

ОБОРУДОВАНИЕ ПРЕДПРИЯТИЙ ОБЩЕСТВЕННОГО ПИТАНИЯ



ТЕПЛОВОЕ
ОБОРУДОВАНИЕ

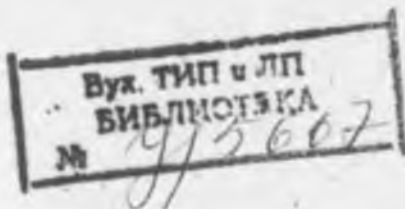
0-22
М. И. Беляев

ОБОРУДОВАНИЕ ПРЕДПРИЯТИЙ ОБЩЕСТВЕННОГО ПИТАНИЯ

Том 3

ТЕПЛОВОЕ
ОБОРУДОВАНИЕ

*Допущено Министерством торговли
СССР в качестве учебника для сту-
дентов вузов, обучающихся по спе-
циальности 2711 «Технология про-
дукции общественного питания»*

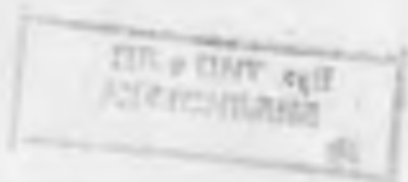


МОСКВА «ЭКОНОМИКА» 1990

Рецензенты:

начальник Главного управления науки и техники
Министерства торговли СССР В. П. КЛЮЧНИКОВ,
канд. техн. наук, доцент Свердловского института народ-
ного хозяйства Ю. Р. МУРАТОВ

Редактор С. Ф. ГРИГОРЬЕВ



О $\frac{3403040000-129}{011(01)-90}$ 113-89

© М. И. Беляев 1990

ISBN 5—282—00430—5

ГЛАВА I.

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ТЕПЛОВОЙ ОБРАБОТКЕ ПРОДУКТОВ И ТЕПЛОВЫХ АППАРАТАХ

1.1. КЛАССИФИКАЦИЯ СПОСОБОВ ТЕПЛОВОЙ ОБРАБОТКИ. КОНДУКТИВНЫЙ (ПОВЕРХНОСТНЫЙ) НАГРЕВ

Основную долю кулинарной продукции предприятий общественного питания составляют изделия, прошедшие тепловую обработку на оборудовании, используемом в общественном питании.

Тепловой обработкой называется технологический процесс, который основывается на изменении теплового состояния продуктов и сред, участвующих в этом процессе.

В совершенствовании технологии производства кулинарной продукции значительное место занимает интенсификация тепловых процессов (варки, жарки и др.), требующих больших затрат времени, труда, топливно-энергетических ресурсов. Поэтому конструкция любого теплового аппарата должна как можно полнее соответствовать технологическим требованиям тепловой обработки продуктов.

В основу разработки новых процессов и аппаратов и их модернизации должна быть положена научно обоснованная классификация способов тепловой обработки, которые по механизму передачи теплоты обрабатываемому продукту подразделяются на поверхностные (кондуктивные), объемные и комбинированные.

Классификация поверхностных (традиционных) способов тепловой обработки продуктов приведена в табл. 1.1.

ТАБЛИЦА 1.1

Классификация поверхностных способов тепловой обработки

Способы	Характерные температурные режимы, °С				Аппараты, реализующие способ
	рабочей поверхности аппарата	рабочего объема аппарата	поверхности и глубинных слоев продукта в момент окончания процесса	технологической среды	
Основные:					
варка:	102...103	100	95, 80	Жидкость (вода, бульон) — 100	Котлы пищеварочные, наплитные сосуды
	140...150	135...137	120, 100	Жидкость (пар) — 135...140	Автоклавы
	110...115	105...107	98, 85	Пар — 105...107	Пароварочные аппараты
	130...140	60...80	40, 60	Греющий пар — 140...150	Вакуум-аппараты
жарка:					
в небольшом количестве жира	200...350	—	135, 80	Жир — 180...190	Сковороды
во фритюре	200...240	160...190	135, 80	Жир — 160...190	Фритюрницы, жарочные машины, автоматы
в горячем воздухе	200...350	150...300	135, 80	Воздух — 150...300	Жарочные и пекарные шкафы
воздействие смеси горячего воздуха и перегретого пара	200...350	150...300	135, 80	150...300	Пекарные шкафы с увлажнением объемов пекарных камер

Способы	Характерные температурные режимы, °С				Аппараты, реализующие способ
	рабочей поверхности аппарата	рабочего объема аппарата	поверхности и глубинных слоев продукта в момент окончания процесса	технологической среды	
Вспомогательные:					
пассерование (овошей)	200...350	150...300	105, 60	Жир — 150...170	Сковороды
пассерование (муки)	200...350	150...300	100...110	Воздух — 150...300	
опаливание	—	—	150 —	800...900	Опалочные горны
термостатирование	80...90	70...80	60...70	Воздух, вода — 70...80	Мармиты, тепловые шкафы
бланширование, ошпаривание	102...103	100	60 —	100	Наплитная посуда

В традиционных способах обработки обычно выделяют основные способы, целью которых является доведение продукта до кулинарной готовности, и вспомогательные, осуществляемые в различных целях: получение полуфабрикатов, создание или устранение определенных специфических свойств пищевого сырья; интенсификация последующих основных процессов тепловой обработки и др.

Физическая сущность поверхностных способов тепловой обработки представляется сложным комплексом взаимосвязанных физико-химических, тепломассообменных, биохимических и других процессов, протекающих в массе продукта при подводе к нему теплоты, в основном с поверхности, конвекцией и теплопроводностью. Характерной особенностью этих способов является встречная направленность градиентов температуры и влаги в продукте, вследствие которой поток

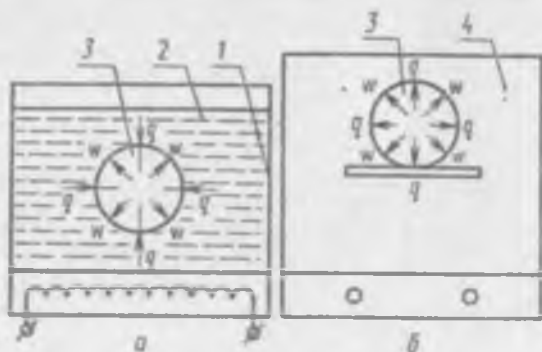


Рис. 1.1. Направление потоков теплоты и влаги:

а — при поверхностных способах тепловой обработки продуктов; б — при объемных способах тепловой обработки продуктов:

1 — емкость; 2 — технологическая среда (вода, бульон, молоко); 3 — продукт; 4 — СВЧ-аппарат

влаги из продукта препятствует проникновению теплоты в продукт (рис. 1.1, а).

Продукт (например, мясо), подвергаемый варке в воде, претерпевает ряд сложных структурно-физических и химических изменений. Если продукт с начальной температурой 20 °С погружают в воду с температурой 100 °С, то поверхностные слои прогреваются сравнительно быстро, а температура глубинных слоев повышается постепенно; поток теплоты на протяжении всего процесса варки направлен от поверхности вглубь продукта (соответственно градиент температуры имеет противоположное направление). Последовательный прогрев слоев продукта сопровождается фазовыми превращениями (испарение свободной влаги) и биохимическими реакциями (денатурация белков, разрушение коллагена в соединительной ткани и т. д.), приводящими к существенному изменению структуры и теплофизических свойств продукта. Это, в свою очередь, влияет на динамику тепло-массопереноса в процессе варки, поскольку приповерхностные слои являются «термическим сопротивлением» для проникновения теплоты в глубинные слои. Уменьшение влагосодержания приводит к снижению коэффициента теплопроводности слоев продукта, что также препятствует его дальнейшему нагреванию. Все эти факторы обуславливают большую продолжитель-

ность традиционных (поверхностных) способов тепловой обработки продуктов.

В то же время большая длительность обработки ухудшает органолептические показатели и пищевую ценность готового изделия, поскольку в обрабатываемом продукте с течением времени разрушаются витамины, теряются, уходя в технологические жидкости, минеральные вещества, претерпевают существенные изменения аминокислотный состав белков и жирно-кислотный состав жиров.

Таким образом, кондуктивные (поверхностные) способы имеют следующие недостатки: большая длительность процессов, существенные затраты топливно-энергетических ресурсов, высокая трудоемкость.

Поэтому сокращение длительности тепловой обработки продуктов, нахождение рациональных температурных режимов воздействия на продукты являются основным путем улучшения качества продукции и интенсификации производства.

1.2. ОБЪЕМНЫЕ СПОСОБЫ ТЕПЛОВОЙ ОБРАБОТКИ ПРОДУКТОВ

Объемные способы нагрева продуктов основываются на взаимодействии продукта (и прежде всего содержащейся в его структуре свободной воды) с электромагнитным полем. Электромагнитные волны от генератора излучения проникают в продукт на значительную глубину и частично или полностью поглощаются в нем. При этом электромагнитная энергия превращается в теплоту, что вызывает нагрев продукта. Затем теплота и влага выделяются из продукта, т. е. поток теплоты и поток влаги совпадают по направлению.

Отмеченное явление существенно снижает влияние теплопроводности продуктов, что вызывает их медленный темп нагрева при поверхностных способах тепловой обработки (рис. 1.1, б).

Физическая природа электромагнитных волн любой частоты и длины волны одна и та же. Однако волны, сильно отличающиеся по длине, обладают специфическими особенностями в отношении механизма излучения и поглощения, техники их генерирования и практического использования. Отмеченное явление иллюстрируется шкалой электромагнитных волн (рис. 1.2), в которой отдельным диапазонам длины волны (ча-

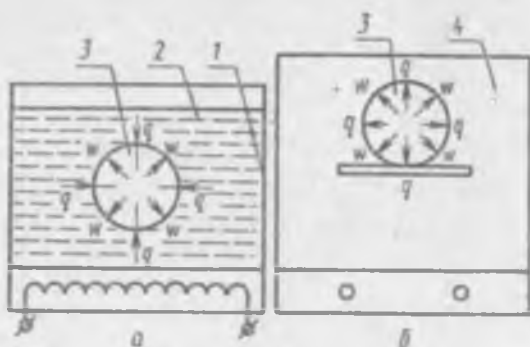


Рис. 1.1. Направление потоков теплоты и влаги:

а — при поверхностных способах тепловой обработки продуктов; б — при объемных способах тепловой обработки продуктов:

1 — емкость; 2 — технологическая среда (вода, бульон, молоко); 3 — продукт; 4 — СВЧ-аппарат

влаги из продукта препятствует проникновению теплоты в продукт (рис. 1.1, а).

Продукт (например, мясо), подвергаемый варке в воде, претерпевает ряд сложных структурно-физических и химических изменений. Если продукт с начальной температурой 20°C погружают в воду с температурой 100°C , то поверхностные слои прогреваются сравнительно быстро, а температура глубинных слоев повышается постепенно; поток теплоты на протяжении всего процесса варки направлен от поверхности вглубь продукта (соответственно градиент температуры имеет противоположное направление). Последовательный прогрев слоев продукта сопровождается фазовыми превращениями (испарение свободной влаги) и биохимическими реакциями (денатурация белков, разрушение коллагена в соединительной ткани и т. д.), приводящими к существенному изменению структуры и теплофизических свойств продукта. Это, в свою очередь, влияет на динамику тепло-массопереноса в процессе варки, поскольку приповерхностные слои являются «термическим сопротивлением» для проникновения теплоты в глубинные слои. Уменьшение влагосодержания приводит к снижению коэффициента теплопроводности слоев продукта, что также препятствует его дальнейшему нагреванию. Все эти факторы обуславливают большую продолжитель-

ность традиционных (поверхностных) способов тепловой обработки продуктов.

В то же время большая длительность обработки ухудшает органолептические показатели и пищевую ценность готового изделия, поскольку в обрабатываемом продукте с течением времени разрушаются витамины, теряются, уходя в технологические жидкости, минеральные вещества, претерпевают существенные изменения аминокислотный состав белков и жирно-кислотный состав жиров.

Таким образом, кондуктивные (поверхностные) способы имеют следующие недостатки: большая длительность процессов, существенные затраты топливно-энергетических ресурсов, высокая трудоемкость.

Поэтому сокращение длительности тепловой обработки продуктов, нахождение рациональных температурных режимов воздействия на продукты являются основным путем улучшения качества продукции и интенсификации производства.

1.2. ОБЪЕМНЫЕ СПОСОБЫ ТЕПЛОВОЙ ОБРАБОТКИ ПРОДУКТОВ

Объемные способы нагрева продуктов основываются на взаимодействии продукта (и прежде всего содержащейся в его структуре свободной воды) с электромагнитным полем. Электромагнитные волны от генератора излучения проникают в продукт на значительную глубину и частично или полностью поглощаются в нем. При этом электромагнитная энергия превращается в теплоту, что вызывает нагрев продукта. Затем теплота и влага выделяются из продукта, т. е. поток теплоты и поток влаги совпадают по направлению.

Отмеченное явление существенно снижает влияние теплопроводности продуктов, что вызывает их медленный темп нагрева при поверхностных способах тепловой обработки (рис. 1.1, б).

Физическая природа электромагнитных волн любой частоты и длины волны одна и та же. Однако волны, сильно отличающиеся по длине, обладают специфическими особенностями в отношении механизма излучения и поглощения, техники их генерирования и практического использования. Отмеченное явление иллюстрируется шкалой электромагнитных волн (рис. 1.2), в которой отдельным диапазонам длины волны (ча-

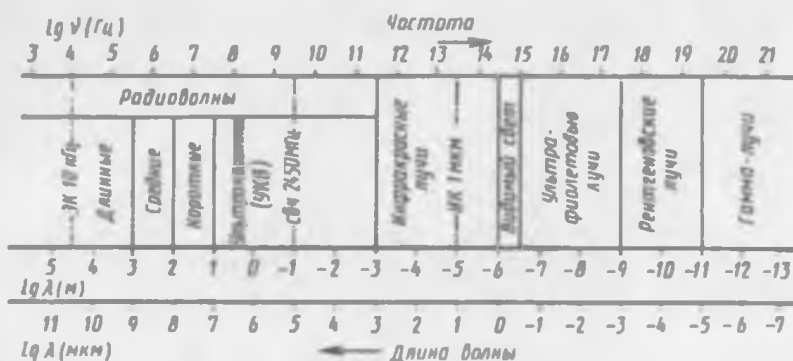


Рис. 1.2. Шкала электромагнитных волн. Пунктиром отмечены частоты, используемые при ЭК, СВЧ и ИК-нагреве продуктов

стотам) присвоены традиционные наименования. Естественно, границы между этими диапазонами в значительной мере условны ввиду отмеченной выше единой физической природы всех электромагнитных волн.

Классификация объемных способов тепловой обработки приведена в табл. 1.2.

ТАБЛИЦА 1.2

Классификация объемных способов тепловой обработки

Способы	Характерные температурные режимы, °С			Аппараты, реализующие способ
	рабочей поверхности аппарата	поверхности и глубинных слоев продукта	технологической среды	
СВЧ-нагрев	40	60, 80	Воздух 30...35 Вода (бульон, соус) 100	СВЧ-шкафы периодического и непрерывного действия
ИК-нагрев	150...350	135, 80	Воздух 170...250	ИК-аппараты
Электроконтактный (ЭК) нагрев	—	80, 80	—	Аппараты ЭК-нагрева
Индукционный нагрев	100...200	80, 80	—	Установки индукционного нагрева

Инфракрасный (ИК) нагрев. Инфракрасное (ИК) излучение в тепловых аппаратах в настоящее время используется как самостоятельный способ нагрева продуктов, а также в качестве базового способа для создания различных комбинированных способов тепловой обработки.

Физическая сущность механизма ИК-нагрева заключается в следующем. Большинство пищевых продуктов содержат в своей пористой структуре значительное количество свободной воды, которая интенсивно поглощает ИК-излучение в определенной области длины волн (при длинах волн 0,75...2,5 мкм); при длине волн 1,4 мкм поглощение достигает 100 % (характерная длина волны ИК-излучения 1 мкм отмечена пунктирной линией на рис. 1.2). В то же время влага в пористой структуре пищевых продуктов распределена неравномерно по объему, поэтому ИК-излучение может проникать в них на значительную глубину, что при соответствующем выборе толщины слоя обрабатываемого продукта обуславливает объемный характер его нагрева. Максимальная температура продукта при ИК-нагреве обычно достигается на некоторой глубине, зависящей от структуры и влагосодержания продукта и длины волны излучения. В процессе тепловой обработки свойства поверхностных слоев продукта изменяются, что, в отличие от условий традиционного (поверхностного) нагрева, приводит к усилению поглощения ИК-энергии и интенсификации нагрева. Аналогичный эффект вызывается образованием водяного пара в обрабатываемом продукте, интенсивно поглощающего ИК-излучение с длиной волны более 15 мкм.

Таким образом, благоприятным фактором для ИК-обработки пищевых продуктов является наличие длин волн вблизи 1 мкм в спектре используемого генератора излучения и значительного количества свободной влаги в продукте, т. е. высокого начального влагосодержания исходного продукта.

При описании закономерностей ИК-нагрева поток энергии излучения, падающий на поверхность продукта, разделяют на три слагаемых — отраженный (Q_o), поглощенный (Q_n) и пропущенный (Q_{np}) потоки (рис. 1.3):

$$Q = Q_o + Q_n + Q_{np}. \quad (1.1)$$

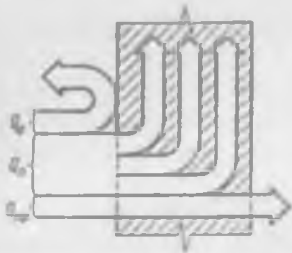


Рис. 1.3. Схема передачи энергии инфракрасным излучением

Соотношение между этими составляющими падающего потока может быть весьма различным и зависит от структуры, влагосодержания, температуры, толщины слоя продукта и длины волны ИК-излучения. Проникающее в продукт излучение ослабляется в его толще согласно закону Бугера, который можно представить в виде

$$Q_{\text{пр}}(x) = Q_{\text{пр}}(0) \exp(-\alpha \cdot x), \quad (1.2)$$

где x — координата, отсчитываемая в глубину продукта (на его поверхности $x=0$), α — коэффициент поглощения ИК-излучения, зависящий от свойств обрабатываемого продукта и длины волны λ или частоты ν излучения, связанных соотношением

$$\lambda = c/\nu, \quad (1.3)$$

где $c = 3 \cdot 10^8$ м/с — скорость света в вакууме.

Из закона Бугера следует, что с ростом толщины слоя продукта его проникаемость ($Q_{\text{пр}}/Q$) для ИК-излучения быстро уменьшается (табл. 1.3).

Проницаемость продуктов быстро снижается с увеличением длины волны ИК-излучения. Эта закономерность просматривается по данным табл. 1.3, в которой под λ_{max} подразумевается длина волны, соответствующая максимуму в спектре ИК-излучения. Согласно известному закону смещения Вина величина λ_{max} связана с температурой излучателя соотношением (λ — в мкм, T — в К):

$$\lambda_{\text{max}} = 2898/T. \quad (1.4)$$

Отсюда видно, что для создания благоприятной для ИК-обработки величины $\lambda_{\text{max}} = 1...1,5$ мкм температура поверхности ИК-излучателя должна составлять 2000...3000 К. В частности, кварцевая лампа НИК-1000 имеет температуру около 2060 К и соответственно $\lambda_{\text{max}} = 1,4$ мкм. Существуют и другие источники ИК-энергии, пригодные для реализации ИК-нагрева в аппаратах предприятий общественного питания (см. 5).

При расчетах энергетического баланса ИК-нагрева используют обобщенный закон Стефана — Больцмана, определяющий тепловую мощность, передаваемую

Проницаемость пищевых продуктов для ИК-излучения

(в %)

Продукты и изделия	Влаж- ность, %	Тол- щина слоя, мм	$\lambda_{\text{пак}}, \text{мм}$				
			1,04	2,3...2,5	2,7...2,9	3,8	4,5
Мясо свиное	70...72	0,5	42,0	18,1	14,4	7,6	5,1
		2,0	10,6	2,6	2,0	1,5	0,39
		4,0	5,2	1,1	0,75	0,36	0,11
Мясо говяжье		0,5	34,0	15,2	12,4	10,1	4,5
		2,0	8,8	2,2	1,5	1,1	0,23
		4,0	4,4	0,8	0,55	0,37	0,07
Белое мясо кур	69	0,5	54,6	47,2	13,4	11,6	9,0
		2,0	21,3	3,1	2,8	2,0	1,8
		4,0	10,0	0,5	0,5	0,2	—
Красное мясо кур	68...69	0,5	49,0	15,0	10,3	8,2	6,7
		2,0	18,0	2,6	1,9	1,3	10,0
		4,0	7,8	0,8	0,3	0,1	0
Биштекс нату- ральный	68,8	0,5	38,9	20,6	11,3	8,5	6,6
		2,0	1,6	5,8	1,41	0,81	0,35
Биштекс руб- ленный	68	0,5	31,4	21,5	13,2	8,7	6,6
		2,0	7,55	4,4	1,33	0,8	0,12
Котлета рубле- ная	73,2	0,5	26,7	16,6	10,5	8,7	7,1
		2,0	6,72	3,7	0,95	0,6	0,32
Треска (мышеч- ная ткань)	80,8	0,5	55,8	17,8	15,2	12,8	13,9
		2,0	32,5	4,5	3,6	2,0	2,4
Морской окунь (мышечная ткань)	74,9	0,5	53,4	14,7	13,1	12,5	11,7
		2,0	29,0	3,5	2,9	1,4	0,6
Палтус (мышеч- ная ткань)	84	0,5	58,4	18,7	16,9	15,1	14,7
		2,0	30,1	3,3	5,7	2,8	2,6
Молоко (жир- ность 3,2 %)		0,1	60,1	25,5	—	—	—
		0,5	30,0	10,3	—	—	—
		0,9	21,5	5,9	—	—	—

мую излучением от тела с температурой T_1 (излучателя) к телу с температурой T_2 (продукту):

$$Q = \sigma_0 \epsilon_{\text{пр}} [(T_1/100)^4 - (T_2/100)^4] \cdot H, \quad (1.5)$$

где $\sigma_0 = 5,67 \cdot 10^{-8}$ Вт/(м²·К⁴) — постоянная Стефана — Больцмана; $\epsilon_{\text{пр}}$ — приведенная степень черноты (для пищевых продуктов $\epsilon_{\text{пр}} = 0,5 \dots 0,9$); H — взаимная излучающая поверхность рассматриваемых двух тел:

$$H = \varphi_{1-2} \cdot F_1 = \varphi_{2-1} \cdot F_2, \quad (1.6)$$

где F_1, F_2 — площади поверхностей первого и второго тел соответственно; $\varphi_{1-2}, \varphi_{2-1}$ — коэффициенты облученности одного тела другим.

Положительным признаком ИК-нагрева является

получение равномерной по цвету и толщине корочки поджаривания. Вместе с тем этому способу присущи недостатки:

не все продукты можно подвергать ИК-нагреву; при высокой плотности потока ИК-излучения возможен «ожог» продукта.

Сверхвысокочастотный (СВЧ) нагрев. Пищевые продукты по своим электрическим свойствам представляют собой неидеальные диэлектрики, в которых при наложении внешнего электрического поля возникают токи проводимости и токи смещения. *Токи проводимости* создаются свободными электрическими зарядами (преимущественно ионами), перемещающимися по всему объему диэлектрика. *Токи смещения* создаются связанными зарядами, способными перемещаться лишь на незначительные расстояния; смещение этих зарядов под действием внешнего электрического поля называется *поляризацией диэлектрика*.

В зависимости от природы связанных зарядов различают несколько видов поляризации диэлектриков: электронную, атомную, электролитическую, дипольную и макроструктурную. Каждый из них имеет характерное время установления поляризации — *время релаксации*. Из сопоставления типичных значений этого времени с периодом переменного электрического поля, используемого для СВЧ-нагрева продуктов, следует, что основными в СВЧ-нагреве являются дипольная и макроструктурная поляризация.

Дипольная поляризация (рис. 1.4) представляет собой результат воздействия внешнего поля на полярные молекулы, обладающие собственным дипольным моментом. Типичным примером полярной молекулы является молекула воды. Поэтому наличие в продуктах свободной воды является фактором, определяющим интенсивность нагрева продуктов в СВЧ-поле. При приложении внешнего поля дипольные моменты молекул, имеющие в от-



Рис. 1.4. Схема дипольной поляризации при наложении электромагнитного поля:

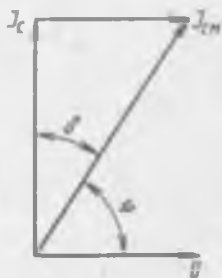
А, В — свободные и связанные заряды

сутствие поля произ-

вольные направления, стремятся ориентироваться по направлению поля, что встречает сопротивление со стороны окружающих молекул. Работа, расходуемая на преодоление этого сопротивления, в конечном счете превращается в теплоту, что и вызывает нагревание продукта.

Макроструктурная поляризация типична для пищевых продуктов, представляющих собой биологические объекты с клеточной микроструктурой. Упрощенно биологическую клетку можно представить как замкнутую оболочку (мембрану) с полупроводниковыми свойствами, заполненную электролитом. При наложении внешнего электрического поля такая система приобретает дипольный момент благодаря смещению «свободных» зарядов (ионов) в пределах замкнутой оболочки, которые в данном случае ведут себя аналогично связанным зарядам в диэлектрике. Ввиду значительного объема клетки, содержащей огромное число молекул, дипольный момент поляризованной клетки весьма велик (разумеется, в атомном масштабе), что и отражается в наименовании этого типа поляризации.

При помещении неидеального диэлектрика в переменное электрическое поле между векторами напряженности поля $\vec{E}$ вне и внутри диэлектрика возникает сдвиг по фазе на угол δ , называемый углом диэлектрических потерь. Это название связано с тем, что наличие сдвига по фазе δ приводит к поглощению электрической энергии в диэлектрике, которая в конечном счете превращается в теплоту. Смысл величины δ можно пояснить с помощью векторной диаграммы (рис. 1.5). В идеальном (вакуумном) диэлектрике без потерь переменный ток опережает приложенное напряжение на угол $\varphi = \pi/2$. При наличии потерь (в реальном диэлектрике) угол φ меньше $\pi/2$ на угол δ , поэтому $\varphi = \pi/2 - \delta$. Диэлектрическая проницаемость идеального диэлектрика является вещественной, неидеального — комплексной величиной



$$\epsilon^* = \epsilon' - j\epsilon''; \quad \epsilon''/\epsilon' = \operatorname{tg} \delta. \quad (1.7), \quad (1.8)$$

В результате указанного процесса рассеяния электрической энер-

Рис. 1.5. Векторная диаграмма для диэлектриков с потерями

гии в неидеальной диэлектрике — пищевом продукте, помещенном во внешнее переменное поле, в нем выделяется тепловая мощность (в единице объема, Вт/м³), равная

$$P = \varepsilon_0 \varepsilon'' \omega. \quad E^2 = 0,556 \cdot 10^{-10} \varepsilon'' f E^2, \quad (1.9)$$

где $\varepsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12}$ Ф/м — электрическая постоянная; $\omega = 2\pi f$; f — частота переменного электрического поля, Гц; E — эффективное значение напряженности СВЧ-поля, В/м.

Таким образом, при СВЧ-нагреве тепловая мощность, выделяемая в продукте, пропорциональна частоте и квадрату напряженности поля, а также мнимой части комплексной диэлектрической проницаемости продукта ε'' , которую согласно формуле (1.8) можно представить в виде

$$\varepsilon'' = \varepsilon' \cdot \operatorname{tg} \delta. \quad (1.10)$$

Итак, в величину ε'' вносят вклад перемещения свободных и связанных зарядов в диэлектрике (пищевом продукте). Если преобладает вклад свободных зарядов, создающих удельную проводимость продукта σ , то величину ε'' можно рассчитать по формуле

$$\varepsilon'' = \sigma / \omega \varepsilon_0. \quad (1.11)$$

Однако для реальных пищевых продуктов более надежным способом является экспериментальное определение величин ε' , ε'' и $\operatorname{tg} \delta$. Они зависят от температуры и влажности продукта и частоты поля; их значения для некоторых мясных, рыбных и овощных продуктов приведены в табл. 1.4.

Важной количественной характеристикой объемного эффекта СВЧ-нагрева является глубина проникновения поля Δ в продукт, типичные значения которой представлены в табл. 1.4. В результате поглощения электрической энергии в продукте амплитуда напряженности СВЧ-поля в нем убывает с расстоянием от поверхности по экспоненциальному закону (формально сходному с законом Бугера):

$$E = E_0 \exp(-x/\Delta). \quad (1.12)$$

Величина Δ зависит от тех же факторов, что и ε' , ε'' , $\operatorname{tg} \delta$, и достигает несколько сантиметров. Это определяет объемный характер СВЧ-нагрева, являющийся

ТАБЛИЦА 14

Диэлектрические свойства и глубина проникновения СВЧ-поля в пищевые продукты ($f = 2375$ МГц, $t = 20^\circ \text{C}$)

Продукт	ϵ'	ϵ''	$\lg \delta$	Глубина проникновения поля, мм
<i>Мясные продукты</i>				
Говядина	50	19	0,38	15
Свинина	48	18	0,36	16
Котлетная масса	42	25	0,6	10
<i>Рыбные продукты</i>				
Сельдь (мышечная ткань):	42	14,2	0,34	18
фарш	31,4	10,9	0,35	21
паста	33,2	11,0	0,33	21
Треска (филе)	52,0	18,0	0,37	15
Тунец (мышечная ткань)	42,0	15,0	0,35	18
Судак (мышечная ткань)	44,0	17,0	0,39	16
Хек (мышечная ткань):	43,3	17,8	0,41	15
фарш	35,0	11,1	0,32	21
Скумбрия (мышечная ткань):	41,5	22,4	0,55	11
фарш	32,0	10,5	0,33	22
фарш с костью	31,3	9,8	0,31	23
Лемонема (фарш с наполнителями)	36,0	7,7	0,21	32
<i>Птица и субпродукты</i>				
Куры I категории (мясо)	46,0	20,0	0,44	13,5
Печень (говяжья)	47,0	14,0	0,30	20
<i>Овощи</i>				
Картофель	56,7	15,2	0,27	20
Морковь	62,7	14,3	0,30	17
Свекла	47,9	12,5	0,26	22

важнейшей отличительной особенностью СВЧ-нагрева как технологического способа тепловой обработки.

Другой важнейшей особенностью СВЧ-нагрева является возможность достижения высокого темпа нагрева продуктов при применении генераторов (магнетронов, ламп бегущей волны и др.), создающих СВЧ-поля большой напряженности. В СССР для тепловой обработки пищевых продуктов в СВЧ-поле разрешено применение следующих рабочих частот: $433,92 \pm \pm 0,8678$; 2375 ± 50 ; 2450 ± 50 ; 5800 ± 75 ; $22125 \pm \pm 125$ МГц. На предприятиях общественного питания в основном применяют частоту 2450 МГц (она отмечена пунктирной линией на рис. 1.2). При напряжен-

ности $E \approx 5$ кВ/м достигается темп нагрева продуктов 0,5 К/с и выше.

Таким образом, основное преимущество СВЧ-нагрева — высокая скорость нагрева. Однако ему присущи и недостатки — отсутствие корочки на поверхности продукта и, как правило, естественный цвет сырого продукта.

Электроконтактный (ЭК) нагрев. Этот способ нагрева характеризуется высокой экономичностью, обусловленной простотой используемого оборудования, в частности отсутствием дорогостоящих генераторов СВЧ-поля.

Электрический ток I , проходящий в течение времени τ через продукт, обладающий определенным активным (омическим) электросопротивлением R , вызывает в нем выделение тепловой энергии Q согласно закону Джоуля — Ленца:

$$Q = I^2 R \tau. \quad (1.13)$$

В случае однородного проводника (например, металлического) теплота выделяется в нем равномерно по всему объему. Однако пищевые продукты имеют существенно неоднородную структуру, электропроводность различных компонентов которой в разной степени зависит от температуры. Определение электропроводности (удельной проводимости) отдельных компонентов и продуктов в целом является довольно сложной технической задачей. Поэтому представляет интерес ее теоретическая оценка на основе различных приближенных модулей структуры пищевых продуктов. Одной из наиболее физически обоснованных моделей является модель Максвелла — суспензия шариков с удельным сопротивлением материала g_2 в жидкости с удельным сопротивлением g_1 . Удельное сопротивление g такой суспензии выражается формулой

$$(g_1/g - 1)/(g_1/g + 2) = \Phi(g_1/g_2 - 1)/(g_1/g_2 + 2), \quad (1.14)$$

где Φ — отношение объема, занятого частицами, к общему объему суспензии. Здесь не учитывается зависимость g от температуры t системы, которая подлежит экспериментальному исследованию. В литературе описаны многочисленные способы измерения удельной проводимости пищевых продуктов — с помощью уравновешенного моста, питаемого от звукового генератора серии ЗГ, проводящей ячейки с продуктом и др. В на-

стоящее время уже накоплен значительный экспериментальный материал по электропроводности σ пищевых продуктов (в частности, мясопродуктов), зависящей от температуры и характеристик внутренней структуры продуктов.

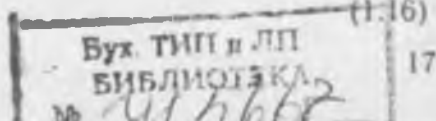
Зависимость $\sigma(t)$ для мяса и мясопродуктов является возрастающей и линейной вплоть до интервала температур 45...50 °С. При более высоких температурах линейность нарушается из-за процессов денатурации белков в структуре продукта и образования электропроводящих «мостиков» между измерительными электродами. Для продуктов с большим влагосодержанием W величина σ практически полностью определяется количеством свободной влаги в продукте. Зависимость $\sigma(W)$ носит линейный характер в широком интервале значений σ . Кроме того, величина σ для мышечной ткани при заданной температуре зависит еще и от степени измельчения продукта. Величина σ резко возрастает со степенью измельчения продукта до $1 \text{ Ом}^{-1} \cdot \text{м}^{-1}$, а затем практически не изменяется. Электропроводность пищевых продуктов существенно зависит от вида ткани (наименьшей удельной проводимостью обладают печень, сердце и мышечная ткань), а также от содержания жира. С повышением температуры зависимость от содержания жира становится менее выраженной в связи с диспергированием жира в процессе нагрева.

Электропроводность продукта и, следовательно, его сопротивление преимущественно определяют темп ЭК-нагрева и соответственно продолжительность этого процесса до достижения заданной температуры. В соответствии с законом Джоуля — Ленца (1.13) продолжительность ЭК-нагрева обратно пропорциональна квадрату приложенного напряжения U . Уравнение теплового баланса продукта при ЭК-нагреве (без учета теплоотдачи от продукта в окружающую среду) имеет вид

$$I^2 R \tau = c(t_k - t_n) + g, \quad (1.15)$$

где c — полная теплоемкость продукта; t_n и t_k — соответственно начальная и конечная температуры; g — суммарная теплота фазовых превращений в обрабатываемом продукте. Введя обозначение $t_k - t_n = \Delta t$ и представляя сопротивление продукта в виде

$$R = (1/\sigma) \cdot (l/S), \quad (1.16)$$



где l — длина, S — площадь поперечного сечения образца, а также учитывая выражение для приложенного к образцу напряжения $U = IR$, из формулы (1.15) получим уравнение для определения продолжительности ЭК-нагрева продукта:

$$\tau = l(c\Delta t + g) / U^2 S \sigma. \quad (1.17)$$

Особенностью ЭК-нагрева является возможность обеспечения быстрого повышения температуры продукта по всему объему до требуемой величины за 15...60 с. Это обуславливает успешное применение данного способа нагрева для коагуляции колбасных фаршей за указанное время при конечной температуре 50...70 °C. В этом случае использование ЭК-нагрева упрощает конструкции автоматизированных агрегатов для изготовления фаршей. Как показали специальные исследования, химико-бактериологические показатели колбасных изделий, изготовленных ЭК-нагревом и традиционными способами, мало различаются. Однако на практике приходится считаться с возможными явлениями электролиза в массе продукта и эрозии электродов, в результате которой в продукт могут попадать посторонние вещества. Эти явления можно свести к минимуму оптимальным выбором материала электродов и частоты тока. Кроме того, для успешной реализации данного способа тепловой обработки необходимо обеспечивать хороший электрический контакт между электродами и продуктом.

ЭК-нагрев применяется как самостоятельный вид обработки, а также и в комбинации с другими способами. В частности, он успешно используется в хлебопекарном производстве для прогрева тестовой массы при выпечке хлеба, в производстве сосисок, при бланшировании мясопродуктов.

Индукционный нагрев. Индукционный нагрев токопроводящих материалов, к которым относится большинство пищевых продуктов, особенно с повышенной влажностью, возникает при их помещении во внешнее переменное магнитное поле, создаваемое генератором — *индуктором*. В качестве индукторов применяются провода с током, непосредственно охватывающие нагреваемые области материала, в частности многовитковые провода — *соленоиды*, которые могут использоваться для нагрева цилиндрических образцов диаметром 5 см и более. При помещении во внешнее перемен-

ное поле в массе проводящего материала, в соответствии с законом электромагнитной индукции, возникают вихревые токи (токи Фуко), линии которых замыкаются непосредственно в толще материала. При этом электромагнитная энергия рассеивается в объеме материала, вызывая его нагрев. Переменное магнитное поле проникает в проводящий материал на определенную глубину Δ (в мм), которая оценивается по формуле

$$\Delta = 503 \sqrt{\rho / \mu f}, \quad (1.18)$$

где ρ — удельное электрическое сопротивление материала, Ом·м; μ — относительная магнитная проницаемость (для подавляющего большинства материалов, за исключением ферромагнитных, $\mu = 1$); f — частота поля, Гц.

При индукционном нагреве используют токи низкой (50 Гц), средней (до 10 кГц) и высокой (свыше 10 кГц) частот. Питание индукторов на средних и высоких частотах осуществляется машинными и статическими преобразователями, а также ламповыми генераторами. Индукционные аппараты рассчитываются на мощности до нескольких тысяч кВт и позволяют сконцентрировать в обрабатываемом материале большие удельные мощности (до сотен Вт на 1 см² в приповерхностных слоях), что приводит к быстрому нагреву до высоких температур (сотни и тысячи К).

Расчет рассеяния электромагнитной энергии, связанного с индуцированием вихревых токов в проводнике, с достаточной точностью возможен лишь в некоторых простейших случаях. Например, в однородной пластине толщиной d при полном проникновении переменного магнитного поля с амплитудным значением индукции B_m и частотой f удельная мощность, выделяемая в материале вследствие возбуждения вихревых токов, определяется по формуле

$$P = \pi f B_m d^2 / 12 \rho. \quad (1.19)$$

Для неоднородных по структуре материалов, к которым относятся и пищевые продукты, эта формула дает заниженные значения, поскольку параметры вихревых токов в микрообъемах материала могут значительно отличаться от усредненных по всему объему значений.

При сравнительно большом значении удельного

сопротивления ρ продуктов (типичные значения — от 1 до 10 Ом·м), как видно из приведенных формул, глубина проникновения поля в продукт может быть достаточной для создания эффекта объемного нагрева, но выделяемая в продукте тепловая мощность уменьшается с увеличением ρ , что отрицательно сказывается на эффективности индукционного нагрева. Аналогичная ситуация имеет место при понижении частоты внешнего магнитного поля, т. е. частоты переменного тока в индукторе. Поэтому в каждом конкретном случае необходим тщательный выбор рабочей частоты с учетом как электрофизических свойств продукта, так и геометрии и размеров нагреваемых образцов. Увеличение мощности тепловыделения без уменьшения глубины проникновения поля в продукт, как видно из формулы (1.19), возможно посредством увеличения индукции магнитного поля B_m , т. е. силы тока в индукторе. Однако при этом возрастает тепловая мощность, выделяемая в индукторе согласно закону Джоуля — Ленца, что может привести к чрезмерному нагреву индуктора. Кроме того, в этих условиях возрастает и расход электроэнергии на ведение технологического процесса. Для преодоления указанного недостатка и обеспечения экономичности индукционного нагрева продуктов предлагались различные конструктивные решения теплового аппарата, которые зачастую означали существенное усложнение его конструкции и увеличение расхода активных материалов на его изготовление. По этим причинам индукционный способ нагрева пока еще не получил широкого распространения на предприятиях общественного питания, хотя он, несомненно, обладает значительными экономическими возможностями для успешного практического применения в будущем.

Из особенностей индукционного способа нагрева видно также, что при оценке новых электрофизических методов обработки продуктов, создающих объемный эффект нагрева, необходимо учитывать не только этот аспект, но и ряд других показателей, характеризующих эффективность применения того или иного конкретного способа обработки на практике.

