увеличение P_2 вызывает не “тихое”, а бурное кипение, что ухудшает качество продукта и увеличивает общий расход энергии.

После выбора P_1 уточняют время разогрева τ_p .

Контрольные вопросы:

1. Какие режимы работы пищеварочного котла Вы знаете?
2. Описание принципиальной электрической схемы пищеварочного котла.
3. Что называется теплопередачей и как определяется коэффициент теплопередачи?
4. Составьте энергетический баланс аппарата в режиме разогрева до кипения.
5. Составьте энергетический баланс аппарата в режиме «тихого» кипения.

2.9. Практическое занятие № 9

Тема п/з: Расчет конструктивных параметров пекарного шкафа

Цель: изучение назначения, конструкция и принцип действия пекарного шкафа; определение конструктивных размеров камеры шкафа; расчет комбинированной тепловой изоляции аппарата; определение размеров и масс конструктивных элементов камеры пекарного шкафа.

Формируемые компетенции:

Код:	Формулировка:
ПК-5	способен применять специализированные и профессиональные знания, в том числе инновационные, в области технологии производства продуктов питания, определять направления развития технологии пищевых производств, повышения качества и безопасности готовой продукции
ПК-6	способен проводить проектные расчеты, обосновывать и осуществлять технологические компоновки, подбор оборудования для производственных технологических линий, основных и вспомогательных помещений, в том числе с использованием информационных технологий

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ:

В зависимости от способов передачи теплоты от нагревательных элементов к продукту различают шкафы с естественным и принудительным движением технологической среды – рабочего тела (воздуха).

Шкафы с принудительным движением теплоносителя имеют сложную конструкцию и состоят, как правило, из трех основных узлов: рабочей камеры, теплогенерирующего устройства и системы каналов для нагнетания воздуха. В зависимости от схемы принудительного движения теплоносителя в рабочей камере различают шкафы с последовательным, параллельным, смешанным и осевым движением теплоносителя (рисунок 9.1 а, б, рисунок 9.2 в, г).

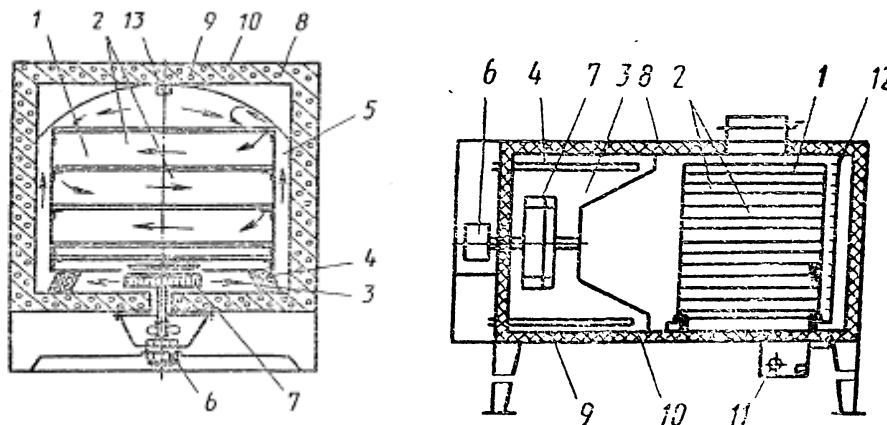


Рисунок 9.1 – Принципиальные схемы шкафов

а, б – соответственно с последовательным, смешанным движением теплоносителя:

1 – рабочая камера; 2 – противни; 3 – камера нагрева; 4 – нагревательные элементы; 5 – нагревательный канал; 6 – электродвигатель; 7 – вентилятор; 8 – корпус камеры; 9 – теплоизоляция; 10 – облицовка; 11 – парогенератор; 12 – парораспределительная труба; 13 – инфракрасный нагреватель; 14 – решетка.

В шкафах с последовательной схемой движения теплоносителя происходит интенсивный нагрев изделий, расположенных на верхних противнях, в то время как изделия на нижних противнях обогреваются недостаточно вследствие снижения температуры теплоносителя в верхней части аппарата. В результате происходит неравномерная тепловая обработка продуктов.

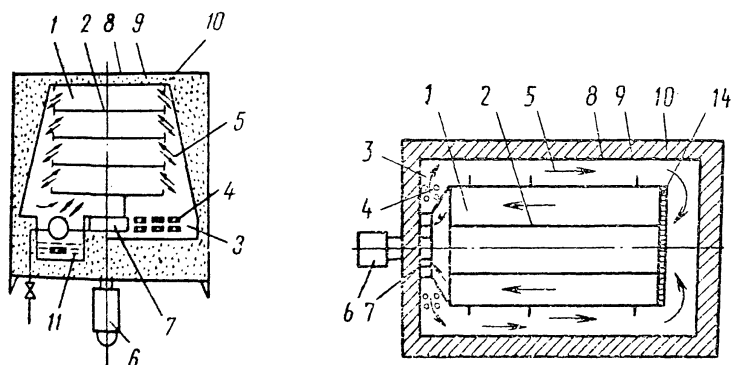


Рисунок 9.2 – Принципиальные схемы шкафов

в, г – соответственно с последовательным, смешанным, параллельным и осевым движением теплоносителя:

1 – рабочая камера; 2 – противни; 3 – камера нагрева; 4 – нагревательные элементы; 5 – нагревательный канал; 6 – электродвигатель; 7 – вентилятор; 8 – корпус камеры;

9 – теплоизоляция; 10 – облицовка; 11 – парогенератор; 12 – парораспределительная труба; 13 – инфракрасный нагреватель; 14 – решетка.

Шкафы с параллельным, смешанным и осевым движением теплоносителя обладают значительно большей равномерностью тепловой обработки продуктов. Особенно это относится к шкафам с осевым движением теплоносителя, в котором возможно «перемешивание» и выравнивание температур по слоям в нагревательном канале.

Шкафы с принудительной циркуляцией теплоносителя универсальны. В них можно выпекать, разогревать и оттаивать продукцию. В качестве теплоносителя в них используется нагретый воздух или паровоздушная смесь.

Принудительная циркуляция теплоносителя позволяет более полно загружать рабочую камеру продуктами и осуществлять их форсированный нагрев, при этом продукты меньше теряют влаги.

В мировой практике имеется много модификаций таких шкафов, а также шкафов со смешанным способом обогрева, включающим: кондуктивный, радиационно-конвективный, ИК-обогрев, СВЧ-нагрев совместно с конвективным.

На рисунке 9.3 представлена конструкция шкафа с принудительным движением теплоносителя с РК-нагревом, разработанная МИНХом имени Г.В. Плеханова.

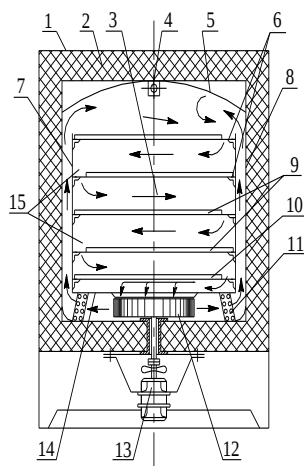


Рисунок 9.3 – Шкаф с РК-нагревом и последовательной схемой движения воздуха

1-кожух шкафа; 2-тепловая изоляция; 3-рабочая камера; 4-ИК-излучатель; 5-рефлектор; 6-направляющие уголки; 7-навесные боковые стенки; 8- боковой канал; 9-противни; 10-поддон; 11-блоки нагревателей; 12-рабочее колесо вентилятора; 13-электродвигатель; 14-днище камеры; 15-рабочие объемы.

Рабочая камера образована двумя навесными металлическими стенками с направляющими уголками для установки на них противней, а также передней и задней стенками корпуса. Между

навесными стенками и внутренними боковыми стенками корпуса шкафа образуются каналы, по которым циркулирует горячий воздух с температурой 300...320 °С. Снизу камера ограничена днищем корпуса с всасывающим отверстием вентилятора, ось рабочего колеса которого расположена вертикально. В выходных патрубках улитки установлены два блока нагревательных элементов.

Ширина камеры больше ширины противней на 25 мм, поэтому их устанавливают с зазором по отношению к одной из боковых стенок камеры. Благодаря такому лабиринтному расположению противней горячий воздух последовательно и равномерно омывает все изделия, доводя их до готовности.

Скорость движения горячего воздуха в рабочей камере примерно равняется 2 м/с, при этом коэффициент неравномерности распределения скорости воздуха по отделениям (ярусам) не превышает 1,6.

Зарубежными фирмами интенсивно разрабатываются и выпускаются шкафы с использованием двух теплоносителей – нагретого воздуха и водяного пара, а также их смеси. В последние годы разработан шкаф с конвективным обогревом, принципиальная схема которого приведена на рисунке 9.4.

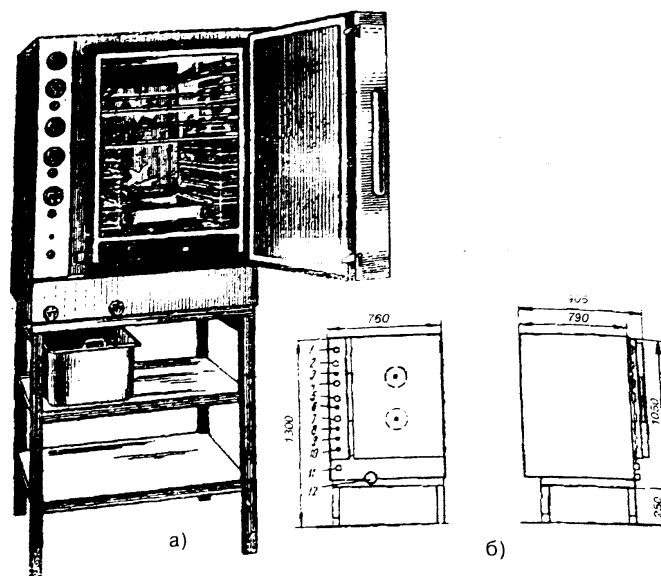


Рисунок 9.4 –Пекарный шкаф с принудительным движением теплоносителя (воздух, водяной пар, смесь воздуха с паром)

а – общий вид; б – схема расположения арматуры управления регулирования

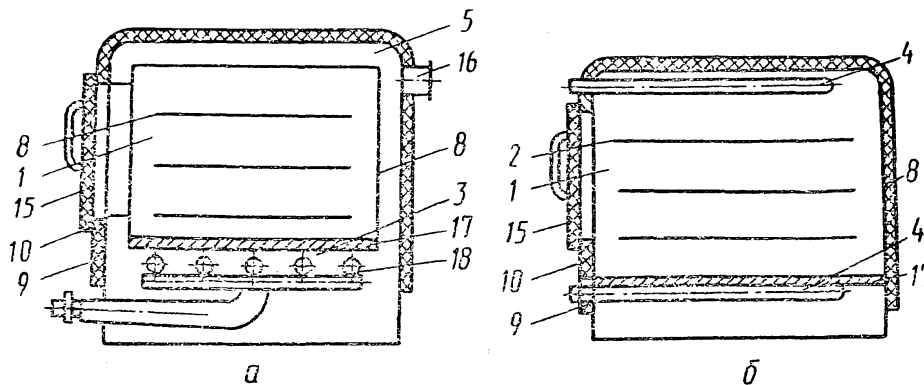
1 – переключатель привода заслонки вентиляционного отверстия; 2 – четырехпозиционный переключатель (включено, выключен обогрев камеры, водяной бани, одновременно камеры и водяной бани); 3 – сигнальная лампа (загорается при запуске аппарата); 4, 7 – таймеры водяной бани; 5 – терморегулятор камеры; 6 – сигнальная лампа обогрева камеры; 8 – сигнальная лампа обогрева водяной бани; 9 – сигнальная лампа защиты обогрева водяной бани от сухого хода; 10 – сигнальная лампа помех в обогреве камеры и водяной бани; 11 – вентиль подачи воды; 12 – вентиль для слива воды.