Таким образом, поверхностные и объемные способы тепловой обработки, имея различные преимущества, обладают рядом недостатков, устранить которые можно, используя комбинированные способы тепловой обработки.

1.3. КОМБИНИРОВАННЫЕ СПОСОБЫ ТЕПЛОВОЙ ОБРАБОТКИ ПРОДУКТОВ

Возможности интенсификации традиционных (поверхностных) способов тепловой обработки продуктов в основном исчерпаны, поэтому дальнейшая интенсификация может быть достигнута только внедрением комбинированных процессов на базе традиционных и объемных способов.

Методологическая основа разработки комбинированных способов тепловой обработки может быть представлена в виде следующей последовательности действий:

- анализ конкретного традиционного (базового) способа тепловой обработки с целью выявления его недостатков (например, низкое качество изделий, наличие ручных операций, низкая производительность аппарата, большая длительность процесса и т. д.);

- отбор положительных признаков анализируемого способа (например, получение корочки поджаривания при фритюрной жарке, появление ароматических и вкусовых веществ при дальнейшей тепловой обработке предварительно отваренных продуктов в бульоне, соусе и т. д.)

- формулировка технологических требований к создаваемому комбинированному способу тепловой обработки (тепловые режимы, перемешивание продукта, последовательность воздействия технологических сред и т. д.);

- выбор одного или нескольких способов (новых или традиционных) тепловой обработки, имеющих положительные признаки, позволяющие устранить недостатки базового способа;

- объединение положительных признаков, присущих базовому способу и другим (одному или нескольким) способам тепловой обработки и позволяющих по возможности устранить недостатки базового способа;

- синтез на основе этого объединения нового — комбинированного способа тепловой обработки;

- формулировка требований к аппарату, реализующему созданный комбинированный способ;

- конструирование и создание комбинированного теплового аппарата.

Пример. Рассмотрим методологию создания комбинированных способов тепловой обработки на примере процесса пассеро-

вания сырья (вспомогательный — поверхностный способ) на предприятиях общественного питания.

Основной целью этого процесса являются: для муки — устранение привкуса сырости, снижение клейкости и уменьшение влажности, повышение содержания водорастворимых веществ; для овощей — переход ароматических и красящих веществ в жир, размягчение и уменьшение объема сырого продукта и ускорение последующей тепловой обработки при приготовлении кулинарной продукции.

Для пассерования муки и овощей традиционно используются электрические сковороды и специализированные аппараты — соусоматы АСМ-120, АТЭ-1,1. Пассерование муки осуществляют с добавлением или без добавления жира, при постоянном перемешивании. Пассерование овощей по традиционной технологии включает следующие операции: жир в количестве 15 % массы сырых нарезанных овощей нагревают до температуры 130...140 °С, кладут в него нарезанные овощи слоем 5—6 см и пассеруют в течение 15...20 мин, периодически перемешивая и не допуская образования корочки.

Значительная продолжительность пассерования муки и овощей при существующей технологии объясняется тем, что преобладающим механизмом теплообмена в продукте является теплопроводность. В то же время коэффициент теплопроводности λ для большинства пищевых продуктов имеет низкие значения (из-за пористой структуры продуктов), например для муки $\lambda = 0,13 - 0,14$ Вт/(м·К). Поэтому для интенсификации тепломассообмена необходимо непрерывное перемешивание продукта.

Тепловые аппараты для осуществления традиционного способа пассерования обладают существенными недостатками:

температура различных участков жарочной поверхности сковород изменяется в интервале 80...130 °С, что приводит к неравномерному прогреву продукта по всей площади его соприкосновения с нагретыми поверхностями;

использование аппаратов периодического действия для пассерования сырья предопределяет ручные операции перемешивания, загрузки и выгрузки.

Зависимость влажности муки, скорости удаления влаги и температуры от длительности процесса пассерования приведена на рис. 1.6. Пассерование муки производилось на сковороде СЭСМ-0,2, толщина слоя муки $2 \cdot 10^{-2}$ м. Анализ кривых позволяет установить, что в процессе пассерования муки выделяются три периода.

Первый период — разогрев, сопровождающийся медленным ростом температуры продукта. Потеря влаги в это время сравнительно невелика и становится заметной лишь во второй половине первого периода, продолжительность которого составляет 200...250 с. Во втором периоде процесса, характеризующемся повышением температуры продукта до 100...110 °С и интенсивным испарением влаги (до остаточной влажности 3,5 %), скорость процесса удаления влаги постоянна, ее максимальное значение составляет 0,026 %/с. Третий период характеризуется незначительным повышением температуры и медленным испарением влаги. Следует отметить, что весь процесс пассерования муки длится 1080 с (18 мин). Кривая 3 на рис. 1.6 показывает изменение среднеобъемной температуры муки в процессе пассерования. В конце процесса пассерования она достигает 120 °С.

Далее рассмотрим влияние толщины слоя муки на показа-

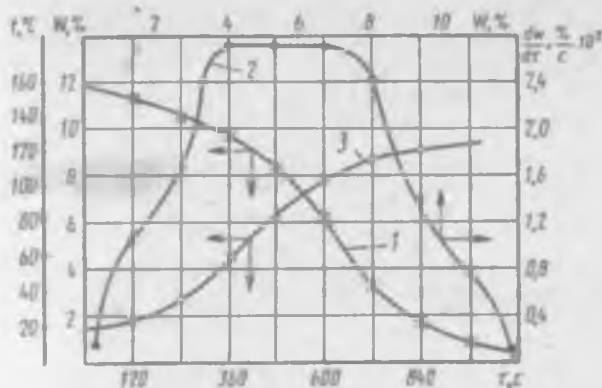


Рис. 1.6. Зависимость влажности, скорости удаления влаги и температуры от длительности пассерования муки (традиционным способом)

тели процесса пассерования. При осуществлении пассерования муки на электрической сковороде СЭСМ-0,2 с толщиной слоя 4×10^{-2} м и температурой жарочной поверхности $140 \dots 160^\circ\text{C}$ продолжительность процесса составляет $1920 \dots 2160$ с, температура муки в конце пассерования — $100 \dots 105^\circ\text{C}$, а ее влажность — $1,0 \dots 1,5\%$ (рис. 1.7). Итак, с увеличением толщины слоя муки в 2 раза увеличивается примерно в 2 раза длительность процесса. Ручное перемешивание муки в процессе пассерования необходимо для того, чтобы органолептические показатели готового продукта (цвет и запах) были высокими. Это обусловлено тем, что окончание первого периода и начало второго периода процесса характеризуются усилением комкования муки, устранение которого возможно только путем интенсивного перемешивания. Данные экспериментов по пассерованию муки слоем $2 \cdot 10^{-2}$ м на обычной сковороде, уста-

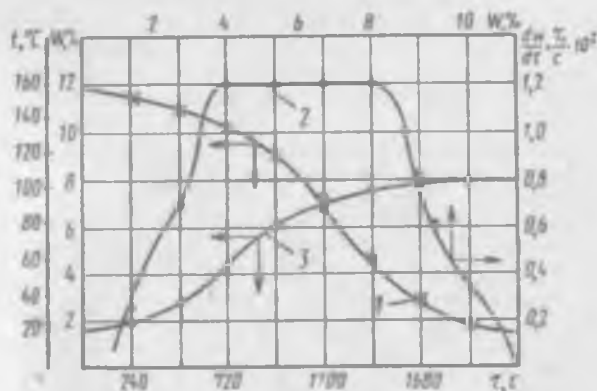


Рис. 1.7. Влияние толщины слоя муки на показатели процесса пассерования

ТАБЛИЦА 1.5

**Влияние перемешивания
на качество пассерованной муки**

Режим перемешивания (от начала процесса)	Характеристика пассерованной муки	Органолепти- ческая оценка пассерованной муки, балл
Перемешивание через 2 мин (по 40 движе- ний), 9 циклов переме- шивания	Мука имеет светло-жел- тый цвет	$5,0 \pm 0,00$
Перемешивание через 3 мин (по 40 движе- ний), 6 циклов переме- шивания	Мука имеет равномер- ный темно-коричне- вый цвет	$3,8 \pm 0,01$
Перемешивание через 6 мин (по 40 движе- ний), 3 цикла переме- шивания	Цвет пассерованной му- ки неравномерен	$3,4 \pm 0,04$
Перемешивание через 9 мин (по 40 движе- ний), 2 цикла переме- шивания	Цвет муки неравноме- рен, отдельные части- цы муки подгорели, имеются комочки диа- метром 4 мм	$2,7 \pm 0,07$
Мука без перемешивания (пассерование без жи- ра в жарочном шкафу)	Верхний слой в отде- льных местах подгорел; нижний слой — горе- лая мука	$2,1 \pm 0,12$

новленной на жарочную поверхность электрической плиты, при-
ведены в табл. 1.5.

Анализ данных табл. 1.5 показывает, что для получения пас-
серованной муки высокого качества при традиционном процессе
необходимо 300...360 движений рабочего инструмента в ее объеме.
Это означает, что при традиционном пассеровании необходимо по-
стоянное участие человека (независимо от количества пассеруемой
муки). Удельный расход электроэнергии при пассеровании муки
на сковороде СЭСМ-0,2 сравнительно высок и составляет 0,4...
0,5 кВт·ч/кг.

Результаты исследования традиционного процесса пассерования
моркови, нарезанной соломкой, на сковороде СЭСМ-0,2 при толщине
слоя 0,05 м показали, что и в этом случае можно выделить три
периода процесса. В первый период температура продукта повы-
шается до 90...100 °С, а влага из продукта удаляется сравнитель-
но медленно. Второй период характеризуется установившейся во
времени температурой продукта и более интенсивным удалением
влаги (скорость удаления — до 0,95 %/с). В связи с интенсивным
выходом влаги темп впитывания жира в этот период замедляется.
В третьем периоде скорость удаления влаги падает, а температура
продукта несколько повышается, при этом темп впитывания жира
ускоряется, и его содержание достигает 15 % общей массы про-
дукта.

Полная продолжительность процесса пассерования моркови

традиционным способом составляет 900...1000 с (15...17 мин), лука (нарезанного кольцами, уложенного слоем толщиной 0,003 м) — 720...840 с (12...14 мин). Для получения высококачественных пассерованных овощей, как и в случае пассерования муки, необходимо непрерывное перемешивание, т. е. постоянное участие человека.

Анализ традиционного способа пассерования сырья и применяемых для этой цели аппаратов на предприятиях общественного питания показывает, что этот технологический процесс является длительным, трудоемким и не позволяет получить продукт (полуфабрикат) высокого качества.

Исходя из этого, технологические требования к аппарату, реализующему комбинированный, более совершенный способ пассерования сырья, можно сформулировать следующим образом:

нагрев продукта должен осуществляться равномерно по всему объему;

длительность соприкосновения продукта с нагретой жарочной поверхностью не должна превышать 1—2 с, чтобы не образовалась корочка на овощах и не подгорели частицы муки;

должно осуществляться постоянное перемешивание продукта в процессе пассерования без участия повара.

С учетом этих технологических требований комбинированный способ пассерования сырья должен включать следующие воздействия на продукт:

нагрев сырья ИК-излучением;

постоянное перемешивание продукта при непрерывном его движении путем вибротранспортирования.

Для реализации данного комбинированного способа сконструирован и изготовлен соответствующий тепловой аппарат (рис. 1.8).

Аппарат состоит из двух горизонтальных вибрационных желобов — верхнего 1 и нижнего 2, внутри которых установлены лотки 3. Лотки перекрывают желоб как по дну, так и по боковым сторонам и крепятся к его боковым стенкам с помощью шарниров 4 и винтов 5. Почти вдоль всего желоба, с нижней его стороны, проходит ребро жесткости 6. Верхний желоб 1 с помощью ушек 7 и шариков 8 соединен с трехшарнирными коромыслами 9, а нижний желоб 2 соединен с этими коромыслами ушками 10 и шариками 11. Коромысла 9 средним шарниром 12 крепятся к опорной раме 13. На основании 14 опорной рамы 13 под нижним желобом 2 расположен эксцентриковый кулачковый привод 15, рабочий вал

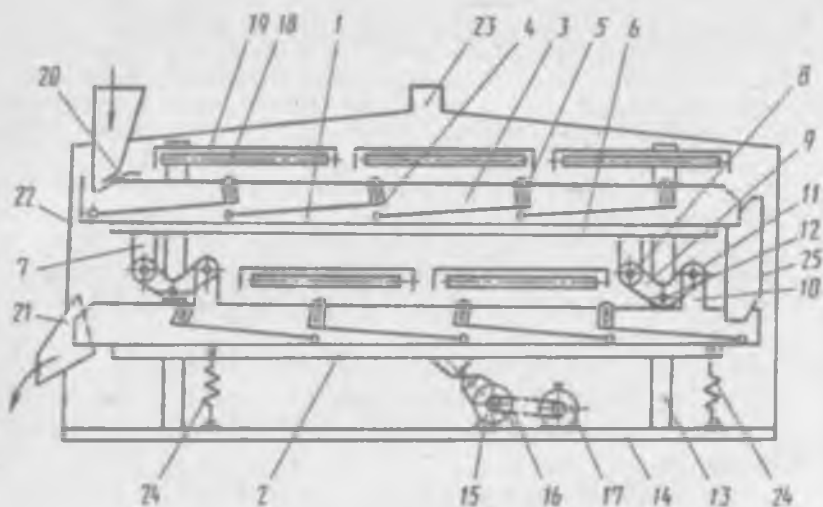


Рис. 1.8. Тепловой аппарат для комбинированного пассерования сырья

которого приводится во вращение с помощью клиноременной передачи 16 от электродвигателя 17. Над желобами на опорной раме 13 смонтированы блоки ИК-излучателей 18 с рефлекторами 19, расстояние от которых до слоя продуктов может изменяться. В качестве ИК-излучателей используются тэны. В аппарате имеется загрузочный бункер 20 с регулируемым по сечению входным отверстием и разгрузочный лоток 21. Аппарат снабжен кожухом 22 и крышкой с вентиляционным отверстием 23. Для возврата желобов в исходное положение при толкании их кулачковым приводом имеются пружины 24, работающие на растяжение и имеющие регулируемую жесткость. Жесткость пружин 24 подбирается таким образом, чтобы частота собственных колебаний виброжелобов была настроена в резонансе с частотой колебания привода.

Аппарат снабжен приборами регулирования теплового режима и контроля температуры. Пускорегулирующая аппаратура выполнена отдельным блоком и крепится на стену.

Процесс пассерования протекает следующим образом. Включаются нагревательные элементы 18 и производится разогрев установки до рабочего режима. Затем включается вибрационный привод 15, который приводит в колебательное движение виброжелоб 2, а через

коромысло 9 передается колебательное движение желобу 1. Открывается выходное отверстие загрузочного бункера 2 и на желоб 1 равномерно по всей его ширине насыпается определенное количество муки. За счет вибрационных воздействий мука транспортируется по наклонным лоткам 3 верхнего желоба 1, затем пересыпается на нижний желоб 2 и транспортируется таким же образом в обратном направлении. При этом мука, воспринимая теплоту от ИК-нагревателей 18, прогревается до определенной температуры (160...180 °С) и доводится до готовности. Влажность муки уменьшается с 12...14 до 1...2 %, она приобретает цвет от светло-желтого до светло-коричневого. При переходе слоя муки с одного лотка 3 на другой она перемешивается, а образующиеся комки муки разбиваются. Пассерованная мука выгружается из установки через разгрузочный лоток. Продолжительность пребывания муки в установке регулируется путем изменения параметров вибрации привода (амплитуды и частоты), а также угла наклона лотков к горизонту. Чем больше угол наклона лотка 2, тем меньше скорость вибротранспортирования муки по нему. Изменяя углы наклона лотков 3, можно получить различные скорости вибротранспортирования по длине желобов.

Тепловой поток от ИК-излучателей 18 регулируется их опусканием или с помощью терморегуляторов. Производительность устройства по пассерованной муке 30 кг/ч, по пассерованным овощам — 25 кг/ч. Резуль-

ТАБЛИЦА 16

Сравнительные технологические и теплотехнические показатели аппарата для пассерования комбинированным способом и сковороды СЭСМ-0,2

Показатели	Аппарат «Новый»	Сковорода СЭСМ-0,2
Неравномерность температурного поля объема муки, °С	2	20
Продолжительность разогрева до рабочего состояния, мин	4...5	20...25
Удельный расход электроэнергии, кВт·ч/кг	0,09	0,43
Продолжительность тепловой обработки, мин	4...3	30...40
Органолептическая оценка качества пассерованной муки, балл	5,0 ± 0,00	3,2 ± 0,11

таты экспериментальных исследований созданного аппарата в сравнении со сковородой СЭСМ-0,2 представлены в табл. 1.6.

Итак, за счет комбинированного воздействия вибрации и ИК-нагрева в новом аппарате достигается значительная интенсификация процесса. Продолжительность пассерования муки по сравнению с установленным нормативным временем (для сковороды) сокращается примерно в 10 раз, а удельный расход электроэнергии уменьшается в 5 раз.

Другой иллюстрацией применения созданного комбинированного способа тепловой обработки является разработка аппарата для выпечки овощей и фруктов.

Сущность данного комбинированного способа обработки состоит в сочетании циклического СВЧ-нагрева, термостатирования, обработки овощей и фруктов в атмосфере горячего воздуха и ИК-нагрева.

Аппарат (рис. 1.9) состоит из корпуса 1, на котором укреплены крышка 2 и рабочая камера СВЧ-нагрева 3. СВЧ-поле, генерируемое магнетроном 4, подводится в рабочую камеру 3 волноводами 5. С целью создания однородного СВЧ-поля по всему объему рабочей камеры в ней предусмотрены диссекторы 6. В нижней части камеры расположен сбрасыватель 7, вращение которому через вал 8 сообщает приводной механизм 19. Ниже расположена закрытая тепловая камера 11 с перфорированной вставкой 13, где овощи и фрукты обрабатываются горячим воздухом. Под ней находится камера 16 для обработки ИК-излучением, которое создается кварцевыми генераторами 15 типа КГ-220-1000-6. Над ИК-генераторами закреплены отражатели 14. Непрерывное движение и автоматическая выгрузка овощей и фруктов через разгрузочный люк 17 осуществляются диском 18, вращение которому также сообщает приводной механизм 19.

Аппарат работает следующим образом. В СВЧ-камеру 3 загружаются подготовленные овощи или фрукты, затем крышка 2 закрывается и включается магнетрон 4. Магнетрон работает циклами по программе, задаваемой таймерами (цикл работы + цикл отключения для термостатирования). Общая продолжительность нахождения овощей или фруктов в СВЧ-камере составляет 180...300 с (2—3 цикла СВЧ-нагрева и 1—2 цикла термостатирования по 60 с каждый). При

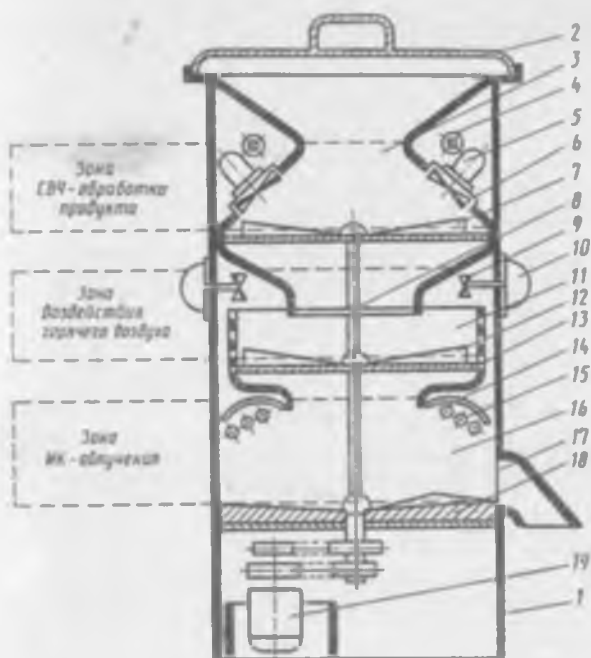


Рис. 1.9. Тепловой аппарат для комбинированной выпечки овощей и фруктов

этом за счет циклического СВЧ-нагрева овощи и фрукты равномерно прогреваются по объему до достижения в геометрическом центре продуктов температуры 340...350 К. После последнего цикла воздействия СВЧ-поля овощи и фрукты перегружаются сбрасывателем в закрытую тепловую камеру 11, в которой поддерживается температура воздуха в интервале 375...400 К. Здесь овощи или фрукты также находятся в течение 180...300 с. С целью доведения овощей и фруктов до состояния кулинарной готовности и образования специфической корочки, формирующей вкус и аромат, свойственные печеным овощам и фруктам, дальнейшую тепловую обработку овощей или фруктов осуществляют в камере с ИК-нагревом 16 при плотности излучения 30...36 кВт/м², создаваемой генераторами КГ-200-1000-6 15 в течение 180...390 с.

При разработке комбинированных способов тепловой обработки возникает много вопросов, требующих разрешения.

Рассмотрим некоторые из них на примере разработки комбинированного способа жарки.

При создании комбинированного способа жарки следует исходить из четких представлений о свойствах пищевого сырья, о механизме физико-химических изменений в продукте и в жире в процессе тепловой обработки, а также о недостатках существующих способов.

Многообразие свойств обжариваемых продуктов исключает возможность разработки какого-либо универсального способа жарки. Поэтому при создании конкретных способов, оптимальных для обработки тех или иных продуктов, необходимо исходить из определенных оценочных критериев.

Основным критерием оценки способа жарки является высокое качество готового продукта. Качество кулинарных изделий является комплексным показателем, включающим, в частности, полноценность готовых продуктов (высокие органолептические показатели), биологическую ценность, доброкачественность, безвредность. Органолептические показатели и биологическая ценность изделия, изготовленного новым (комбинированным) способом, ни в коем случае не должны быть ниже показателей «традиционного» изделия.

Важным показателем оценки нового процесса является длительность обработки, причем следует отметить, что длительность процесса и качество продукта не находятся в непосредственной взаимосвязи. Существенным критерием является также трудоемкость процесса обработки, которая определяется структурой технологического цикла.

При расчете экономической эффективности новых комбинированных способов и аппаратов стоимость нового аппарата может оказаться выше по сравнению с базовым аппаратом. Поэтому повышение стоимости должно компенсироваться сокращением продолжительности обработки, улучшением качества и биологической ценности готового продукта, снижением трудоемкости и другими преимуществами нового способа обработки.

На указанной методологической основе сотрудниками Харьковского института общественного питания в итоге многолетних исследований были созданы принципиально новые комбинированные способы жарки изделий из дрожжевого теста, картофеля, рыбных

фаршевых изделий, в которых сочетается воздействие на продукт горячего жира и СВЧ-поля в различной последовательности. Так, при жарке пирожков и пончиков на первой стадии они обрабатываются в горячем жире до образования корочки, а затем на второй стадии доводятся до готовности в СВЧ-поле. При жарке картофеля применяется обратная последовательность указанных воздействий: сначала нарезанный картофель подсушивают в условиях воздействия СВЧ-поля, а затем практически готовый продукт обжаривают в горячем жире. Таким путем достигается снижение темпа химических изменений фритюрного жира при сохранении высокого качества жареного продукта.

Привести строгую научно обоснованную классификацию комбинированных способов тепловой обработки продуктов в настоящее время затруднительно, ибо именно этими проблемами занимаются разработчики, исследователи и практики.

Например, комбинированные способы выпечки тестовых заготовок можно условно классифицировать на следующие:

сочетание СВЧ-нагрева и традиционной выпечки. По этому способу выпекается слоеное тесто: на первой стадии во избежание «прожогов» тесто циклично нагревается в СВЧ-поле 120...180 с. Циклы нагрева и термостатирования продолжаются по 30 с. Таких циклов — 4...6. Тестовая заготовка приобретает максимальную высоту подъема, но не имеет хрупкости и корочки поджаривания, характерных для слоеных изделий. Эти качества получают при последующей обработке заготовки в пекарной камере шкафа;

способ одновременного высокочастотного и инфракрасного прогрева тестовой заготовки;

способ начального прогрева в электромагнитном поле токов высокой частоты и завершения выпечки при инфракрасном облучении;

способ одновременного электроконтактного и инфракрасного нагрева;

способ начального электроконтактного нагрева и завершения выпечки при инфракрасном облучении;

способ начального инфракрасного нагрева и последующей комбинированной выпечки в СВЧ-поле и при ИК-нагреве;

способ начального прогрева в электромагнитном СВЧ-поле и выпечка при ИК-нагреве и СВЧ-поле.

Примером высокоэффективной выпечки мелкоштучных булочных изделий является комбинированный способ, сочетающий следующие виды воздействия на них:

ИК-нагрев, организованное движение горячего воздуха в пекарном объеме; передвижение стеллажа (вращение) во время выпечки; воздействие на изделия перегретым паром. Этот комбинированный способ выпечки используется в печи КЭП-400 и пекарных шкафах зарубежного производства (см. 9).

Обобщая изложенное, комбинированные способы тепловой обработки, созданные на базе поверхностных (традиционных) и объемных способов, можно условно подразделить на:

комбинирование различных режимов (температура нагрева, продолжительность обработки, температура и время термостатирования, давление или вакуум и т. д.) в одном традиционном способе обработки;

комбинирование различных традиционных способов: варка с последующей жаркой; сочетание жарки и варки (тушение); жарка, варка и последующее запекание продуктов; жарка в различных средах — жир + воздух, душирование горячим жиром, термостатирование и т. д.;

комбинирование традиционных и нетрадиционных способов обработки (например, обжаривание в жире с последующей обработкой в СВЧ-поле);

комбинирование различных нетрадиционных (новых) способов обработки (например, СВЧ- и ИК-нагрев) с определенной последовательностью воздействий на продукт;

комбинирование различных способов теплоподвода к продукту с его перемещением в процессе обработки (в частности, вибротранспортирование продукта).

1.4. ПЕРСПЕКТИВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ КОНСТРУИРОВАНИЯ ТЕПЛОВОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Одним из важных условий успешного решения социально-экономических задач, связанных с улучшением условий жизни и деятельности советских людей, повышением производительности труда, является дальнейшее развитие общественного питания.

Основной рычаг интенсификации общественного

питания и повышения его эффективности — ускорение научно-технического прогресса в отрасли.

Разработка и внедрение прогрессивных технологий производства кулинарной продукции, поточно-механизированных линий, механизация погрузочно-разгрузочных работ являются основой индустриализации общественного питания.

Индустриализация осуществляется по двум главным направлениям:

организация производства полуфабрикатов высокой степени готовности на основе максимального использования имеющихся мощностей заготовочных предприятий и пищевой промышленности;

создание мощностей заготовочных предприятий на основе разработки новых технологий и нового высокопроизводительного оборудования для фабрик-заготовочных с использованием функциональных емкостей и контейнеров для перевозок.

В основу индустриализации положены принципы концентрации, специализации и кооперирования производства.

Концентрация — одно из необходимых условий технического прогресса, повышения роста производительности труда и сокращения объема ручных работ. Так, производство кулинарной продукции концентрируется на одном предприятии, а ее реализация осуществляется в сети предприятий-догоотовочных.

Концентрация производства непосредственно связана со специализацией. Различают предметную (по ассортименту блюд и кулинарных изделий) и технологическую специализацию. В общественном питании наряду с крупными функционируют мелкие и средние предприятия, работающие на полуфабрикатах. Роль специализированных, узкоспециализированных предприятий и предприятий быстрого обслуживания в настоящее время возрастает, их доля в общем количестве предприятий увеличивается.

В сети общественного питания имеются разнородные по мощности предприятия. Поэтому выдвигается задача их кооперирования: внутриотраслевого (создание различных типов заготовочных предприятий) и межотраслевого (производство полуфабрикатов для системы общественного питания на базе пищевой промышленности).

Таким образом, индустриализация общественного

питания — это организация производства полуфабрикатов высокой степени готовности, готовых к употреблению кулинарных блюд и изделий на крупных механизированных фабриках-заготовочных, кулинарных фабриках, предприятиях пищевой промышленности с использованием поточно-механизированных и автоматизированных линий, максимально сокращающих ручной труд.

Индустриализация общественного питания предполагает:

- разработку новых видов оборудования, отвечающего требованиям промышленной технологии;

- создание принципиально нового оборудования для доготовки полуфабрикатов, подогрева готовых охлажденных и быстрозамороженных блюд, а также кулинарных изделий;

- широкое внедрение и разработку новых видов секционного модулированного оборудования;

- механизацию и автоматизацию процессов комплектации и отпуска обедов;

- автоматизацию расчетов с посетителями, создание торговых автоматов по продаже обеденной продукции;

- разработку средств комплексной механизации и автоматизации производственных процессов для специализированных и узкоспециализированных предприятий общественного питания (блинных, вареничных, пельменных, пирожковых, сосисочных и пр.);

- создание машин и аппаратов, работающих на основе электрофизических методов тепловой обработки пищевых продуктов (сверхвысокочастотный и инфракрасный нагревы и их комбинирование с традиционными методами);

- повышение качества выпускаемого оборудования — надежности, долговечности и ремонтпригодности;

- стандартизацию и унификацию деталей, узлов и комплектующих изделий.

Министерство торговли СССР разработало ряд комплексных прогрессивных технологий, предусматривающих механизацию и автоматизацию погрузочно-разгрузочных работ с применением тары-оборудования.

Индустриальная технология товародвижения по схеме «промышленное предприятие — автотранспорт — магазин — предприятие общественного питания» предполагает механизированную (автоматизированную)

укладку продукции в тару-оборудование, комплексную механизацию погрузочно-разгрузочных и транспортно-складских работ.

Тара-оборудование предназначена для укладки товаров в потребительской таре, транспортирования, временного хранения и продажи по методу самообслуживания.

В настоящее время промышленность выпускает различные виды тары-оборудования для широкого ассортимента товаров — кисло-молочной продукции, напитков, хлеба, хлебобулочных и кондитерских изделий и пр.

Хранение и транспортирование большинства полуфабрикатов высокой степени готовности осуществляются в функциональных емкостях.

Механизация операций по перемещению (загрузка, выгрузка сырья, полуфабрикатов и готовой продукции) предусматривает широкое использование передвижных стеллажей, передвижных опрокидывающихся подъемников, наклонных транспортеров и других видов оборудования.

Некоторые виды подъемно-транспортного оборудования под функциональные емкости показаны на рис. 1.10, а, б, в.

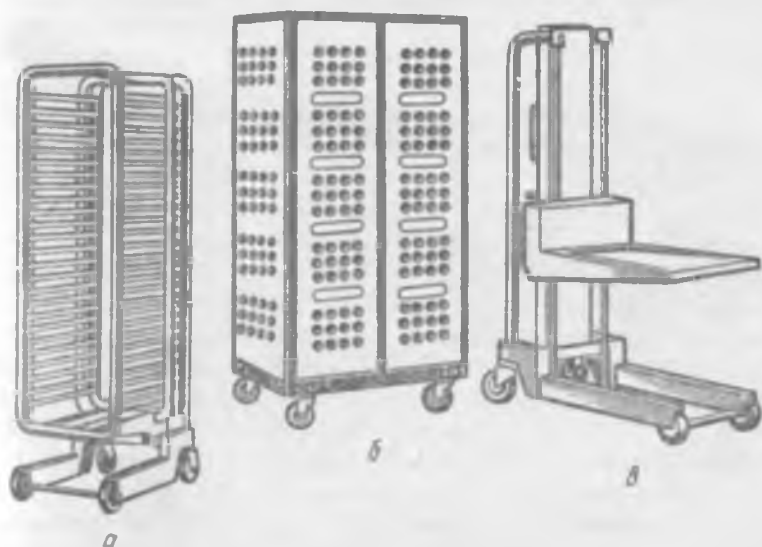


Рис. 1.10. Средства для передвижения функциональных емкостей:
а — стеллажи; б — контейнер; в — тележка

На фабрике-заготовочной полуфабрикаты укладываются в соответствующий им тип емкостей, которые затем устанавливаются на стеллажи или в контейнер. В горячем цехе емкости с полуфабрикатами загружаются в соответствующий тепловой аппарат (жарочный или пароварочный шкаф, плиту). После тепловой обработки продукции функциональные емкости на тележке или стеллаже перевозятся на линию раздачи.

Промышленность изготавливает шесть типов функциональных емкостей различных размеров. Емкости предназначены для хранения, предварительной обработки, приготовления, транспортирования и раздачи продуктов (рис. 1.11).

Емкости для приготовления пищи, противни и вкладыши укладываются в контейнерах, стеллажах и кассетах на уголки, прикрепленные к вертикальным стойкам или стенкам. В котлы и пароварочные шкафы загружают емкости, предварительно установив их в кассеты. Количество емкостей зависит от их размеров. Для загрузки и выгрузки кассет применяются передвижные тележки с подвижной платформой. На них также можно перемещать тяжелые емкости (кастрюли массой 40...60 кг) и продукты. Платформа тележки поднимается вверх по направляющим, что позволяет устано-

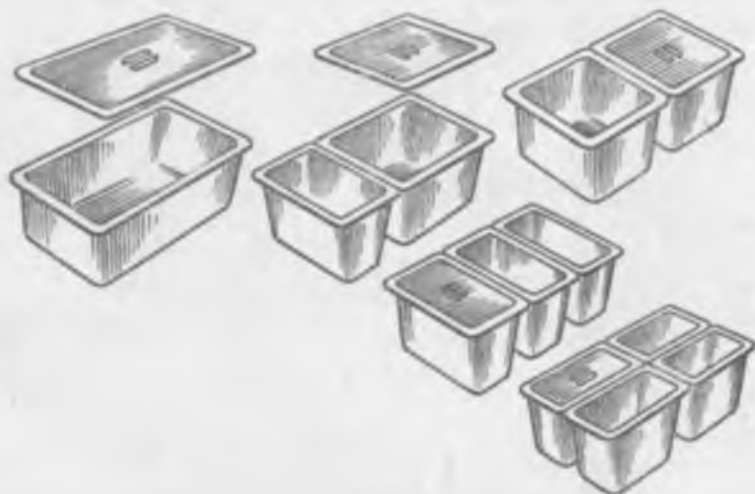


Рис. 1.11. Внешний вид функциональных емкостей

вить ее на уровне рабочей поверхности аппарата или стола.

Для функциональных емкостей разработано специальное тепловое модулированное оборудование, созданное на основе блочной системы, выполняемой в двух вариантах: консольной (оборудование навешивается на фермы из металлоконструкций) и островной. На рис. 1.12 приведена схема использования модулированного оборудования в столовой-догоотовочной.

Рассмотрим одно из перспективных направлений конструирования теплового оборудования.

Отечественными машиностроителями разработан и с 1983 г. освоен выпуск комплекта теплового и раздаточного оборудования на электрообогреве, функциональные емкости для него и средства их перемещения (контейнеры, стеллажи, тележки). Оборудование соответствует стандарту СТ СЭВ 764—77 «Оборудование секционное модулированное». При создании оборудования под функциональные емкости были решены две важные задачи:

унифицированы размеры оборудования всех видов, что создает оптимальные условия для планировки производственных мощностей предприятий общественного питания;

унифицированы габариты рабочих объемов и поверхностей аппаратов, что обеспечивает их рациональное использование.

За основу конструкторского решения нового оборудования принята блочная система, позволяющая монтировать функциональный блок — оборудование на металлоконструкцию, которая выполняет роль подставки. Такой монтаж оборудования создает благоприятные условия для его обслуживания и санитарной обработки. При индивидуальной установке оборудования оно монтируется на самостоятельной подставке, которая крепится к полу. Навесная установка оборудования (плиты, шкафы, сковороды) позволяет широко использовать средства механизации. В частности, в свободной нижней зоне размещаются подсобные механизмы и тележки различного назначения.

Существенным элементом для установки оборудования являются фермы. Фермы предназначены для монтажа оборудования и местных вентиляционных отсосов, подвода электроэнергии и воды.

Фермы островные типа ФО применяются для мон-

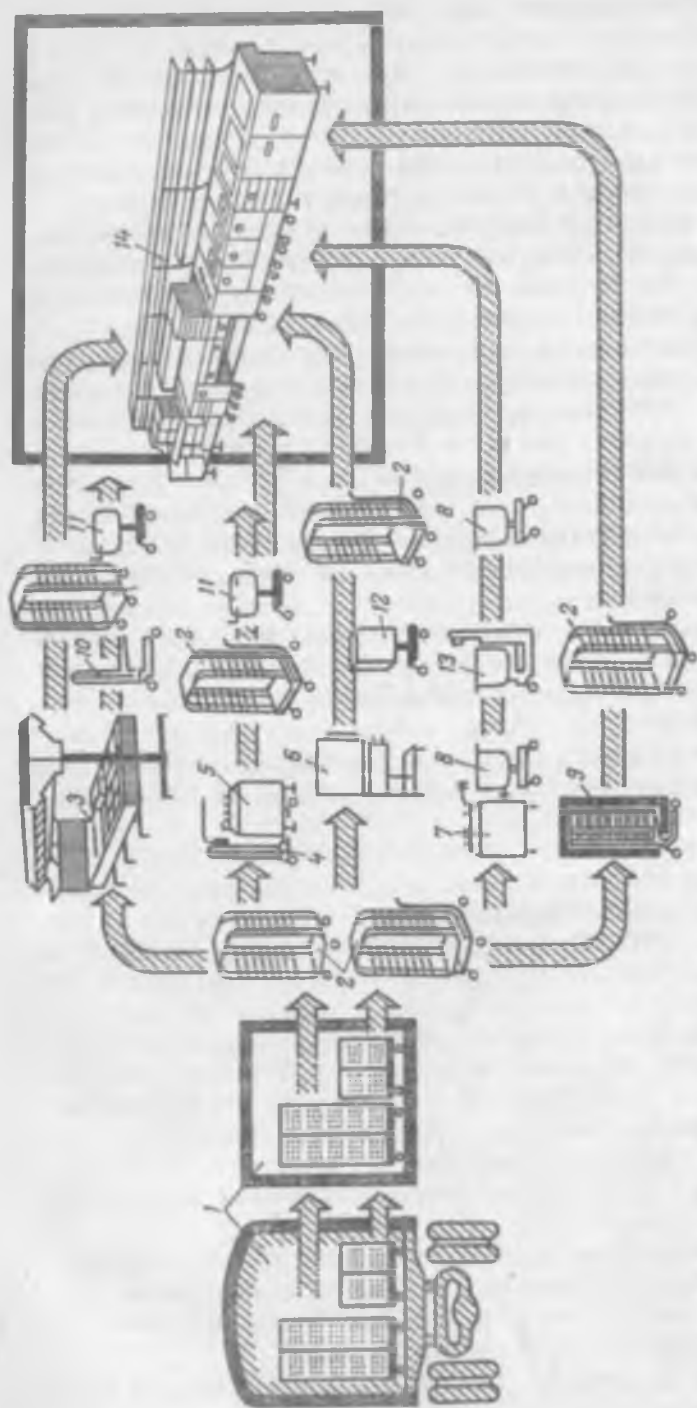


Рис. 1.12. Схема использования модулированного оборудования на предприятиях-доготовочных:

1 — передвижные контейнеры; 2 — передвижные стеллажи; 3 — комплект теплового оборудования; 4 — подземная тележка; 5 — передвижная тележка; 6 — жарочный шкаф; 7 — передвижной шкаф; 8 — передвижной котел; 9 — передвижной шкаф; 10 — подземная тележка; 11 — передвижная платформа; 12 — передвижной мармит; 13 — передвижной шкаф; 14 — линия самообслуживания.

тажа оборудования с островным линейным расположением, а пристенные, типа ФП, — для пристенного линейного расположения. Фермы представляют собой конструкцию, состоящую из стоек, рам, опор с регулируемыми по высоте ножками.

Связывающим звеном взаимосвязанной системы машин и оборудования являются функциональные емкости, унифицированные по своим размерам с функциональными объемами оборудования. Стандарт СТ СЭВ 763—77 «Емкости функциональные» устанавливает основные и присоединительные размеры и технические требования к функциональным емкостям.

Основными размерами функциональных емкостей являются: длина — L ; ширина — B ; высота — H .

В качестве модуля основных размеров длины и ширины функциональных емкостей устанавливаются размеры 530×325 мм. В связи с этим длина и ширина различных функциональных емкостей определяются производными модуля (см. рис. 1.11).

Высота функциональных емкостей, за исключением перфорированных вкладышей, должна выбираться

ТАБЛИЦА 1.7

Термины, определения,
обозначения функциональных емкостей

Термины	Определение	Обозначение
Емкость для пищи	Емкость для хранения, приготовления, транспортирования и раздачи пищи	Е
Вкладыши перфорированные	Емкость с перфорированными стенками и днищами для варки на пару, транспортирования и хранения, а также для раздачи пищи	М
Крышка	Приспособление для закрывания емкостей и вкладышей	К
Противень	Емкость для выпечки и жарки кулинарных и кондитерских изделий, а также для хранения полуфабрикатов и готовых продуктов	О
Решетка	Приспособление для размещения продуктов при дефростации, выпечке и хранении пищевых продуктов непосредственно, а также в таре	
Поднос	Емкость для транспортирования и хранения готовых блюд, а также для установки порционированных блюд при раздаче	

из следующего ряда размеров: 20; 65; 100; 150; 200 мм. В некоторых обоснованных случаях допускается применение функциональных емкостей высотой 40 мм.

В табл. 1.7 приведены определения и обозначения функциональных емкостей.

При рассмотрении конструктивных особенностей теплового оборудования в соответствующих частях учебника рассматривается оборудование под функциональные емкости, а в заключительной 13-й и приложении I приведено описание взаимосвязи этого прогрессивного оборудования в технологическом процессе при внедрении промышленных методов производства кулинарной продукции.

1.5. КЛАССИФИКАЦИЯ И ИНДЕКСАЦИЯ ТЕПЛОВОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Многообразие способов тепловой обработки продуктов предопределяет широкую номенклатуру тепловых аппаратов. Их можно классифицировать по нескольким различным признакам.

По своему функциональному назначению тепловое оборудование классифицируется на универсальное и специализированное. К универсальным тепловым аппаратам относятся плиты кухонные, с помощью которых можно осуществлять различные приемы тепловой обработки. Специализированные тепловые аппараты предназначены для реализации отдельных способов тепловой обработки.

По технологическому назначению специализированное тепловое оборудование классифицируется на варочное, жарочное, жарочно-пекарное, водогрейное и вспомогательное.

Варочное оборудование включает пищеварочные котлы, автоклавы, пароварочные аппараты, сосиско-варки.

В группу жарочного оборудования входят сковороды, фритюрницы, грили, шашлычные печи.

К жарочно-пекарному оборудованию относятся жарочные и пекарные шкафы, парожарочные аппараты.

Водогрейное оборудование представлено кипятилниками и водонагревателями.

Вспомогательное оборудование включает мармиты, тепловые шкафы и стойки, термостаты, оборудование для транспортировки пищи.

В зависимости от источника теплоты оборудование классифицируется на электрические, паровые, огневые, газовые (твердо- или жидкотопливные) тепловые аппараты.

По структуре рабочего цикла тепловое оборудование подразделяется на аппараты периодического и непрерывного действия.

По способу обогрева различают контактные тепловые аппараты и аппараты с непосредственным и косвенным обогревом пищевых продуктов.

В контактных тепловых аппаратах продукт нагревается при непосредственном контакте с теплоносителем (например, с паром в пароварочных аппаратах).

В аппаратах с непосредственным обогревом теплота к продуктам передается через разделительную стенку (например, котлы и сковороды), в аппаратах с косвенным обогревом — через промежуточный теплоноситель. В качестве промежуточного теплоносителя используют воду, пар, минеральные масла, органические и кремнийорганические жидкости.

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 другими аппаратами. Несекционное оборудование требует для своей установки значительных площадей, так как его монтаж и обслуживание осуществляются со всех сторон.

Секционное оборудование выполняется в виде отдельных секций, в которых основные узлы и детали унифицированы. Фронт обслуживания таких аппаратов — с одной стороны, благодаря чему возможно соединение отдельных секций и получение блока аппаратов требуемой мощности и производительности.

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 — 850 ± 10 мм, что соответствует основным средним антропометрическим данным человека.

Дальнейшее совершенствование теплового оборудования основывалось на производстве секционных аппаратов под функциональные емкости, что наиболее полно удовлетворяет задаче индустриализации процессов приготовления пищи. Это оборудование отвечает стандартам стран СЭВ по модулю, функциональным емкостям и контейнерам. Длина и ширина этого оборудования кратны модулю M , равному 100 мм, высота до рабочей поверхности составляет 850 или 900 мм.

Секционное модулированное оборудование имеет ряд преимуществ перед немодулированным оборудованием: одинаковая ширина и высота отдельных секций позволяют устанавливать их в технологические линии; применение линейного принципа расстановки позволяет экономить до 12...20 % производственных площадей;

обеспечивается последовательность технологического процесса, удобная взаимосвязь отдельных его стадий;

сокращается непроизводительное перемещение персонала, что способствует повышению производительности труда;

снижаются затраты на монтаж и ремонт оборудования;

уменьшаются расходы на прокладку трубопроводов, канализационных труб, электрического кабеля.

Для упорядочения проектирования и производства аппаратов новых конструкций, обеспечения максимальной унификации узлов и деталей, снижения эксплуатационных затрат разработаны ГОСТы на все тепловые аппараты.

За исходные параметры в типоразмерном ряду тепловых аппаратов приняты: для плит и сковород — площадь жарочной поверхности, м^2 ; для кипятильников — часовая производительность, $\text{дм}^3/\text{ч}$; для котлов — вместимость варочного сосуда, дм^3 , и т. д.

Аппараты, работающие на электроэнергии, газе, паре, твердом и жидком топливе, включаются в один параметрический ряд, который состоит из нескольких типов, работающих на одном виде энергоносителя. Аппараты одного типа могут быть представлены одним или несколькими типоразмерами.

В соответствии с классификационной схемой и ГОСТами была принята индексация теплового оборудования, которая дает сведения о назначении теплового аппарата, его энергоносителя, размере и особенностях конструкции.

В основу индексации положено буквенно-цифровое обозначение оборудования.

Первая буква соответствует наименованию группы, к которой относятся данные аппараты. Например: плиты — П, котлы — К, шкафы — Ш и т. д.

Вторая буква соответствует наименованию вида оборудования, например: секционные — С, пищеварочные — П, непрерывного действия — Н.

Третья буква соответствует наименованию энергоносителя, например: паровые — П, газовые — Г, электрические Э, твердотопливные — Т.

Цифра, отделенная от буквенного обозначения дефисом, соответствует типоразмеру или основному параметру данного оборудования: площадь жарочной поверхности, число конфорок, число жарочных шкафов, производительность по кипятку, вместимость котла.

В индексацию секционного модульного оборудования вводится четвертая буква М — модульный.

Например: КПЭ-60 — котел пищеварочный электрический, вместимостью 60 дм³; КНЭ-25 — кипяtilьник непрерывного действия производительностью 25 дм³/ч; ПГС-2 — плита секционная газовая двухконфорочная; ПЭСМ-4 — плита электрическая секционная модульная четырехконфорочная. Плиты электрические выпускаются с круглыми и прямоугольными конфорками, с жарочными шкафами и без них для непосредственной жарки на жарочной поверхности. Эти конструктивные особенности отражаются в индексации буквой после цифры, например; ПЭСМ-2К — плита электрическая секционная модульная с двумя круглыми конфорками; ПЭСМ-2 — плита электрическая секционная модульная с двумя конфорками для непосредственной жарки с жарочным шкафом.

Дополнительная литература

Беляев М. И. Производство мучных кондитерских изделий в общественном питании. М.: Экономика, 1977. 136 с.

Беляев М. И. Тепловые процессы и качество продукции в общественном питании. М.: Экономика, 1979. 134 с.

Беляев М. И. Индустриальные технологии общественного питания. М.: Экономика, 1988. 280 с.

Дорохин В. А. Тепловое оборудование предприятий общественного питания. Киев: Вища школа, 1987. 406 с.

Некрутман С. В. Аппараты СВЧ в общественном питании. М.: Экономика, 1973. 136 с.

Островский В. А. Применение ИК-энергии в общественном питании. М.: Экономика, 1976. 120 с.

Рогов И. А., Горбатов А. В. Физические методы обработки пищевых продуктов. М.: Пищевая промышленность, 1974. 583 с.

Сахарова Н. Н. Использование инфракрасных излучений в технологии рыбы. М.: Пищевая промышленность, 1966. 165 с.

2.1. ПРЕИМУЩЕСТВО ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ КАК ИСТОЧНИКА ТЕПЛОТЫ

С развитием электрификации страны электротепловые аппараты получили широкое распространение на предприятиях общественного питания, что объясняется рядом преимуществ их перед тепловыми аппаратами, работающими на твердом и жидком топливе, газе. Благодаря отсутствию пламени, неизбежного в твердотопливной и газовой аппаратуре, при электронагреве уменьшается опасность пожара и отпадает необходимость в заготовке и хранении твердого топлива, удалении продуктов его сгорания, в устройстве газопроводов и хранении сжиженного газа. Кроме того, в твердотопливных и газовых тепловых аппаратах регулируется только количество теплоты, подводимой к поверхности нагрева, без изменения температуры самого пламени, а в электротепловых аппаратах можно регулировать рабочую температуру в широких пределах за счет изменения подводимой мощности к электронагревательным устройствам.

Применение электронагрева дает возможность автоматизировать процессы тепловой обработки пищевых продуктов и регулировать такие параметры, как температура, давление, продолжительность обработки, уровень жидкостей, и др. К преимуществам электротепловых аппаратов относится также возможность секционирования и широкой децентрализации нагрева и тепловых процессов приготовления пищи. Применение электроэнергии в тепловых аппаратах позволяет конструировать специализированные аппараты.

Необходимо также отметить простоту обслуживания

ния и значительное улучшение санитарно-гигиенических условий труда. Достоинство электротепловых аппаратов заключается и в том, что при их эксплуатации можно получить необходимое количество теплоты, а также необходимую температуру практически в любой отрезок времени и в определенном узле аппарата, причем с малыми потерями и точным учетом расхода электроэнергии.

Количество тепловой энергии (в МДж), выделяемое электронагревателем, определяется соотношением

$$Q = 3,6Pt, \quad (2.1)$$

где P — мощность электронагревателя, кВт; t — продолжительность нагрева, ч; 3,6 — коэффициент пересчета.

Электротепловые аппараты надежны в эксплуатации, а ремонт в основном сводится к замене электронагревателей.

Однако несмотря на существенные преимущества электроэнергии как технологического топлива, Минэнерго СССР ограничивает применение электроэнергии в общественном питании, считая при этом, что использование других видов топлива в комплексе с электроэнергией наиболее выгодно государству. Особое внимание уделяется использованию местных видов топлива (газ, уголь, жидкое топливо).

Измеряется потребление электроэнергии счетчиками, которые устанавливаются на распределительном или вводном пульте предприятия. Обычно для этой цели применяются пятиамперные трехфазные или четырехпроводные счетчики для напряжения 3×220 или $4 \times 380/220$ В. На предприятиях общественного питания устанавливают не менее двух счетчиков, один — для учета потребления силовой энергии, а другой — для учета энергии, расходуемой на освещение. В крупных цехах предприятий-заготовочных счетчики также устанавливают для учета электроэнергии аппаратами по цехам. Это позволяет проверять соблюдение норм потребления электроэнергии на отдельные технологические процессы и в определенных подразделениях предприятия.

Проводимые мероприятия позволяют контролировать рациональность расходов топливно-энергетических ресурсов, что положительно сказывается на экономической эффективности предприятия.

2.2. КРАТКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ТВЕРДОГО И ЖИДКОГО ТОПЛИВА

Топливом называются сложные органические соединения, при сгорании которых выделяется теплота. Различают органическое и ядерное топливо. Органическое топливо преимущественно растительного происхождения; химическая энергия его при окислении превращается в тепловую. При использовании ядерного топлива тепловая энергия выделяется за счет распада ядер атомов некоторых элементов (уран, торий, плутоний). По способу получения топливо подразделяется на естественное и искусственное, которое в зависимости от физического состояния может быть твердым, жидким и газообразным. Естественное твердое топливо — это антрацит, каменный и бурый уголь, сланцы, торф, дрова. Искусственное — кокс, полукокс, древесный уголь и др. Естественным жидким топливом является нефть. При ее переработке получают бензин, керосин, лизин, мазут и др.

Различают три направления использования топлива: в качестве энергетического сырья в производстве электрической и тепловой энергии; в качестве энергетического сырья, непосредственно используемого в производстве различных продуктов, кроме электроэнергии, пара и горячей воды (топливо прямого использования); как сырье для создания различных продуктов неэнергетического производства.

Важнейшими характеристиками топлива являются: химический состав, теплота сгорания, температура воспламенения, влажность, вязкость. Топливо состоит из отдельных, не связанных друг с другом элементов. Часть элементов топлива являются горючими, часть — балластными. В связи с этим состав топлива называют *элементарным*. Элементарный состав твердого и жидкого топлива (в % по массе) можно представить следующим равенством:

$$C^p + H^p + S^p + O^p + N^p + A^p + W^p = 100 \%. \quad (2.2)$$

Индекс «р» означает рабочее топливо, т. е. топливо в том виде, в каком оно поступает для сжигания в топку. К горючим элементам топлива относятся: углерод C^p , водород H^p и летучая (горючая) сера S^p . Углерод является основным горючим элементом, опре-

деляющим энергетическую ценность топлива. В топливе содержится от 50 до 95 % углерода, водорода — от 1 до 11 и горючей серы — от 0 до 8 %.

Кислород O^p не горит, но способствует горению горючих элементов топлива. В процессе горения топлива азот N^p не участвует и с кислородом образует *внутренний балласт*. Содержание их в топливе уменьшает его горючую часть и снижает тепловую ценность топлива. Содержание в топливе золы и влаги также снижает тепловую ценность. Зола A^p и влага W^p не являются химическими элементами топлива и составляют его *внешний балласт*.

Рабочая масса в составе топлива является неустойчивой, так как для одного и того же сорта топлива в зависимости от способа его добычи, хранения, содержания в нем серы, золы и влаги характеристики его имеют значительные колебания. В связи с этим для определения качества топлива пользуются также составом, пересчитанным на сухую, горючую и органическую массы топлива, каждая из которых имеет свой состав компонентов. *Сухая масса* топлива получается при удалении влаги, при удалении золы и влаги — *горючая масса*, а при удалении золы, влаги и серы получается *органическая масса*.

Одной из характеристик топлива является теплота сгорания. *Теплотой сгорания* топлива называется количество тепловой энергии, выделяемое при полном сгорании 1 кг топлива. Теплоту сгорания обозначают буквой Q и измеряют в кДж/кг, МДж/кг. Она зависит от химического состава топлива и условий его сжигания. Различают высшую и низшую теплоту сгорания.

Высшей теплотой сгорания Q_p^p называется количество тепловой энергии, выделяющееся при полном сгорании 1 кг топлива при условии, что образующиеся при сгорании топлива водяные пары конденсируются и остаются в жидком состоянии.

Низшей теплотой сгорания Q_n^p (которой пользуются при технических расчетах) называется количество тепловой энергии, выделяющееся при полном сгорании 1 кг топлива при условии, что пары воды не конденсируются, а теплота, расходуемая на испарение влаги, которая содержится в топливе, и образуемая в результате сгорания водорода, не учитывается.

Теплота сгорания различных видов топлива различна и зависит от содержания в нем горючих элемен-

тов, влаги, золы. Чем больше горючих элементов в топливе и меньше влаги и золы, тем выше теплота его сгорания. Например, каменный уголь АМ, содержащий $C^p = 76,4 \%$, $H^p = 1,5 \%$, имеет теплоту сгорания $Q_p^p = 27,3$ МДж/кг, а бурый уголь Б, содержащий $C^p = 41,9 \%$, $H^p = 2,7 \%$, имеет теплоту сгорания $Q_p^p = 15,2$ МДж/кг. Твердое топливо, нагреваясь без доступа воздуха, при достижении температуры воспламенения распадается на твердую и летучую часть.

Твердая часть состоит из углерода и золы. Твердую часть (остаток), полученную из каменного угля, называют коксом, а полученную из древесины — древесным углем.

Летучая часть (летучие вещества) представляет смесь горючих и негорючих газов. К горючим газам относятся окись углерода, водород, различные углеводороды, к негорючим — кислород, азот, углекислый газ, водяные пары. Топливо с большим выходом летучих веществ легко воспламеняется и характеризуется длинным пламенем и низкой теплотой сгорания (дрова, торф). Топливо с малым выходом летучих веществ (антрацит) имеет короткое пламя, но более высокую теплоту сгорания.

Характеристикой топлива также является температура его воспламенения — температура, до которой должна быть разогрета часть топлива (в присутствии воздуха), чтобы затем реакция горения протекала самопроизвольно с выделением теплоты. Для торфа и дров температура воспламенения составляет 225...300 °С, антрацита — 700 °С. Температура воспламенения (вспышки) жидкого топлива 80...180 °С. Как указывалось выше, необходимым условием горения является нагревание топлива до температуры воспламенения (вспышки). *Горением* называется физико-химический процесс соединения горючих элементов с окислителем (кислородом воздуха), сопровождающийся интенсивным выделением тепловой энергии. В результате процесса горения образуются продукты сгорания, представляющие собой механическую смесь газообразных веществ. Продуктами полного сгорания топлива являются: углекислый газ, сернистый газ, водяные пары, часть кислорода, не вступившая в реакцию окисления, азот.

Различают полное и неполное сгорание горючих элементов топлива. При полном сгорании процесс

протекает по реакции $C + O_2 = CO_2$. При сгорании 1 кг углерода выделяется 32,9 МДж/кг ($2H_2 + O_2 = 2H_2O$), при сгорании 1 кг водорода выделяется 143,1 МДж/кг тепловой энергии при условии образования воды и 121,9 МДж/кг тепловой энергии при условии образования водяных паров; при сгорании 1 кг серы выделяется 9,1 МДж/кг тепловой энергии. При неполном сгорании горючих элементов (недостаток кислорода) процесс протекает по реакции: $2C + O_2 = 2CO$, при этом 1 кг углерода выделяет только 9,1 МДж/кг тепловой энергии.

Таким образом, процесс горения должен протекать так, чтобы в топке теплового аппарата не было большого избытка или недостатка воздуха. При избытке воздуха увеличивается объем продуктов сгорания и часть тепловой энергии расходуется на их нагрев, что приводит к понижению температуры в топке и увеличению потерь теплоты с уходящими продуктами сгорания. При недостатке воздуха наблюдается химический недожог топлива, часть углерода не сгорает и уходит с продуктами сгорания в виде окиси углерода. Поэтому для обеспечения полного сгорания топлива необходимо определенное количество окислителя (кислорода воздуха). Минимальное (расчетное) количество воздуха, необходимое для полного сгорания топлива, называется *теоретически необходимым* и обозначается L_T (по массе) и V_T (по объему). Практически при сжигании топлива в топках часть кислорода не участвует в процессе горения и для обеспечения полного сгорания топлива к нему подводят воздух, количество которого превышает теоретически необходимое. Такой воздух называют *действительно необходимым* и обозначают L_d , V_d . Отношение действительно необходимого количества воздуха к теоретически необходимому количеству воздуха называется *коэффициентом избытка воздуха*:

$$\alpha = V_d/V_T = L_d/L_T. \quad (2.3)$$

Коэффициент α зависит от вида топлива, способа его сжигания и конструкции топки. Величина коэффициента избытка воздуха колеблется в пределах 1,1...1,5.

Для получения тепловой энергии на предприятиях общественного питания используется энергетическое топливо. К этому виду топлива относятся естественное

твердое топливо, которое подразделяется на ископаемое (антрацит, каменные и бурые угли, торф, горючие сланцы), древесное (дрова из различных пород дерева) и жидкое топливо (мазут), получаемое из нефти.

Антрацит является основным энергетическим топливом — это твердый уголь с большим содержанием углерода, малым содержанием влаги и небольшим выходом летучих веществ (5...10 %). Антрацит обладает высокой химической стойкостью при хранении, большой плотностью и механической прочностью.

Каменный уголь по сравнению с антрацитом содержит меньше углерода, химически устойчив, при хранении практически не выветривается. Влажность каменного угля несколько выше, чем антрацита. Кроме того, каменный уголь характеризуется большой механической прочностью, малым выходом летучих веществ и устойчивостью к самовозгоранию.

Бурый уголь характеризуется малой теплотой сгорания, пониженным содержанием углерода, повышенным содержанием кислорода и влажности и имеет большой выход летучих веществ. Теплота сгорания бурых углей зависит от содержания влаги и выхода золы и колеблется в широких пределах. Бурые угли имеют незначительную твердость, а следовательно, малую механическую прочность, обладают способностью к окислению и самовозгоранию. При хранении выветриваются, превращаясь в угольную пыль. В связи с этим бурые угли относят к местному топливу, перевозить их на дальние расстояния нецелесообразно.

Торф является продуктом неполного разложения органических веществ растительного происхождения при избытке влаги с малым доступом воздуха. Обычно свежедобытый торф содержит до 40 % влаги, поэтому его необходимо просушивать перед использованием. Торф является малоэффективным видом топлива, так как имеет низкую теплоту сгорания. Торф — это масса буро-черного цвета. По способу добычи различают торф кусковой (определенной формы) и фрезерный (крошка). Торф самовозгорается при неправильном хранении.

Горючие сланцы являются низкокалорийным видом топлива, так же как и торф, относятся к местному топливу. По химическому составу сланцы сходны с нефтью. Сланцы характеризуются повышенной влажностью и зольностью, в органической массе содержат

значительное количество водорода, что обуславливает большой выход летучих веществ. Они имеют повышенное содержание серы.

Дрова в качестве энергетического топлива применяются редко, так как имеют низкую теплоту сгорания. Содержание влаги в свежесрубленном дереве составляет 50...60 %. При хранении в течение двух лет влажность снижается до 18...20 %. Дрова характеризуются практически отсутствием серы, незначительной зольностью, большим выходом летучих веществ, что обеспечивает хорошую воспламеняемость. Состав органической массы устойчив и практически одинаков для различных пород.

Жидкое топливо — мазут, получаемый из нефти, характеризуется большим содержанием углерода и водорода, малым содержанием балласта и имеет высокую теплоту сгорания. Качество мазута зависит от таких показателей, как вязкость, плотность и температура воспламенения. Запасы топлива обычно хранятся в нефтехранилищах — стальных баках, которые в целях пожарной безопасности располагают под землей. Кроме мазута в качестве жидкого топлива могут применяться дизельное топливо, солярка, керосин.

Низшая теплотворная способность натурального топлива определяется по формуле

$$Q_n^* = Q_n^* [100 - (A_p + W_p) / 100 - 6W_p], \quad (2.4)$$

где Q_n^* — низшая теплотворная способность горючих элементов топлива, кДж/кг; A_p — зольность рабочего топлива, %; W_p — влажность рабочего топлива, %.

Для перевода условного топлива в натуральное следует условную массу топлива разделить на тепловой эквивалент. Тепловой эквивалент для антрацита составляет 0,87 %; каменного угля — 0,935; мазута — 1,33; торфа — 0,37; дров — 0,35 % и т. д.

Пример 1. Предприятие должно получить со склада 40 т условного топлива. Склад отпускает 60 % антрацита, 30 % каменного угля и 10 % дров. Определить количество натурального топлива, которое должно получить предприятие.

Решение. Определяют тепловой эквивалент для каждого вида топлива: Q_n^* антрацита равно 25,6 МДж/кг; Q_n^* каменного угля — 27,4 МДж/кг; Q_n^* дров — 10,2 МДж/кг.

$$\mathcal{E}_a = 25,6/29,3 = 0,87; \mathcal{E}_u = 10,2/29,3 = 0,35; \mathcal{E}_d = 27,4/29,3 = 0,935.$$

Находят массы антрацита m_a , каменного угля m_y и дров m_d :

$$m_a = (40 \cdot 60) / (100 \cdot 0,87) = 27,586 \text{ т}; \quad m_y = (40 \cdot 30) / (100 \cdot 0,935) = 12,83 \text{ т}; \quad m_d = (40 \cdot 10) / (100 \cdot 0,35) = 11,43 \text{ т}.$$

Потребление отдельного вида топлива на предприятиях общественного питания осуществляется, как правило, совместно с другими его видами. В котельных характерными являются следующие сочетания потребляемых видов топлива — природный газ и мазут; уголь, природный газ и мазут; уголь и мазут и т. д. При этом практика использования топливных ресурсов показала, что раздельное нормирование расхода каждого вида топлива нецелесообразно. Поэтому учет расхода котельно-печного топлива в производстве в целом по отрасли, министерствам, ведомствам (объединениям) и предприятиям осуществляется в условном исчислении. Условным называется топливо, теплота сгорания которого составляет 29 308 кДж/кг.

Перевод натурального топлива в условное производится по формуле

$$m_y = m_n \cdot \mathcal{E}, \quad (2.5)$$

где m_y — масса условного топлива, кг; m_n — масса натурального топлива, кг; $\mathcal{E}$ — тепловой эквивалент, показывающий, какой части условного топлива (по низшей теплоте сгорания) соответствует рассматриваемое топливо.

Тепловой эквивалент определяется отношением низшей теплоты сгорания любого вида топлива к теплоте сгорания условного топлива:

$$\mathcal{E} = Q_p^* / 29,3. \quad (2.6)$$

Пример 2. Определить количество условного топлива при использовании 900 кг горючих сланцев. Низшая теплота сгорания горючих сланцев 11,4 МДж/кг.

Рассчитывают тепловой эквивалент для горючих сланцев: $\mathcal{E} = 11,4 / 29,3 = 0,389$.

Определяют количество условного топлива: $m_y = 900 \cdot 0,389 = 350,1 \text{ кг}$.

Основные характеристики топлива приведены в приложении 4.

2.3. ПРИРОДНЫЕ И ИСКУССТВЕННЫЕ ГАЗЫ, ИХ ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Горючий газ имеет значительные преимущества перед твердым и жидким топливом. Использование газа в

качестве источника теплоты освобождает потребителя от забот по заготовке, транспортировке и хранению топлива, вывозу золы и шлака, улучшает санитарно-гигиенические условия работы на предприятиях.

На предприятиях общественного питания использование газа как источника тепловой энергии позволяет автоматизировать процесс работы на тепловых аппаратах. Высокое тепловое напряжение топочного пространства способствует уменьшению габаритов тепловых аппаратов, снижению удельных расходов тепловой энергии. Все эти достоинства газа делают его удобным, экономичным, а в некоторых случаях и незаменимым источником тепловой энергии для технологических процессов приготовления пищи на предприятиях общественного питания.

Необходимо отметить и тот факт, что эффективность замены твердого и жидкого топлива газом так велика, что средства, затрачиваемые на сооружение газопровода, окупаются в три-четыре года.

Природные горючие газы добывают из газовых и нефтяных месторождений. В последних газы находятся вместе с нефтью и называются *попутными*. Природные горючие газы чисто газовых месторождений называются *сухими*. Сухие газы состоят преимущественно из метана, не имеют цвета и запаха. Попутные газы — жирные, содержат в своем составе метан и легко конденсирующиеся тяжелые углеводороды. Они имеют характерный запах нефти.

Горючий газ представляет собой смесь горючих (моногазов) и негорючих (балластов) компонентов. К горючим моногазам, входящим в газовую смесь, относятся метан CH_4 , водород H_2 , окись углерода CO , сероводород H_2S и различные предельные $\text{C}_n\text{H}_{2n+2}$ (этан, пропан, бутан и др.) и непредельные C_nH_{2n} (этилен, пропилен, бутилен и др.) углеводороды. К балласту относятся азот N , углекислый газ CO_2 , кислород O_2 . Кроме этих составляющих, в газообразном топливе содержатся водяные пары, бензол, парафин, нефть и другие вещества.

В качестве газообразного топлива применяются и искусственные газы, получаемые из твердого или жидкого топлива при его переработке (доменный, коксовый, сланцевый, крекинг-газ и др.).

Искусственные газы непосредственно после их получения содержат сероводород, нафталин, аммиак, смолу

и другие примеси, от которых их очищают на газовых заводах механическим или химическим путем.

Для газоснабжения широко используются сжиженные газы, источником получения которых являются попутные газы, производные нефтяные газы и производные газы, получаемые при переработке угля и природных горючих газов. Химический состав этих газов различен и зависит от источников получения. Так, сжиженные газы, получаемые из природных газов, содержат только предельные углеводороды: пропан C_3H_8 , бутан C_4H_{10} , этан C_2H_6 , небольшое количество пентанов C_5H_{12} . Сжиженные газы, получаемые из паров при нефтепереработке, кроме предельных углеводородов содержат и непредельные — пропилен C_3H_6 , бутилен C_4H_8 . Различают следующие марки сжиженных газов: пропан — газ, состоящий из пропана или пропана и пропилена; бутан — газ, состоящий из бутана или бутана и бутилена; смесь пропана и бутана или газ, состоящий из пропана, пропилена, бутана и бутилена. Эти смеси при нормальных условиях находятся в газообразном состоянии, но при небольшом избыточном давлении и понижении температуры переходят в жидкость. Сжиженные газы как топливо обладают всеми достоинствами природного и искусственного газов.

К местам потребления они доставляются в баллонах, цистернах или путем перекачки по трубопроводам. Все горючие газы характеризуются физико-химическими, теплотехническими и эксплуатационными показателями.

К физико-химическим показателям горючего газа относятся: его состав, влажность, удельный вес, теплота сгорания, вязкость, температура воспламенения, пределы воспламеняемости и скорость распространения пламени.

Теплотехнические показатели включают: теоретически необходимое для горения количество воздуха, теоретическую температуру горения, топливную характеристику, объем продуктов сгорания, максимальное содержание RO_2^{max} в сухих продуктах сгорания. К эксплуатационным показателям горючего газа относятся: давление, взрываемость, запах, токсичность, механическое загрязнение, коррозионная активность, температура, постоянство состава.

Сухое газообразное топливо имеет следующий

состав, который определяется по объему в процентах из следующего уравнения:

$$\text{CH}_4 + \sum \text{C}_m\text{H}_n + \text{H}_2 + \text{H}_2\text{S} + \text{CO} + \text{CO}_2 + \text{SO}_2 + \text{N}_2 + \text{O}_2 = 100 \%, \quad (2.7)$$

где $\sum \text{C}_m\text{H}_n = \sum \text{C}_n\text{H}_{2n} + \sum \text{C}_n\text{H}_{2n+2}$;

CH_4 , $\sum \text{C}_m\text{H}_n$, H_2 , H_2S , CO , CO_2 , SO_2 , N_2 , O_2 — соответственно метан, сумма предельных и непредельных углеводородов, водород, сероводород, окись углерода, углекислый газ, сернистый газ, азот, кислород.

Все расчеты ведутся на 1 м³ сухого газа или количеством водяных паров в 1 м³ влажного газа. По содержанию водяных паров w , г, в 1 м³ сухого газа определяется количеством водяных паров f , г, в 1 м³ влажного газа по формуле

$$f = w / (1 - w/805) = 805w / (805 - w), \quad (2.8)$$

где 805 — масса 1 м³ водяного пара, г, при условии, что вода находится в газообразном состоянии.

При необходимости обратного пересчета применяется формула

$$w = f / (1 - f/805) = 805f / (805 - f). \quad (2.9)$$

Удельный вес газовой смеси при нормальных условиях (0 °С и 760 мм рт. ст.) $\gamma_{см0}$, кг/м³, подсчитывают по ее составу по формуле

$$\gamma_{см0} = (\gamma_1\gamma_1 + \gamma_2\gamma_2 + \dots + \gamma_n\gamma_n) / 100, \quad (2.10)$$

где $\gamma_{см0}$ — удельный вес газовой смеси, кг/м³, γ_1 , γ_2 , γ_n — удельный вес отдельных газов при нормальных условиях, кг/м³; γ_1 , γ_2 , γ_n — объемное содержание отдельных газов в газовой смеси, %.

Для приведения газа к нормальным условиям применяется коэффициент K_n , который определяется по формуле

$$K_n = (P_{бар} + P_{газ} + P_{пары}) \cdot 273 / (273 + t) \cdot 760, \quad (2.11)$$

где $P_{бар}$ — барометрическое давление воздуха, мм рт. ст.; $P_{газ}$ — давление газа перед горелкой, мм рт. ст.; $P_{пары}$ — парциальное давление водяных паров, мм рт. ст.; t — температура смеси газа, °С.

Удельный вес влажного газа определяется по формуле

$$\gamma_{см0}^в = \gamma_{см0} (1 - f/805) + f/1000. \quad (2.12)$$

Если температура и давление газовой смеси не отвечают нормальным условиям, удельный вес определяют по формуле

$$\gamma_{т.р}^в = \gamma_{см0} [273(760 + P) / (273 + t) 760], \quad (2.13)$$

где t — температура смеси, °C; P — избыточное давление смеси, мм рт. ст.

Так же определяется относительный удельный вес газа по воздуху $S = \gamma_{см} / \gamma_в$.

При этом необходимо учитывать, что плотность воздуха $\gamma_в = 1,293 \text{ кг/м}^3$, а плотность газов колеблется от 0,5 до 1,4 кг/м^3 .

Физико-химической характеристикой горючего газа служит также теплота сгорания, т. е. количество тепловой энергии, которое выделяется при полном сгорании определенного количества газа. Различают высшую и низшую теплоту сгорания сухого и влажного газа. *Высшая теплота сгорания* сухого газа — это теплота сгорания входящего в его состав водорода и его соединений с образованием воды в виде жидкости, т. е. при условии выделения скрытой теплоты парообразования при охлаждении продуктов сгорания.

За низшую теплоту сгорания сухого газа принимают теплоту сгорания 1 м^3 газа при нормальных условиях и при условии полного сгорания входящего в его состав водорода или его соединений с образованием воды в виде пара, т. е. без использования скрытой теплоты парообразования. Высшая теплота сгорания газа определяется с помощью газового калориметра. Низшая теплота сгорания может быть вычислена на основании известного состава газа по формуле

$$Q_v^c(0^\circ \text{C}, 760) = r_1 Q_1 + r_2 Q_2 + \dots + r_n Q_n, \quad (2.14)$$

где r_1, r_2, r_n — объемная доля каждого компонента, входящего в состав смеси; Q_1, Q_2, Q_n — низшая или высшая теплота сгорания 1 м^3 компонента.

Для определения низшей теплоты сгорания влажного газа необходимо предварительно определить низ-

газов тем значительнее, чем больше в них содержится водорода. На скорость распространения пламени оказывают влияние: соотношение в смеси газа и кислорода, состав горючей части газа, содержание примесей, температура смеси, диаметр трубки и характер истечения газовой смеси — ламинарный или турбулентный (при турбулентном режиме движения скорость распространения пламени будет значительно больше).

Скорость распространения пламени и скорость газовой смеси оказывают существенное влияние на работу горелок. Нарушение их взаимосвязи вызывает отрыв и проскок пламени. Если скорость газовой смеси превышает скорость распространения пламени этой смеси, то происходит отделение пламени от огневых отверстий, т. е. *отрыв пламени*. *Проскок* — это проникновение пламени внутрь горелки, возникающее при условии, когда скорость газовой смеси становится ниже скорости распространения пламени. Отрыв и проскок пламени приводят к нарушению нормального режима работы газовых горелок, химическому недожогу и снижению КПД газовых аппаратов.

Теоретически необходимое количество сухого воздуха для полного сгорания 1 м³ сухого газа определяется в зависимости от состава горючего газа из уравнения

$$V_a = 0,0476(0,5H_2 + 0,5CO + 1,5H_2S + 2CH_4 + 3C_3H_4 + 3,5C_2H_6 + 4,5C_3H_6 + 5C_3H_8 + 6C_4H_{10} + 8C_5H_{12} - O_2), \quad (2.18)$$

где $H_2, CO, CH_4 \dots C_mH_n$ — компоненты горючего газа, % по объему.

Теоретический расход сухого воздуха в зависимости от теплоты сгорания газа можно определить также по приближенным формулам:

$$V_a = 0,875Q_p^g / 1000 \text{ при } Q_p^g \leq 10\,472, \text{ кДж/м}^3; \quad (2.19)$$

$$V_a = 1,09Q_p^g / 1000 \text{ при } Q_p^g > 10\,472, \text{ кДж/м}^3. \quad (2.20)$$

Действительный расход воздуха определяется в зависимости от принятого коэффициента избытка воздуха:

$$V_d = \alpha V_a.$$

Теоретически необходимый объем воздуха для полного сгорания горючих газов различного состава колеблется в широких пределах и зависит от теплоты сгорания газа. С повышением теплоты сгорания газа увеличивается количество воздуха, необходимого для полного сжигания 1 м³ газа.

Количество воздуха, приходящееся на 4189 кДж/м³ низшей теплоты сгорания газа, принимается за приведенную характеристику газа a и определяется по соотношению

$$a = (V_0/Q_H^P) \cdot 1000. \quad (2.21)$$

Сжигание газа происходит с некоторым коэффициентом избытка воздуха α , величина которого зависит от рациональной конструкции горелки, камеры сгорания, качества обслуживания газопеременных устройств, от качества смешения газа и воздуха. Коэффициент в зависимости от качества смешения газа и воздуха колеблется в пределах 1,05...1,20 — для промышленных установок и 1,5...2,0 — для коммунальных и бытовых установок.

Теплотехнической характеристикой горючего газа служит также температура сгорания. *Калориметрической температурой сгорания* t_k , °С, горючего газа называется температура продуктов его полного сгорания в адиабатических условиях при начальных температурах газа и воздуха, а также коэффициенте избытка воздуха α , взятых при действительных их значениях. Она определяется по формуле

$$t_k = (Q_H^P + q_\phi) / \Sigma V_{cp}, \quad (2.22)$$

где Q_H^P — низшая теплота сгорания газа, кДж/м³; q_ϕ — физическая теплота газа и воздуха, кДж/м³; ΣV_{cp} — сумма произведений объемов и теплоемкостей при постоянном давлении составных частей продуктов сгорания 1 м³ газа.

$$q_\phi = V_a c_a t_a + c_2 t_2, \quad (2.23)$$

где V_a , c_a , t_a — количество, теплоемкость и температура воздуха; c_2 , t_2 — теплоемкость и температура газа.

Значения калориметрических температур моногазов при отсутствии данных для расчета принимаются по соответствующим справочным таблицам.

При сжигании горючего газа образуются продукты сгорания, объем которых зависит от степени сгорания смеси. При полном сгорании горючего газа ($\alpha=1$) объем продуктов сгорания определяется по следующей формуле:

$$V_{\text{общ}} = V_{\text{с.г}} + V_{\text{в.п.}}, \quad (2.24)$$

где $V_{\text{с.г}}$ — объем сухих продуктов сгорания, $\text{м}^3/\text{м}^3$;

$$V_{\text{с.г}} = V_{\text{RO}_2} + V_{\text{N}_2}; \quad (2.25)$$

V_{RO_2} — объем трехатомных сухих продуктов сгорания, $\text{м}^3/\text{м}^3$;

$$V_{\text{RO}_2} = 0,01 (\text{CO}_2 + \text{CO} + \text{CH}_4 + \sum_m C_m \text{H}_m); \quad (2.26)$$

V_{N_2} — объем двухатомных газов в продуктах сгорания, $\text{м}^3/\text{м}^3$;

$$V_{\text{N}_2} = 0,79V_0 + 0,01N_2; \quad (2.27)$$

$V_{\text{в.п.}}$ — объем водяных паров в продуктах сгорания, $\text{м}^3/\text{м}^3$;

$$V_{\text{в.п.}} = 0,01 \left[\text{H}_2 + 2\text{CH}_4 + \sum \frac{n}{2} C_m \text{H}_n + 0,124 (d_r + V_0 d_s) \right], \quad (2.28)$$

где d_r , d_s — влагосодержание газа в 1 м^3 сухого газа и воздуха.

В случае когда процесс горения газа происходит при коэффициенте избытка воздуха $\alpha > 1$, действительный объем продуктов сгорания увеличивается за счет азота и кислорода. При этом не принимают во внимание влажность поступающего воздуха, так как поправка на влажность составляет не более 3 %:

$$V'_{\text{общ}} = V'_{\text{с.г}} + V'_{\text{в.п.}}, \quad (2.29)$$

где $V'_{\text{с.г}} = V_{\text{с.г}} + (\alpha - 1) \cdot V_0$, а $V'_{\text{в.п.}} = V_{\text{в.п.}} + 0,016V_0(\alpha - 1)$.

Максимальное содержание в сухих продуктах сгорания $\text{RO}_2 = \text{CO}_2 + \text{SO}_2$ определяют по топливной характеристике β :

$$\text{RO}_2^{\text{max}} = 21 / (1 + \beta). \quad (2.30)$$

Значение топливной характеристики β определяют по табличным значениям.

При эксплуатации газогорелочных устройств большое значение имеет величина колебаний давления газа в сети. При значительных колебаниях давления газа трудно добиться нормального процесса горения, так как процесс горения протекает при этих условиях либо с недостатком газа, либо с большим его избытком. Это влечет за собой химическую неполноту сгорания газа, а следовательно, и большие потери тепловой энергии как в топочном пространстве, так и с уходящими продуктами сгорания. Поэтому одной из важных эксплуатационных характеристик является давление газа перед газогорелочным устройством.