Преимущества данной конструкции состоят в следующем: поток теплоносителя на входе в рабочую камеру равномерен (его температура приблизительно одинакова во всех точках) благодаря установке в нагнетательном канале турбулизующих пластин, которые способствуют снижению потерь теплоты в окружающую среду; отклоняющие пластины на входе в рабочую камеру расположены так, что обеспечивают поступление воздушного потока на поверхность изделий под определенным углом (угол атаки), обуславливающим наиболее быстрый и равномерный нагрев изделий.

Благодаря указанным преимуществам продолжительность разогрева шкафа сократилась, увеличилась его производительность при одновременном сокращении времени тепловой обработки, снизился удельный расход электроэнергии.

Единственным недостатком таких шкафов является их несоответствие экономическим требованиям, предъявляемым к тепловым аппаратам. К числу экономических требований, кроме прочих, относится дешевизна аппарата и минимальные расходы на обслуживание. Следовательно, распространенные сейчас малые предприятия и небольшие кондитерские цеха не смогут использовать при работе столь дорогостоящее оборудование.

Шкафы с естественным движением рабочего тела (рисунок 9.5, а, б) состоят из нескольких рабочих камер (секций). Каждая камера представляет собой двустенный теплоизолированный металлический короб с дверцей.



а, б – с естественным движением теплоносителя

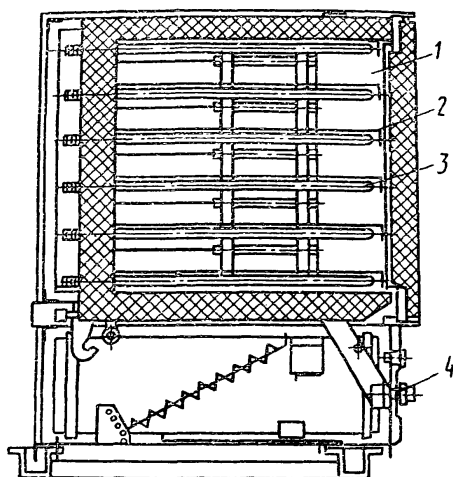
1 – рабочая камера; 2 – противни; 4 – нагревательные элементы; 5 – нагревательный канал; 8 – корпус камеры; 9 – теплоизоляция; 10 – облицовка; 15 – дверца; 16 – патрубок дымохода; 17 – подовый лист; 18 – газовая горелка.

Рисунок 9.5 – Принципиальные схемы шкафов

По конструктивному решению тепловые аппараты классифицируются на несекционные и секционные, немодулированные и модулированные.

Несекционные тепловые аппараты имеют различные габариты, конструктивное исполнение, их детали и узлы не унифицированы и они устанавливаются индивидуально, без учета блокировки с отдельными секциями других аппаратов с целью получения блока аппаратов требуемой мощности и производительности.

Примером несекционного теплового оборудования является шкаф пекарный электрический ШПЭ – 0,85 (рисунок 9.6).



1 – жарочная камера; 2 – подовый лист; 3 – электронагреватель; 4 – датчик реле температуры.

Рисунок 9.6 – Шкаф пекарный электрический ШПЭ – 0,85

Шкаф состоит из рабочей секции, установленной на каркасе. Секция представляет собой теплоизоляционную пекарную камеру с панелью управления. Пекарная камера разделена на пять отсеков, каждый из которых обогревается двумя рядами тэнов. Каждый ряд тэнов, кроме верхнего, закрыт подовым листом, на который устанавливается функциональная емкость (противень). В верхней части камеры предусмотрено отверстие для отвода паровоздушной смеси, регулируемое заслонкой. Камера закрывается дверцей. В нижнем отсеке шкафа находятся датчики температуры, ручки которых выведены на панель управления, снабженную сигнальной арматурой.

В основу конструкции модульных аппаратов положен единый размер – модуль. При этом ширина (глубина) и высота до рабочей поверхности всех аппаратов одинаковы, а длина кратна модулю. Основные детали и узлы этих аппаратов максимально унифицированы.

Отечественная промышленность выпускает секционное модулированное оборудование с модулем 200 ± 10 мм. Ширина оборудования равна 840 мм, а высота до рабочей поверхности – 840 ± 10 мм, что соответствует основным средним антропометрическим данным человека.

Секционное модулированное оборудование имеет определенные преимущества. Линии оборудования располагаются пристенно (по периметру) или основным способом (в центре помещения). Обслуживание оборудования ведется только с фронтальной стороны. При линейном расположении оборудования обеспечивается последовательность технологического процесса, при этом значительно повышается эффективность использования оборудования. Внедрение модулированного оборудования облегчает стандартизацию и унификацию узлов и деталей аппаратов, что способствует упрощению их эксплуатации, ремонта и монтажа, а также проведению эго поэтапной модернизации. За счет широкой унификации узлов и деталей обеспечивается снижение стоимости оборудования при его изготовлении. Над всеми модульными аппаратами устанавливают местную приточно-вытяжную вентиляцию.