К эксплуатационным характеристикам относится постоянство состава газа, а следовательно, теплота сгорания. Высокоэффективная работа газогорелочных устройств тепловых аппаратов и их безопасная эксплуатация неразрывно связаны со стабильным составом газового топлива. Несоблюдение этого условия снижает КПД аппаратов.

Рассматривая процессы горения газа, следует отметить, что газовоздушная смесь может гореть равномерно, с определенной скоростью распространения пламени при движении газовоздушной смеси, или мгновенно, со взрывом, если газовоздушная смесь находилась в покое. Практически все горючие газы образуют с воздухом гремучие взрывчатые смеси, которые взрываются от малейшей искры, при этом скорость распространения пламени составляет 1000...3500 м/с, что значительно выше, чем при обычном горении. Взрывоопасные смеси образуются при определенном процентном содержании газа в газовоздушной смеси. *Взрывоопасность* газа характеризуется значениями, заключенными между максимальным и минимальным содержанием горючего газа в смеси с воздухом, в пределах которых может произойти взрыв. Опасные концентрации возникают при утечке газа через неплотности в соединениях, трещины в трубах и др., а так как все природные и многие искусственные газы легче воздуха, то при утечке они поднимаются вверх и скапливаются в верхних слоях помещений.

Для предупреждения взрыва необходимо постоянно проверять места соединений, ликвидировать повреждения в местах утечки; осуществлять вентиляцию поме-

щений; не допускать появления источников пламени в местах, где может произойти скопление взрывоопасной концентрации газовой смеси. Горючие газы бесцветны. Кроме того, газы, полученные из газовых месторождений, не имеют запаха, что сильно затрудняет обнаружение их утечки. Поэтому в эти газы вводят особые вещества — одоранты; чаще всего это меркаптан — вещество с характерным резким запахом, 1/500 000 000-й доли которого в воздухе достаточно для того, чтобы почувствовать его запах. Горючие газы токсичны (ядовиты) из-за присутствия в них окиси углерода.

Физические параметры дымовых газов и расчетные характеристики топлива приведены соответственно в приложениях 3 и 4.

2.4. ТЕПЛОНОСИТЕЛИ

Создать равномерное температурное поле на жарочных поверхностях и в рабочих объемах аппаратов можно различными методами. Наиболее прост в практической реализации метод косвенного обогрева, для которого необходимы промежуточные теплоносители, т. е. среда, передающая теплоту и обеспечивающая «мягкий» обогрев пищевых продуктов в аппаратах. Классификация теплоносителей, которые получили применение или могут использоваться в тепловых аппаратах общественного питания, приведена в табл. 2.1.

Требования к теплоносителям. С точки зрения технической и экономической целесообразности применения промежуточные теплоносители должны иметь: большую теплоту парообразования, малую вязкость; высокие температуры при малых давлениях и возможность их регулирования; необходимую термостойкость; низкую стоимость; коррозиестойкость. Любой теплоноситель может быть в трех состояниях: твердом, жидком и газообразном. Однако работать в качестве теплоносителя он может либо в однофазном состоянии (жидкость), либо в двухфазном (пар — жидкость). К однофазным теплоносителям относятся минеральные масла, которые в рабочем состоянии находятся при температурах ниже температур их кипения. Двухфазные теплоносители (водяной пар, дитоллилметан, дикумилметан) в процессе работы находятся одновременно в состоянии пар — жидкость.

Теплоноситель	Рекомендуемые режимы		Аппараты
	темпе- ратура	давление	
Вода	До 90	Атмосфер- ное	Мармиты, термостаты
Водяной пар	До 200	Выше ат- мосфер- ного	Автоклавы, котлы, па- роварочные шкафы
Органические жидкости: глицерин	До 180	Атмосфер- ное	Сковороды, шкафы, мармиты, котлы, ав- токлавы
этиленгликоль	До 200		
Диарилметаны: дикумилметан ДКМ	До 300	Атмосфер- ное	Линии варочных и жарочных аппара- тов
Дитолил- метан ДТМ	До 300	Атмосфер- ное	
Кремнийорганиче- ские жидкости: ПФМС-4 ПФМС-5 ФМ-6			Сковороды, шкафы, мармиты, котлы, ав- токлавы
Топочные газы	До 1000	Атмосфер- ное	Пекарные шкафы
Влажный воздух	До 300	Атмосфер- ное	

Вода. Вода используется в тепловых процессах как теплоноситель (греющая среда) для непосредственного нагрева пищевых продуктов (варка), как промежуточный теплоноситель в греющих рубашках аппаратов, работающих в одно- и двухфазном состоянии.

Горячая вода как теплоноситель применяется преимущественно в аппаратах для поддержания готовой продукции в горячем состоянии. По сравнению с влажным насыщенным паром горячая вода имеет ряд недостатков: более низкий коэффициент теплоотдачи, неравномерное температурное поле вдоль поверхности теплообмена, высокая тепловая инерционность аппарата, что затрудняет регулирование теплового режима нагреваемой среды.

Водяной пар. Пар — один из наиболее широко применяемых теплоносителей. К его основным достоинствам относятся: высокий коэффициент теплоотдачи

от конденсирующегося пара к стенке теплообменника; постоянство температуры конденсации (при данном давлении); возможность достаточно точно поддерживать температуру нагрева, а также в случае необходимости регулировать ее, изменяя давление пара.

Основным недостатком водяного пара является значительное возрастание давления с повышением температуры. Поэтому насыщенный водяной пар применяется для процессов нагревания только до умеренных температур (150 °C).

Свойства водяного пара, его основные расчетные параметры и характеристики наглядно иллюстрируются $P - V$, $t - S$ и $i - S$ -диаграммами. Диаграмма $i - S$ является рабочей и используется при различных расчетах (рис. 2.1).

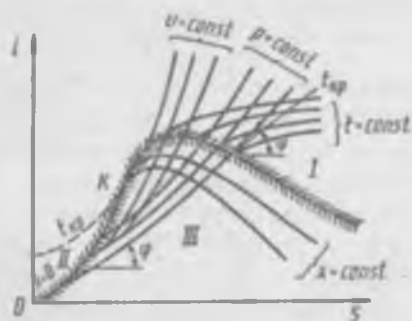


Рис. 2.1. $i - S$ -диаграмма водяного пара

На диаграмме показано расположение основных линий: нижней пограничной кривой ($x = 0$), верхней пограничной кривой ($x = 1$), линий $P = \text{const}$ (изобары), $V = \text{const}$ (изохоры), $t = \text{const}$ (изотермы в области III совпадают с изобарами), линий постоянного паросодержания $x = \text{const}$. Области I, II, III явля-

ются соответственно областями перегретого пара, некипящей воды и влажного пара.

Изобары в области III представляют собой веерообразно расходящийся пучок прямых линий, касательных к нижней пограничной кривой. В области перегретого пара они криволинейны и имеют выпуклость в сторону оси S . Для любой изобары-изотермы в области III равны

$$tg \varphi = (\delta_i / \delta_s)_p = (\delta_u / \delta_s)_p = (T'' \delta_s / \delta_s)_p = T'', \quad (2.31)$$

где T'' — температура насыщения, неизменная для данного давления на всем протяжении между пограничными кривыми, K .

С ростом давления увеличиваются температура насыщения и соответственно угол φ .

В области перегретого пара

$$\lg \varphi = (\delta_i / \delta_s)_p = (c_p \delta T / \delta_s)_p = (T \delta_s / \delta_s)_p = T, \quad (2.32)$$

где T — температура перегрева, К.

С ростом температуры перегрева увеличивается теплоемкость c_p и угол α вдоль изобары.

Изотермы в области перегретого пара идут с небольшим подъемом вверх и вправо. При небольших давлениях изотермы почти совпадают с линиями $i = \text{const}$.

Для любой точки на i — S -диаграмме можно непосредственно найти следующие параметры пара: P , V , t , i , S , x .

Если обозначить параметры воды индексом $'$, сухого насыщенного пара — индексом $''$, степень сухости пара — x , то, как известно из термодинамики:

$$V_x = V'(1 - x) + V''x \text{ или } x = (V_x - V') / (V'' - V'); \quad (2.33)$$

$$S_x = S'(1 - x) + S''x \text{ или } x = (S_x - S') / (S'' - S'); \quad (2.34)$$

$$i_x = i'(1 - x) + i''x \text{ или } x = (i_x - i') / (i'' - i'), \quad (2.35)$$

где i — энтальпия, кДж/кг; S — энтропия воды или пара;

$$i'' = i' + r, \quad (2.36)$$

где r — полная теплота парообразования, кДж/кг.

Энтальпия перегретого пара находится из уравнения

$$i_n = i'' + q = i' + r + q_n, \quad (2.37)$$

где q_n — количество теплоты, затраченное на перегрев пара, кДж/кг.

Насыщенный пар от перегретого отличается тем, что незначительное изобарное охлаждение последнего не переводит некоторую его долю в конденсат, а только понижает температуру перегрева. В этом отношении перегретый пар напоминает газы. Чем выше при данном давлении температура перегрева пара, тем больше он приближается по своим свойствам к идеальным газам. Перегретый пар обладает большой потенциальной

энергией, но имеет незначительный коэффициент теплоотдачи, поэтому широкое распространение он нашел в паровых машинах и турбинах. Его состояние определяется давлением P и температурой перегрева t_n . Сухой насыщенный пар неустойчив: при охлаждении ($P = \text{const}$) он переходит во влажный, а при нагреве — в перегретый пар. Состояние сухого насыщенного пара определяется только давлением, по которому устанавливают все параметры пара.

Состояние влажного насыщенного пара определяется его давлением P или температурой t'' и степенью сухости x .

Энтальпия влажного насыщенного пара i_x — это теплота, затраченная при постоянном давлении на подогрев 1 кг воды от 0°C до температуры кипения и на процесс неполного парообразования, при котором испаряется не 1 кг жидкости, а x кг, Дж/кг:

$$i_x = i' + xg. \quad (2.38)$$

При температуре питательной воды не 0°C , а t' расход теплоты на получение влажного насыщенного пара определяется из уравнения

$$q = i' - ct + xg, \quad (2.39)$$

где c — теплоемкость воды, кДж/(кг·К).

В тепловых аппаратах предприятий общественного питания используется влажный насыщенный пар.

Однако использование водяного пара в сравнительно небольших тепловых аппаратах, предназначенных для предприятий общественного питания, приводит к значительному увеличению их металлоемкости (из-за повышенного давления пара). Кроме того, требуется организация котельного хозяйства, включающего в себя паровые котлы, разнообразное вспомогательное оборудование (насосная установка, аппараты тягодутьевой группы, деаэраторы, приборы химводоочистки и др.). Если при сравнительно больших объемах потребления пара на предприятиях пищевой промышленности подобное хозяйство оправдано, то для малых тепловых аппаратов общественного питания при объемах потребления пара до 0,5 т/ч организация его нецелесообразна.

Органические жидкости. Органические высокотемпературные теплоносители диарилметаны (дитолилме-

тан — ДТМ и дикумилметан — ДКМ), а также дифенильная смесь (даутерм — А) эффективно и устойчиво работают в двухфазном состоянии, так как представляют собой изоляторы с практически постоянным значением физических констант. Они имеют высокие температуры кипения ДМТ — 296 °С; ДКМ — 336 °С и сравнительно низкие температуры затвердевания ДТМ — —32 °С; ДКМ — —24 °С. Теплоносители термостойки в пределах температур до 350 °С и не оказывают коррозионного воздействия на металлы. При обогреве поверхностей нагрева двухфазным теплоносителем при атмосферном давлении отпадает необходимость регулировать его объем, так как при кипении температура сохраняется постоянной по всему объему, занятому обеими фазами. Применение теплоносителей в двухфазном состоянии значительно уменьшает количество жидкости, заливаемой в греющие камеры, что позволяет экономить топливо, газ, электроэнергию и сокращает время разогрева. При применении высокотемпературных органических теплоносителей греющие камеры необходимо герметизировать для защиты окружающей среды.

В качестве промежуточного теплоносителя применяются минеральные масла. В жарочных аппаратах используют пар-Т. Это вязкая жидкость, без запаха, темно-коричневого цвета. Применяется пар-Т при температурах до 280 °С. Необходимо отметить, что при высоких температурах вязкость минеральных масел возрастает, наблюдается термическое разложение, которое сопровождается образованием на поверхности пленки и ухудшает теплообмен. Кроме того, пары масел интенсивно горят и взрываются, что обуславливает их использование только в однофазном (жидком) состоянии. При конструировании тепловых аппаратов, применяющих в качестве теплоносителей минеральное масло, необходимо учитывать, что для обеспечения высоких температур рабочих объемов аппаратов греющие камеры необходимо заполнять по всему объему, чтобы обеспечить почти полное покрытие всей поверхности рабочих элементов. К недостаткам минеральных масел нужно отнести небольшую теплопроводность, что при большой вязкости масла приводит к продолжительному разогреву. Ввиду высокой инерционности масел при их использовании в качестве промежуточного теплоносителя регулирование технологи-

ческого процесса вызывает определенные затруднения.

Жидкие кремнийорганические вещества занимают промежуточное положение между органическими и неорганическими соединениями. В качестве теплоносителей применяются только в жидкой фазе, так как пары их нестойки.

Кремнийорганические жидкости отличаются низкой температурой застывания (от -60 до -140 °C), высокой теплопроводностью, стойкостью к окислению, хорошими диэлектрическими свойствами, малой вязкостью, взрывобезопасностью, отсутствием запаха и коррозионной активностью.

Наибольший интерес среди теплоносителей, удовлетворяющих требованиям обогрева рабочих камер тепловых аппаратов, представляют ПФМС-4, сополимер-5 и ФМ-6.

Топочные газы. В качестве теплоносителя применяют продукты сгорания топлива, которые с помощью тяговых устройств проходят по газоходам аппаратов, охлаждаются и выводятся в атмосферу. При выходе из топки они имеют высокую температуру от 300 до 800 °C и обогревают поверхности нагрева аппарата. При сжигании 1 кг или 1 м³ топлива выделяется теплота, равная теплоте сгорания топлива, зависящая от его состава и отнесенная к рабочей, сухой или горючей массе топлива.

Продукты сгорания после обогрева рабочих элементов тепловых аппаратов используются как вторичные энергоресурсы при обогреве различных теплогенерирующих устройств. К недостаткам топочных газов следует отнести неравномерность нагрева, трудность регулирования температуры, низкий коэффициент теплоотдачи от газа к стенке (не более $35...60$ Вт/м²К), отложение на теплопередающих поверхностях сажи и увеличение ее термического сопротивления. Основные характеристики теплоносителей приведены в приложении 5.

2.5. ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ЭКОНОМИИ ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ТЕПЛООВОГО ОБОРУДОВАНИЯ

На предприятиях общественного питания используется оборудование, работающее на твердом, жидком и газообразном топливе. Одним из недостатков этих видов топлива является потеря теплоты с уходящими продук-

тами сгорания (топочными газами), температура которых колеблется в пределах от 300 до 800 °С. Это влечет за собой перерасход топлива и предопределяет относительно низкий кпд аппаратов.

Более полное использование теплоты уходящих газов может быть достигнуто двумя путями: увеличением поверхности нагрева и изменением гидродинамики тракта продуктов сгорания, идущих по конвективному газоходу. Повышение эффективности конвективного теплообмена достигается путем применения специальных устройств — *турбулизаторов*, устанавливаемых в каналах различного сечения, которые позволяют повысить коэффициент теплоотдачи путем турбулизации газового потока, а также достигнуть более равномерного распределения температуры на конвективных поверхностях нагрева тепловых аппаратов. Некоторые турбулизаторы выполняют роль сажеочистителей. Применение турбулизаторов позволяет повысить лучистый коэффициент теплоотдачи на 20...30 %, утилизировать теплоту уходящих газов и снизить их температуру до 200...250 °С. Например, для повышения кпд и утилизации теплоты уходящих газов плиты оборудуются встроенными водонагревателями или выносными тепловыми шкафами.

Большое значение для экономии топлива имеет снижение потерь теплоты от химической неполноты сгорания топлива. Процесс горения должен протекать таким образом, чтобы в топке не было большого избытка или недостатка воздуха. Нарушение правильного режима горения вызывает образование сажи, которая оседает на поверхности нагрева аппаратов, что резко ухудшает условия теплопередачи. В плитах, работающих на жидком топливе, необходимо следить за давлением топлива, подаваемого насосом, количество подаваемого вентилятором воздуха регулировать заслонками, регулировать расход топлива заменой жиклера горелки. В газовых плитах следует следить за состоянием газогорелочных устройств и повсеместно применять автоматическое регулирование теплового режима.

На расход топлива оказывают большое влияние коэффициенты загрузки жарочной поверхности плит и жарочных шкафов. Неполное использование жарочной поверхности или объема шкафа снижает кпд аппаратов и увеличивает расход топлива.

Немаловажным фактором для экономии топлива

является использование наплитной посуды с ровным дном, так как в случае неплотного контакта наплитной посуды с рабочей поверхностью плиты между ними образуется воздушная прослойка, резко ухудшаются условия теплопередачи. Также необходимо отметить, что конструкции твердотопливных плит и котлов имеют теплопроизводительность, в 8...12 раз превышающую необходимую, что ведет к большому перерасходу топлива. С целью снижения расхода топлива следует регулировать температуру с помощью шиберных заслонок и дверей зольника в соответствии с требованиями технологического процесса. Кроме того, для экономии топлива при эксплуатации твердотопливных плит имеет значение правильная их установка, обмуровка и изоляция стенок. Снижению расхода топлива способствует модернизация оборудования. Основные ее направления заключаются в следующем: в пищеварочных котлах — уменьшение объема парогенератора, герметизация и вакуумирование греющей рубашки, развитие конвективного тракта, интенсификация теплообмена, секционирование зольника; в плитах — уменьшение объема топок, сокращение продолжительности разогрева жарочной поверхности, снижение металлоемкости, точное регулирование теплового режима; в кипятильниках — экранирование топки; развитие конвективного тракта, интенсификация теплообмена.

В тепловых аппаратах предприятий общественного питания, обслуживающих заводы и фабрики с крупным паровым хозяйством, в качестве теплоносителя необходимо использовать пар, так как он является самым дешевым видом топлива. Применение пара позволяет значительно снизить расходы условного топлива при эксплуатации.

В последние годы предприятия общественного питания оснащаются в основном оборудованием, работающим на электроэнергии. Наиболее энергоемкими являются электрические плиты. При их эксплуатации важное значение имеет время разогрева конфорок до рабочего состояния в минимально короткий срок. Значительным недостатком при эксплуатации плит является неполное использование жарочной поверхности. Специальные замеры показали, что среднее значение коэффициента использования жарочной поверхности составляет 0,24. Это приводит к нерациональным затратам электроэнергии.

В жарочных шкафах электроплит, жарочных и пекарных шкафах регулирование мощности осуществляется пакетными переключателями с отношением 4:2:1, а поддержание заданного температурного режима — автоматическими терморегуляторами. При эксплуатации жарочных и пекарных шкафов необходимо строго контролировать регулирование степени нагрева в зависимости от требований технологического процесса; следить за исправностью приборов автоматического регулирования; максимально использовать аккумулированную корпусом теплоту. В сковородах необходимо выбирать мощность, а следовательно, температурный режим жарочной поверхности в зависимости от требований технологического процесса. Регулирование мощности так же, как и в плитах, осуществляется пакетными переключателями. При эксплуатации электрических пищеварочных котлов к экономии электроэнергии ведут следующие мероприятия: исправность приборов автоматического регулирования, выбор режима работы (полная или $\frac{1}{6}$ часть мощности), оптимальный уровень воды в пароводяной рубашке, заливка в парогенератор или пароводяную рубашку кипяченой воды для предотвращения образования накипи на стенках варочного котла и на нагревательных элементах (что ухудшает условия теплопередачи), эффективное использование аккумулированной теплоты при проведении повторных варок (расход электроэнергии при этом сокращается на 35 %). Кроме того, работа котла должна осуществляться с закрытой крышкой, так как при работе с открытой крышкой количество испарившейся влаги увеличивается на 30 %, что ведет к перерасходу электроэнергии.

При эксплуатации кипяtilьников необходимо систематически очищать от накипи внутреннюю поверхность камеры и поверхность тэнов, так как накипь резко уменьшает коэффициент теплоотдачи и снижает кпд.

**ОБЩИЕ ПРИНЦИПЫ УСТРОЙСТВА
ТЕПЛОВЫХ АППАРАТОВ**

**3.1. ТРЕБОВАНИЯ, ПРЕДЪЯВЛЯЕМЫЕ
К ТЕПЛОВЫМ АППАРАТАМ**

Тепловые аппараты, применяемые на предприятиях общественного питания, отличаются устройством, принципом действия, конструктивным исполнением, назначением и правилами эксплуатации. Однако можно выделить общие требования, предъявляемые к тепловым аппаратам, которые условно группируют на: технологические; эксплуатационные; энергетические; экономические; техники безопасности и охраны труда; технической эстетики. Все приведенные группы требований связаны и взаимообусловлены между собой — одна группа требований предопределяет другие.

Технологические требования. 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 в пищевых продуктах при их тепловой обработке, которая существенно влияет на качество готового продукта.

Под *технологическими параметрами* понимают температуру и давление в аппарате, скорость движения продукта через аппарат и т. д. При этом необходимо, чтобы конструктивные и эксплуатационные показатели аппарата обеспечивали оптимальные режимы технологического процесса, т. е. прохождение процесса должно осуществляться за возможно минимальный проме-

жуют времени с получением наилучшего результата (высокие органолептические показатели, максимальное сохранение пищевых, ароматических и вкусовых веществ, максимальный выход и другие качественные показатели готового продукта).

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.

Примером несоответствия конструкции аппарата требованиям технологического процесса является варка бульонов в котлах. Так, чрезвычайно важной технологической операцией при варке бульонов является периодический съем жира с поверхности бульона. Однако в пищеварочных котлах эта операция конструктивно не реализована. Это приводит к тому, что качество бульона резко ухудшается за счет большого содержания в нем эмульгированного жира, образуемого в процессе кипения.

Возможность устранения несоответствия конструкции котлов технологическим требованиям к процессу варки костных бульонов изложена в главе 8. При рассмотрении конкретного вида тепловой аппаратуры (в последующих главах учебника) детально рассматриваются технологические требования к этому виду оборудования.

Эксплуатационные требования. Данные требования выражают соответствие режима работы, конструктивных особенностей машины или аппарата его рациональной эксплуатации. Эксплуатационные требования к аппаратам предусматривают в качестве неперемного условия простоту их обслуживания с минимальной затратой труда; устойчивость к коррозии, которая может возникнуть при воздействии обрабатываемых продуктов, окружающей среды и моющих средств; доступность аппарата для осмотра, чистки, ремонта; бесперебойность и бесшумность в работе. Эксплуатационные требования определяют необходимость автоматизации контроля и регулирования технологиче-

ского процесса. Автоматизация обеспечивает постоянство заданного технологического режима в аппарате, упрощает его обслуживание, ведет к уменьшению численности обслуживающего персонала и способствует повышению качества кулинарной продукции.

Энергетические требования. Энергетические требования отражают возможность машины или аппарата затрачивать минимальное количество энергии на выполнение технологического процесса, т. е. аппараты должны быть энергосберегающими. Существенным резервом улучшения энергетических показателей тепловых аппаратов является снижение потерь теплоты. Одним из основных энергетических показателей работы аппаратов является удельный расход энергии на единицу готовой продукции.

Конструктивные требования. Сущность этих требований заключается в соответствии конструкции аппарата современным условиям машиностроения. Конструктивные требования, предъявляемые к аппаратам, связаны с их проектированием, изготовлением, транспортировкой и монтажом. Важными конструктивными требованиями являются:

технологичность, т. е. соответствие конструкции и материалов технологии машиностроения в условиях массового производства. Технологичность аппаратов должна выдерживаться в течение всего цикла его производства — начиная от заготовки деталей и кончая испытанием готовых машин и аппаратов;

унификация и нормализация деталей и узлов, максимальное использование стандартизированных деталей и изделий. Соблюдение этих требований повышает серийность и технологичность оборудования;

секционность, которая улучшает условия его эксплуатации, облегчает разработку, перемещение и сборку при монтаже и ремонте;

техническое совершенство, работоспособность и надежность. Техническое совершенство аппарата характеризуется периодом, в течение которого аппарат по своим основным показателям соответствует современному уровню развития техники.

Под надежностью машины или аппарата понимается их способность выполнять свои технологические функции, сохраняя эксплуатационные показатели в заданных пределах в течение требуемой наработки.

Наработка — это продолжительность или объем работы машины или аппарата, измеряемые в единицах времени или весовых (объемных) единицах по перерабатываемому сырью.

Надежность машины или аппарата зависит от их безотказности, долговечности, ремонтпригодности и сохраняемости. Количественно она может быть оценена как произведение вероятности безотказной работы в течение заданного времени и коэффициента оптимального технического использования машины или аппарата.

Безотказность характеризует способность машины или аппарата сохранять работоспособность в течение некоторой наработки без вынужденных перерывов.

Долговечность — это способность машины или аппарата сохранять работоспособность до предельного состояния с необходимыми перерывами для технического обслуживания и ремонта. Долговечность характеризуется ресурсом или сроком службы до одного из видов ремонта.

Ремонтпригодность характеризует приспособленность машины или аппарата к предупреждению, обнаружению и устранению отказов и неисправностей.

Сохраняемость отражает свойство машины или аппарата сохранять эксплуатационные показатели в процессе их хранения и транспортировки.

Конструктивными достоинствами аппарата являются также простота его устройства, небольшая масса и размеры, изготовление из недорогих и доступных материалов, удобство эксплуатации.

Экономические требования. Данные требования отражают минимальные затраты на изготовление, монтаж и эксплуатацию машины или аппарата при сохранении их высоких технико-экономических показателей. К числу таких показателей относятся: удельная производительность, удельный расход энергии, металлоемкость, коэффициент полезного действия.

Удельная производительность — это количество продукции, выпускаемой машиной или аппаратом в единицу времени, отнесенное к объему рабочей камеры или площади рабочей поверхности:

$$Q_{уд} = Q_T / V_0 \text{ или } Q_{уд} = Q_T / F_0, \quad (3.1)$$

где Q_T — теоретическая производительность, кг/с; V_0 —

объем рабочей камеры аппарата, м³; F_0 — площадь рабочей поверхности, м².

Чем выше показатель удельной производительности, тем больше технические возможности машины или аппарата, тем конкурентоспособнее она в сравнении с другими аппаратами, выполняющими аналогичные технологические операции.

Удельная металлоемкость — это количество металла, приходящегося на единицу выпускаемой продукции:

$$m_{уд} = M/Q_t, \quad (3.2)$$

где M — масса машины или аппарата, кг.

Чем меньше удельная металлоемкость, тем экономичнее и дешевле машина или аппарат, а следовательно, ниже расход на ее амортизацию и ремонт.

Требования техники безопасности и охраны труда. Безопасность работы аппаратов и удобство их обслуживания являются важнейшими требованиями, предъявляемыми к аппаратам.

По советскому законодательству в каждом ведомственных и межведомственных испытаниях новых видов аппаратов и машин обязательно участвует специалист по технике безопасности и охране труда. Задача этих специалистов заключается в том, чтобы самым строжайшим образом с позиции охраны труда принимать испытываемые образцы и не рекомендовать в производство те из новых аппаратов, которые не отвечают условиям безопасности работы на них.

Аппараты рассчитывают и изготавливают с надлежащим запасом прочности, оборудуют предохранительными устройствами и ограждают движущиеся их части. Температура наружных ограждений аппаратов не должна вызывать ожогов при соприкосновении с ними. Электрические аппараты должны отвечать всем требованиям электробезопасности и иметь надежное заземление или зануление. У газового оборудования должны быть предусмотрены устройства, исключающие попадание газа и вредных продуктов сгорания в помещения.

Требования технической эстетики и эргономики. При разработке конструкции аппаратов и машин требования технической эстетики в самом общем виде сводятся к тому, чтобы все производимое человеком было не только полезно, но и красиво. Надлежащий внешний

вид аппарата в сочетании с рациональным цветовым оформлением, освещенностью и микроклиматом в цехе снижает зрительное и общее утомление работников, облегчает труд, повышает его производительность, способствует получению продукции высокого качества. Размеры аппаратов, расположение пультов управления и их форма должны удовлетворять требованиям эргономики и антропологическим особенностям человека. Это снижает утомляемость обслуживающего персонала и также приводит к повышению производительности труда.

Следует отметить, что при создании новых, совершенных тепловых аппаратов все вышеперечисленные требования следует рассматривать в едином комплексе.

3.2. ЗНАЧЕНИЕ СТАНДАРТИЗАЦИИ, НОРМАЛИЗАЦИИ И УНИФИКАЦИИ В УЛУЧШЕНИИ ТЕХНИКО-ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ РАБОТЫ ТЕПЛОВЫХ АППАРАТОВ

Повышение качества изготовления оборудования — одна из основных задач дальнейшего совершенствования техники предприятий общественного питания.

В условиях ускорения научно-технического прогресса можно выделить несколько направлений совершенствования теплового оборудования:

- создание аппаратов непрерывного действия;
- автоматизация и механизация аппаратов;
- создание специализированных аппаратов с целью увеличения их кпд, повышения производительности и улучшения условий обслуживания;

- создание аппаратов с прогрессивными способами обогрева;

- типизация и стандартизация оборудования и связанная с ними унификация узлов и механизмов различных аппаратов.

В настоящее время разработаны и утверждены ГОСТы на все виды теплового оборудования, которые являются обязательным документом для всех предприятий и организаций, конструирующих и выпускающих оборудование, а также эксплуатирующих и осуществляющих его ремонт и техническое обслуживание.

ГОСТы регламентируют основные параметры типоразмеров оборудования и содержат важнейшие сведе-

ния по каждому из них: наименование изделия; обозначение модели; наименование и величина основных параметров; технические требования и показатели надежности; требования техники безопасности; комплектность изделия; правила приемки и методы испытаний и др. ГОСТы предусматривают унификацию отдельных видов оборудования, выпускаемого различными заводами, что создает предпосылки для кооперирования заводов, изготавливающих отдельные узлы, детали, запасные части. Задача унификации отдельных узлов — выпускать тепловое оборудование одного вида разных типоразмеров, необходимых для предприятий общественного питания различных типов и мощностей, так чтобы получить оптимальные технико-эксплуатационные показатели тепловых аппаратов.

В практике конструирования тепловых аппаратов предприятий общественного питания наметились два основных направления:

выпуск аппаратов, различных по мощности и габаритам;

создание секционных аппаратов с максимальной унификацией и нормализацией. При этом секции могут использоваться в качестве самостоятельного аппарата или соединяться одна с другой, образуя единый аппарат заданной мощности или технологическую линию. В этом оборудовании размеры по ширине (глубине) и высоте до рабочей поверхности одинаковы, а длина аппарата кратна модулю. За модуль в СССР была принята величина 200 ± 10 мм, а с 1979 г. принят единый модуль стран СЭВ — 100 мм. Это оборудование получило название секционного модулированного. Новое секционное модулированное оборудование предназначено для работы с функциональными емкостями, что достигается унификацией размеров рабочих камер и рабочих поверхностей с функциональными емкостями.

3.3. ОСНОВНЫЕ ЧАСТИ ТЕПЛОВЫХ АППАРАТОВ И МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ИХ КОНСТРУИРОВАНИЯ

Основные части тепловых аппаратов. Тепловые аппараты имеют общую цель конструирования — осуществление процессов тепловой обработки пищевых продуктов при изготовлении из них кулинарных изделий. Поэтому независимо от технологического назначения тепловые аппараты состоят из следующих основных

частей: рабочей камеры, теплогенерирующего устройства, рабочего органа, корпуса, основания (постамент), тепловой изоляции, кожуха, контрольно-измерительной и предохранительной арматуры, приборов автоматического регулирования.

Под *рабочей камерой* понимается та часть аппарата, в которой осуществляется тепловая обработка продуктов. Она имеет различные формы и размеры, определяемые технологическим назначением аппарата. Например, камеры шкафов для жарки и выпечки, варочные сосуды пищеварочных котлов, камеры СВЧ-аппаратов.

Рабочие камеры могут быть подвижными (электросковороды, опрокидывающиеся пищеварочные котлы) и неподвижными (стационарные пищеварочные котлы, жарочные шкафы и т. п.).

Под *теплогенерирующим устройством* аппарата понимается та его часть, в которой или с помощью которой происходит образование тепловой энергии (газовые горелки, конфорки, трубчатые электронагреватели, топочные объемы, ИК-нагреватели, магнетрон).

В электрических плитах рабочая камера и теплогенерирующее устройство совмещены в единой конструкции — конфорке, в твердотопливных, жидкотопливных и газовых плитах эти части конструкции разъединены.

Виды теплогенерирующих устройств и их конструктивные особенности рассматриваются в главе 6.

Корпус служит для монтажа на нем всех основных частей аппарата. Корпус аппарата устанавливается на основании — постаменте.

Тепловая изоляция аппарата, как правило, наносится на наружную поверхность рабочей камеры и выполняет следующие функции: уменьшает потери тепла в окружающую среду (повышает тепловой КПД аппарата), предохраняет обслуживающий персонал от ожогов и способствует созданию комфортных условий труда.

Кожухом обычно покрывают рабочую камеру аппарата снаружи, он предохраняет тепловую изоляцию от различного рода воздействий и придает аппарату внешний вид, отвечающий требованиям технической эстетики.

Арматура предназначена для пуска, остановки и правильной эксплуатации аппарата, а также для регулирования его работы. К арматуре относятся краны,

вентили, задвижки, наполнительные воронки с указателем уровня, предохранительные клапаны и др.

Контрольно-измерительные приборы и приборы автоматического регулирования предназначены для контроля режима работы аппарата (давления, температуры), его регулирования и обеспечения безопасных условий эксплуатации аппарата.

Материалы, используемые для изготовления тепловых аппаратов. Материалы, из которых изготавливаются аппараты, должны обеспечивать их надежность и прочность. Кроме того, материалы, из которых изготавливают части аппаратов, контактирующие с продуктами, должны быть химически стойкими, нейтральными, не подвергаться коррозии, хорошо очищаться и быть стойкими к моющим средствам.

По назначению материалы могут быть подразделены на: конструкционные, теплоизоляционные и электротехнические.

Конструкционные материалы предназначены для изготовления деталей аппаратов (кожухов, рабочих камер, рабочих органов, станин и т. д.). Чаще всего в качестве конструкционных материалов используются черные и цветные металлы, их сплавы и пластмассы.

К черным металлам относятся железо и его сплавы — чугуны и стали. Чугун — железный нековкий сплав, содержащий от 2 до 4,5 % углерода, до 2,5 % фосфора и 0,88 % примесей марганца, кремния и серы.

Для изготовления аппаратов предприятий общественного питания чаще всего используется серый чугун, характеризующийся тем, что большая часть углерода в нем находится в виде свободно выделенного графита, что придает серый цвет поверхности излома. В марках чугуна после букв СЧ (серый чугун) следуют цифры: первые две обозначают предел прочности при растяжении (в кгс/мм²), вторые две — предел прочности при изгибе. Например, конфорки электрических плит изготавливаются из чугуна СЧ 18-36 и СЧ 21-40. Всего в соответствии с ГОСТ 1412—70 выпускается десять марок серого чугуна. Из чугуна изготавливаются станины, корпуса и рабочие камеры некоторых аппаратов (сквороды).

Сталь — это сплав железа с углеродом (до 2 %). В зависимости от химического состава различают сталь углеродистую и легированную (с различными присад-

ками). В легированных сталях содержание легирующих элементов может составлять до 45 %. Если легирующих элементов в стали больше, чем железа, а содержание последнего менее 50...55 %, то такие стали называются сплавами. В названия марок стали входят буквенные индексы, обозначающие легирующие элементы (Х — хром, Н — никель, Г — марганец, Т — титан, М — молибден, Д — медь, В — вольфрам, С — кремний и т. д.), и цифры, показывающие содержание этих элементов. Например, сталь марки 12ХНЗ содержит 1,2 % углерода и 3 % хрома и никеля.

По свойствам и назначению стали и сплавы делятся на три группы:

коррозионно-стойкие (нержавеющие);

жаростойкие (окалиностойкие), работающие в ненагруженном состоянии, при температурах выше 550 °С;

жаропрочные, работающие в нагруженном состоянии, при температурах выше 600 °С.

Из углеродистой стали обыкновенного качества изготовляют корпусные детали, крышки, кожухи и другие детали, не несущие нагрузок и не соприкасающиеся с пищевыми продуктами.

Для изготовления деталей, испытывающих большие нагрузки, применяют качественные углеродистые нержавеющие стали марок 40Х, 65, 12ХНЗ, 20Х.

Для изготовления деталей машин и аппаратов, непосредственно контактирующих с продуктами, применяют легированные стали марок Х12, 9ХС, 9ХВТ и высоколегированные коррозионно-стойкие, жаростойкие и жаропрочные стали марок Х18Н9, Х18Н9Т, 1Х13 и др.

Из цветных металлов для изготовления тепловых аппаратов наибольшее применение получил алюминий и его сплавы.

Лучшим металлом для изготовления частей и узлов аппаратов, соприкасающихся с продуктом, является нержавеющая сталь. Следует избегать использования для этих целей алюминия. Это связано с тем, что алюминий накапливается в организме человека и практически не выводится из него. Научкой установлен факт, что алюминий, накопленный в организме человека, может стать одной из причин старческого слабоумия.

Пластмассы и некоторые другие синтетические материалы применяются для изготовления деталей, испытывающих средние нагрузки. Преимущества пластмасс —

их легкость, антикоррозионность, бесшумность в работе. Недостаток — низкая термостойкость.

Теплоизоляционные материалы применяют для уменьшения потерь теплоты в окружающую среду и снижения температуры наружных стенок аппарата.

Теплоизоляционные материалы, применяемые в тепловом оборудовании, должны обладать следующими свойствами: низким коэффициентом теплопроводности; небольшой плотностью; высокой термостойкостью; прочностью; низкой гигроскопичностью; биостойкостью; антикоррозионностью; безвредностью; низкой стоимостью. Практически ни один из существующих материалов не может удовлетворять всем вышеперечисленным требованиям, поэтому в каждом конкретном случае необходимо выбирать такой изоляционный материал, который наиболее полно отвечает требованиям данной конструкции аппарата.

Теплоизоляционные материалы бывают: минерального (асбест, глина, гипс и др.), растительного (пробка, торф, опилки и др.) и животного происхождения (шерсть, шелк, войлок), а также искусственные (пенопласт).

По конструктивному оформлению все теплоизоляционные материалы делятся на четыре группы: засыпные (перлит в засыпке, минеральная вата, торфяная крошка); мастичные (асбозурит, совелит мастичный); оберточные гибкие (асботкань, маты и войлок из минеральной ваты, строительный войлок); формовочные (скорлупы, цилиндры и плиты из минеральной ваты, сегменты, плиты перлитовые).

Все перечисленные виды изоляционных материалов используются для изоляции тепловых аппаратов и трубопроводов подводящих коммуникаций.

Изоляционные материалы и конструкции из них приведены в табл. 3.1 и 3.2.

Расчет тепловой изоляции. Расчет осуществляют для определения минимальной толщины изоляционного слоя при заданных тепловых потерях аппарата или температуре наружной поверхности изолированного аппарата или трубопровода.

Исходя из допустимой нагрузки, максимальная толщина изоляции δ для трубопроводов (паропроводов) рассчитывается по эмпирическим приближенным формулам:

для труб диаметром менее 100 мм

$$\delta = 1,23d + 28; \quad (3.3)$$

ТАБЛИЦА 3.1

Теплоизоляционные материалы

Наименование	Плотность, кг/м ³	Предельная температура применения изоляции, °С
Альфонь гофрированная	20...40	350
Альфонь гладкая	20...40	350
Асботкань в несколько слоев	500...600	С хлопком 200, без хлопка — 450
Асбозурит мастичный марки 600	600	900
Асбоцементные плиты	400	450
Войлок из минеральной ваты на битумной связке	250	Вне помещения 200, в помещениях — 60
Минеральная вата марки 150	250	600
Маты и полосы из стекловолокна	200	450
Перлит вспученный в засыпке	180	900
Перлитцементные изделия марки	350	600
Перлитокерамические изделия	300	800
Плиты минераловатные на синтетической связке марки 125	150	300
Совелит мастичный	500	500

ТАБЛИЦА 3.2

Характеристика теплоизоляционных конструкций

Материал	Объемная масса, р, кг/м	Коэффициент теплопроводности, λ , Вт/(м·К)
Плиты теплоизоляционные из пенопласта полистирольного ПСБ-С	25—40	0,047
Пенопласт полиуретановый жесткий ПУ-101	100	0,041
То же, заливной ППУ-Зс	50	0,047
Пенопласт поливинилхлоридный:		
ПВХ-1	70—100	0,035
ПВХ-2	100—130	0,047
Пенопласт резольный фенолформальдегидный:		
ФРП-1	70	0,058
ФРП-2	100	0,058
Асбоцементные теплоизоляционные плиты	300—500	0,043—0,13
Асбоцементные листы	1900	0,35
Кладка кирпичная	1800	0,82
Шлакобетон	1200—1500	0,46—0,7
Штукатурка цементная	1700	0,88
Стековата	150	0,46
Шлаковата	250	0,051
Альфонь	350	0,059

их легкость, антикоррозионность, бесшумность в работе. Недостаток — низкая термостойкость.