Шкаф пекарный электрический секционный модульный ШПЭСМ – 3 (рисунок 9.6) имеет три камеры, закрываемые дверцами, и сваренную подставку. Камера нагревается тэнами, расположенными снизу и сверху в виде блоков. Нижние тэны закрыты подовым листом. С задней и боковых сторон шкаф имеет стальную облицовку, к которой сверху крепится крышка. Пространство между облицовками и камерами заполнено теплоизоляцией. Основанием шкафа служит стальная рама, установленная на регулируемых по высоте ножках. В нижней части шкафа находится блок управления, на панели которого имеются сигнальные лампы, а также ручка переключателей и датчика-реле температуры. Чувствительный баллон датчика - реле температуры расположен в рабочей камере. Переключатели служат для отдельного включения групп верхних и нижних тэнов и регулирования интенсивности их нагрева с соотношением мощности 4:2:1.

Работа сигнальных ламп свидетельствует о работе верхних и нижних тэнов. Отключение их сигнализирует о том, что камеру можно загружать кондитерскими листами или противнями с продуктами, так как температура воздуха в ней достигла заданного значения. При понижении температуры в рабочей камере ниже заданной все тэны вновь автоматически включаются датчиком-реле температуры.

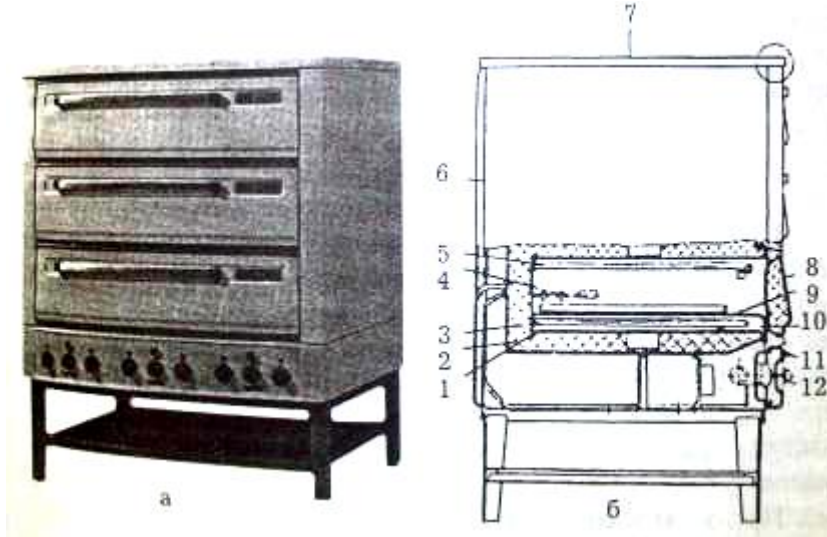
Пекарные шкафы выпускаются следующих типов: ШПЭСМ-2К - шкаф пекарный электрический секционный модулированный; ШПЭСМ-3 – шкаф пекарный электрический секционный модулированный; ШПЭ-0,85 (ШПЭ-0,85-01) и ШПЭ-0,5 (ШПЭ-0,51-0,1), ШПЭ-1,36 – шкафы пекарные под функциональные емкости. Все они имеют различия по техническим характеристикам.

Конструкция аппарата должна, прежде всего, удовлетворять технологическим требованиям процесса тепловой обработки продуктов.

Технологические требования заключаются в максимально возможном соответствии режима работы, параметров, устройства рабочей камеры, загрузочного и разгрузочного устройства аппарата физическим и химическим изменениям, происходящим при их тепловой обработке, которая существенно влияет на качество готового изделия.

Соответствие конструкции аппарата требованиям технологического процесса является наиболее важным фактором в повышении качества кулинарной продукции. В связи с этим на предприятиях общественного питания эксплуатируется большое количество

специализированных аппаратов, предназначенных для реализации одного или нескольких технологических процессов (котлы, фритюрницы, сковороды, кипяtilьники, шкафы и др.), наиболее полно удовлетворяющих требованиям конкретного процесса.



а – общий вид;

б – схема устройства

1 – пекарная камера; 2 – теплоизоляция; 3 – электронагреватели нижней группы; 4 – термобаллон терморегулятора; 5 – электронагреватели верхней группы; 6 – облицовка; 7 – крышка; 8 – дверь; 9 – подовый настил; 10 – блок управления; 11 – сигнальная лампа; 12 – терморегулятор.

Рисунок 9.6 – Шкаф пекарный электрический секционный модулированный

Примером несоответствия конструкции аппарата требованиям технологического процесса является жарка мясных изделий в пекарских шкафах. Так, при выпечке изделий из дрожжевого теста большое значение имеют процессы брожения, обуславливающие размеры готового продукта. Технологически важно замедлить процесс образования корочки. При жарке мясных продуктов наоборот нужно обеспечить интенсивный подвод теплоты в первый период до образования корочки. Поэтому за базовый вариант принимаем шкаф пекарный электрический секционный модулированный ШЖЭСМ-2.

ПРАКТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ:

Определение конструктивных размеров камеры пекарного шкафа

Для выпечки заданного количества хлебобулочных и кондитерских изделий определенной формы необходимо определить геометрические размеры пекарного шкафа. Расчетная конструктивная схема пекарного шкафа приведена на рисунок 9.7.

Исходя из условий эксплуатации и экспериментальных исследований, можно рекомендовать следующие отношения размеров рабочей камеры: $\frac{b}{l} = 1,1$.

Поскольку с увеличением глубины камеры снижаются тепловые потери шкафа при открывании дверцы, для расчетов геометрических размеров пода установим конкретные пределы изменения отношения:

$$0,95 \leq \frac{b}{l} \leq 1,25 \quad , \quad (9.1)$$

При расчетах следует стремиться, чтобы расчетное количество изделий соответствовало заданному или отличалось от него с минимальным отклонением ± 5 изделий от заданного.

Пример: количество изделий – 40, геометрические размеры изделия $l' \times b' \times h' = 0,12 \times 0,08 \times 0,045$ м.