Теплоизоляционные материалы применяют для уменьшения потерь теплоты в окружающую среду и снижения температуры наружных стенок аппарата.

Теплоизоляционные материалы, применяемые в тепловом оборудовании, должны обладать следующими свойствами: низким коэффициентом теплопроводности; небольшой плотностью; высокой термостойкостью; прочностью; низкой гигроскопичностью; биостойкостью; антикоррозионностью; безвредностью; низкой стоимостью. Практически ни один из существующих материалов не может удовлетворять всем вышеперечисленным требованиям, поэтому в каждом конкретном случае необходимо выбирать такой изоляционный материал, который наиболее полно отвечает требованиям данной конструкции аппарата.

Теплоизоляционные материалы бывают: минерального (асбест, глина, гипс и др.), растительного (пробка, торф, опилки и др.) и животного происхождения (шерсть, шелк, войлок), а также искусственные (пенопласт).

По конструктивному оформлению все теплоизоляционные материалы делятся на четыре группы: засыпные (перлит в засыпке, минеральная вата, торфяная крошка); мастичные (асбозурит, совелит мастичный); оберточные гибкие (асботкань, маты и войлок из минеральной ваты, строительный войлок); формовочные (скорлупы, цилиндры и плиты из минеральной ваты, сегменты, плиты перлитовые).

Все перечисленные виды изоляционных материалов используются для изоляции тепловых аппаратов и трубопроводов подводящих коммуникаций.

Изоляционные материалы и конструкции из них приведены в табл. 3.1 и 3.2.

Расчет тепловой изоляции. Расчет осуществляют для определения минимальной толщины изоляционного слоя при заданных тепловых потерях аппарата или температуре наружной поверхности изолированного аппарата или трубопровода.

Исходя из допустимой нагрузки, максимальная толщина изоляции δ для трубопроводов (паропроводов) рассчитывается по эмпирическим приближенным формулам:

для труб диаметром менее 100 мм

$$\delta = 1,23d + 28; \quad (3.3)$$

ТАБЛИЦА 3.1

Теплоизоляционные материалы

Наименование	Плотность, кг/м ³	Предельная температура применения изоляции, °C
Альфонь гофрированная	20...40	350
Альфонь гладкая	20...40	350
Асботкань в несколько слоев	500...600	С хлопком 200, без хлопка — 450
Асбозурит мастичный марки 600	600	900
Асбоцементные плиты	400	450
Войлок из минеральной ваты на битумной связке	250	Вне помещения 200, в помещениях — 60
Минеральная вата марки 150	250	600
Маты и полосы из стекловолна	200	450
Перлит вспученный в засыпке	180	900
Перлитцементные изделия марки	350	600
Перлитокерамические изделия	300	800
Плиты минераловатные на синтетической связке марки 125	150	300
Совелит мастичный	500	500

ТАБЛИЦА 3.2

Характеристика теплоизоляционных конструкций

Материал	Объемная масса, ρ, кг/м	Коэффициент теплопроводности, λ, Вт/(м·К)
Плиты теплоизоляционные из пенопласта полистирольного ПСБ-С	25—40	0,047
Пенопласт полиуретановый жесткий ПУ-101	100	0,041
То же, заливной ППУ-3с	50	0,047
Пенопласт поливинилхлоридный:		
ПВХ-1	70—100	0,035
ПВХ-2	100—130	0,047
Пенопласт резольный фенолформальдегидный:		
ФРП-1	70	0,058
ФРП-2	100	0,058
Асбоцементные теплоизоляционные плиты	300—500	0,043—0,13
Асбоцементные листы	1900	0,35
Кладка кирпичная	1800	0,82
Шлакобетон	1200—1500	0,46—0,7
Штукатурка цементная	1700	0,88
Стекловата	150	0,46
Шлаковата	250	0,051
Альфонь	350	0,059

для труб диаметром 100...250 мм

$$\delta = 0,2d + 130, \quad (3.4)$$

где d — диаметр трубопровода, мм.

Количество теплоты, передаваемой через слой теплоизоляции, определяется для плоской или цилиндрической поверхности диаметром более 1 м из выражения

$$q = (\lambda/\delta) \cdot (t_1 - t_2), \quad (3.5)$$

где q — удельный тепловой поток через слой изоляции, Вт/м²; λ — коэффициент теплопроводности изоляционного материала, Вт/(м·К); δ — толщина изоляционного слоя, м; t_1 — температура внутренней поверхности слоя изоляции (равна температуре изолируемой стенки), °С; t_2 — температура наружной поверхности изоляции (равна температуре наружной поверхности аппарата), °С.

Определение удельных тепловых потерь q_i изолированными поверхностями при температурах теплоносителей до 250 °С проводится по эмпирическим формулам:

для трубопроводов диаметром 10 мм

$$q_i = 0,35t - 9,3; \quad (3.6)$$

для трубопроводов диаметром 108 мм

$$q_i = 0,62t + 4,6; \quad (3.7)$$

для трубопроводов диаметром 219 мм

$$q_i = 0,85t + 16; \quad (3.8)$$

для плоской стенки

$$q_i = 0,46t + 40, \quad (3.9)$$

где t — температура изолируемой стенки, °С.

Для трубопроводов и аппаратов с диаметром кожуха менее 1 м можно пользоваться упрощенным методом.

С этой целью предварительно рассчитывается промежуточный коэффициент m

$$m = q_i/\lambda(t_1 - t_{\text{возд}}), \quad (3.10)$$

где $t_{\text{возд}}$ — температура окружающего воздуха, °С.

По полученному значению коэффициента m и значению наружного диаметра изолированной трубы d_n (табл. 3.3) находим δ .

Пример 1. Определить толщину изоляции пищеварочного котла. Температура на поверхности изолированного котла t_2 не должна превышать 60 °С (максимально допустимая температура). Котел изолирован гофрированной альфолью. Температура изолируемой стенки котла t_1 принимается равной 111 °С.

По табл. 3.2 находим коэффициент теплопроводности λ гофрированной альфоли:

ТАБЛИЦА 3.3

Толщина изоляционного слоя (δ) в зависимости от d_n и t

Наружный диаметр, мм	Толщина изоляционного слоя, мм							
	30	40	50	60	70	80	90	100
	Коэффициент							
32	4,9	4,3	3,9	3,7				
57	6,9	6,0	5,4	4,9	4,6	4,3	4,1	3,9
76	8,4	7,2	6,5	5,9	5,4	5,1	4,8	4,6
89	9,4	8,1	7,2	6,5	6,0	5,6	5,3	5,0
108	10,8	9,3	8,2	7,4	6,8	6,2	5,6	5,5
133	12,5	10,7	9,4	8,6	7,7	7,2	6,7	6,3
159	14,3	12,3	10,7	9,6	8,7	8,0	7,5	7,1

Примечание. Промежуточные значения определяются линейной интерполяцией.

$$\lambda = 0,059 + 0,00026t_{cp};$$

$$t_{cp} = (t_1 + t_2)/2 = (111 + 60)/2 = 85,5^\circ\text{C};$$

$$\lambda = 0,059 + 0,00026 \cdot 85,5 = 0,081 \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)}.$$

Тепловые потери поверхности изолированного котла можно приближенно определить по формуле (3.9):

$$q = 0,46t_1 + 40 \text{ Вт/м}^2;$$

$$q = 0,46 \cdot 111 + 40 = 91 \text{ Вт/м}^2.$$

Толщину изоляционного слоя определяем, используя формулу (3.5):

$$\delta = \lambda(t_1 - t_2)/q = 0,08(111 - 60)/91 = 0,045 \text{ м}.$$

Пример 2. Определить толщину изоляции паропровода диаметром $d_n = 108$ мм, по которому транспортируется насыщенный пар. Температура пара $t - t_1 = 143^\circ\text{C}$; температура окружающего воздуха $t_{\text{возд}} = 20^\circ\text{C}$. Изоляция — войлок из минеральной ваты.

По табл. 3.2 находим коэффициент теплопроводности изоляционного материала, выбранного для самых худших условий, т. е. исходя из предположения, что температура на наружной поверхности изолированного трубопровода равна температуре пара:

$$\lambda = 0,061 + 0,0002t_1 = 0,061 + 0,0002 \cdot 143 = 0,09 \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)}.$$

Тепловые потери трубопровода определяем по формуле (3.7):

$$q = 0,62 \cdot 143 + 4,6 = 93,6 \text{ Вт/м}.$$

Промежуточный коэффициент m находим по уравнению (3.10):

$$m = 93,6/0,09(143 - 20) = 8,4.$$

По табл. 3.3 для трубы диаметром $d_n = 108$ мм путем интерполирования находим толщину слоя изоляционного материала, которая будет равна 48 мм.

Электротехнические материалы могут быть подразделены на две основные группы: материалы с высоким удельным сопротивлением (ρ) и электроизоляционные.

Материалы с высоким ρ предназначаются для изготовления нагревательных элементов. К ним относятся нихромы (сплав никеля и хрома), фехрали (железо-хромалюминиевые сплавы) и вольфрам.

Электроизоляционные материалы должны обладать высокой электрической и механической прочностью, иметь высокий коэффициент теплопроводности λ . Этим требованиям отвечают периклаз (плавленная окись магния), кварцевый песок, шамот, слюда, кварцевое стекло, фарфор и керамика.

3.4. ТЕПЛООБМЕННИКИ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ В ТЕПЛОВЫХ АППАРАТАХ

Теплообменники предназначены для переноса теплоты от источников тепловой энергии к обрабатываемым продуктам.

Теплообменники подразделяют на два основных типа: поверхностные теплообменники и теплообменники смешения. В поверхностных теплообменниках теплоперенос осуществляется через разделяющую перегородку. Их принципиальные схемы приведены на рис. 3.1.

Поверхностные теплообменники. Данные теплообменники подразделяются на следующие группы: с открытой греющей поверхностью; с рубашками; с внутрилежащей поверхностью нагрева; с поверхностными нагревателями без теплоносителей; трубчатые; панельные.

В теплообменнике с открытой греющей поверхностью (рис. 3.1, а) нагреваемый объект устанавливается на плиту, выполняющую роль греющей поверхности. Теплота воспринимается греющей поверхностью от нагревательного элемента.

В аппаратах с рубашкой (рис. 3.1, б) греющий агент поступает в пространство, заключенное между рубашкой и корпусом аппарата.

Аппараты с внутрилежащей греющей поверхностью

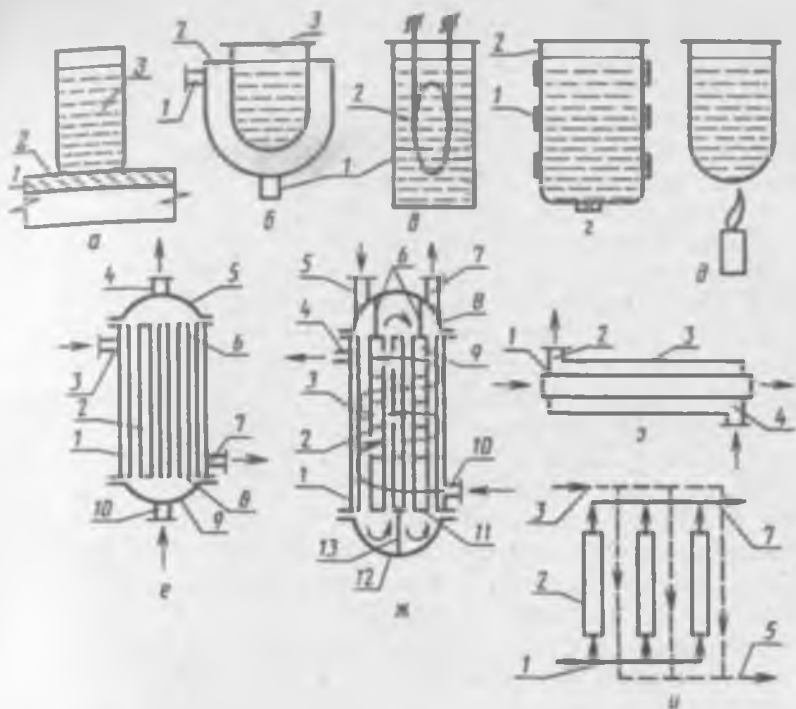


Рис. 3.1. Принципиальные схемы поверхностных теплообменников: а — с открытой греющей поверхностью: 1 — нагревательный элемент; 2 — греющий элемент; 3 — нагреваемый объект; б — с рубашкой: 1 — патрубок для входа греющего агента; 2 — рубашка; 3 — нагреваемый объем; в — с внутрилежащей поверхностью нагрева: 1 — рабочий объем; 2 — электронагреватель; г — с поверхностными нагревателями: 1 — гибкие нагреватели; 2 — нагреваемый объем; д — с огневым нагревом; е — трубчатый одноходовой: 1 — корпус; 2 — трубы; 3 — патрубок для входа греющего агента; 4 — патрубок для выхода нагреваемой жидкости; 5 — верхняя крышка; 6, 8 — трубные решетки; 7 — патрубок для выхода греющего агента; 9 — верхняя крышка; 10 — патрубок для входа нагреваемой жидкости; ж — трубчатый многоходовой: 1 — корпус; 2 — перегородки между труб; 3 — трубы; 4 — патрубок для выхода греющего агента; 5 — патрубок для входа нагреваемой жидкости; 6, 13 — вертикальные перегородки; 7 — патрубок для выхода нагреваемой жидкости; 8, 12 — крышки; 9, 11 — трубные решетки; 10 — патрубок для выхода греющего агента; з — аппарат «труба в трубе»: 1 — труба для нагреваемой жидкости; 2 — патрубок для входа греющего агента; 3 — труба для греющего агента; 4 — патрубок для входа греющего агента; и — панельные: 1 — вход нагреваемой жидкости; 2 — панель; 3 — вход греющего агента; 4 — выход нагреваемой жидкости; 5 — выход греющего агента

(рис. 3.1, в) могут быть различных типов, но во всех случаях она расположена внутри нагреваемой жидкости. В аппаратах с поверхностными нагревателями (рис. 3.1, г, д) нет теплоносителя. В них теплота передается непосредственно от нагревателя к стенкам аппа-

рата. Условно к аппаратам этого типа можно отнести также теплообменники, в которых стенки обогреваются открытым пламенем.

В практике пищевых производств наибольшее распространение получили трубчатые теплообменники самых различных конструкций. На рис. 3.1, *е, ж, з* представлены три широко применяемых вида трубчатых теплообменников. В первом из них (рис. 3.1, *е*) нагреваемая жидкость поступает в трубы, а в межтрубное пространство подается греющий агент. В многоходовых трубчатых аппаратах (рис. 3.1, *ж*) нагреваемая жидкость за счет установки перегородок движется в одной части аппарата вверх, в другой — вниз. В этих аппаратах для создания организованного потока греющего агента в межтрубном пространстве также установлены перегородки.

В аппарате типа труба в трубе (рис. 3.1, *з*) нагреваемая жидкость движется по внутренней трубе, а греющий агент находится в кольцевом зазоре между внутренней и наружной трубами.

В панельных теплообменниках (рис. 3.1, *и*), которые имеют широкое разнообразие конструктивных форм, нагреваемая жидкость поступает в панели, которые обогреваются снаружи. При этом обогрев можно осуществлять теплоносителем или открытым пламенем.

Теплообменные аппараты предприятий общественного питания можно подразделить на следующие основные группы: с открытой греющей поверхностью; с рубашкой; с внутрилежащей поверхностью нагрева; с поверхностными нагревателями без теплоносителей; с лучистым нагревом; с лучисто-конвективным нагревом; с непосредственным контактом теплообменных сред.

Аппараты с открытой греющей поверхностью называют аппаратами с промежуточной поверхностью или плитами. Большинство плит действительно выполняют роль промежуточных поверхностей, потому что от обогреваемой поверхности (плиты) теплота передается не продукту, а стенке какой-то емкости, в которой находится продукт. Именно эта стенка выполняет роль теплопередающей перегородки, непосредственно контактирующей с продуктом. В качестве источника теплоты в плитах могут быть электроэнергия и огневой обогрев.

Существуют, например, плиты, на поверхности которых осуществляют жарку продуктов. В этом случае

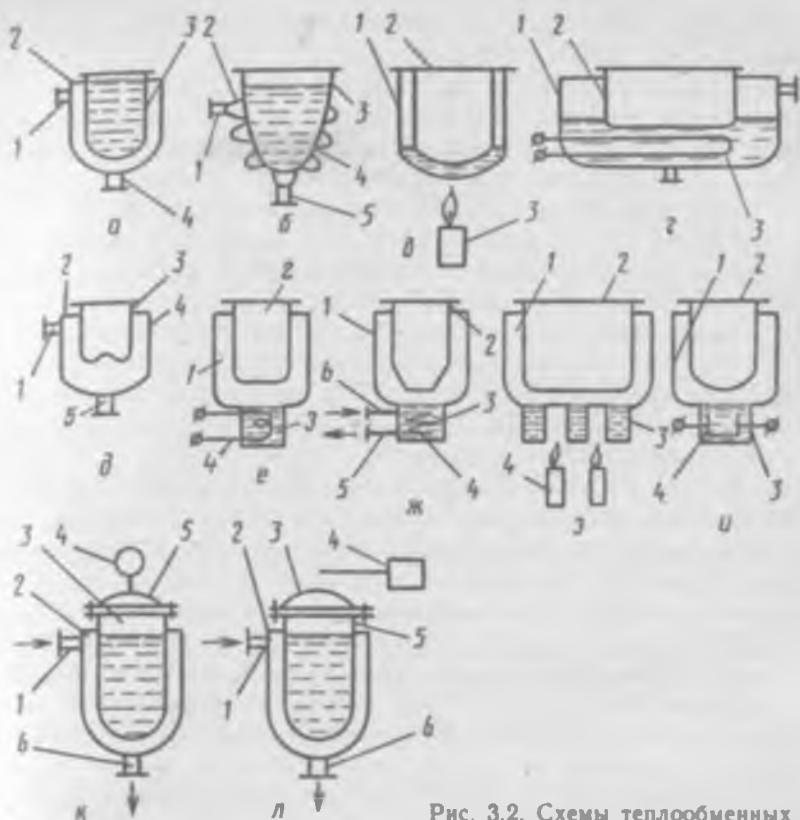


Рис. 3.2. Схемы теплообменных аппаратов с рубашкой:

а — с водяным обогревом: 1 — патрубок для входа греющей воды; 2 — рубашка; 3 — корпус аппарата; 4 — патрубок для выхода греющей воды; б — с паровым обогревом (рубашка имеет выдачки): 1 — патрубок для входа пара; 2 — рубашка с выдачками; 3 — корпус аппарата; 4 — выдачки; 5 — патрубок для выхода конденсата; в — с пароводяным обогревом: 1 — рубашка; 2 — корпус аппарата; 3 — горелка (для огневого обогрева); г — с обогревом от высокотемпературного теплоносителя (фритюрница, сковорода): 1 — рубашка; 2 — корпус аппарата; 3 — электронагреватель для нагрева теплоносителя; д — с централизованным паровым нагревом: 1 — патрубок для входа пара; 2 — отражатель; 3 — корпус аппарата; 4 — рубашка; 5 — патрубок для выхода конденсата; е — с паровым обогревом и автономным получением пара (электронагревателем): 1 — рубашка; 2 — корпус аппарата; 3 — парогенератор; 4 — электронагреватель (тэи); ж — с паровым нагревом: 1 — рубашка; 2 — корпус аппарата; 3 — парогенератор; 4 — эмиссионный нагреватель; 5 — патрубок для выхода конденсата; з — с паровым обогревом и автономным получением пара (электронагревателем): 1 — рубашка; 2 — корпус аппарата; 3 — панели; 4 — горелки; и — с электродным нагревом: 1 — рубашка; 2 — корпус аппарата; 3 — парогенератор; 4 — электроды; к — с паровым обогревом при повышенном давлении (автоклав): 1 — патрубок для входа пара; 2 — рубашка; 3 — корпус аппарата; 4 — предохранительный клапан; 5 — герметичная крышка; б — патрубок для выхода конденсата; л — с паровым обогревом с пониженным давлением (вакуум-аппарат): 1 — патрубок для входа пара; 2 — рубашка; 3 — герметичная крышка; 4 — конденсатор; 5 — корпус аппарата; б — патрубок для отвода конденсата

греющая поверхность остается открытой, но она не выполняет роль промежуточной.

Самыми распространенными в общественном питании теплообменниками являются аппараты с рубашками (рис. 3.2, а — л). Подразделить их можно по виду теплоносителя, по способу получения и подвода этого теплоносителя, по способу нагрева теплоносителя.

По виду теплоносителя выделяют аппараты с рубашкой с водяным, пароводяным и паровым обогревом. Известны аппараты с рубашками, в которых используются высокотемпературные теплоносители.

По способу получения теплоносителя их подразделяют на аппараты с подводом теплоносителя из централизованных источников и с автономным получением теплоносителя.

По способу нагрева теплоносителя, получаемого автономно, можно выделить аппараты с нагревом от электронагревателей, от пара и аппараты с рубашками с огневым обогревом.

Аппараты с рубашками можно подразделить также по форме самого аппарата и форме рубашки. По этому признаку выделяют аппараты прямоугольные, цилиндрические с плоским, коническим, цилиндрическим, полусферическим днищем. Днища могут быть вогнутыми и выпуклыми. Рубашка может быть гладкостенной и с выдавками, позволяющими создать организованный поток теплоносителя. За последние годы широкое распространение получили аппараты с рубашками, которые снабжены панелями, существенно увеличивающими поверхность контакта с источником тепловой энергии.

Теплообменники с рубашками подразделяют по давлению, под которым находится нагреваемый продукт. Наиболее известны аппараты, работающие при атмосферном давлении. Менее широко применяют аппараты, работающие под избыточным давлением, называемые автоклавами.

Многие теплообменные аппараты, применяемые в общественном питании, имеют внутрилежащую поверхность нагрева (рис. 3.3). Некоторые из аппаратов с рубашками для автономного получения пара или нагрева теплоносителя имеют внутрилежащую поверхность нагрева в виде поверхностей тэнов, змеевиков и т. п.

В качестве греющих элементов в этих теплообмен-

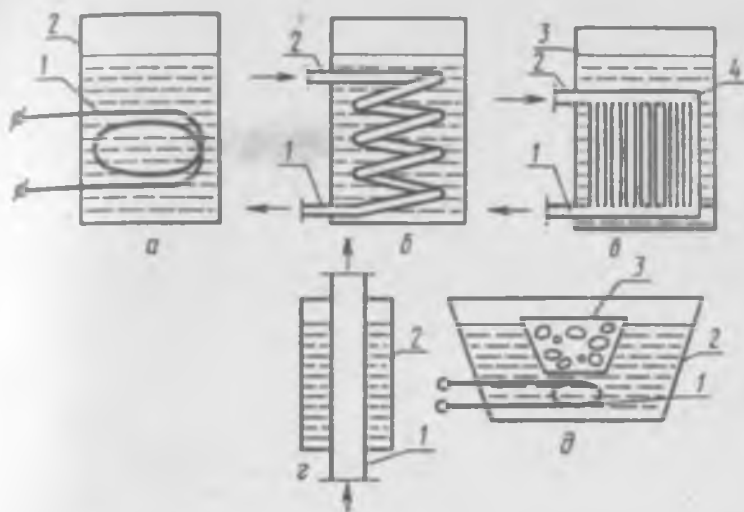


Рис. 3.3. Схемы теплообменных аппаратов с внутрилежащей поверхностью нагрева:

а — с тэном: 1 — тэн; 2 — корпус аппарата; б — с змеевиком: 1 — патрубок для выхода конденсата; 2 — патрубок для входа пара; в — теплообменник: 3 — корпус аппарата; 4 — трубчатый теплообменник; г — с дымо- или огневодом: 1 — дымо- или огневод; 2 — корпус аппарата; д — с тэном для высокотемпературного нагрева (фритюрница): 1 — тэн; 2 — корпус аппарата, заполненный маслом; 4 — корзина с продуктом

никах могут быть использованы также трубчатые теплообменники, дымоходы и огневоды. Аппараты, схемы которых представлены на рис. 3.3, а, б, в, служат в качестве водоподогревателей, или кипятильников. Теплообменники (рис. 3.3, д) предназначены для нагрева высокотемпературных теплоносителей.

В общественном питании широко используют теплообменные аппараты, в которых электронагреватели вмонтированы непосредственно в стенки корпуса. Это — варочные котлы, сковороды, различные непрерывно действующие жарочные аппараты и др.

Все большее распространение в общественном питании получают теплообменные аппараты с ИК-нагревом. В этих аппаратах используются специальные ИК-излучатели или высокотемпературные электронагревательные элементы. Прогрев продукта осуществляется за счет лучистого нагрева поверхности продукта и передачи теплоты внутрь его теплопроводностью. Некоторую роль в нагреве продукта играет естественная конвекция воздуха.

К аппаратам с использованием лучистой энергии

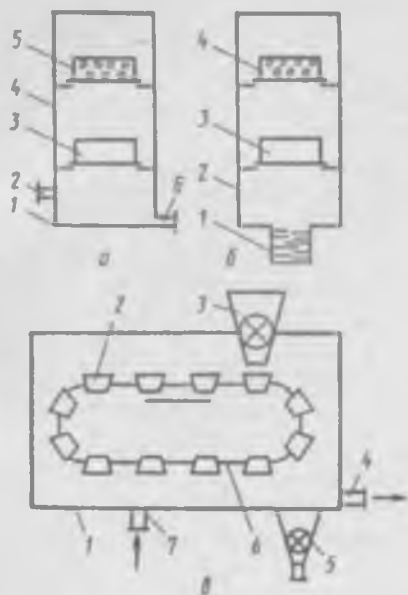


Рис. 3.4. Схемы теплообменников с непосредственным контактом теплообменных сред:

а — с централизованной подачей пара: 1 — сборник конденсата; 2 — патрубок для подвода пара; 3 — функциональная емкость без отверстий; 4 — корпус аппарата; 5 — функциональная емкость с отверстиями; 6 — патрубок для отвода конденсата; б — с автономным парогенератором: 1 — парогенератор; 2 — корпус аппарата; 3 — функциональная емкость без отверстий; 4 — функциональная емкость с отверстиями; в — непрерывно действующий: 1 — корпус аппарата; 2 — емкость для продуктов; 3 — загрузочный бункер с затвором; 4 — патрубок для отвода конденсата; 5 — разгрузочный бункер с затвором для отвода готового продукта; 6 — цепной транспортер; 7 — патрубок для ввода пара

относятся различного рода жарочные и пекарные шкафы. На лучистой энергии работают непрерывно действующие жарочные аппараты, в которых продукт, перемещаемый конвейером, несущий орган которого выполнен в виде сетки, сверху и снизу воспринимает лучистую энергию от инфракрасных излучателей (ИК-ламп).

Кроме всех перечисленных теплообменников, на предприятиях общественного питания применяются аппараты с нагревом продуктов путем непосредственного контакта теплообменных сред. На рис. 3.4 представлены схемы пароварочных аппаратов. Суть работы всех этих теплообменников заключается в том, что пар подается во внутреннее пространство корпуса аппарата и вступает в контакт с продуктом (так называемый «острый пар»). Пар конденсируется и на продукте, и на посуде (функциональных емкостях) и отдает им свою теплоту.

3.5. ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ И ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ РАБОТЫ ТЕПЛОВЫХ АППАРАТОВ

Работа тепловых аппаратов характеризуется рядом технико-экономических и эксплуатационных показате-

телей, по которым можно проводить сравнение совершенства их конструкций. В большинстве своем эти показатели являются относительными.

К основным показателям относятся: коэффициент использования; производительность; коэффициент полезного действия (кпд); удельный расход теплоты; удельная металлоемкость; тепловое напряжение поверхности нагрева.

Коэффициент использования теплового аппарата определяется из выражения:
для непрерывного действия

$$\varphi = \tau_{\text{раб}} / \tau, \quad (3.11)$$

для аппаратов периодического действия

$$\varphi = \sum_{i=1}^n n_i \tau_i / \tau, \quad (3.12)$$

где φ — коэффициент использования; $\tau_{\text{раб}}$ — продолжительность работы аппарата в смену, ч; τ — продолжительность работы аппарата для одной загрузки, ч; n_i — количество загрузок аппарата в смену, раз; τ — продолжительность одной смены, ч.

При этом продолжительность работы аппарата для одной загрузки включает время, необходимое на загрузку, тепловую обработку, выгрузку и мойку аппарата.

Чем выше коэффициент использования аппарата, тем эффективнее он используется на предприятии.

Важнейшим показателем работы тепловых аппаратов является их производительность. Под производительностью понимается количество продукции, вырабатываемой аппаратом в единицу времени.

Для аппаратов периодического действия производительность рассчитывается по формуле

$$Q_{\tau} = 3600G / \tau_i = 3600G / (\tau_z + \tau_{\text{обр}} + \tau_v), \quad (3.13)$$

где Q_{τ} — производительность аппарата, кг/ч; G — масса единовременно загруженных продуктов, кг; τ_z — продолжительность загрузки, с; $\tau_{\text{обр}}$ — продолжительность тепловой обработки, с; τ_v — продолжительность выгрузки аппарата, с.

Тепловые аппараты периодического действия часто характеризуют не по производительности, а по их основ-

ному параметру — объему рабочей камеры, площади жарочной поверхности и др.

Для тепловых аппаратов непрерывного действия, в которых вырабатывается штучная или порционная продукция, расчет производительности проводят по формуле

$$Q_t = 3600 G_1 / (\tau_{дв} + \tau_{ост}), \quad (3.14)$$

где G_1 — количество продукции, выпускаемой за цикл, шт.; $\tau_{дв}$ — продолжительность движения транспорта между циклами; $\tau_{ост}$ — продолжительность остановки, с.

Для аппаратов, вырабатывающих продукцию непрерывно, объемная производительность рассчитывается по формуле

$$Q = Fv = FL/\tau = V_p/\tau, \quad (3.15)$$

где F — поперечное сечение продуктов потока, m^2 ; v — скорость движения потока, $m/ч$; L — длина рабочей камеры, m ; V_p — вместимость рабочей камеры, m^3 ; τ — продолжительность технологического цикла аппаратов, ч.

Коэффициент полезного действия теплового аппарата — это отношение полезно используемой теплоты Q_1 ко всей затраченной $Q_{затр}$:

$$\eta = (Q_1/Q_{затр}) \cdot 100 \%. \quad (3.16)$$

Полезно используемая теплота — это теплота, которая расходуется непосредственно на приготовление пищи. Чем выше кпд аппарата, тем он более совершенен. Основной путь увеличения кпд — уменьшить потери теплоты за счет лучшего сжигания топлива, сокращения потерь теплоты в окружающую среду и на разогрев конструкции самого аппарата.

Удельным расходом теплоты называется количество теплоты, расходуемой на единицу готовой продукции:

$$q = Q_{затр}/G_{г пр}, \quad (3.17)$$

где q — удельный расход теплоты, $Дж/кг$; $G_{г пр}$ — масса (количество) готовой продукции, $кг$ (шт.).

Чем меньше удельные расходы теплоты, тем совершеннее конструкция аппарата.

Удельная металлоемкость аппарата характеризуется расходом металла на единицу характерного параметра аппарата (объема или площади):

$$m = M/V_0; \quad m = M/F_0, \quad (3.18)$$

где m — удельная металлоемкость; M — масса металлоконструкции аппарата, кг; V_0 — объем рабочей камеры, м^3 ; F_0 — площадь рабочей (жарочной) поверхности, м^2 .

Для аппаратов непрерывного действия металлоемкость может характеризоваться удельной производительностью, т. е. производительностью, отнесенной к массе металлоконструкций:

$$q = Q_T/M. \quad (3.19)$$

Энергетическим показателем, характеризующим тепловой аппарат, является тепловое напряжение поверхности нагрева:

$$T = Q_{\text{затр}}/F_n \tau, \quad (3.20)$$

где T — тепловое напряжение поверхности нагрева, $\text{Вт}/\text{м}^2$; F_n — площадь поверхности нагрева, м^2 ; τ — продолжительность работы аппарата, с.

4.1. ЗАДАЧИ КОНСТРУКТОРСКОГО И ПОВЕРОЧНОГО РАСЧЕТА ТЕПЛОВОГО АППАРАТА

Тепловая обработка продуктов осуществляется в различающихся по виду, устройству, принципу действия и греющим средам теплообменных аппаратах. Поскольку назначение у всех тепловых аппаратов одно и то же — передача теплоты от потока одной рабочей среды (теплоносителя) к потоку другой (термически обрабатываемой) — основные положения теплового расчета для них являются общими. При этом различают два вида расчетов аппаратов — конструкторский (проектный) и поверочный.

Цель конструкторского расчета — определение поверхности теплообмена и конструктивных размеров аппарата. В этом случае предварительно выбирают конструкцию аппарата, а затем тепловым расчетом определяют площадь поверхности теплообмена, конструктивные размеры этой поверхности и основных элементов аппарата. Конструкторский расчет включает также гидравлический и механический (прочностной) расчеты аппарата.

Конструкторский расчет осуществляют при проектировании теплообменного аппарата, когда известны расходы теплоносителей и их параметры или производительность и расход теплоты (теплопроизводительность аппарата).

Целью поверочного расчета является выбор условий, обеспечивающих рациональный режим работы аппарата.

Поверочный расчет выполняется для выявления возможности использования имеющихся или стандарт-

ных теплообменных аппаратов для заданного технологического процесса. При поверочном расчете задаются размеры аппарата и условия его работы, а неизвестной величиной является фактическая производительность теплообменного аппарата. Поверочный расчет необходим также для оценки работы аппарата при режимах, отличных от номинальных (при модернизации, автоматизации или других технических мероприятиях).

Для конструкторского и поверочного расчетов аппаратов основными расчетными уравнениями являются уравнения теплопередачи и теплового баланса. Основное уравнение теплопередачи:

$$Q = KF\Delta t_{\text{ср}}, \quad (4.1)$$

где Q — тепловая нагрузка аппарата, Вт; K — коэффициент теплопередачи, Вт/(м²·К); F — поверхность теплопередачи, м²; $\Delta t_{\text{ср}}$ — средняя разность температур (движущая сила теплообмена), °С.

Общий вид уравнения теплового баланса:

$$Q = \Sigma Q_{\text{пол}} + \Sigma Q_{\text{пот}}, \quad (4.2)$$

где Q — количество подведенной теплоты в аппарате, Вт; $\Sigma Q_{\text{пол}}$ — сумма составляющих полезно используемой теплоты, Вт; $\Sigma Q_{\text{пот}}$ — суммарные потери теплоты в аппарате, Вт.

Уравнение теплопередачи (4.1) отражает тепловой процесс односторонне, показывая лишь теплоту, прошедшую через поверхность нагрева аппарата. Уравнение теплового баланса (4.2) показывает равенство прихода и расхода теплоты в аппарате, выражая известный закон сохранения энергии. Анализ уравнения теплового баланса дает возможность выявить непроизводительные потери теплоты и предложить наиболее рациональные режимы эксплуатации теплового оборудования.

Работа любого теплового аппарата как периодического, так и непрерывного действия состоит из периода разогрева и стационарного периода. Период разогрева (неустановившийся, нестационарный режим) характеризуется ростом температур отдельных элементов аппарата до какого-то определенного постоянного значения. Стационарный период отражает работу аппарата при постоянной температуре всех элементов. В связи с этим

тепловой баланс аппарата составляют на нестационарный режим работы (период его разогрева) и на стационарный режим (собственно процесс тепловой обработки).

4.2. ТЕПЛОВОЙ БАЛАНС АППАРАТА И ХАРАКТЕРИСТИКА ЭЛЕМЕНТОВ, ЕГО СОСТАВЛЯЮЩИХ

Тепловые балансы для нестационарного и стационарного режимов работы аппарата выражаются соответственно уравнениями:

$$Q' = Q_1' + Q_2' + Q_3' + Q_4' + Q_5' + Q_6'; \quad (4.3)$$

$$Q'' = Q_1'' + Q_2'' + Q_3'' + Q_4'' + Q_5''. \quad (4.4)$$

В уравнениях (4.3) и (4.4) индекс «'» относится к режиму разогрева, а индекс «''» — к стационарному режиму. Здесь Q — теплота, вносимая в аппарат энергоносителем; Q_1 — полезная теплота, необходимая для осуществления конкретного технологического процесса; Q_2 — потери теплоты с уходящими продуктами сгорания топлива.

Указанные потери имеют место в аппаратах, использующих нагрев за счет сгорания твердого, жидкого или газообразного топлива. Потери обусловлены тем, что продукты сгорания топлива выходят из аппарата с температурой, значительно превышающей температуру окружающего воздуха.

Q_3 — потери теплоты от химической неполноты сгорания топлива. Эти потери могут быть обусловлены недостатком воздуха в камере сгорания, недостаточным перемешиванием топлива с воздухом, нарушениями температурных режимов горения.

Q_4 — потери теплоты от механической неполноты сгорания топлива, что обусловлено провалом через колосниковую решетку, выпадением в шлак и уносом с продуктами сгорания отдельных несгоревших частиц твердого топлива.

Q_5 — потери теплоты наружными ограждениями аппарата в окружающую среду. Потери являются следствием превышения температуры наружных ограждений аппарата над температурой окружающей среды. При этом от ограждений имеет место теплоотдача конвекцией и излучением.

Q_6 — потери теплоты на разогрев конструкции аппарата. Потери обусловлены необходимостью повышения температуры отдельных элементов конструкции аппарата по отношению к их начальной температуре.

В зависимости от вида энергоносителя отдельные составляющие элементы теплового баланса могут отсутствовать (табл. 4.1).

ТАБЛИЦА 4.1

Составляющие теплового баланса в зависимости от вида энергоносителя (режим разогрева)

Вид энергоносителя в тепловом аппарате	Полезно используемая теплота	Потери теплоты				
		с уходящими продуктами сгорания	от химической неполноты сгорания	от механической неполноты сгорания	наружными ограждениями аппарата	на разогрев конструкции
Твердое топливо	Q_1	Q_2	Q_3	Q_4	Q_5	Q_6
Газообразное и жидкое топливо	Q_1	Q_2	—	—	Q_5	Q_6
Пар	Q_1	—	—	—	Q_5	Q_6
Электрическая энергия	Q_1	—	—	—	Q_5	Q_6

ТАБЛИЦА 4.2

Определение количества теплоты, вносимой в аппарат, в зависимости от вида энергоносителя

Вид энергоносителя, используемого в тепловом аппарате	Расчетное уравнение	Составляющие элементы уравнений
Твердое, жидкое и газообразное топливо	$Q = BQ_1^*$	B — расход топлива, кг/с или $\text{м}^3/\text{с}$ Q_1^* — низшая теплота сгорания, Дж/кг или Дж/м ³
Пар	$Q = D(i_1 - i_n)$	D — расход пара, кг/с i_1, i_n — теплосодержание пара и конденсата, соответственно
Электрическая энергия	$Q = At$	A — расход электроэнергии, Вт·с t — продолжительность процесса, с

Итак, при расчетах аппаратов с газовым обогревом будут отсутствовать потери теплоты от механической и химической неполноты сгорания топлива Q_3 , Q_4 , а для аппаратов на паровом и электрическом обогреве — потери теплоты Q_2 , Q_3 и Q_4 .

Все составляющие баланса (его левая и правая части) нуждаются в рассмотрении их физического смысла.

Теплота, вносимая в аппарат, в зависимости от вида теплоносителя определяется по уравнениям, приведенным в табл. 4.2.

Определение полезно используемой теплоты

Количество полезно используемой теплоты является основной характеристикой совершенства теплового аппарата и определяет величину его коэффициента полезного действия:

$$\eta = (Q_1/Q) \cdot 100. \quad (4.5)$$

В зависимости от цели тепловой обработки продуктов основное количество теплоты затрачивается на нагрев продукта и доведение его до определенной степени готовности. Как правило, пищевые продукты подвергают тепловой обработке (варке, жарке, пассерованию и др.) в технологических средах: жидкости (молоко, бульон, вода), жире, соусе и воздухе. Поэтому определенное количество теплоты затрачивается на нагрев технологических сред до требуемой температуры и поддержание ее в течение всего технологического цикла.