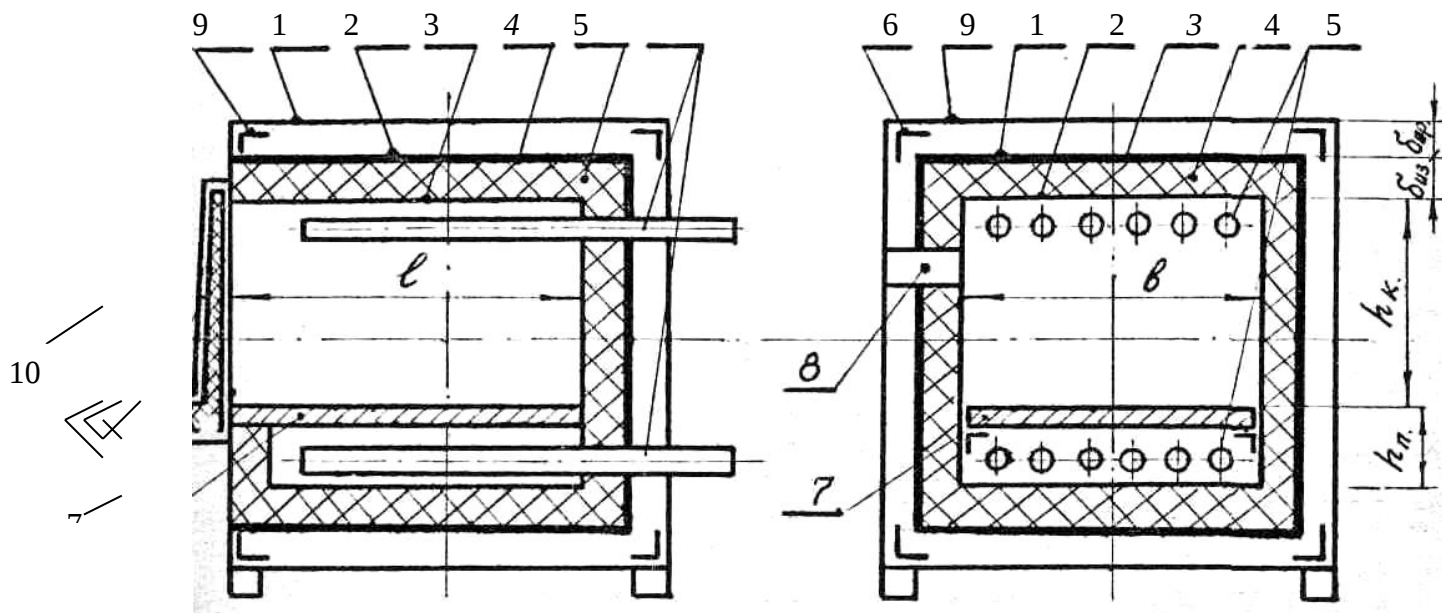


Рисунок 9.7 - Схематический разрез пекарного шкафа.

1 – облицовочный лист; 2 – наружный короб; 3 – внутренний короб; 4 – алюминиевая фольга; 5 – теплоизоляция; 6 – ТЭНы; 7 – под; 8 – вентиляционное отверстие; 9 – каркас из уголков; 10 – дверца камеры.

Определяем площадь, занимаемую изделиями:

$$F = 40 \cdot 0,12 \cdot 0,08 = 0,384 \text{ м}^2$$

Задаемся предварительно соотношением $\frac{b_0}{l_0} = 1,1$, тогда $F = 1,1 \cdot l_0^2$, откуда $l_0 = \sqrt{\frac{F}{1,10}} = 0,591 \text{ м}$, а $b_0 = 1,1 \cdot l_0 = 0,650 \text{ м}$. По ширине противня в данном случае можно разместить $n_b = \frac{b_0}{b'} = \frac{0,650}{0,08} = 8,1$ изделий,

по глубине $n_l = \frac{l_0}{l'} = \frac{0,591}{0,12} = 4,9$ изделий.

Округляем в первом случае число изделий до 8, а во втором - до 5, тогда общее число изделий будет равно $n = n_b \cdot n_l = 8 \cdot 5 = 40$, т.е. заданному количеству.

Уточняем размеры противня: по ширине $b_0 = 8 \cdot 0,08 = 0,64 \text{ м}$, по длине $l_0 = 5 \cdot 0,12 = 0,6 \text{ м}$.

Учитывая расстояния между изделиями, между противнем и стенками камеры, умножаем ширину и глубину камеры на поправочный коэффициент $K = 1,1 \div 1,2$ и округляем в большую сторону до размеров кратных 5 мм.

Тогда действительные размеры камеры равны:

$b = K \cdot b_0 = 1,15 \cdot 0,64 = 0,736 \text{ м}$, принимаем $b = 0,740 \text{ м}$;

$l = K \cdot l_0 = 1,15 \cdot 0,60 = 0,690 \text{ м}$, принимаем $l = 0,690 \text{ м}$.

Проверяем соотношение $\frac{b}{l} = \frac{0,740}{0,690} = 1,07$.

Полученное соотношение укладывается в пределы измерения $0,95 \leq \frac{b}{l} \leq 1,25$.

Высоту камеры h_k принимают по табл. 2 в зависимости от глубины камеры l .

Таблица 9.1

l	0,35	0,4	0,45	0,5	0,55	0,6	0,65	0,7	0,75
h_k	0,160	0,165	0,170	0,175	0,180	0,185	0,190	0,195	0,20

Высоту подподовой части камеры из конструктивных соображений принимают равной $h_n = 40$ мм. Объем рабочей камеры рассчитывают по формуле:

$$V_k = b \cdot l \cdot h_k, \text{ м}^3 \quad (9.2)$$

Согласно экспериментальным исследованиям кратность воздухообмена в рабочей камере пекарного шкафа $K = 30 - 50$ 1/ч., тогда площадь сечения вентиляционного отверстия в шкафу определяют по формуле:

$$F_0 = \left[2,1 \cdot \sqrt{\frac{h_0 t_{кам}}{(\rho_\theta t_\theta)}} \right]^{-1} \cdot L, \text{ м}^2 \quad (9.3)$$

где L – объем удаляемого из шкафа вентиляционного воздуха, $\text{м}^3/\text{с}$;

$$L = \frac{K \cdot V_k}{3600}, \text{ м}^3/\text{с};$$

h_0 – высота от пода до центра вентиляционного отверстия, м

$$h_0 = 0,8 \cdot h_k, \text{ м};$$

$t_{кам}, t_\theta$ – соответственно температуры удаляемого из шкафа воздуха и воздуха в помещении, $^\circ\text{C}$;

ρ_θ – плотность воздуха при t_θ , $\text{кг}/\text{м}^3$.

Диаметр вентиляционного отверстия:

$$d_{омс} = \sqrt{\frac{4 \cdot F_{омс}}{\pi}}, \text{ м} \quad (9.4)$$

Расчет комбинированной тепловой изоляции аппарата

Одним из важных элементов конструкции теплового аппарата является тепловая изоляция, которая уменьшает теплопотери в окружающую среду и снижает температуру на поверхности облицовки, что предохраняет персонал от ожогов. Тепловая изоляция должна обладать достаточной механической прочностью, термостойкостью, иметь низкие коэффициенты теплопроводности, теплоемкости и гигроскопичности.

Весьма эффективно использование комбинированной тепловой изоляции, состоящей из пористого материала и замкнутой воздушной прослойки. Как известно, в замкнутой воздушной прослойке между двумя вертикальными стенками с различными температурами возникают восходящий и нисходящий потоки воздуха, т.е. имеет место свободная конвекция. При малом расстоянии между нагретой и холодной поверхностями (менее 13 мм) восходящий и нисходящий потоки полностью затормаживают друг друга, среда в прослойке оказывается неподвижной, и передача теплоты через нее происходит только за счет теплопроводности.

Интенсивность свободной тепловой конвекции определяется критерием Релея

$$Ra = Gr \cdot Pr,$$

где Gr – критерий Грасгофа; Pr – критерий Прандтля;

$$Gr = \frac{\beta g \delta_{np}^3 (t_{нк} - t_{см})}{\nu^2}, \quad (9.5)$$

где β – коэффициент объемного температурного расширения, $\beta = \frac{1}{T_m}$, K^{-1} ;

$$T_m = 273,15 + t_m;$$

δ_{np} – толщина воздушной прослойки, м;

ν – кинематический коэффициент вязкости воздуха, $\text{м}^2/\text{с}$;

$t_{вк}$ – температура стенки внутреннего короба, $t_{вк} = t_{кам}$, $^\circ\text{C}$;

$t_{нк}$ – температура стенки наружного короба, $^\circ\text{C}$;

$t_{см}$ – температура поверхности облицовки, $^\circ\text{C}$.

В качестве определяющей температуры принята $t_m = 0,5(t_{нк} + t_{см})$, $^\circ\text{C}$.

При $Ra \leq 10^3$ теплота передается через прослойку только теплопроводностью и плотность теплового потока может быть рассчитана по формуле теплопроводности неограниченной плоской стенки:

$$q = \frac{\lambda_{\text{в}}}{\delta_{\text{пр}}} (t_{\text{нк}} - t_{\text{см}}), \quad \frac{Bm}{M^2} \quad (9.6)$$

где $\lambda_{\text{в}}$ – коэффициент теплопроводности воздуха, Вт/(мК).

При $10^3 < Ra < 10^{10}$ сказывается влияние конвективного переноса теплоты, тогда

$$q = \frac{\lambda_{\text{экв}}}{\delta_{\text{пр}}} (t_{\text{нк}} - t_{\text{см}}), \quad \frac{Bm}{M^2} \quad (9.7)$$

где $\lambda_{\text{экв}}$ – эквивалентный коэффициент теплопроводности воздушной прослойки, Вт/(мК).

$$\lambda_{\text{экв}} = \varepsilon_{\text{к}} \lambda_{\text{в}} + \alpha_{\text{л}} \delta_{\text{пр}}, \quad \frac{Bm}{M \cdot K} \quad (9.8)$$

$\varepsilon_{\text{к}}$ – коэффициент конвекции, $\varepsilon_{\text{к}} = f(Ra)$;

$\alpha_{\text{л}}$ – коэффициент теплоотдачи излучения между стенками прослойки, Вт/(м²К).

В этом случае коэффициент конвекции вычисляют по формуле:

$$\varepsilon_{\text{к}} = 0,18 Ra^{0,25} \quad (9.9)$$

Коэффициент теплоотдачи излучением $\alpha_{\text{л}}$ определяют по формуле:

$$\alpha_{\text{л}} = \varepsilon_{\text{пр}} \cdot C_0 \cdot 10^{-8} (T_{\text{нк}}^4 - T_{\text{см}}^4) \cdot (t_{\text{нк}} - t_{\text{см}})^{-1}, \quad \frac{Bm}{M^2 \cdot K} \quad (9.10)$$

где C_0 – коэффициент излучения абсолютно черного тела, $C_0 = 5,67$ Вт/(м²К⁴);

$\varepsilon_{\text{пр}}$ – приведенная степень черноты взаимоблужающих стенок прослойки:

$$\varepsilon_{\text{пр}} = \left(\frac{1}{\varepsilon_1} + \frac{1}{\varepsilon_2} - 1 \right)^{-1} \quad (9.11)$$

$\varepsilon_1, \varepsilon_2$ – соответственно степени черноты поверхности наружного короба и внутренней поверхности облицовки. Для уменьшения теплоотдачи излучением более нагретую стенку прослойки покрывают алюминиевой фольгой.