При этом в процессе тепловой обработки пищевых продуктов в связи со сложными биохимическими процессами, протекающими в них, кипением жидкостей, происходит испарение влаги.

Отсюда расход полезно используемой теплоты при расчете теплового аппарата можно с некоторыми допущениями подразделить на три основных составляющих:

нагрев продукта от его начальной температуры до рациональной температуры конкретного процесса и выдерживание продукта при этой температуре (доведение до различной степени готовности);

нагрев технологической жидкости от начальной

Основные составляющие элементы
полезно используемой теплоты

Процессы тепловой обработки	Составляющие уравнения		
	Нагрев продукта	Нагрев технологи- ческой среды	Испарение жидкости из продукта и технологиче- ской среды
Варка	$G_n c_n^p (t_k - t_n)$	$G_{жж} (t'_k - t_n)$	ΔW_r
Жарка:			
основным спосо- бом	$G_n c_n (t_k - t_n)$	$G_{жж} (t'_k - t_n)$	ΔW_r
во фритюре	$G_n c_n (t_k - t_n)$	$G_{жржр}^p (t'_k - t_n) +$ $+ G_{жржр}^n (t''_k - t_n)$	ΔW_r

температуры до рациональной (требуемой) в данном технологическом процессе и поддержание этой температуры в течение всего процесса;

расход теплоты на испарение жидкости из продукта и технологической среды.

В табл. 4.3 приведены составляющие расчетных уравнений для определения Q_1 при осуществлении основных технологических процессов: варки и жарки основным способом и во фритюре.

Таким образом, независимо от вида процесса (варка, жарка) расход теплоты на нагрев продукта будет равен $G_n c_n^p (t_k - t_n)$; на нагрев технологической среды — $G_{жж} (t'_k - t_n)$ — для жидкости; $G_{жржр}^p (t'_k - t_n)$ — для жира в рабочей зоне фритюрниц. Жир в рабочей и холодной зоне фритюрниц имеет различную температуру, поэтому расход теплоты на нагрев жира в холодной зоне будет равен $G_{жржр}^n (t''_k - t_n)$.

Расход теплоты на испарение влаги из продукта и технологических сред будет равен ΔW_r .

Тогда основные уравнения для определения Q_1 в процессах варки продуктов будут иметь вид

$$Q_1 = G_n c_n^p (t_k - t_n) + G_{жж} (t'_k - t_n) + \Delta W_r; \quad (4.6)$$

для процессов жарки основным способом

$$Q_1 = G_n c_n (t_k - t_n) + G_{жж} (t'_k - t_n) + \Delta W_r; \quad (4.7)$$

для процессов жарки продуктов во фритюре

$$Q_1 = G_n c_n (t_k - t_n) + G'_n c'_n (t'_k - t_n) + G''_n c''_n (t''_k - t_n) + \Delta W_r. \quad (4.8)$$

Основные модификации уравнения теплового баланса для процесса варки. Основное количество теплоты расходуется на нагрев массы продукта (G_n). Продукт может быть однокомпонентным (мясо, овощи, кость) или многокомпонентным (овощи + крупы + мясо и др.).

$$G_n = g_1 + g_2 + g_3 + \dots + g_n, \quad (4.9)$$

где $g_1, g_2, g_3, \dots, g_n$ — масса компонентов, кг.

Определяющим длительность процесса варки продукта является его теплоемкость. Следует отметить, что в процессе нагрева продукта его теплоемкость изменяется. Поэтому расчет следует считать приближенным, так как в каждый новый момент мы имеем дело с новым веществом (с новыми значениями теплоемкости). В случае варки многокомпонентной смеси, состоящей из g_1, g_2, g_3, g_n , в расчете используют среднюю массовую удельную теплоемкость подвергаемых тепловой обработке продуктов:

$$c_n^p = (g_1 c_1 + g_2 c_2 + g_3 c_3 + \dots + g_n c_n) / G_n, \quad (4.10)$$

где $c_1, c_2, c_3, \dots, c_n$ — средние массовые удельные теплоемкости отдельных продуктов в интервале температур $(t_n - t_k)$, Дж/(кг·К).

Удельная теплоемкость отдельных продуктов определяется по приводимым в специальной литературе эмпирическим формулам или рассчитывается по приближенной универсальной для всех влажных продуктов формуле

$$c_{1,2,3,\dots,i} = 4,19a + 1,67(1 - a)/100, \quad (4.11)$$

где a — влажность продукта, %.

Конечная температура продукта при варке определяется средней по объему температурой продукта в конце процесса. Например, температура куска мяса в центре при кулинарной готовности составляет 75... 80 °С, температура поверхностных слоев приближается к температуре технологической среды (бульон, соус)

при атмосферном давлении, т. е. к 100°C . Следовательно, условно среднюю температуру куска мяса при его кулинарной готовности можно принять равной 90°C .

Начальная температура t_n при тепловой обработке многокомпонентной смеси принимается равной средней температуре смеси продуктов:

$$t_n = (g_1 c_1 t_1 + g_2 c_2 t_2 + g_3 c_3 t_3 + \dots + g_i c_i t_i) / G_n c_n, \quad (4.12)$$

где $t_1, t_2, t_3, \dots, t_i$ — начальные температуры отдельных продуктов, загружаемых в котел, $^{\circ}\text{C}$ или K . Начальные температуры продуктов зависят от их температуры хранения до закладки в аппарат; G_n — общее количество жидкости (воды, бульона, молока), загружаемой в аппарат, кг ; c_n — средняя массовая удельная теплоемкость жидкости в интервале температур $t_n - t_k$, $\text{Дж}/(\text{кг} \cdot \text{K})$; t_k — температура кипения содержимого котла, $^{\circ}\text{C}$ или K ; t_n — начальная температура жидкости, $^{\circ}\text{C}$ или K ; $\Delta W'$ — количество испарившейся влаги, кг ; r — удельная массовая теплота испарения, $\text{Дж}/\text{кг}$; τ' — продолжительность периода разогрева, C .

Полезно используемую теплоту на режим слабого кипения (стационарный) определяют по формуле

$$Q' = \Delta W'' r / \tau'', \quad (4.13)$$

где $\Delta W''$ — количество влаги, удаляемой в процессе кипения содержимого котла, кг ; τ'' — продолжительность стационарного режима, C .

Для определения количества отдельных продуктов, загружаемых в котел, необходимо определить количество порций приготавливаемой продукции.

Количество порций находят по формуле

$$n = K(V_k - V_{\text{исп}}) / V_n, \quad (4.14)$$

где K — коэффициент заполнения котла ($K = 0,8 \dots 0,9$); V_k — объем котла, л ; V_n — объем одной порции, л ; $V_{\text{исп}}$ — объем испарившейся влаги за весь период варки, л .

Количество влаги, удаляемой в процессе варки отдельных блюд, зависит от продолжительности процесса и определяется по материальному балансу (по количеству загружаемых продуктов и готовой продукции), имеющему вид

$$G_n + W = G_{r. n} + \Delta W, \quad (4.15)$$

где $G_{r. n}$ — количество готового продукта, кг; ΔW — количество испаряемой влаги за время варки ($\Delta W = \Delta W' + \Delta W''$), кг.

Расчет полезно используемой теплоты на процесс жарки изделий в жарочных аппаратах периодического и непрерывного действия. Ж а р к а и з д е л и й о с н о в н ы м с п о с о б о м. Формула для определения полезной теплоты, необходимой для нагрева продуктов, имеет такой же вид и смысл, как и для процесса варки (формула (4.8)). Однако, поскольку t_k варьирует в пределах от 80 до 135 °С, так как в конце процесса температура корочки достигает 135 °С, то среднеобъемная температура продукта будет равна 95...100 °С.

Температура нагрева жира, которого берется (при основном способе жарки) 3...5 % массы продукта, изменяется в процессе жарки от 150 до 205 °С (t'_k).

Ж а р к а в о ф р и т ю р е. Спецификой записи уравнения (4.8) является разграничение объема и температур жира по рабочей и холодным зонам (соответственно $G'_{жр}$, $G''_{жр}$, $t'_k = 150 - 205$ °С, $t''_k \approx 80$ °С).

Отметим, что при жарке сырья в жире, нагретом до температуры 160...205 °С, происходят два противоположно направленных процесса массообмена: выпаривание влаги из сырья (направлен наружу) и впитывание жира (направлен внутрь). Влагн выпаривается больше, чем впитывается жира, поэтому в процессе жарки масса сырья убывает. При жарке на поверхности обрабатываемого продукта образуется корочка.

При режиме разогрева аппарата полезно используемая теплота расходуется на нагрев пищевого жира, находящегося в аппарате, и может быть определена по формуле

$$Q'_i = G_{ж} c_{ж} (t_1 - t_0) \cdot (1/\tau'), \quad (4.16)$$

где $G_{ж}$ — масса нагреваемого пищевого жира, кг. При жарке во фритюре соотношение между количеством жира и погружаемого в него продукта составляет от 7:1 до 4:1, но оптимальным является соотношение 4:1; $c_{ж}$ — средняя массовая удельная теплоемкость жира в интервале температур $t_0 - t_k$, Дж/(кг·К); t_1 — температура нагрева жира (равная температуре жарки), °С или К; t_0 — начальная температура жира,

°С или К; τ' — продолжительность разогрева аппарата до стационарного режима, с.

При стационарном режиме полезно используемая теплота складывается из статей расхода теплоты на нагрев продукта, испарение влаги из продукта, образование корочки на продукте и нагрев доливаемого в процессе работы пищевого жира:

$$Q'' = G_1 c_1 (t_3 - t_1) + 0,01 G_1 x g + 0,01 K G_1 c_k (t_n - t_2) + 0,01 m_2 G_1 c_{ж} (t_1 - t_0), \quad (4.17)$$

где G_1 — производительность аппарата по сырью (величина может быть задана условием либо определена по формулам в зависимости от конструкции аппарата), кг/с; c_1 — средняя массовая удельная теплоемкость продукта в интервале температур $(t_3 - t_2)$, Дж/(кг·К); t_2 — среднеобъемная температура нагрева продукта (принимается равной 100 °С или 373 К), °С или К; t_3 — начальная температура продукта, °С или К; t_n — начальная температура жира, °С; x — истинный процент ужарки (характеризует убыль влаги сырья при обжарке).

Значение этой величины для различных продуктов нормировано. Ее можно определить лабораторным путем по формуле

$$x = 100 \cdot [(A - B)/A] + m_1 [1 - (A - B)/A], \quad (4.18)$$

где A — масса исходного сырья, кг; B — масса обжаренного сырья, кг; m_1 — количество жира, впитанного в сырье при жарке, % к массе обжаренного сырья; g — удельная массовая теплота испарения влаги, Дж/кг; K — содержание корки в продукте, % к массе исходного сырья (зависит от обрабатываемого продукта, например для котлет, шницелей — около 20 %, картофеля, обжаренного до полуготовности, — около 15 %); c_k — удельная массовая теплоемкость корки (принимается как теплоемкость сухого вещества, равная 1,67 кДж/(кг·К), Дж/(кг·К); t_k — температура образования корочки, °С или К; m_2 — расход пищевого жира на обжаривание сырья, % к массе исходного сырья. Для жарки различных продуктов величина m_2 нормирована.

Расчет количества полезно используемой теплоты на выпечку кондитерских изделий. Теоретический расход теплоты на выпечку изделий рассчитывается только

при стационарном режиме работы шкафа или печи.

В процессе выпечки теплота расходуется на нагрев теста до рациональной температуры, обеспечивающей готовность и доброкачественность изделий, на испарение влаги из теста и на дальнейший нагрев получившегося пара до температуры среды пекарной камеры, а также на образование корочки. При принятой в хлебопекарном и кондитерском производствах методике тепловой баланс пекарной камеры составляется на 1 кг продукции в горячем состоянии, т. е. в момент выхода ее из пекарной камеры. Объясняется это тем, что при остывании изделий в зависимости от их формы, массы, времени и условий хранения потеря в массе колеблется в широком диапазоне (2...4 % и более). Поэтому масса холодной продукции одного и того же ассортимента является величиной переменной.

Теоретический расход теплоты на выпечку 1 кг изделий можно определить по формуле

$$q'_1 = W_n (i_n - i_a) + g_k c_k (t_k - t_r) + (g_k c_k + W_n c_n) (t_k - t_r), \quad (4.19)$$

где W_n — количество испаренной влаги из тестовой заготовки во время выпечки (упек), отнесенное к массе горячего изделия, кг/кг. Определяется по разности масс теста и готовой продукции

$$W_n = (g_r - g_n) / g_n, \quad (4.20)$$

где g_r — масса тестовой заготовки, кг; g_n — масса горячего изделия, получившегося из этой тестовой заготовки, кг; i_n — энтальпия перегретого пара при атмосферном давлении и температуре среды пекарной камеры на выходе, Дж/кг; i_a — энтальпия воды при температуре теста в момент посадки его в пекарную камеру, Дж/кг; g_k — масса корки в горячем изделии (по данным лабораторного анализа), кг корки на 1 кг горячего изделия; c_k — удельная массовая теплоемкость корки (принимается как теплоемкость сухого вещества, равная 1,67 кДж/(кг·К), Дж/(кг·К); t_k — средняя температура массы корки горячего изделия, которая при технических расчетах может быть принята как среднеарифметическая температуры поверхности корки (t_n) и слоя, граничащего с мякишем (t_c) ($t_k = \frac{t_n + t_c}{2}$, °С или К; t_r — температура теста, поступаю-

шего в пекарную камеру, принимается равной температуре теста в расстойной деже или камере), °С или К; g_n — содержание сухого вещества в мякише 1 кг горячего изделия, кг сухого вещества на 1 кг горячего изделия.

Определяется из следующего уравнения:

$$g_n = 1 - (W_n + g_n), \quad (4.21)$$

где W_n — содержание влаги в 1 кг горячего изделия в момент выхода его из пекарной камеры, кг влаги на 1 кг горячего изделия (определяется экспериментально); c_n — удельная массовая теплоемкость сухого вещества мякиша (принимается равной 1,67 Дж/(кг·К), Дж/(кг·К); c_w — удельная массовая теплоемкость воды в интервале температур t_1 — t_n , Дж/(кг·К); t_n — средняя температура мякиша горячего изделия, °С или К.

При выпечке некоторые изделия требуют дополнительного увлажнения газовой среды пекарной камеры насыщенным паром или водой (предусмотрено в хлебопекарных печах с электрообогревом КЭП-400 и зарубежном оборудовании). Вода, поступающая в пекарную камеру, превращается в пар, который улучшает качество продукции и влияет на перегрев теста в начальной стадии выпечки, конденсируясь на его поверхности и сорбируясь массой теста. Расход теплоты на перегрев пара и испарение увлажняющей камеру воды можно отнести к полезно используемой теплоте и определить по формуле

$$g'_{1,2n} = D_n(i_n - i_n) + D_n(i_n + i_n), \quad (4.22)$$

где D_n — масса насыщенного пара, поступающего в пекарную камеру на увлажнение мучных изделий, кг пара на 1 кг горячих изделий; i_n — энтальпия перегретого пара при температуре среды пекарной камеры, Дж/кг; i_n — энтальпия насыщенного пара, поступающего в пекарную камеру из парогенератора низкого давления, встроенного в печь или шкаф, Дж/кг; D_n — масса воды, поступающей в пекарную камеру на увлажнение, кг воды на 1 кг горячих изделий; i_n — энтальпия воды, поступающей на увлажнение камеры, Дж/кг.

При заданной производительности пекарной камеры, шкафа или печи G , кг/с, количество полезно использо-

ванной теплоты на процесс выпечки кондитерских и хлебобулочных изделий будет равно

$$Q'' = g'G. \quad (4.23)$$

Следует отметить, что основной статьей расхода полезно используемой теплоты при различных технологических процессах является расход теплоты на испарение влаги. Например, при жарке изделий на испарение влаги приходится 65...70 % суммарного расхода теплоты на весь технологический процесс.

Определение потерь теплоты при работе аппаратов

Потери теплоты с уходящими продуктами сгорания Q_2 как для режима разогрева аппарата, так и для стационарного режима можно определить по следующей зависимости:

$$Q_2 = (I_y - I_a) \cdot B, \quad (4.24)$$

где B — массовый или объемный расход топлива при соответствующем режиме, кг/с или м³/с; I_y — энтальпия уходящих продуктов сгорания, Дж/кг или Дж/м³; I_a — энтальпия воздуха, поступающего в топочную камеру, Дж/кг или Дж/м³.

Энтальпия уходящих продуктов сгорания и воздуха определяется соответственно по следующим выражениям:

$$I_y = \sum_{i=1}^n V_i c_i t_y; \quad (4.25)$$

$$I_a = \alpha V_0 c_a t_a, \quad (4.26)$$

где V_i — объем i -го компонента сгорания топлива, м³/м³ или м³/кг; c_i — объемная удельная теплоемкость i -го компонента продуктов сгорания при температуре уходящих газов, Дж/м³·град; t_y — температура уходящих газов, °C; α — коэффициент избытка воздуха; V_0 — теоретически необходимое количество воздуха для полного сгорания 1 м³ или 1 кг топлива, м³/м³ или м³/кг; c_a — объемная удельная теплоемкость воздуха

при температуре t_0 , Дж/м³·град; t_0 — температура поступающего для горения воздуха, °С.

Потери теплоты от химической неполноты сгорания топлива рассчитывают по уравнению

$$Q = 12,8 \cdot 10^3 V_{CO} B, \quad (4.27)$$

где V_{CO} — объем СО в продуктах сгорания, приходящихся на 1 кг или м³ топлива, м³/кг или м³/м³; B — массовый или объемный расход топлива при соответствующем режиме, кг/с или м³/с; $12,8 \cdot 10^3$ — теплота сгорания СО, кДж/м³.

Следует отметить, что потери теплоты Q_3 зависят от сорта топлива и условий протекания процесса горения. При сгорании газообразного и жидкого топлива за счет того, что процесс горения ведется с некоторым избытком воздуха, эти потери близки к 0. Теплопотери Q_3 для твердого топлива, по экспериментальным данным, не превышают 3 % общего расхода теплоты.

Потери теплоты от механического недожога топлива Q_4 (провал, унос, шлаки) имеют место только при сжигании твердого топлива, для газообразного и жидкого топлива они равны 0. Эти теплопотери зависят от вида и сорта твердого топлива и ориентировочно принимаются от 2 до 6 % теплоты для осуществления технологического процесса Q_1 .

Потери теплоты наружными ограждениями аппарата в окружающую среду Q_5 как для режима разогрева, так и для стационарного режима определяются по формуле

$$Q_5 = \sum_{i=1}^n \alpha_i F_i (t_{ni} - t_0), \quad (4.28)$$

где F_i — наружная поверхность i -го элемента ограждения (крышка, обечайка, дверца и т. п.), м²; α_i — коэффициент теплоотдачи в окружающую среду данным элементом наружного ограждения аппарата при соответствующем режиме его работы, Вт/(м²·К); t_{ni} — средняя температура i -го элемента ограждения аппарата при соответствующем режиме его работы, °С или К; i — элемент. При режиме разогрева аппарата среднюю температуру можно определить как среднеарифметическую температуру элемента ограждения в начале и

в конце разогрева аппарата; t_0 — температура окружающей среды, °С или К.

Расчет потерь теплоты на разогрев конструкции теплового аппарата ведется в основном для нестационарного режима работы. Однако в некоторых случаях эти теплотери следует учитывать и при стационарном режиме. Например, при работе тепловых шкафов в стационарном режиме имеют место потери теплоты на нагрев кондитерских листов, противней и функциональных емкостей и другой тары.

Потери теплоты на разогрев конструкции определяются из выражения

$$Q_6 = \sum_{i=1}^n c_i M_i \Delta t_i / \tau, \quad (4.29)$$

где M — масса i -го элемента конструкции (крышки, корпуса, арматуры, теплоизоляции и т. п.), кг. Для каждого элемента масса рассчитывается произведением объема элемента на плотность материала; c_i — удельная массовая теплоемкость материала i -го элемента конструкции, Дж/(кг·К); Δt_i — разность температур отдельных деталей конструкции между конечной t_k и начальной t_n температурами i -го элемента, °С или К; τ — продолжительность периода разогрева конструкции, с.

При расчете тепловых аппаратов, работающих на промежуточном теплоносителе (электрические и газовые пищеварочные котлы, автоклавы), при расчете Q_6 следует учитывать расход теплоты на нагрев теплоносителей и их парообразование.

Например, теплота, расходуемая на нагрев воды в парогенераторе электрического пищеварочного котла до температуры кипения и парообразования в пароводяной рубашке, определяется из выражения

$$Q_{6n} = [W_{n,r} c_n (t_{n,r} - t_0) + G_{nr}] \cdot (1/\tau), \quad (4.30)$$

где $W_{n,r}$ — масса воды, заливаемая в парогенератор котла, кг; c_n — средняя массовая удельная теплоемкость воды в интервале температур $t_{n,r} - t_0$, Дж/(кг·К); $t_{n,r}$ — температура кипения воды, зависящая от принятого давления в пароводяной рубашке котла, °С или К; t_0 — начальная температура воды в парогене-

ратуре котла, °С или К; G_n — масса пароводяной смеси, кг.

$$G_n = V_n \cdot \rho_n; \quad \rho_n = 1/V''$$

где V'' — удельный объем сухого насыщенного пара при заданном давлении, м³/кг; g — скрытая теплота парообразования воды при рабочем давлении, Дж/кг; τ — продолжительность периода разогрева, с.

Результаты теплового расчета следует сводить в таблицу 4.4.

ТАБЛИЦА 4.4

Сводные данные теплового расчета

Расходы теплоты, кВт	Режим разогрева	Стационарный режим
Полезно используемая теплота	Q'_1	Q''_1
Потери теплоты с уходящими продуктами сгорания	Q'_2	Q''_2
Потери теплоты от химической неполноты сгорания топлива	Q'_3	Q''_3
Потери теплоты от механической неполноты сгорания топлива	Q'_4	Q''_4
Потери теплоты в окружающую среду	Q'_5	Q''_5
Потери теплоты на разогрев конструкции	Q'_6	Q''_6
Итого	Q'	Q''

По полученным значениям Q' и Q'' в зависимости от вида энергоносителя определяют или расход топлива B , или расход пара D , или потребляемую электрическую мощность P аппарата при соответствующих режимах работы.

Учитывая, что тепловой аппарат должен быть оборудован соответствующей автоматикой регулирования теплового режима, при ее выборе или конструировании итоги теплового расчета являются определяющими.

Например, расчет электрического пищеварочного котла показал, что мощность электронагревателей при режиме разогрева 9 кВт, а при стационарном режиме — 3 кВт. Очевидно, что для обеспечения равномерной нагрузки на фазы (напряжение 380/220 В) следует принять три электронагревателя мощностью по 3 кВт каждый. При этом в режиме разогрева будут работать все нагреватели (с общей мощностью 9 кВт), а стационарный режим (режим слабого кипения) обеспечит

работа одного электронагревателя (мощность 3 кВт). Переключение аппарата с максимальной мощностью в 9 кВт на минимальную в 3 кВт должна обеспечить автоматика регулирования теплового режима.

Коэффициент полезного действия аппарата может быть определен для периода разогрева, стационарного режима и всего процесса приготовления пищи соответственно по формулам:

$$\eta' = (Q'_1/Q') \cdot 100; \quad (4.31)$$

$$\eta'' = (Q''/Q'') \cdot 100; \quad (4.32)$$

$$\eta = (Q'_1 + Q'') / (Q' + Q''). \quad (4.33)$$

Коэффициенты теплоотдачи при лучистом и конвективном теплообмене.
Критериальные уравнения для определения коэффициентов теплоотдачи

При определении потери теплоты наружными ограждениями аппарата в окружающую среду Q_5 возникает проблема выбора коэффициента теплоотдачи α . Рассмотрим некоторые аспекты его определения. При этом отметим, что в процессе отдачи теплоты ограждениями аппарата имеет место теплоотдача конвекцией и излучением, поэтому коэффициент теплоотдачи в данном случае определяется как суммарная величина

$$\alpha_i = \alpha_{ki} + \alpha_{li}, \quad (4.34)$$

где α_{ki} — коэффициент теплоотдачи конвекцией, Вт/(м²·К); α_{li} — коэффициент теплоотдачи излучением, Вт/(м²·К).

При определении коэффициента теплоотдачи конвекцией прежде всего необходимо выяснить характер теплообмена: происходит ли он при вынужденном или свободном движении воздуха относительно теплоотдающей поверхности.

При вынужденном движении коэффициент теплоотдачи определяется при помощи критериев Рейнольдса и Прандтля. Первый критерий характеризует динамику потока, второй критерий — физические константы рабочего тела (воздуха).

Отдача теплоты стенками аппарата в окружающую среду, как правило, проходит при свободном движении воздуха, поэтому определяющими являются критерии Грасгофа и Прандтля.

Критерий Грасгофа характеризует интенсивность конвективных потоков, возникающих вследствие разности плотностей рабочего тела (воздуха) и перепада температур между ним и стенкой аппарата с учетом геометрической характеристики теплоотдающей поверхности.

На основе определяющих критериев находится критерий Нуссельта, включающий значение коэффициента теплоотдачи конвекцией и характеризующий собой тепловое подобие.

Указанные критерии имеют следующий вид:

$$Re = w l / \nu; \quad Pr = \nu / a; \quad (4.35-4.38)$$

$$Gr = \beta (g l^3 \Delta t / \nu^2); \quad Nu = \alpha_k l / \lambda,$$

где a — коэффициент температуропроводности воздуха, $\text{м}^2/\text{с}$; g — ускорение силы тяжести, $\text{м}/\text{с}^2$; λ — коэффициент теплопроводности воздуха, $\text{Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$; β — коэффициент объемного расширения воздуха, $1/\text{К}$:

$$\beta = 1/T = 1/(273 + t), \quad (4.39)$$

где α_k — коэффициент конвективной теплоотдачи, $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$; l — определяющий геометрический размер, м ; ν — кинематический коэффициент вязкости воздуха, $\text{м}^2/\text{с}$; ΔT — перепад температур между воздухом и ограждением ($\Delta T = \Delta t = t_n - t_0$); t — определяющая температура, $^{\circ}\text{C}$.

Физические параметры для сухого воздуха при $P = 0,1$ МПа приведены в справочной литературе.

При свободной конвекции в неограниченном пространстве критериальное уравнение приобретает вид

$$Nu_n = c (Gr \cdot Pr)^n. \quad (4.40)$$

Значение коэффициента пропорциональности c и показателя степени n для отдельных областей произведения $Gr \cdot Pr$ могут быть приняты из табл. 4.5.

Определяющим геометрическим размером при этом может быть диаметр, ширина или высота ограждения.

Значения c и n при различных значениях $Gr \cdot Pr$

$Gr \cdot Pr$	c	n
$1 \cdot 10^{-3} \dots 5 \cdot 10^2$	1,18	1/8
$5 \cdot 10^2 \dots 2 \cdot 10^7$	0,54	1/4
$2 \cdot 10^7 \dots 1 \cdot 10^{13}$	0,135	1/3

Поскольку при свободной конвекции движение отдельных слоев теплоносителя (воздуха) возникает вследствие разности плотностей холодных и нагретых слоев, то за определяющий размер рекомендуется принимать вертикальный линейный размер. Определяющей температурой является полусумма температур рабочего тела (воздуха) и стенки:

$$t = (t_n + t_0) / 2. \quad (4.41)$$

Пример. При расчете теплоотдачи от одностенной крышки котла при режиме разогрева, когда температура ее при выходе на стационарный режим составила 90°C , а начальная температура была 20°C , средняя температура будет $t'_s = 0,5(t_n + t_0) = 0,5(90 + 20) = 55^\circ\text{C}$.

Определяющая температура воздуха составит: $t = 0,5(55 + 20) = 37,5^\circ\text{C}$.

За определяющий размер рекомендуется принять самый характерный размер ограждения — диаметр крышки котла, диаметр сковороды, высоту шейки котла и т. д.

В зависимости от величины определяющей температуры выбираются физические параметры воздуха: коэффициент температуропроводности a , коэффициент теплопроводности λ , коэффициент кинематической вязкости ν , а также значение критерия Прандтля Pr .

После определения критериев Pr и Gr находится их произведение, затем выбираются по таблице значения c и n и определяется численная величина критерия Нуссельта по формуле (4.40).

По значению критерия Нуссельта определяется искомый коэффициент теплоотдачи конвекцией

$$\alpha_k = Nu \cdot \lambda / l. \quad (4.42)$$

Коэффициент теплоотдачи лучеиспусканием определяется по формуле Стефана — Больцмана

$$\alpha_{\text{л}} = \varepsilon c_0 / (t_{\text{п}} - t_0) \cdot [(T_{\text{п}}/100)^4 - (T_0/100)^4], \quad (4.43)$$

где ε — степень черноты полного нормального излучения поверхности для различных материалов; c_0 — коэффициент лучеиспускания абсолютно черного тела [$c_0 = 5,67 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}^4)$]; $T_{\text{п}}$ — абсолютная температура поверхности ограждения, К; T_0 — абсолютная температура окружающей среды ($T_0 = 273 + t_0$), К.

При решении частных задач для определения коэффициентов теплоотдачи конвекцией от стенок (ограждений) аппарата к окружающему воздуху можно воспользоваться следующими формулами.

Формула Коха применяется для определения $\alpha_{\text{к}}$ в случае естественной конвекции от вертикального цилиндра к воздуху:

$$\alpha_{\text{к}} = 5,88c [(t_{\text{п}} - t_0)^{0,25}/d], \quad (4.44)$$

где c — коэффициент, зависящий от высоты цилиндра; d — диаметр цилиндра, м; t_0 — средняя температура окружающего воздуха, °С; $t_{\text{п}}$ — средняя температура поверхности, °С.

Значения c приведены в табл. 4.6.

ТАБЛИЦА 4.6

Зависимость $c = f(H)$

Высота цилиндра, м	0,03	0,06	0,09	0,12	0,15	0,24	0,3	0,6 и более
c	3,6	2,55	2,0	1,75	1,5	1,25	1,12	1,0

Формула Жуковского применяется для определения $\alpha_{\text{к}}$ в случае естественной конвекции от горизонтальной поверхности вверх при условии $15 < (t_{\text{п}} - t_0) < 90^\circ$:

$$\alpha_{\text{к}} = 3,42 \cdot (t_{\text{п}} - t_0)^{0,25} \quad (4.45)$$

Формула для определения $\alpha_{\text{к}}$ от вертикальной плиты имеет вид

$$\alpha_k = A(t_n - t_0)^{0.33}, \quad (4.46)$$

где A — коэффициент, зависящий от средней температуры пограничного слоя воздуха t_m около поверхности ограждения: $t_m = (t_n + t_0)/2$.

Значение коэффициента A приведено в табл. 4.7.

ТАБЛИЦА 4.7

Зависимость $A = f(t)$

°C	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
A	1,68	1,62	1,58	1,58	1,47	1,44	1,40	1,38	1,34	1,32

Суммарный коэффициент теплоотдачи конвекцией и лученспусканием можно приближенно определить по следующей формуле (для случая теплоотдачи в закрытых помещениях при температуре ограждений до 150 °C):

$$\alpha = 9,74 + 0,07(t_n - t_0). \quad (4.47)$$

Теплопотери в окружающую среду могут включать в себя кроме теплопотерь от наружных поверхностей аппарата также целый ряд других, зависящих от конструкции аппарата, специфики его эксплуатации и т. д. Например, при расчете жарочного или пекарного шкафов следует при стационарном режиме работы учесть потери теплоты на нагрев вентиляционного воздуха и потери теплоты излучением, которые имеют место при открывании дверцы шкафа и через вентиляционное отверстие камеры.

4.3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПЛОЩАДИ ПОВЕРХНОСТИ ТЕПЛООБМЕНА В ТЕПЛОВОМ АППАРАТЕ

Конструктивный расчет теплового аппарата предполагает определение поверхности теплообмена, обеспечивающей передачу требуемого количества теплоты в заданное время. Величина поверхности теплообмена определяется интенсивностью теплопередачи, зависящей от механизма передачи теплоты (теплопроводность, конвекция, излучение и их сочетание между собой). При конструктивном расчете определяются

движущая сила процесса, т. е. средняя разность температур, коэффициенты теплоотдачи и конструктивные размеры аппарата. Конструктивный расчет может оканчиваться выбором теплообменного аппарата по нормам или ГОСТам по рассчитанной величине поверхности теплообмена. Потребная для теплового обмена площадь поверхности теплообмена определяется из уравнения теплопередачи.

Расчетная площадь поверхности теплообмена F , м^2 , для нестационарного (разогрева) и стационарного режимов работы аппарата определяется соответственно из выражений:

$$F' = Q' / K' \Delta t'_{\text{ср}}; \quad F = Q'' / K'' \Delta t''_{\text{ср}}. \quad (4.48), (4.49)$$

Из полученных двух расчетных величин выбирается одна большая, которая принимается за площадь поверхности теплопередачи.

Определять площадь поверхности теплопередачи, имея в числителе сумму общего количества полезно используемой теплоты для нестационарного и стационарного режимов, нельзя — полученные результаты будут ошибочными.

Следует также иметь в виду, что формулы (4.48) и (4.49) справедливы для аппаратов, в которых обрабатываемый продукт не соприкасается с наружными стенками аппарата (например, в пищеварочном котле). Если продукт соприкасается с наружной стенкой аппарата, то в числителе формул (4.48) и (4.49) кроме полезно используемой теплоты следует учесть и потери теплоты в окружающую среду (например, при расчете парового водонагревателя со змеевиковой греющей камерой).

Расчет температурного режима теплообменного аппарата состоит из определения средней разности температур $\Delta t_{\text{ср}}$, вычисления средних температур теплоносителей (рабочих сред), а также определения температур стенок аппарата. В теплообменниках возможны три основных температурных режима теплоносителей:

температура обоих теплоносителей непрерывно и одновременно изменяется, нагревание и охлаждение жидкостей — без изменения их агрегатного состояния (рис. 4.1, а, б);

температура одного теплоносителя сохраняется постоянной, а другого непрерывно изменяется (конден-

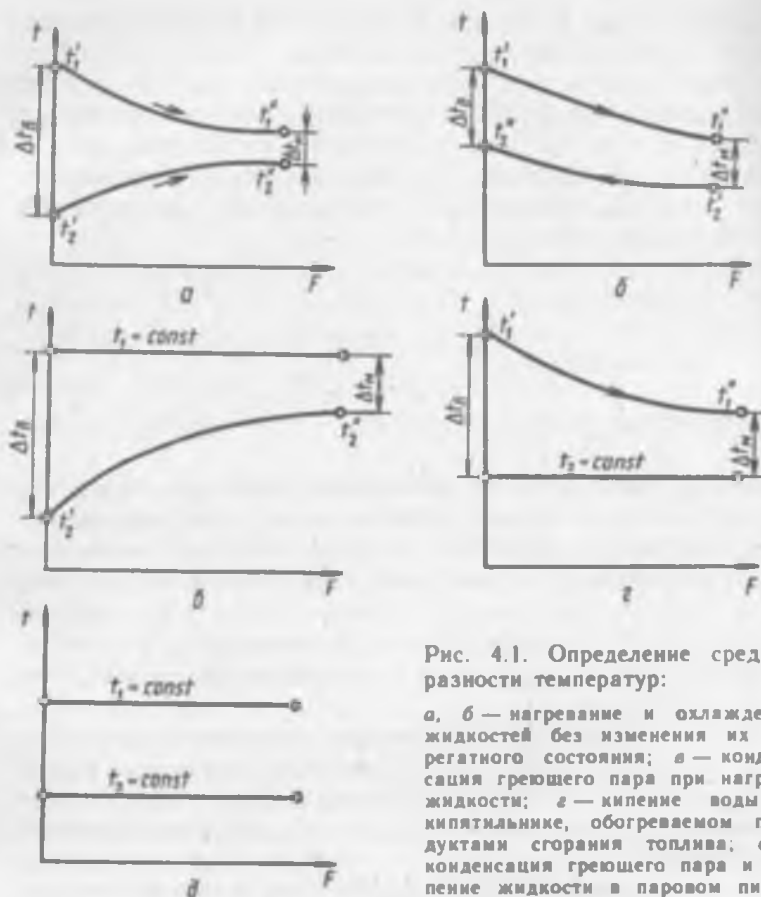


Рис. 4.1. Определение средней разности температур:

а, б — нагревание и охлаждение жидкостей без изменения их агрегатного состояния; в — конденсация греющего пара при нагреве жидкости; г — кипение воды в кипятильнике, обогреваемом продуктами сгорания топлива; д — конденсация греющего пара и кипение жидкости в паровом пищеварочном котле

сация греющего пара при нагреве жидкости — рис. 4.1, в, кипение воды в кипятильнике, обогреваемом продуктами сгорания топлива, — рис. 4.1, г);

температура обоих теплоносителей в процессе теплообмена остается постоянной (конденсация греющего пара и кипение жидкости в паровом пищеварочном котле — рис. 4.1, д).

Направление движения теплоносителей может быть прямоточным, противоточным, с перекрестным и смешанным токами.

При прямотоке (рис. 4.1, а) и противотоке (рис. 4.1, б), а также при постоянной температуре одной из сред (рис. 4.1, в, г) средний температурный напор $\Delta t_{ср}$, °С или К, определяется как среднелогарифмическая величина

$$\Delta t_{cp} = (\Delta t_6 - \Delta t_m) / \ln (\Delta t_6 / \Delta t_m) = (\Delta t_6 - \Delta t_m) / 2,3 \lg (\Delta t_6 / \Delta t_m), \quad (4.50)$$

где Δt_6 и Δt_m — соответственно большая и меньшая разность температур между теплоносителями, °C.

Если отношение $\Delta t_6 / \Delta t_m \leq 1,8$, то средний температурный напор с погрешностью до 4 % определяется как среднеарифметическая величина

$$\Delta t_{cp} = (\Delta t_6 + \Delta t_m) / 2. \quad (4.51)$$

В формулах (4.48) и (4.49) разности температур на концах теплообменника на примере прямотока (рис. 4.1, а) равны

$$\Delta t_6 = t'_1 - t'_2; \quad \Delta t_m = t''_1 - t''_2,$$

где t'_1 и t''_1 — начальные и конечные температуры нагревающей среды, °C; t'_2 и t''_2 — то же нагреваемой среды.

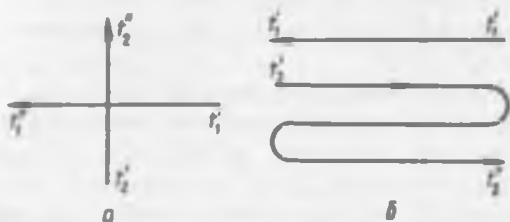


Рис. 4.2. Определение средней разности температур:

а — при перекрестном движении теплоносителей;
б — смешанном потоке теплоносителей

Для сложных схем движения теплоносителей, т. е. при перекрестном (рис. 4.2, а) и смешанном токах (рис. 4.2, б), нужно определить средний температурный напор так же, как при противотоке, а затем ввести поправочный коэффициент $\varepsilon_{\Delta t}$:

$$\Delta t_{cp} = \varepsilon_{\Delta t} \Delta t_{против}. \quad (4.52)$$

Значение коэффициента ε определяют из графиков, построенных на основании опытных данных.

Коэффициент теплопередачи K является количественной расчетной величиной и зависит от коэффици-

циентов теплоотдачи, термического сопротивления стенки и загрязнений.

Для плоской стенки K определяется по формуле

$$K = 1 / (1/\alpha_1 + \delta/\lambda + 1/\alpha_2 + R_{\text{заг}}), \quad (4.53)$$

где α_1 — коэффициент теплоотдачи от горячего теплоносителя к стенке, $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$; α_2 — коэффициент теплоотдачи от стенки к холодному теплоносителю, $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$; δ — толщина теплопередающей стенки аппарата, м; λ — коэффициент теплопроводности материала стенки, $\text{Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$; $R_{\text{заг}}$ — термическое сопротивление, учитывающее загрязнение с обеих сторон стенки (накипь, пригорание частиц продукта и т. п.), $(\text{м}^2 \cdot \text{К})/\text{Вт}$.

Если известны предполагаемая толщина слоев загрязнений δ_1 и δ_2 и их коэффициенты теплопроводности λ_1 и λ_2 , то $R_{\text{заг}} = \delta_1/\lambda_1 + \delta_2/\lambda_2$.