В стационарном режиме плотность теплового потока через многослойную плоскую стенку постоянна:

$$q = \frac{\lambda_{\text{из}}}{\delta_{\text{из}}} (t_{\text{вк}} - t_{\text{нк}}) = \frac{\lambda_{\text{экв}}}{\delta_{\text{пр}}} (t_{\text{нк}} - t_{\text{см}}) = \alpha (t_{\text{см}} - t_{\text{в}}), \quad \frac{Bm}{M^2 \cdot K} \quad (9.12)$$

Коэффициент теплоотдачи α с поверхности облицовок шкафа можно определить по формуле, учитывающий и конвективный, и лучистый теплообмен:

$$\alpha = 9,74 + 0,07 \cdot (t_{\text{см}} - t_{\text{в}}), \quad \frac{Bm}{M^2 \cdot K} \quad (9.13)$$

Температуру поверхности облицовки $t_{\text{см}}$ принимают в пределах 45÷55⁰С, температуру внутреннего короба считают равной температуре воздуха в камере $t_{\text{вк}} = t_{\text{кам}}$

Для определения толщины тепловой изоляции $\delta_{\text{из}}$ следует использовать графоаналитический метод.

Последовательность расчета:

1. Задают толщину воздушной прослойки $\delta_{\text{пр}} \leq 13$ мм.
2. Принимают температуру наружного короба $t_{\text{нк}}$ (80, 100, 120, 140⁰С).
3. Вычисляют определяющую температуру воздушной прослойки $t_{\text{м}}$ и определяют теплофизические характеристики воздуха $\lambda_{\text{в}}, \nu, Pr$;
4. Рассчитывают критерий Грасгофа и критерий Релея. По значению критерия Релея выбирают расчетную формулу (9.6) или (9.7) и вычисляют плотность теплового потока через воздушную прослойку $q'' = f(t_{\text{нк}})$
5. Определяют среднюю температуру изоляции $t_{\text{ср}} = 0,5(t_{\text{вк}} + t_{\text{нк}})$.
6. Выбирают материал тепловой изоляции по табл. и вычисляют коэффициент теплопроводности $\lambda_{\text{из}}$
7. Вычисляют коэффициент теплоотдачи с поверхности облицовки α . по формуле (9.13).

8. Рассчитывают толщину тепловой изоляции $\delta_{из}$ по формуле:

$$\delta_{из} = \frac{\lambda_{из} \cdot (t_{вк} - t_{нк})}{\alpha \cdot (t_{см} - t_{в})}, \text{ м} \quad (15.14)$$

9. Строят графики функций:

$$q' = \frac{\lambda_{из}}{\delta_{из}} (t_{вк} - t_{нк}), \quad q'' = \frac{\lambda_{экв}}{\delta_{пр}} (t_{нк} - t_{см}), \quad \frac{Bm}{M^2}$$

в координатах $q=f(t_{нк})$ и в точке их пересечения определяют действительную температуру наружного короба.

10. По найденному значению $t_{нк}$ определяют действительную толщину тепловой изоляции.

Определение размеров и масс конструктивных элементов камеры пекарного шкафа

Расчет конструктивных размеров шкафа производят с учетом толщины стенок внутреннего и наружного коробов, облицовочных листов и изоляции

$$b_{вк} = b + 2\delta_{см} + 2\delta_{из} + 2\delta_{ст}, \text{ м}$$

$$l_{вк} = l + 2\delta_{см} + 2\delta_{из} + 2\delta_{ст}, \text{ м}$$

$$h_{вк} = (h_k + h_n) + 2\delta_{ст} + 2\delta_{из} + 2\delta_{см}, \text{ м}$$

Массу камеры пекарного шкафа вычисляют по формуле:

$$G = G_{вк} + G_{из} + G_{н.к} + G_{об} + G_{под} + G_{двк} + G_{к.об} + \sum G_T, \text{ кг} \quad (9.15)$$

где $G_{вк}$, $G_{из}$, $G_{нк}$, $G_{об}$, $G_{под}$, $G_{двк}$, $G_{коб}$, G_T - соответственно массы внутреннего короба, изоляции, наружного короба, облицовочных листов, пода, дополнительных элементов арматуры внутреннего короба, каркаса наружной облицовки шкафа и ТЭНов.

Массы элементов конструкции (внутреннего короба, наружного короба, облицовочных листов) можно определить по формуле:

$$G_i = F_i \cdot \delta_i \cdot \rho_i, \text{ кг}$$

где F_i – площадь элемента конструкции, м^2 ;

δ_i – толщина стенок элемента конструкции, м;

ρ_i – плотность материала элементов конструкции, $\frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$.

Площадь F_i рассчитывают по формуле:

$$F_i = 2 \cdot (b_i \cdot l_i + b_i \cdot h_i + l_i \cdot h_i), \text{ м}^2;$$

Массу подового листа определяют по формуле:

$$G_n = b \cdot l \cdot \delta_n \cdot \rho_n, \text{ кг}$$

где b , l – соответственно ширина и глубина рабочей камеры шкафа, м

δ_n – толщина подового листа, м

ρ_n – плотность материала подового листа, $\frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$

Масса дополнительных металлических элементов арматуры внутреннего короба составляет 25% от массы внутреннего короба:

$$G_{двк} = 0,25 \cdot G_{вк}, \text{ кг}$$

Масса каркаса наружной облицовки составляет 30% от массы всех листов облицовки, выполненных из стали, или 60% от массы листов облицовки, выполненных из стеклопластиков:

для стали $G_{к.об} = 0,3 \cdot G_{об}, \text{ кг}$

для стеклопластика $G_{к.об} = 0,6 \cdot G_{об}, \text{ кг}$

Массу изоляции вычисляют по формуле:

$$G_{из} = (V_{нк} - V_{вк}) \cdot \rho_{из}, \text{ кг}$$

Массу ТЭНов рассчитывают по формуле:

$$\sum G_T = 1,1 \cdot n_T \cdot G_T, \text{ кг} \quad (9.16)$$

где 1,1 – коэффициент, учитывающий массу дополнительных конструктивных элементов ТЭНа;

n_m – количество ТЭНов, шт. Из условия ступенчатого регулирования мощности в соотношении 4:2:1 принимаем n_t равное 8 или 12 шт.