Влияние загрязнений обычно учитывается введением коэффициента использования поверхности теплообмена φ в расчетный коэффициент теплопередачи для чистой стенки; $K_{\text{исп}} = \varphi \cdot K$. Для большинства аппаратов $\varphi = 0,7 \dots 0,8$.

В научной литературе приводится целый ряд формул по определению коэффициентов теплопередачи для цилиндрической, плоской, ребристой, шаровой стенки и др.

Эти формулы теплопередачи громоздки, поэтому при практических расчетах их упрощают. Например, для расчета теплообменных аппаратов с тонкостенными трубками при значении $d_{\text{в}}/d_{\text{н}} \leq 1,5$ можно пользоваться формулой (4.53) для плоской стенки.

При расчете коэффициента теплопередачи наибольшую трудность представляет определение α_1 и α_2 . Обычно для расчета коэффициентов теплоотдачи применяют теорию подобия. При этом значение коэффициента теплоотдачи находят из выражения для критерия подобия Нуссельта: $\alpha = \text{Nu} \cdot \lambda / l$, где Nu — безразмерный критерий подобия Нуссельта; λ — коэффициент теплопроводности теплоносителя (для которого определяется коэффициент теплоотдачи), $\text{Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$; l — определяющий геометрический размер, м.

Критерий Нуссельта в зависимости от гидродинамических факторов — скорости, а также ламинарного или турбулентного характера движения теплоносителей — вязкости, теплоемкости и других геометрических пара-

метров поверхности теплообмена — диаметра труб, их расположения и др. определяется по различным критериальным уравнениям. Для подсчета α_1 и α_2 критериальное уравнение выбирается по справочной литературе так, чтобы оно возможно точно соответствовало условиям.

В случае ламинарного режима движения жидкости ($Re < 2300$) по трубам и каналам без изменения ее агрегатного состояния рекомендуется следующее критериальное уравнение:

$$Nu = c (Re \cdot Pr)^{0.2} \cdot (Gr \cdot Pr)^{0.1}, \quad (4.54)$$

где c — опытный коэффициент (для горизонтальных труб $c = 0,74$; для вертикальных труб $c = 0,85$); Re , Pr , Gr — соответственно критерии Рейнольдса, Прандтля и Грасгофа.

Определяющими величинами в случае ламинарного движения являются внутренний диаметр и средняя температура t_{cp} пограничного слоя жидкости.

В случае переходного режима движения жидкости ($2300 < Re \leq 10\,000$):

$$Nu = 0,08 \cdot Re^{0.9} \cdot Pr^{0.43}. \quad (4.55)$$

В случае устойчивого турбулентного режима движения жидкости ($Re > 10\,000$):

$$Nu = 0,021 \cdot Re^{0.8} \cdot Pr^{0.43}. \quad (4.56)$$

Определяющими величинами в этих двух случаях являются внутренний или эквивалентный диаметр $d_e = 4F/P$ (F — площадь поперечного сечения потока, m^2 ; P — смоченный периметр, m), а также средняя температура t_{cp} по сечению тока. Необходимо помнить, что значение физических констант жидкости следует брать при определяющей температуре.

Если теплоноситель (жидкость) перемещается в межтрубном пространстве теплообменника типа «труба в трубе», то уравнение будет следующее:

$$Nu = 0,023 \cdot Re^{0.8} \cdot Pr^{0.4} \cdot (D_n/d_n), \quad (4.57)$$

где D_n — внутренний диаметр корпуса, m ; d_n — наруж-

ный диаметр внутренней трубы (определяющий размер), м.

При движении теплоносителя (жидкости) в межтрубном пространстве кожухотрубного теплообменника

$$Nu = c (d_s \cdot Re)^{0.6} \cdot Pr^{0.33}, \quad (4.58)$$

где c равно 1,16 — в аппаратах без перегородок или 1,72 — при сегментных перегородках.

Для змеевиков значение α , полученное на основании формулы (4.56) для прямой трубы, следует умножить на коэффициент x , учитывающий кривизну змеевика:

$$x = 1 + (3,54 \cdot d_s / D_s), \quad (4.59)$$

где d_s — внутренний диаметр трубы змеевика, м; D_s — диаметр витка змеевика, м.

Рассмотрим определение коэффициента теплоотдачи при изменении агрегатного состояния вещества — конденсации пара и кипении жидкости.

При пленочной конденсации пара на вертикальных поверхностях (имеющей место в паровых рубашках пищеварочных котлов) критерий Нуссельта определяется по формулам:

$$\text{при } Re_{пл} < 400: Nu = 1,86 / Re_{пл}^{0.33}; \quad (4.60)$$

$$\text{при } Re_{пл} > 400: Nu = Re_{пл} / [6,25 (Re_{пл} - 400) / Pr^{0.33} + 1580]. \quad (4.61)$$

При пленочной конденсации на наружной поверхности горизонтальных труб используется формула

$$Nu = 1,56 / Re_{пл}. \quad (4.62)$$

В формулах (4.60), (4.61), (4.62) приняты следующие обозначения: $Re_{пл} = 4\Gamma/\eta$ — критерий Рейнольдса для стекающей пленки конденсата; $\Gamma = G/\Pi$ — линейная плотность орошения стенки, кг/(м·с); G — массовый расход жидкости (конденсата), кг/с; Π — периметр поверхности, по которой движется пленка, м; η — динамическая вязкость конденсата, Па·с; $Nu = \alpha \times \delta_{прив}/\lambda$ — критерий Нуссельта для стекающей пленки; $\delta_{прив} = \eta^2/\rho^2 g$ — приведенная толщина пленки, м; λ — теплопроводность конденсата, Вт/(м·К); ρ — плотность конденсата, кг/м³.

Из формул (4.60), (4.61), (4.62) определяется коэффициент теплоотдачи α . При этом тепловые параметры конденсата следует брать при средней температуре пленки $t_{пл}=0,5 (t_{ср}+t_{ст})$, где $t_{ср}$ — средняя температура среды, °С, а $t_{ст}$ — средняя температура стенки, разделяющей два теплоносителя, °С.

Применительно к рис. 4.1, а, з $t_{ст}=0,25[(t'_1+t''_1)+(t'_2+t''_2)]$.

При кипении жидкости (например, в пищеварочных котлах) теплоотдача может быть описана следующим уравнением:

$$Nu_{кип}=54K^{0,6}/Pr^{0,3}, \quad (4.63)$$

где $Nu_{кип}=(\alpha/\lambda)\sqrt{\sigma/\rho g}$ — критерий Нуссельта для кипящей жидкости; λ — теплопроводность жидкости, Вт/(м·К); σ — поверхностное натяжение, Н/м; ρ — плотность жидкости, кг/м³. $K=g/\rho_l g w$ — безразмерный комплекс; g — поверхностная плотность теплового потока, равная отношению величины теплового потока к площади поверхности теплообмена, Вт/м²; ρ_l — плотность пара, кг/м³; g — теплота испарения при температуре насыщенного пара, Дж/кг; w — произведение среднего диаметра пузырьков пара на число пузырьков, образующихся в единицу времени, м/с. При атмосферном давлении $w=0,078$ м/с, при других давлениях $w=0,078(\rho_0/\rho_l)$; ρ_0 — плотность пара при абсолютном давлении 0,1 МПа, кг/м³.

Рассмотренные основы теплового расчета аппаратов позволяют осуществить инженерные расчеты необходимого количества теплоносителя и площади поверхности теплообмена аппаратов различных типов с целью обеспечения проведения определенного технологического процесса, связанного с переносом теплоты. В приложении 6 приведен расчет аппарата, выполненный согласно изложенной в этой главе методике расчета.

Дополнительная литература

Дорохин В. А. Тепловое оборудование предприятий общественного питания. Киев: Вища школа, 1987. 406 с.

Исаченко В. П., Осипова В. А., Сукомел А. С. Теплопередача. М.: Энергия, 1972. 440 с.

Теплофизические характеристики пищевых продуктов/Под ред. А. С. Гинбурга. М.: Пищевая промышленность, 1975. 221 с.

Технологическое оборудование предприятий общественного питания/Под ред. М. И. Беляева. Киев: Вища школа, 1987. 357 с.

СХЕМА ГАЗО-, ПАРО- И ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ
ПРЕДПРИЯТИЙ ОБЩЕСТВЕННОГО ПИТАНИЯ

5.1. ХАРАКТЕРИСТИКА ТРУБОПРОВОДОВ

Трубопроводы служат для подвода к тепловым аппаратам рабочего тела (газа, пара, жидкого топлива, воды, воздуха или других теплоносителей) и для отвода конденсата. Движение рабочего тела по трубам происходит от участков с высоким давлением к участкам с более низким давлением. На пути движения рабочее тело преодолевает сопротивления, которые складываются из линейных и местных сопротивлений. *Линейные сопротивления* создаются вследствие трения частиц рабочего тела о стенки труб и между собой. *Местные сопротивления* возникают в местах изменения скорости и направления движения рабочего тела, а также в местах разделения или слияния их потоков.

Сопротивление тракта ΔP определяется как

$$\Delta P = \Delta P_{\text{л}} + \Delta P_{\text{м}}, \quad (5.1)$$

где ΔP , $\Delta P_{\text{л}}$, $\Delta P_{\text{м}}$ — соответственно общие потери давления при движении рабочего тела, потери давления на преодоление линейных сопротивлений, потери давления на преодоление местных сопротивлений, Па.

Потери давления по длине трубопровода определяются по следующей формуле:

$$\Delta P_{\text{л}} = \lambda (l/d_s) \cdot (\rho w^2/2). \quad (5.2)$$

Потери давления на преодоление местных сопротивлений определяются

$$\Delta P_{\Sigma} = \sum_i \xi (\rho w^2 / 2), \quad (5.3)$$

где λ — коэффициент трения; l — длина прямого участка трубопровода, м; d_e — эквивалентный диаметр, м; ρ — плотность среды, кг/м³; w — скорость среды, м/с; $\sum \xi$ — сумма коэффициентов местных сопротивлений, зависящих от их типа (поворот, сужение, расширение, арматура и пр.).

Различают проектный и поверочный расчеты трубопроводов. При первом расчете по заданным производительности, давлению и максимальным потерям давления определяют диаметр трубопровода, при втором расчете по заданным производительности, давлению и диаметру определяют потерю давления.

Трубопроводы на предприятиях общественного питания выполняются из стальных труб, которые соединяют между собой посредством сварки или с помощью резьбовых и фланцевых соединений. Наиболее надежным является сварное неразъемное соединение. Резьбовые или фланцевые соединения допускаются в тех случаях, когда сварка по условиям монтажа и конструктивным соображениям невозможна. Резьбовое разъемное соединение осуществляется с помощью фасонных частей (фитингов — угольников, тройников, крестовин и т. п.), которые используются также для изменения диаметра, или направления трубопровода, или для присоединения ответвлений. В этих случаях плотность соединения обеспечивается подмоткой в месте соединения льняной пряди, пропитанной белилами или суриком. Уплотнение фланцевых соединений достигается с помощью уплотнительных прокладок.

Проводку труб в здании делают преимущественно открытой. Трубы укладывают на некотором расстоянии от стен и крепят к стенам хомутами и крючьями. Различают неподвижные опоры, закрепляющие трубопровод в определенной точке конструкции (стена, колонна и т. п.), и подвижные, которые обеспечивают свободное перемещение труб в осевом направлении.

Для предохранения труб от коррозии их покрывают масляной краской.

Для отключения аппаратов, изменения величины давления и расхода рабочего тела (газа, пара и т. д.), а также предохранения системы трубопроводов от

повышенного давления на трубопроводах устанавливается арматура. По назначению она подразделяется на запорную, регулирующую и предохранительную, по принципу действия — на приводную, приводимую в действие приводом (ручным, механическим, электрическим и др.), и самодействующую, приводимую в действие непосредственно потоками рабочей среды или изменением ее параметров. Трубопроводы должны иметь минимальные длину, число поворотов и разъёмных соединений для создания удобных условий эксплуатации и ремонта.

5.2. СХЕМА ГАЗОСНАБЖЕНИЯ ПРЕДПРИЯТИЙ ОБЩЕСТВЕННОГО ПИТАНИЯ

Система газоснабжения служит для подачи горючего газа к потребителям. Она должна обеспечивать пропуск необходимого количества газа при допустимых потерях давления в трубопроводе, возможность подключения и отключения отдельных потребителей без нарушения газоснабжения остальных, а также безопасность работы системы при условии правильной ее эксплуатации. В зависимости от максимально допустимого рабочего давления газа различают газовые сети: низкого давления — от 0 до 2 кПа, а при установке перед входом в каждое здание регулятора давления — до 5 кПа; среднего — от 5 до 300; высокого — от 300 до 600; сверхвысокого давления — от 600 до 1200 кПа.

На предприятиях общественного питания допускается использовать газ только низкого давления. Сеть низкого давления получает газ от сети среднего давления через газорегуляторные станции (рис. 5.1, а, б). На участках среднего и низкого давления установлены контрольные манометры.

В *регуляторе давления* осуществляется дросселирование потока газа среднего давления до уровня, необходимого для сети низкого давления, и автоматическое поддержание этого уровня при переменном расходе газа.

Предохранительный клапан перекрывает доступ газу в газопровод потребителя при давлении, выходящем за установленные нижний и верхний пределы.

Фильтр служит для очистки газа от пыли и прочих загрязнений и выполняется в виде корпуса с сетчатой

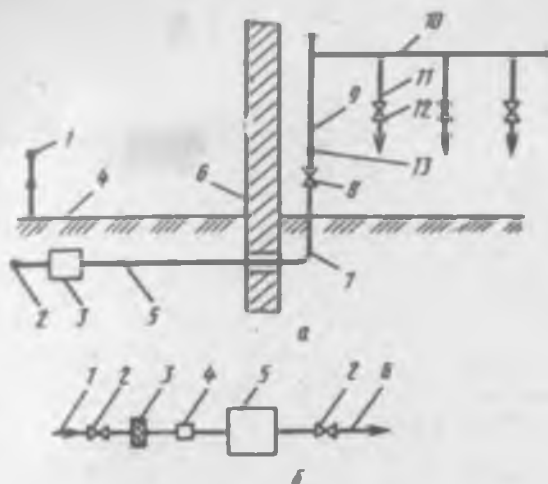


Рис. 5.1. Схема газоснабжения предприятий общественного питания:

а — схема газопровода: 1 — ограждение территории предприятия; 2 — городская сеть; 3 — отключающее устройство; 4 — уровень земли; 5 — подземный внутренний газопровод; 6 — стена здания; 7 — газовый ввод; 8 — запорные устройства; 9 — газовый стояк; 10 — разводящий внутрицеховой газопровод; 11 — газовый подвод к тепловоому аппарату; 12 — газовый кран перед тепловым аппаратом; 13 — разводящий газопровод, подводящий газ к стоякам; б — схема газорегуляторного пункта: 1 — газопровод среднего давления; 2 — задвижка; 3 — фильтр; 4 — предохранительный клапан; 5 — регулятор давления; 6 — газопровод низкого давления

съемной перегородкой, заполненной конским волосом, пропитанным минеральным маслом.

Задвижка (рис. 5.2) имеет литой чугунный корпус с присоединительными фланцами. Проход газа может быть перекрыт стальным полотном, как показано на рисунке. Полотно, которое представляет собой прямоугольную пластину, смонтировано со штоком, имеющим резьбовое соединение со втулкой, связанной с корпусом. Вращением штурвала перемещают шток с полотном в вертикальном направлении. Место выхода резьбы из корпуса и соединение со штурвалом уплотнено с помощью буксы, нажимающей на сальниковую набивку путем ввинчивания буксы в корпус.

Газовые сети газифицированного объекта подразделяют на наружные (уличные) и внутренние. Для подведения газопровода к потребителю (пред-

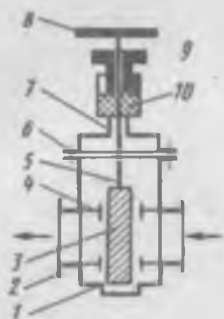


Рис. 5.2. Принципиальная схема запорной конструкции:

1 — корпус; 2 — фланцы; 3 — полотно; 4 — уплотнение; 5 — шток; 6 — верхний фланец; 7 — резьбовая втулка; 8 — штурвал; 9 — бокс; 10 — сальниковая набивка

приятию общественного питания) от наружной сети делается ответвление через колодец с запорным краном.

Устройство внутреннего газопровода. Внутренняя часть газопровода состоит из следующих элементов: ввода на территорию предприятия, дворовой и внутрицеховых (домовых) сетей. За состояние всех элементов, находящихся на территории объекта, несет ответственность руководитель предприятия. Дворовые газопроводы, ввод газа в здание, разводящие трубопроводы, газовые стояки, внутрицеховые разводящие сети, регулирующая, предохранительная, измерительная, отключающая и контрольная аппаратура составляют внутриобъектную сеть газопровода.

Ввод газа в здание представляет собой стальную трубу диаметром не менее 50 мм, которая подключается к сети газопровода под землей на глубине не менее 0,8 м. Если в здании есть подвал, ввод прокладывают через его стенку. Подвал должен иметь высоту не менее 1,85 м, естественную вентиляцию и стены из негорючего материала. При отсутствии подвала ввод прокладывают через фундамент. На трубы, проходящие через стены и перекрытия, надевают манжеты (трубы большего диаметра). Концы манжет должны выступать на 30 мм по обе стороны перемычки и отстоять на 50 мм от потолка (или от поверхности стены). Пространство между трубами и манжетами закладывают паклей. Газ подводится к нескольким стоякам. *Стояками* называют вертикальные участки, по которым газ подается к вышестоящим горизонтальным участкам. Внутри здания газопроводные трубы прокладывают открыто по стенам. От стояков к газовым аппаратам газ можно подавать по трубам, проложенным в каналах пола. В этих случаях на них запрещается устанавливать любую арматуру. В бетонном полу трубопровод прокладывают в штрибе, которую затем заливают бетоном. Залитая часть газопровода не должна иметь резьбовых соединений, кроме того, ее покрывают антикоррозийной изоляцией. Переносные запальники

разрешается присоединять к газопроводу с помощью резинового шланга. Длина шланга не должна превышать 2 м, а сам шланг не должен проходить через стену или перегородку. Схема газопровода горячего цеха столовой приведена на рис. 5.3, а, б.

Арматура внутреннего газопровода. Основное требование, предъявляемое к газовой сети,— полная ее герметичность. Поэтому существенное влияние на надежность и безопасность работы аппаратуры оказывает качество запорных устройств (кранов, вентилей, задвижек). Их устанавливают на вводах в здание, в отдельные цехи, перед каждым местным регулятором давления, газовым счетчиком и пищеварочным аппаратом, а при наличии в последнем нескольких горелок — перед каждой горелкой. В основном запорным устройством горелок служат пробковые краны различного размера с двумя или тремя проходами (в зависимости от производительности горелки).

Для учета потребления газа применяют газовые счетчики различной конструкции и пропускной способности. Чаще всего на предприятиях общественного питания используются газовые ротационные счетчики типа РС. Газовый счетчик типа РС-100 (рис. 5.4, а, б) применяется при расходе газа до 1000 м³/ч. Проходящий через счетчик газ приводит в движение поршни-роторы, которые начинают вращаться в противоположных направлениях. При этом происходит поочередное заполнение газом и опорожнение измерительных камер, образуемых поверхностью стенок корпуса и вращающимися поршнями. В верхней части корпуса расположено отверстие для входа газа, в нижней — отверстие для его выхода. Роторы (поршни) в поперечном сечении имеют форму восьмерки. Вращение происходит за счет разности давлений газа на входе и выходе счетчика.

Проходя через счетчик, газ за счет разности давлений заставляет роторы вращаться в направлениях, указанных стрелками. Роторы закреплены на параллельных валах, установленных в шариковых подшипниках, связанных между собой парой одинаковых зубчатых колес, входящих в зацепление один с другим, вследствие чего вращение одного ротора вызывает вращение другого. Вращаясь, поршни последовательно отделяют со стороны входа определенный объем газа, а затем передают его к выходному отверстию.

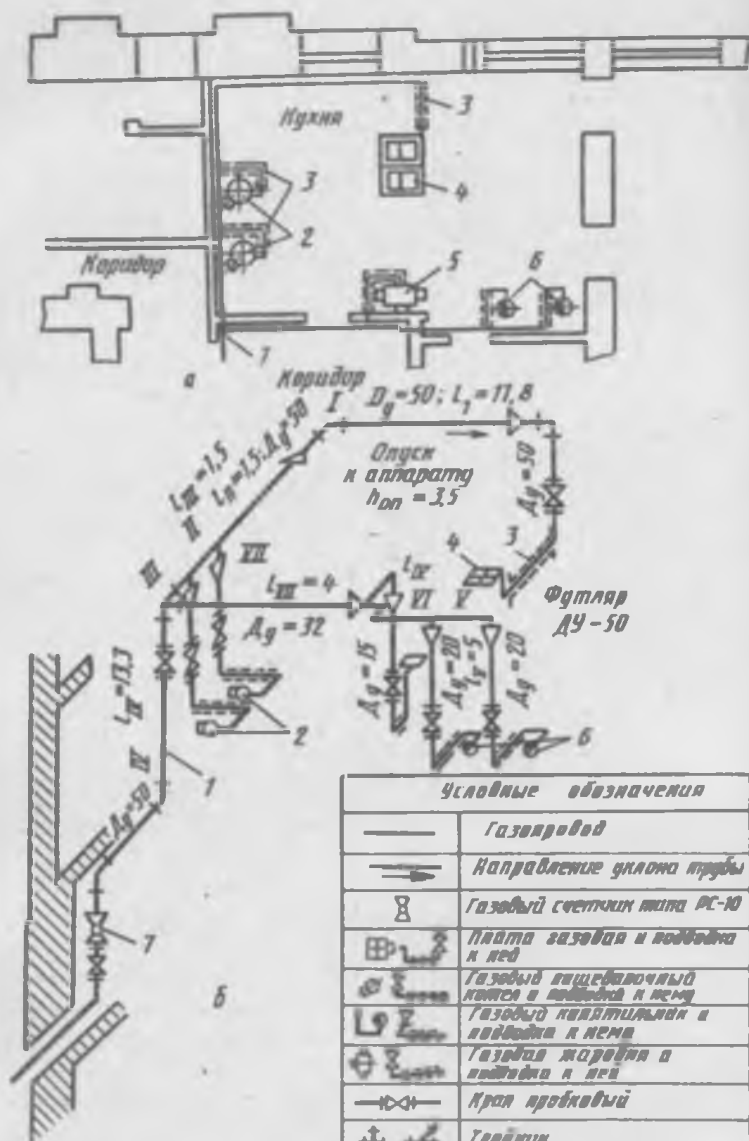


Рис. 5.3. Схема газоснабжения горячего цеха:

а — план; б — схема внутреннего газопровода: 1 — газовый стояк; 2 — газовые пищеварочные котлы типа КПП-160; 3 — канал для прокладки газопровода в полу; 4 — плита газовая (три секции ПГС-2МА); 5 — сковорода газовая типа СКГ-3; 6 — кипятыльник

газовый типа КНГ-200; 7 — газовый счетчик

Условные обозначения	
	Газопровод
	Направление уклона трубы
	Газовый счетчик типа РС-Ю
	Плита газовая и подводка к ней
	Газовый пищеварочный котел и подводка к нему
	Газовый кипятыльник и подводка к нему
	Газовый жарочный аппарат и подводка к нему
	Кран пробковый
	Тройник
	Отвод угловой
	Муфта переходная
D_g	Диаметр газопровода в мм
	Направление движения газа

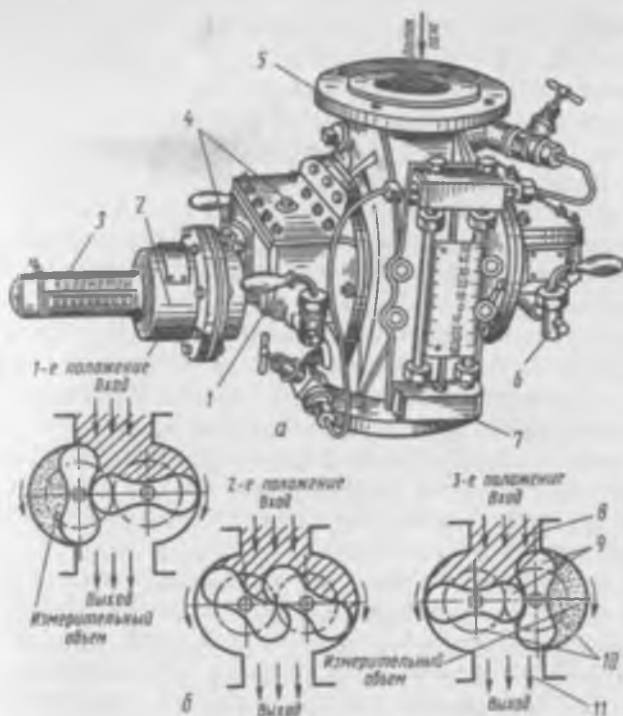


Рис. 5.4. Газовый счетчик:

а — общий вид; *б* — схема работы: 1 — коробка шестерен; 2 — редуктор; 3 — счетный механизм; 4 — пробки для заливки масла; 5 — корпус; 6 — контрольный кран; 7 — дифференциальный манометр; 8 — отверстие для входа газа; 9 — роторы; 10 — зубчатые колеса; 11 — отверстие для выхода газа

Испытание и эксплуатация газопровода. Перед пуском газа газопровод подвергают испытанию для обнаружения возможных дефектов (неплотность соединений, негерметичность стенок труб, пропуск газа через краны). Испытание осуществляется только сжатым воздухом в два или три приема с помощью воздушного компрессора (воздушного насоса) с манометром. Гидравлические испытания посредством заполнения труб водой категорически запрещаются.

Особое внимание при эксплуатации газопроводов и газовых аппаратов уделяется предотвращению утечки газа, которая возникает при дефектах труб и нагревательных приборов (трещинах, свищах, раковинах), а также через неплотно закрытые запорные приспособления. Газ, попавший в помещение, при определенной концентрации образует с воздухом взрывоопасную

смесь. Для предупреждения взрыва следует систематически проверять плотность всех соединений и немедленно устранять обнаруженные дефекты, обеспечить достаточную вентиляцию помещений, где может скапливаться газ, и удалять из них возможные источники воспламенения. Утечку газа можно определить по запаху, однако многие природные газы не имеют запаха, поэтому в них вводят особые вещества — одоранты (этилмеркаптаны), обладающие резким специфическим запахом.

Эксплуатация газопровода включает его профилактическое обслуживание, состоящее в осмотре газового ввода и разводки в целях определения их технического состояния; проверке состояния отключающих устройств на вводах и стояках и их смазки (смазка должна производиться по мере надобности, но не реже одного раза в три года); проверке герметичности газопроводов и исправности их крепления.

Расчет газопровода. Расчет газопровода осуществляют чаще всего в целях подбора диаметра труб для пропуска необходимого количества газа при допустимой потере давления (не более 15 % давления газа в сети). Сопротивление газового тракта подсчитывается по формулам (5.1), (5.2), (5.3).

При определении общего сопротивления газопровода можно использовать метод эквивалентных длин, суть которого заключается в замене местных сопротивлений сопротивлениями по длине участка, имеющего длину, «эквивалентную» местному сопротивлению:

$$\Delta P_m = \lambda (l_s/d) \cdot (\rho w^2/2) = \zeta (\rho w^2/2),$$

откуда $l_s = \zeta d/\lambda$.

$$\begin{aligned} \Delta P &= \Delta P_d + \Delta P_m = \lambda (l/d) \cdot (\rho w^2/2) + \lambda \left(\sum_{i=1}^n l_{si}/d \right) \times \\ &\times (\rho w^2/2) = \lambda \left(1 + \sum_{i=1}^n l_{si}/d \right) \cdot (\rho w^2/2) = \\ &= \lambda (l_{np}/d) \cdot (\rho w^2/2), \end{aligned} \quad (5.4)$$

где $l_{np} = l + \sum_{i=1}^n l_{si}$ — приведенная длина рассчитываемого участка газопровода, м, при $\zeta = 1$; $l_{si} = d/\lambda_i$;

$$\sum_{i=1}^n l_{si} = l_{\Sigma} \sum_{i=1}^n \zeta_i.$$

Для расчета газопровода необходимо прежде всего вычертить поэтажный план предприятия с расстановкой всех газопотребляющих аппаратов и получить данные о расходе газа каждым аппаратом, гидравлическом сопротивлении трубопровода каждого аппарата и коэффициенте одновременности работы аппаратов, а также сведения о газе (вид горючего газа, его плотность, давление в сети, допустимая потеря давления).

На поэтажных планах газопровод размещают таким образом, чтобы он имел минимальные длину и количество резьбовых соединений. Расчет начинают с составления аксонометрической схемы и определения количества расчетных участков — отрезков газопровода, на которых расход и скорость газа не меняются. Местное сопротивление на границе двух участков относят к участку с меньшим расходом газа. Потери давления в местных сопротивлениях учитывают через эквивалентную длину прямолинейного участка трубопровода того же диаметра, сопротивление которого равно данному местному сопротивлению. Пример расчета системы газоснабжения предприятия, приведенного на рис. 5.3, дан в приложении 7. Результаты расчета сведены в табл. 1 приложения 1. В расчетной таблице приводится условная длина прямолинейного участка трубы, сопротивление которого равно местному сопротивлению с коэффициентом $\zeta = 1$. Данные для расчета газопровода приведены в табл. 2 и 3.

5.3. СХЕМА ПАРОСНАБЖЕНИЯ ПРЕДПРИЯТИЙ ОБЩЕСТВЕННОГО ПИТАНИЯ

Пар для технологических нужд предприятий общественного питания может поступать по сетям от промышленных котельных, от центральных парогенераторов низкого давления, устанавливаемых в здании предприятия. Строительство выносных паровых котельных, специализированных для нужд пароснабжения технологических аппаратов, по экономическим соображениям может быть рекомендовано лишь для предприятий большой производственной мощности.

Схема пароснабжения предприятия (рис. 5.5), получающего пар для технологических нужд из собственной котельной, включает следующие основные элементы: парогенераторы, паропровод, паропотребляющие тепловые аппараты, конденсатопровод и

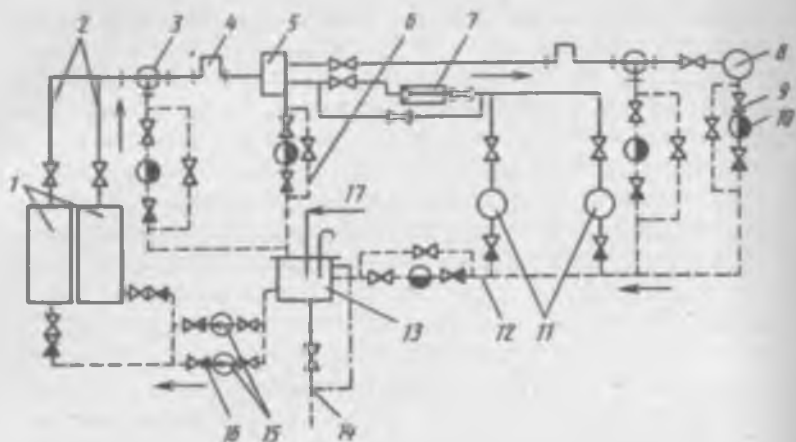


Рис. 5.5. Схема пароснабжения предприятий общественного питания:

1 — котлы; 2 — паропровод; 3 — водоотделитель; 4 — компенсатор; 5 — коллектор; 6 — обводная линия; 7 — редукционный клапан; 8 — паровой аппарат, давление в рубашке которого выше 150 кПа; 9 — запорный вентиль; 10 — конденсатоотводчик; 11 — паровой аппарат, давление в рубашке которого равно 150 кПа и ниже; 12 — конденсатопровод; 13 — конденсатный бак; 14 — сливной трубопровод; 15 — насосы; 16 — обратные клапаны; 17 — трубопровод подпитки

питательный трубопровод с перекачивающими насосами. Если пар поступает из котельной другого предприятия, то в схеме остаются помимо паропотребляющих тепловых аппаратов частично паропровод и конденсатопровод.

Влажный насыщенный пар с избыточным давлением 50...400 кПа поступает из котельной по главной магистрали в коллектор (парораспределитель), размещенный в обособленном помещении. Коллектор представляет собой трубу, диаметр которой в 2 раза больше диаметра главной паровой магистрали. В нем есть ряд ответвлений, по которым пар направляется в пароиспользующие аппараты. Количество пара, поступающее в отдельные аппараты, регулируется парозапорным вентилем.

В греющих камерах аппаратов насыщенный пар, конденсируясь, выделяет теплоту, за счет которой происходит тепловая обработка продуктов. Конденсат по конденсатопроводу поступает в конденсатный бак, откуда перекачивается насосом в паровой котел для повторного превращения в пар.

При эксплуатации паропроводов особое внимание

уделяется предотвращению потерь конденсата. Температура отводимого конденсата составляет 50... 70 °С, и его повторное использование значительно уменьшает расходы теплоты на процесс парообразования. Кроме того, при больших потерях конденсата конденсатный бак приходится пополнять водопроводной водой, что ведет к интенсивному отложению накипи на стенках парового котла. Это снижает коэффициент теплопередачи и, кроме того, требует частой чистки котла, способствует его быстрому износу.

Паропровод и его арматура. Паропровод служит для подачи пара от котла к парoisпользующим аппаратам. Он должен обеспечивать расчетную пропускную способность пара при заданных потерях давления, допускать включение и выключение отдельных аппаратов без прекращения работы системы в целом, быть безопасным в эксплуатации и работать с минимальными потерями теплоты, для чего паропровод изолируют. Для внутреннего паропровода с достаточной для практических целей точностью толщина тепловой изоляции δ с коэффициентом теплопроводности не более $\lambda \leq 0,15$ Вт/(м·К) для труб диаметром $d \leq 0,025$ м может быть принята 0,03 м, для $d = 0,025... 0,05$ м $\delta = 0,04$ м; для $d = 0,05... 0,108$ м $\delta = 0,05$ м.

На предприятиях общественного питания используют паропроводы низкого давления (до 0,7 МПа). Как и газопроводы, они состоят из труб, соединенных между собой в определенном порядке фасонными частями и арматурой, образующих один сплошной канал, по которому пар от котла движется в сторону меньшего давления, т. е. к аппаратам. Прокладывают его с небольшим уклоном (от 0,001 до 0,05 м на 1 пог. м) в сторону движения пара. Это необходимо для того, чтобы конденсат не задерживался в паропроводе.

Пар продвигается по паропроводу с большой скоростью (10...20 м/с). Встречая на своем пути воду, которая образуется как попутный конденсат, он увлекает ее за собой. При изменении направления движения пара (что наблюдается при поворотах паропровода в арматуре или теплоиспользующих аппаратах) вода с силой, зависящей от ее скорости движения и массы, наносит удар в направлении своего первоначального движения.

Это явление называется *гидравлическим ударом* и может стать причиной механического разрушения

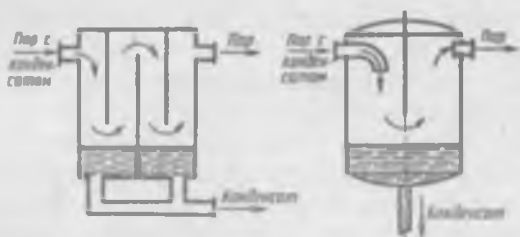


Рис. 5.6. Водоотделитель

паропровода, его элементов или частей аппарата. Для предотвращения гидравлических ударов паропровод дренируют, используя продувочные и спускные вентили, водоотделители.

Водоотделитель представляет собой стальной сосуд (рис. 5.6) обычно цилиндрической формы, устанавливаемый на паропроводе на пути движения пара от котла к потребителю. Проходя через водоотделитель, пар наталкивается на находящиеся в водоотделителе перегородки, резко меняет свое направление, благодаря чему частицы воды, имеющие большую плотность, выпадают из его потока.

При прохождении пара по паропроводу стенки его нагреваются и благодаря термическому расширению металла паропровод удлиняется в осевом направлении. Последнее вызывает определенные трудности при закреплении труб. Для того чтобы тепловое удлинение происходило в желаемом направлении, трубы в нескольких местах закрепляют на неподвижных опорах. На других участках паропровод закрепляют на подвижных опорах, которые обеспечивают свободное перемещение труб при их удлинении в осевом направлении.

Напряжения, возникающие при тепловом удлинении паропровода, устраняют либо самокомпенсацией трубопровода, либо включением специальных компенсаторов.

Компенсаторы используют при наличии значительной длины прямолинейных участков паропровода. Наиболее широко используют гнутые компенсаторы из цельнотянутой стальной трубы, имеющие П-образную форму (рис. 5.7).



Рис. 5.7. П-образный компенсатор

Для снижения давления пара и поддержания его на одном уровне применяют р е д у к ц и о н н ы е

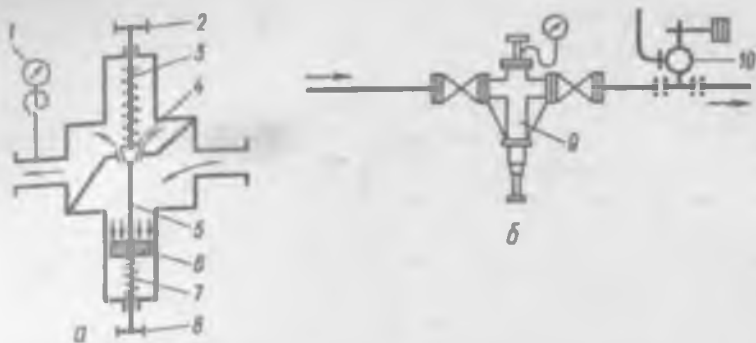


Рис. 5.8. Редукционный клапан системы Струбе:

а — принципиальная схема; *б* — схема установки на паропроводе: 1 — манометр; 2, 8 — маховики; 3, 7 — пружины; 4 — золотник; 5 — шток; 6 — поршень; 9 — корпус клапана; 10 — рычажный предохранительный клапан. Стрелками показано направление движения пара в клапане

к л а п а н ы различных систем: пружинные, рычажные, мембранные. В паропроводах предприятий общественного питания в качестве редукционного клапана используют пружинный клапан системы Струбе (рис. 5.8, *а*, *б*), совмещающий функции обычного запорного вентиля и автоматически действующего клапана, который не допускает поступления в аппаратуру пара с давлением, превышающим заданное. Давление пара за клапаном регулируется изменением площади сечения отверстия, через которое проходит пар.

Поступающий в клапан пар повышенного давления давит на золотник, который сидит на штоке, соединяющем его с поршнем. Снизу на поршень и шток действует пружина, натяжение которой можно изменять поворотом маховичка. Максимальный проход пара возможен при верхнем положении шпинделя-ограничителя, в который упирается золотник, приподнимающийся под действием пара. Уменьшение сечения отверстия для прохода пара определяет степень сжатия пружины, в которую упирается нижняя часть штока. Если маховичок со штоком вывернуть до отказа, пружина разожмется и золотник прижмется к седлу. Если повернуть маховичок по движению часовой стрелки, пружина сожмется и переместит поршень, а вместе с ним и золотник. При этом начнется движение пара в направлении, указанном стрелками. Таким образом, вращая маховичок, можно изменять давление пара в паропроводе за клапаном.

Установленное за клапаном давление поддерживается на постоянном уровне автоматически. При уменьшении расхода пара в пространстве с пониженным давлением повысится давление за клапаном. Это вызовет сжатие пружины, вследствие чего золотник опустится, отверстие для прохода пара уменьшится и давление за клапаном упадет до первоначальной величины. Если же давление за клапаном понизится (например, вследствие увеличивающегося потребления пара), сечение для прохода пара, а следовательно, и давление за клапаном увеличатся.

Редукционный клапан может служить и для предотвращения повышения давления в паропроводе. В этом случае непосредственно за ним ставят предохранительный клапан.

Конденсатопровод и его арматура. Конденсационный трубопровод служит для отвода конденсата из греющих камер (паровых рубашек и змеевиков) пароварочных аппаратов в конденсатный бак. Как и любой трубопровод, он состоит из отдельных звеньев (труб), соединенных между собой фасонными частями так, чтобы образовывался один непрерывный канал. Конденсатопровод прокладывают с уклоном не менее 0,005 м на 1 пог. м трубопровода в сторону движения конденсата. Поскольку в большинстве случаев эта магистраль по направлению совпадает с трассой паропровода, для них, как правило, предусматривают общие опорные конструкции. Конденсатный бак размещают в котельной установке. Если же предприятие получает пар не из собственной котельной, то конденсатный бак может быть расположен вне предприятия.