G_m – масса активной части одного ТЭНа, кг

$$G_T = \pi \cdot L_a \cdot \left[d_T \cdot \delta_T \cdot \rho_{ст} + 0,25 \cdot \rho_{нап} \cdot (d_T - 2 \cdot \delta_T)^2 \right], \text{ кг} \quad (9.17)$$

L_a – длина активной части ТЭНа, м;

d_m – диаметр трубки ТЭНа, м; принимают из стандартного ряда: 8; 9,5; 10; 12,5; 13; 16 мм.

δ_m – толщина стенки трубки, м; принимают $\delta_T = (1,0 \div 1,5) \cdot 10^{-3}$ м;

$\rho_{ст}$, $\rho_{нап}$ – соответственно плотности материала трубки ТЭНа и наполнителя (периклаза или кварцевого песка), $\frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$;

Длина активной части ТЭНа может быть определена по формуле:

$$L_a = 2 \cdot (l - 0,02) + 1,14 \cdot r_0, \text{ м} \quad (9.18)$$

где l – длина камеры, м

r_0 – радиус изгиба трубки ТЭНа, м

$$r_0 = \frac{b}{3 \cdot n'_T + 1}, \text{ м} \quad (9.19)$$

b – ширина камеры, м

n'_T – число ТЭНов в верхней или нижней секции камеры, шт.

Контрольные вопросы:

1. Основные отличия жарочных и пекарных шкафов.
2. Конструкция и принцип действия пекарного шкафа ШПЭСМ-3 и режимов его эксплуатации.
3. Нормативы технологического процесса.
4. Конструкции пекарных шкафов с различным направлением движения теплоносителя, их преимущества и недостатки.
5. Сущность различных способов передачи теплоты.
6. Опишите различные конструкции пекарных шкафов с принудительным движением теплоносителя.
7. Опишите конструкцию пекарного шкафа с использованием двух теплоносителей, его преимущества.
8. Классификация пекарных шкафов, преимущества и недостатки.
9. Конструкция и принцип действия пекарного электрического серционного модульного пекарного шкафа ШПЭСМ-3.

3. РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА И ИНТЕРНЕТ-РЕСУРСЫ:

Основная литература:

1. Бочкарева, Н. А. Оборудование предприятий общественного питания: учебное пособие / Н. А. Бочкарева. - Москва: Ай Пи Ар Медиа, 2020. - 434 с. - ISBN 978-5-4497-0507-5. - Текст: электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS: [сайт]. - URL: <https://www.iprbookshop.ru/94722.html>
2. Чаблин, Б. В. Оборудование предприятий общественного питания: учебник / Б.В. Чаблин, И.А. Евдокимов, Ч.1, Механическое оборудование. – Москва; Берлин: DirectMEDIA, 2016. – 680 с.

Дополнительная литература:

1. Ботов, М. И. Оборудование предприятий общественного питания: учебник / М.И. Ботов, В.Д. Елхина, В.П. Кирпичников. - М.: Академия, 2013. - 416 с.
2. Оборудование предприятий общественного питания: В 3 ч.: учебник / В.Д. Елхина, М.И. Ботов, Ч. 1, Механическое оборудование. - 2-е изд., стер. - М.: Академия, 2012. - 416 с.
3. Оборудование предприятий общественного питания: В 3 ч.: учебник / В.П. Кирпичников, М.И. Ботов, Ч. 2, Тепловое оборудование. - 2-е изд., стер. - М.: Академия, 2012. - 496 с.
4. Оборудование предприятий общественного питания: В 3 ч.: учебник / Т.Л. Колупаева, Н.Н. Агафонов, Г.Н. Дзюба, Ч. 3, Торговое оборудование. - 2-е изд., стер. - М.: Академия, 2012. - 304 с.
5. Могильный, М. П. Торговое оборудование предприятий общественного питания: учебное пособие / М. П. Могильный, Т.В. Калашнова, А.Ю. Баласанян; под редакцией М.П. Могильный. - Санкт-Петербург: Троицкий мост, 2014. - 181 с. - ISBN 978-5-4377-0051-3. - Текст: электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS: [сайт]. - URL: <https://www.iprbookshop.ru/40921.html>

Интернет-ресурсы:

1. www.biblioclub.ru – «Университетская библиотека онлайн», Общество с ограниченной ответственностью «Директ-Медиа».
2. Электронно-библиотечная система IPRbooks, ООО «Ай Пи Эр Медиа».

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФГАОУ ВО «СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Пятигорский институт (филиал) СКФУ

Кафедра технологии продуктов питания и товароведения

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №_

по дисциплине:

ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ПРЕДПРИЯТИЙ
ОБЩЕСТВЕННОГО ПИТАНИЯ

Выполнил:

Студент _____

_____ курса группы _____

Направление подготовки: 19.03.04

_____ формы обучения

(подпись)

Руководитель работы:

(ФИО, должность, кафедра)

Работа выполнена и
защищена с оценкой _____ Дата защиты _____

Пятигорск, 20__ г.