Количество конденсата, которое возвращается в паровой котел, теоретически должно быть равным количеству пара, поступающего из парового котла в паропровод. Вместе с конденсатом из греющих камер пароварочных аппаратов может прорываться и пролетный (несконденсировавшийся) пар. Чтобы не допустить этого, на пути выхода конденсата устанавливают конденсатоотводчики, которые должны пропускать конденсат и задерживать пар.

Необходимо своевременно удалять конденсат из греющих камер, потому что скопление его может вызвать гидравлические удары и уменьшит эффективную поверхность теплообмена. Наличие пролетного пара в конденсате отрицательно влияет на эксплуата-

ционные свойства пароварочных аппаратов: при неполном использовании теплоты парообразования греющего пара увеличиваются сроки варки, расход пара, а следовательно, и топлива, что в конечном счете означает уменьшение эффективности работы тепловых аппаратов.

Конденсатоотводчики (рис. 5.9, а, б) устанавливаются за каждым пароприемником. По принципу работы они делятся на сифонные и поплавковые. В паровых тепловых аппаратах предприятий общественного питания применяются преимущественно сифонные конденсатоотводчики. Основным рабочим элементом конденсатоотводчика сифонного типа (рис. 5.9, а)

служит сифон, представляющий собой латунный гофрированный герметичный цилиндр, заполненный легкокипящей жидкостью (этиловым спиртом).

Сифон укреплен на крышке, навинченной через уплотнитель (регулирующую паронитовую прокладку) на корпус конденсатоотводчика. Если в паропотребляющем аппарате пар конденсируется полностью и в конденсатоотводчик поступает переохлажденный конденсат, то сифон сжимается, поднимает клапан, открывая выход конденсату в конденсатопровод. Если из аппарата в корпус конденсатоотводчика выходит пролетный пар, имеющий температуру насыщения, то сифон и находящийся в нем этиловый спирт нагреваются, давление внутри сифона повышается, сифон растягивается и клапан перекрывает выходное отверстие. За счет отдачи теплоты в окружающую среду неизолированными наружными стенками конденсатоотводчика пар, находящийся внутри корпуса конденсатоотводчика, сконденсируется, и когда конденсат охладится на несколько градусов

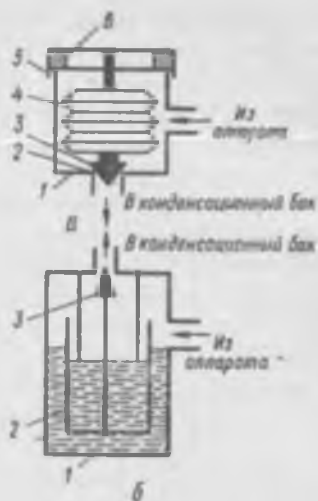


Рис. 5.9. Схемы конденсатоотводчиков:

а — сифонного типа: 1 — корпус; 2 — седло; 3 — клапан; 4 — сифон; 5 — крышка, 6 — прокладка; б — поплавкового типа: 1 — корпус; 2 — поплавок; 3 — клапан

ниже температуры насыщения, сиффон сожмется и конденсат выйдет в конденсатопровод.

Поплавковый конденсатоотводчик (рис. 5.9, б) состоит из чугунного корпуса, закрытого крышкой и соединенного с тепловым аппаратом и конденсатной линией двумя штуцерами.

В корпусе конденсатоотводчика находится легкий, свободно плавающий поплавок, изготовленный из тонкой листовой стали. Поплавок соединен со шпинделем, на конце которого расположен клапан, закрывающий отверстие в седле. Когда поплавок под воздействием наливающегося в него из кольцевого пространства конденсата опустится, клапан откроется и конденсат под давлением пара начнет выходить через канал в трубу по расположенному в крышке отводному каналу, а оттуда в конденсатопровод.

Накапливающийся в горшке конденсат служит гидравлическим затвором, препятствующим прорыву пара в конденсационный трубопровод. Горшок работает удовлетворительно, если в конденсате содержится не более 4 % пролетного пара.

Для временного выключения горшка (на период ремонта, чистки), а также для быстрого отвода конденсата при пуске аппарата, когда скорость конденсатообразования выше, чем при нормальном режиме работы, служит обводной конденсатопровод.

Давление в греющих камерах тепловых аппаратов в зависимости от режима их работы (например, при прекращении работы) может оказаться меньше давления в конденсатопроводе, и тогда конденсат из конденсатопровода заполняет греющую камеру теплового аппарата. Для предотвращения этого явления за каждым паропотребляющим аппаратом устанавливается обратный клапан. Кроме того, в схеме пароснабжения обратные клапаны

устанавливаются на питательной линии перед парогенераторами и на напорные стороны перекачивающих насосов.

Обратный клапан (рис. 5.10) обеспечивает течение рабочего тела (конденсата, пара) только в одном направлении и представляет собой камеру, в которой имеется пере-

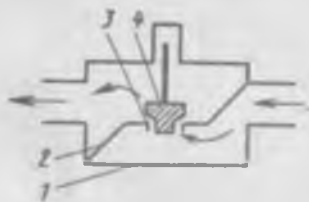


Рис. 5.10. Обратный клапан:

1 — корпус; 2 — перегородка; 3 — седло; 4 — клапан

городка с отверстием, закрывающимся подвижным клапаном. Конденсат, поступая под подвижный клапан, поднимает его и открывает проход в конденсатопровод. Обратное движение конденсата невозможно, так как он будет давить на подвижный клапан сверху, перекрывая путь конденсату в обратном направлении.

Расчет системы пароснабжения. Расчет внутренней системы пароснабжения тепловых паровых аппаратов предприятий общественного питания заключается в подборе диаметров паропровода и диаметров конденсатной линии, в подборе конденсационных устройств, бака для сбора конденсата, насоса для перекачки конденсата, редуцированных клапанов, конденсатоотводчиков, а также в определении толщины тепловой изоляции паропроводов.

Для того чтобы выполнить необходимые расчеты и подобрать оборудование паровой системы, необходимо прежде всего составить схему трубопроводов в соответствии с размерами и конфигурацией тех помещений, по которым будут прокладываться паропровод и конденсатопровод. На схеме должны быть показаны потребители пара (паровые аппараты), к которым подводится пар и от которых отводится конденсат. На схеме нужно показать запорную и регулирующую арматуру, конденсатоотводчики, конденсатный бак и насос для перекачки конденсата в паровой котел, коллекторы, места установки мертвых точек и компенсаторов.

Для удобства пользования схема системы пароснабжения должна быть изображена в аксонометрической проекции. На схеме необходимо указать номера участков трубопроводов (отсчет ведется от наиболее удаленного аппарата по направлению к котельной или паровому вводу в здание), длину участков, количество пара, протекающего в час по участкам. Расход пара по участкам определяется в соответствии с расходом пара отдельными аппаратами. На схеме должны быть показаны уклоны участков (для паропроводов — от 1 до 5 мм на 1 пог. м в сторону движения пара, для конденсатопровода — около 5 мм на 1 пог. м в сторону движения конденсата).

Для предотвращения гидравлических ударов и водяных пробок на схеме нужно предусмотреть установку продувочных и спускных вентилей и водоотделителей.

Расчет диаметров паропровода для снабжения паром технологических аппаратов и установок горячего водоснабжения предприятий производится исходя из разности давлений в начале паропровода (на выходе из парогенераторов или на вводе в здание внешних паровых сетей) и в конце наиболее удаленного участка разводящей паровой магистрали. Эта разность давлений в начале и в конце паропровода расходуется на трение пара о стенки паропровода и на преодоление местных сопротивлений труб и арматуры.

Диаметр коротких участков паропровода при часовом расходе пара D (в кг/ч) определяется в зависимости от разности давлений в начале и конце расчетного участка ($\Delta P = P_1 - P_2$) и среднего значения плотности влажного пара ($\rho_{x\text{ ср}}$) по формуле

$$d = 0,165 [D^{0,38} / (\Delta P \rho_{x\text{ ср}})^{0,19}]. \quad (5.5)$$

Величина плотности пара при данном давлении определяется степенью сухости пара в начале и конце участка

$$\rho_x = 1/V_x; \quad (5.6)$$

$$V_x = V''x + V'(1 - x),$$

где V'' , V' — соответственно удельный объем сухого пара и воды при данном давлении, м³/кг; x — степень сухости пара.

Средняя плотность пара определяется как среднеарифметическое между плотностью пара в начале и конце участка. Если известна скорость движения пара по трубопроводу, то диаметр последнего можно определить по выражению

$$d = \sqrt{4D / \rho_{x\text{ ср}} \cdot 3600 \pi \omega}, \quad (5.7)$$

где ω — скорость движения пара по трубопроводу, м/с (для паропроводов низкого давления $\omega = 10 \dots 20$ м/с).

Конечное давление пара в паропроводе определяется технологическими требованиями к присоединяемым аппаратам (с учетом давления, необходимого для преодоления сопротивления на входе в аппарат).

Начальное давление в рассчитываемой системе должно обеспечить преодоление сопротивлений системы паропроводов и подачу к аппаратам пара заданного давления.

Таким образом, чем большую протяженность имеет система, тем больше будут потери давления на трение и на местное сопротивление и тем большее давление должно быть на входе в рассчитываемую паровую магистраль.

Потери давления на трение (ΔP) определяются формулой

$$\Delta P_{\lambda} = lR = P_1 - P_2 = 2 (\omega^2/2) \cdot \rho \cdot (l/d), \quad (5.8)$$

где l — длина участка, м; R — удельная потеря давления на трение, кг/м³ на l пог. м.

Пользуясь этой формулой, можно определить диаметр паропровода при заданной разности давлений на концах участков ΔP и принятой скорости движения пара ω .

Величина коэффициента трения λ не является постоянной для труб данного диаметра, а зависит от режима течения пара по трубе и от степени шероховатости внутренней поверхности паропровода.

Режим течения пара по трубам характеризуется безразмерным критерием Рейнольдса:

$$Re = \omega d / \nu, \quad (5.9)$$

где ω — скорость движения пара, м/с; d — диаметр трубы; ν — кинематический коэффициент вязкости пара при заданных параметрах, м²/с.

Величина коэффициента шероховатости стенок труб является функцией критерия Рейнольдса.

При значениях Re от 0 до 2320 (ламинарное течение) существует зависимость

$$\lambda = 64 / Re; \quad (5.10)$$

в интервале значений Re от 2320 до 10 000

$$\lambda = 0,3164 / Re^{0,25}. \quad (5.11)$$

При значении Re более 10 000:
для гладких труб

$$\lambda = 0,032 + 0,221 / \text{Re}^{0,23P}, \quad (5.12)$$

для шероховатых труб

$$\lambda = 0,111 (K_{\text{ш}}/r), \quad (5.13)$$

где $K_{\text{ш}}$ — величина выступов шероховатости; r — внутренний радиус трубы, м.

Для труб отечественного производства значение $K_{\text{ш}}$ (с учетом увеличения шероховатости труб в процессе эксплуатации за счет зарастания) следует принимать равным 0,2 мм. При расчете диаметров по формуле (5.7) скорость пара на участках следует задавать в соответствии с рекомендациями табл. 5.1.

ТАБЛИЦА 5.1

Допустимая скорость движения пара по паропроводам

(в м/с)

Диаметр паропровода, мм	Для пара	
	низкого давления (до 70 кПа)	повышенного давления (выше 70 кПа)
10	10	15
15	14	25
20	18	40
25	22	50
32	23	55
40	25	60
50	30	60
Более 50	30	80

Потери давления на местные сопротивления ($\Delta P_{\text{м}}$) трубопроводов независимо от вида протекающей по ним среды определяют из выражения

$$\Delta P_{\text{м}} = (\omega p / 2) \cdot \Sigma \zeta, \quad (5.14)$$

Для определения величины потерь давления на местные сопротивления необходимо знать величину скорости движения пара на расчетном участке, которая, в свою очередь, зависит при заданном количестве протекающего пара от диаметра паропровода. Поэтому при определении диаметров паропровода сначала производится ориентировочный расчет диаметров исходя из того, что часть располагаемой разности давлений

$\Delta P = P_1 - P_2$ расходуется на преодоление сопротивлений трения, а другая часть — на местные сопротивления.

Для систем пароснабжения цехов доли потерь давления на местные сопротивления и на трение в предварительном расчете могут приниматься в соответствии с данными табл. 5.2.

ТАБЛИЦА 5.2

Доля потерь давления на местные сопротивления и на трение

Характеристика систем	Потери в долях от единицы	
	а — на местные сопротивления	1 — а — на трение
Паровые системы с давлением до 70 кПа	0,35...0,5	0,65...0,5
Паровые системы с давлением выше 70 кПа	0,2...0,3	0,8...0,7
Конденсатопроводы	0,2	0,8

Таким образом, ориентировочный расчет паропровода производится из предположения, что на преодоление трения расходуется

$$\Delta P_a = (P_1 - P_2) \cdot (1 - a). \quad (5.15)$$

При этом удельная потеря давления на 1 пог. м паропровода будет равна

$$R = [(1 - a) \cdot (P_1 - P_2)] / l. \quad (5.16)$$

По данному ориентировочному значению удельной потери давления на трение, пользуясь формулой (5.7), можно определить диаметр участка d . По найденному диаметру участка и количеству пара, протекающему по нему за 1 ч, определяется скорость движения пара ω . По формуле (5.8) определяется величина потерь давления на преодоление местных сопротивлений, а затем в окончательном расчете уточняется потеря давления в паропроводе при подсчитанном диаметре. Полученная величина потерь давления в паропроводе должна обеспечивать некоторый запас давления перед аппаратами. Если потери давления на участке получились больше, чем заданные величины, или запас дав-

ления перед аппаратом слишком велик, то делается пересчет путем увеличения или уменьшения диаметра участка паропровода.

Для подбора диаметров паропроводов низкого и повышенного давления составлены расчетные таблицы, по которым можно определить значение диаметров и потерь давления на преодоление линейных и местных сопротивлений. После расчета диаметра участков магистрального паропровода (от начала сети до самого удаленного аппарата) и проверки суммарной потери давления по участкам магистрали аналогичным образом рассчитываются ответвления паропровода от главной магистрали. За расчетную разность давлений в этом случае принимается разность между давлением в магистральном паропроводе в точке ответвления и давлением в конце ответвления.

Конденсатопровод предназначен для отвода в парогенерирующую установку конденсата, образующегося при работе аппаратов. Объем воды, полученной при конденсации пара, значительно меньше объема того же весового количества пара. Однако сечение конденсатопровода нельзя рассчитывать на пропуск только этого количества конденсатной воды. Конденсатопровод должен обеспечить отвод пароводяной эмульсии, образующейся при вторичном вскипании конденсата из-за снижения давления после конденсатоотводчиков. Количество пара, образующегося в конденсатопроводе в результате испарения, можно определить по формуле

$$y = (t'_k - t''_k) / (i'' - i_k), \quad (5.17)$$

где t'_k — температура конденсата в конденсатоотводчике, равная температуре греющего пара, °C; t''_k — температура конденсата при выходе из конденсатоотводчика, °C; y — количество пара, образующегося при вскипании конденсата в конденсатопроводе, кг на 1 кг конденсата; i'' — теплосодержание сухого насыщенного пара, кДж/кг; i_k — энтальпия конденсата, кДж/кг.

При прохождении через конденсатопровод воды, полученной при конденсации D , кг, пара, количество пара вторичного вскипания будет равно

$$D_1 = Dy. \quad (5.18)$$

При незначительной потере напора по длине конденсатопровода сечение его можно определить, задавшись скоростью течения конденсата (в пределах 0,7...1,0 м/с), по уравнению

$$F_k = \pi d K^2 / 4 = D y / 3600 \rho_k \omega_k. \quad (5.19)$$

Диаметр конденсатопровода для отвода конденсата от небольших парониспользующих установок приближенно принимается равным 0,7 диаметра паропровода:

$$d_k = 0,7 d_n. \quad (5.20)$$

Для конденсатопроводов значительной протяженности с большим количеством местных сопротивлений необходимо подбирать диаметры труб по участкам системы. Необходимый напор для самотечных конденсатопроводов создается уклоном труб в сторону движения конденсата и высотой расположения аппаратов относительно сборного конденсатного бака.

Напор определяется по выражению

$$H = 10 p_k \eta, \quad (5.21)$$

где p — вертикальное расстояние между начальной и конечной точками конденсатопровода, м; η — коэффициент, учитывающий образование пароводяной эмульсии (для систем с давлением $P \leq 70$ кПа $\eta \approx 0,5$; для систем с давлением $P \geq 70$ кПа $\eta \approx 0,65$).

Вертикальное расстояние между начальной и конечной точками конденсатопровода определяется по формуле

$$p = i l, \quad (5.22)$$

где i — уклон в конденсатопроводе ($i = 0,005$ м/м); l — длина конденсатопровода, м.

Плотность пароводяной эмульсии ρ_k рассчитывается по выражению

$$\rho_k = (1/V'') \cdot q + (1/V') \cdot (1 - q), \quad (5.23)$$

где V'' , V' — удельный объем сухого насыщенного пара и воды при атмосферном давлении, кг/м³; q — количество пара, образующегося на 1 кг конден-

сата в результате самоиспарения (вторичного вскипания) за счет разности энтальпии воды и пара при температуре насыщения и разности давления в паровом аппарате и в конденсатопроводе (давление в последнем принимается равным атмосферному), кг/кг.

Скорость движения конденсата можно определить по формуле

$$\omega = \sqrt{2H/\rho_k}. \quad (5.24)$$

Устройство и расчет трубопроводов для аппаратов, работающих на жидком топливе. Подача в аппараты жидкого топлива осуществляется по мазутопроводу, а воздуха — по воздухопроводу.

Диаметр трубопровода для подачи жидкого топлива (мазута) зависит от расхода, скорости движения и плотности мазута. Для тепловых аппаратов предприятий общественного питания скорость движения мазута обычно принимают равной 0,1 м/с, плотность мазута — 950 кг/м³. Диаметр трубопровода должен быть не менее 15 мм, так как в противном случае он будет засоряться. Скорость воздуха принимают равной 10 м/с. Расход воздуха на 1 кг мазута можно принять равным 0,8 кг. Диаметр мазутопровода и воздухопровода определяется по формуле

$$d = 18,8 \sqrt{B/\rho\omega}, \quad (5.25)$$

где B — расход мазута или воздуха, кг/ч; ρ — плотность мазута или воздуха, кг/м³; ω — скорость мазута или воздуха, м/с.

5.4. ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ ПРЕДПРИЯТИЙ ОБЩЕСТВЕННОГО ПИТАНИЯ

Системой электроснабжения предприятия принято называть комплекс устройств для передачи и распределения электрической энергии от центра источника питания до приемника.

Рационально выполненная современная система электроснабжения предприятия должна соответствовать следующим требованиям: экономичности и надежности, безопасности и удобству эксплуатации, обеспечению надлежащего качества электроэнергии, уровней напряжения, стабильности частоты и др. Кроме того,

важные дополнительные требования к электроснабжению предъявляют электроприемники с разнопеременной, циклически повторяющейся ударной нагрузкой и электроприемники, требующие бесперебойности питания при всех режимах системы электроснабжения.

При построении систем электроснабжения учитываются следующие факторы: потребляемая мощность и категория надежности питания отдельных элементов, графики нагрузок и их характер.

Подача напряжения предприятиям осуществляется от трансформаторов подстанций. При этом наиболее распространенными являются понижающие трансформаторы, у которых напряжение на первичной стороне 6 или 10 кВ, а на вторичной 400 или 230 В.

Электроснабжение предприятий осуществляется по трем основным схемам — подключение к энергосистеме, подключение к собственной электростанции, а также подключение к энергосистеме и собственной электростанции.

Предприятия торговли и общественного питания, как правило, получают электроэнергию от районных систем и районных электростанций. На крупных предприятиях торговли и общественного питания на случай аварии основного источника питания электроэнергией осветительной сети устанавливаются дизель-генераторы небольшой мощности (до 10 кВт) или аккумуляторные установки.

В составе районных энергосистем имеются повышающие и понижающие подстанции и трансформаторные пункты, к которым подключаются потребители, в том числе предприятия торговли и общественного питания.

Современное развитие электрооборудования предприятий характеризуется широким использованием электрооборудования с различными энергетическими характеристиками. В связи с этим при планировании систем электроснабжения необходимо предусматривать мероприятия по нормализации рабочих режимов электрических сетей, а также мероприятия и устройства, которые обеспечат качество электроэнергии, установленное стандартами. Качество электрической энергии определяется отклонением величин питающего напряжения от номинальных значений, искажением формы питающего напряжения, колебанием частоты.

Напряжение в любой точке сети предприятия не

остаётся неизменным с течением времени. Отклонениями напряжения называются медленно протекающие изменения напряжения (скорость изменения напряжения меньше 1 % в 1 с), обусловленные изменениями режимов напряжения центра питания и режимов нагрузок сети. Изменение напряжения питающей сети оказывает значительное влияние на работу электроприемников предприятий. Так, при снижении напряжения на 10 % вращающий момент асинхронного двигателя (наиболее распространен в приводных механизмах оборудования предприятий общественного питания) уменьшается на 19 %, скольжение увеличивается на 27,5, ток ротора возрастает на 14, а ток статора — на 10 %. Отклонение от номинального режима приводит к увеличению энергозатрат, а также к нарушению технологического процесса.

Высокие требования к постоянству напряжения предъявляют осветительные установки. При колебаниях напряжения источники света резко меняют свои характеристики, что приводит к значительным колебаниям уровней освещенности рабочих мест и снижению срока службы источников света.

Согласно ГОСТ 13109—67 на нормы качества электрической энергии допускаются следующие отклонения напряжения от номинального значения:

- на зажимах приборов рабочего освещения — от $-2,5$ до $+5$ %;

- на зажимах электрических двигателей и аппаратов для их пуска и управления в пределах от -5 до $+10$ %;

- на зажимах остальных приемников электрической энергии в пределах ± 5 %;

- в послеаварийных режимах допускается дополнительное понижение напряжения на 5 %.

Использование в качестве токоприемников оборудования с реактивной составляющей (индуктивности, емкости) приводит к искажению формы синусоидального напряжения, возникновению гармоничных колебаний в питающих сетях. Согласно требованиям стандарта у электроприемников допускается несинусоидальность формы кривой напряжения, при котором действующее значение всех высших гармоник не превышает 5 % действующего значения напряжения основной частоты.

При нормальном режиме работы электрической

сети отклонение частоты от ее номинального значения может быть допущено в пределах $\pm 0,1$ Гц. Максимально допустимое отклонение может составлять $\pm 0,2$ Гц.

Расчет электрических нагрузок для предприятий общественного питания проводят для правильного выбора трансформаторов, а также определения сечения фидеров распределительных устройств и проводов питающей сети. Для расчета используются следующие методы: установочной мощности и коэффициента спроса, удельного расхода электроэнергии, графический.

При использовании метода установочной мощности и коэффициента спроса приемники электрической энергии группируют по признаку однородности. После чего определяют расчетную активную P_p , реактивную Q_p и полную S_p мощности:

$$P_p = k_c P_n; \quad Q_p = P_p \operatorname{tg} \varphi; \quad S_p = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2}, \quad (5.26)$$

где k_c — коэффициент спроса; φ — разность фаз между током и напряжением.

После определения расчетных нагрузок для всех групп приемников электроэнергии определяют общую расчетную нагрузку:

$$S'_p = \sqrt{\left(\sum_1^n P_p \right)^2 k_o + \left(\sum_1^n Q_p \right)^2}, \quad (5.27)$$

где $\sum_1^n P_p$ — сумма расчетных активных нагрузок отдельных групп токоприемников; кВт; $\sum_1^n Q_p$ — сумма

расчетных реактивных нагрузок отдельных групп токоприемников, кВт; k_o — коэффициент одновременности максимумов нагрузок отдельных групп токоприемников.

Определение расчетной нагрузки по удельной мощности может быть использовано в том случае, если установлены удельные нормы расхода энергии на единицу выпускаемой продукции, например на одно условное блюдо. При этом годовой расход электроэнергии на производственные нужды W , определяют по формуле

$$W_r = qM, \quad (5.28)$$

где q — удельная норма расхода электроэнергии на единицу выпускаемой продукции, кВт·ч/ед. пр.; M — годовой выпуск продукции, т. Годовой расход электроэнергии на освещение находят по уравнению

$$N_{\text{год}} = (N_1 + N_2) \cdot n \cdot 1,03, \quad (5.29)$$

где N_1, N_2 — суточное потребление электроэнергии осветительными приборами соответственно в помещениях без естественного и с естественным освещением, кВт·ч; n — число рабочих дней в году; 1,03 — коэффициент запаса.

Суточное потребление электроэнергии N_1, N_2 рассчитывают по формулам:

$$N_1 = P\tau k_o; \quad N_2 = P\tau k_o k_c k_{\text{ш}}, \quad (5.30)$$

где P — мощность осветительных приборов, кВт; k_o — коэффициент одновременности включения; $k_{\text{ш}}$ — коэффициент географической широты; k_c — коэффициент сезонности; τ — продолжительность работы осветительных приборов в течение суток, ч.

Графический метод используется в тех случаях, когда точно известен распорядок работы предприятия. При этом составляется сменный технологический график работы предприятия с указанием наименований операций, типов машин, их мощности. На основании технологического графика работы предприятия строят график электрических нагрузок по их видам. По оси ординат откладывают значения потребляемой мощности, а по оси абсцисс — значения продолжительности работы электрооборудования (рис. 5.11).

Схемы внутреннего электроснабжения на предприятиях общественного питания по своему устройству являются сравнительно простыми и представляют собой сочетание отдельных элементов (питающие линии, магистральные линии, ответвления).

Назначение питающих линий — передача электроэнергии от распределительного устройства (щита) к распределительному пункту или отдельному электроприемнику, назначение магистральных линий — передача электроэнергии к нескольким пунктам или электроприемникам, присоединяемым к линии в разных точках.

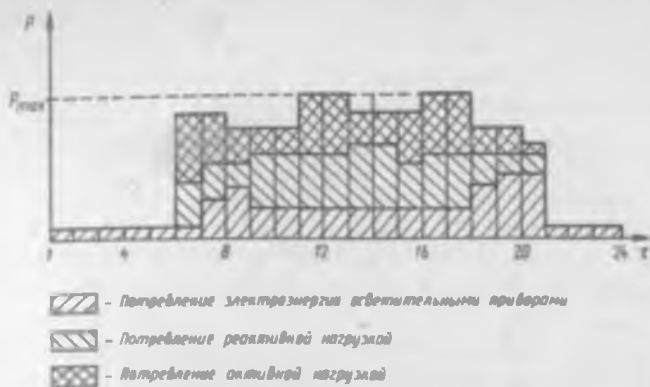


Рис. 5.11. График потребления электроэнергии предприятием

От магистралей отходят ответвления, предназначенные для передачи электроэнергии к одному распределительному пункту или электроприемнику.

Питающей сетью называют совокупность питающих и магистральных линий, а также ответвлений от магистралей. Все электрические линии, питающие вводы к электроприемникам, образуют *распределительную сеть*.

На предприятиях общественного питания обычно применяются четырехпроводные электрические сети, имеющие напряжение 380 В и реже 220 В.

Электроснабжение внутри предприятий обычно осуществляется по радиальным или магистральным схемам (рис. 5.12, а, б, в, г). При этом применяется одностороннее или двустороннее питание схем.

При радиальной схеме электроэнергия подводится к каждому потребителю отдельно, а к сосредоточенной группе потребителей — по отдельной линии от трансформаторной подстанции или распределительного пункта.

Наряду с положительными качествами (простота устройства, высокая надежность питания, возможность сравнительно легко автоматизировать управление и защиту) радиальные схемы обладают рядом существенных недостатков, главными из которых являются следующие: необходимость сооружения распределительных устройств с большим количеством защитных аппаратов; проводка выполняется кабелем или про-

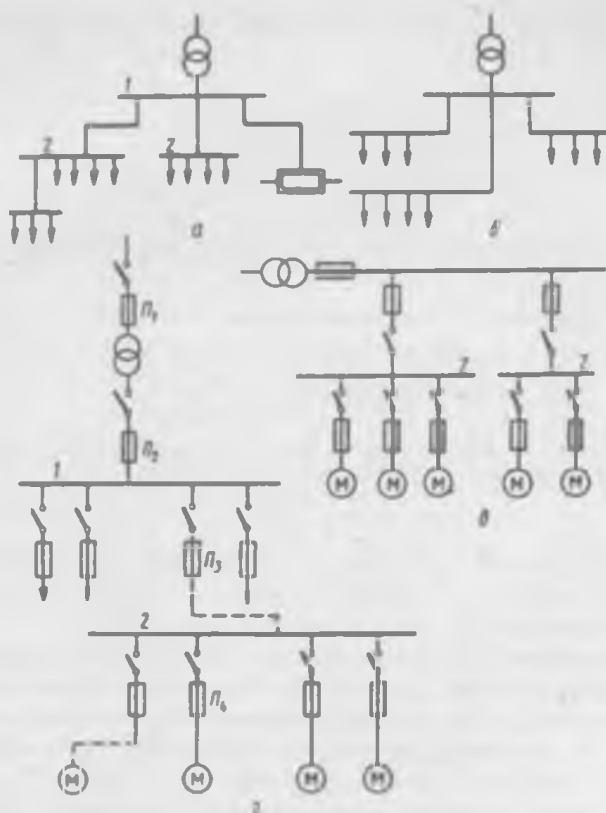


Рис. 5.12. Схема электроснабжения предприятий общественного питания:

а — радиальная; *б* — магистральная; *в* — размещение предохранительной аппаратуры в магистральной схеме; *г* — размещение предохранителей в радиальной схеме: *1* — магистраль; *2* — распределительный пункт

кладывается в трубах, что повышает ее стоимость; недостаточная гибкость радиальных схем, что связано с необходимостью переделки сетей при изменениях технологического процесса, вызванного перемещением технологического оборудования.

Перечисленные недостатки позволяют использовать радиальные схемы лишь для питания отдельных сосредоточенных нагрузок.

В отличие от радиальных магистральные схемы широко применяются там, где нагрузки рассредоточены более или менее равномерно по площади помещения.

Применение магистральных схем дает возможность

отказаться от распределительного щита на трансформаторной подстанции и осуществлять питание непосредственно по схеме трансформатор — магистраль. В результате подстанции становятся проще и меньше по размерам.

Основные недостатки магистральных схем питания — пониженная по сравнению с радиальными схемами надежность, так как при аварии магистрали одновременно отключаются все питающиеся от нее потребители; несколько большие затраты проводникового материала.

Как радиальная, так и магистральная схемы в их чистом виде имеют серьезные недостатки, поэтому на предприятиях общественного питания широкое распространение получили смешанные схемы электрических сетей, включающие элементы магистральных и радиальных схем. Смешанные схемы обладают достаточной надежностью, простотой в эксплуатации и требуют меньших первоначальных затрат.

Передача электроэнергии от трансформаторов к электрическим приемникам осуществляется по проводам и кабелям. В помещениях предприятий общественного питания применяются только изолированные провода и кабели, которые прокладываются открыто по стенам, потолку или скрыто в строительных конструкциях.

Прокладка незащищенных изолированных проводов на роликах или других изоляторах осуществляется на высоте не менее 2,5 м. Спуски к выключателям, штепсельным розеткам и пусковым аппаратам в производственных цехах защищаются от механических повреждений на высоту до 1,5 м от пола.

Большинство помещений предприятий общественного питания относится к помещениям повышенной опасности в отношении поражения электрическим током (горячие и кондитерские цехи, моечные — из-за повышенной влажности и температуры, овощные цехи — из-за повышенной влажности). В зависимости от характера помещения и места расположения электрических приемников применяется открытая или скрытая электропроводка, под которой понимают совокупность проводов, кабелей с относящимися к ним креплениями, а также поддерживающими и защитными конструкциями.

Для силовой нагрузки (электродвигателей, электро-

тепловых аппаратов) широко применяется скрытая проводка (в стальных тонкостенных трубах). Для осветительной нагрузки и оборудования, установленного на стенах или подключаемого через штепсельные разъемы, применяется открытая или скрытая проводка.

Провода, кабели, используемые для подключения электроприемников, имеют медные или алюминиевые токопроводящие жилы, заключенные в изолирующую оболочку (резиновую, полихлорвиниловую). Провода могут быть одно- и многожильными. Одножильные провода имеют низкую механическую прочность на изгиб, поэтому они используются для неподвижной прокладки. В тех случаях, когда провод во время эксплуатации будет часто изгибаться, применяются многожильные провода.

Шины и шинопроводы применяются для прокладки электрических сетей в производственных помещениях с нормальной средой. Конструкции шинопроводов обеспечивают возможность безопасного штепсельного присоединения одно- и трехфазных токоприемников. Шинопроводы комплектуются из отдельных секций: прямых, угловых, гибких, вводных, ответвительных. Шины секций шинопровода соединяются штепсельным разъемом, а секции — соединительными муфтами. Шинопровод закрывается коробом, который соединяется с нулевым проводом, что обеспечивает заземление всей ограждающей конструкции.

Дополнительная литература

Белобородов В. В., Гордон Л. И. Тепловое оборудование предприятий общественного питания. М.: Экономика, 1983.

Беляев М. И. и др. Технологическое оборудование предприятий общественного питания. Киев: Вища школа, 1980, 1987.

Гамбург П. Ю. Таблицы и примеры для расчета трубопроводов отопления и горячего водоснабжения. М.: Госстройиздат, 1961

Гордон Л. И., Королева Е. И. Газовое, паровое и огневое оборудование проектируемых предприятий общественного питания. Методические указания по дипломному проектированию. М.: МИНХ, 1983.

Ермилов А. А. Основы электроснабжения промышленных предприятий. М.: Энергоиздат, 1976.

Литвина Л. С., Фролова З. С. Тепловое оборудование предприятий общественного питания. М.: Экономика, 1980.

Методические указания к тепловому расчету паровых аппаратов и проектированию паропроводов и конденсатопроводов в предприятиях общественного питания. М.: МИНХ, 1968.

Щекин Р. Е. и др. Справочник по теплоснабжению и вентиляции в гражданском строительстве. М.: Госстройиздат, 1982.

6.1. КЛАССИФИКАЦИЯ ТЕПЛОГЕНЕРИРУЮЩИХ УСТРОЙСТВ

Преобразование различных видов энергии в теплоту (тепловую энергию) осуществляется в теплогенерирующих устройствах, которые являются основными элементами конструкций тепловых аппаратов. Тепло-

ТАБЛИЦА 6.1

Классификация теплогенерирующих устройств

Вид технологического топлива	Виды теплогенерирующих устройств	Типы теплогенерирующих устройств
Влажный насыщенный пар	Теплообменники для обогрева технологических сред глуким и острым паром	Трубчатые, рубашечные, змеевиковые, камерные
Продукты сгорания твердого, жидкого, газообразного топлива	Топки	Слоеные, камерные (с форсунками и газовыми горелками)
Электроэнергия	Электронагреватели	Открытые, закрытые с доступом воздуха, герметично закрытые тэны, рэны
Электроэнергия	ИК-излучатели для превращения электроэнергии в ИК-излучения (электромагнитные колебания)	ИК-генераторы
Электроэнергия	Устройства для преобразования электроэнергии в электромагнитные колебания	Магнетроны

генерирующее устройство предопределяет технико-эксплуатационные показатели аппарата (кпд, металлоемкость, энергоемкость, надежность, долговечность и др.). В зависимости от вида принятого в аппарате теплогенерирующего устройства принимаются те или иные его конструктивные решения. Например, для газовых, твердотопливных и жидкотопливных аппаратов конструктивные решения направлены на снижение потерь теплоты с уходящими продуктами сгорания, рациональное удаление продуктов сгорания из топок, увеличение поверхностей теплообмена и др.

Теплогенерирующие устройства классифицируются по видам источников получения теплоты (табл. 6.1).

6.2. ТЕПЛОГЕНЕРИРУЮЩИЕ УСТРОЙСТВА, ИСПОЛЬЗУЮЩИЕ ТЕПЛОТУ ВЛАЖНОГО НАСЫЩЕННОГО ПАРА

В тепловых аппаратах предприятий общественного питания широкое распространение получили теплогенерирующие устройства, классификационная схема которых приведена на рис. 6.1, а их принципиальные схемы — на рис. 6.2, а, б, в и 6.3.

По виду обогрева пищевых продуктов и технологи-

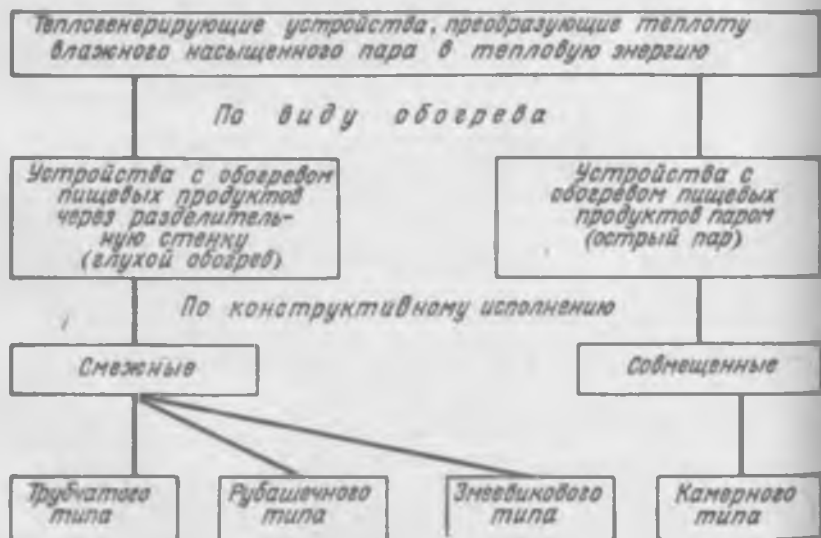


Рис. 6.1. Классификация теплогенерирующих устройств, преобразующих теплоту влажного насыщенного пара в тепловую энергию

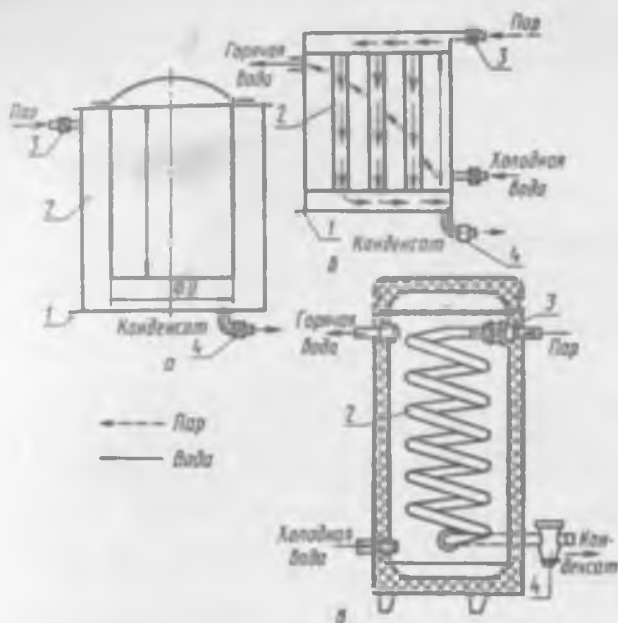


Рис. 6.2. Схема теплогенерирующего устройства на паровом обогреве:

а — рубашечного типа; б — трубчатого типа; в — змеевикового типа: 1 — продувочный кран; 2 — греющая камера; 3 — регулирующий вентиль; 4 — конденсационный горшок

ческих сред влажным насыщенным паром различают обогрев глухим паром (через разделительную стенку) и обогрев острым паром (пар непосредственно контактирует с продуктом), а по конструктивному исполнению теплогенерирующие устройства подразделяются на смежные и совмещенные.

При глухом обогреве (через разделительную стенку) пар подается в греющую камеру рубашечного (рис. 6.2, а), трубчатого (рис. 6.2, б) или змеевикового (рис. 6.2, в) типов, конденсируется, отдавая теплоту парообразования разделительной стенке, а через нее продукту или технологической среде. Теплогенерирующие устройства паровых аппаратов состоят из продувочного крана греющей камеры, подводящего паропровода с регулирующим вентилем, конденсатопровода для отвода конденсата из греющей камеры, конденсационного горшка, регулирующей и защитной арматуры.

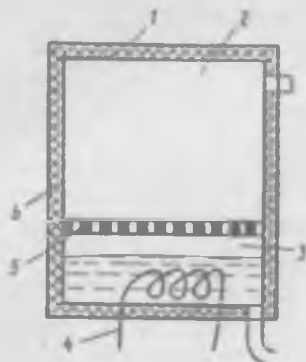


Рис. 6.3. Схема совмещенного камерного теплогенерирующего устройства:

1 — корпус; 2 — греющая камера; 3 — парогенератор; 4 — тэн; 5 — перфорированный противень; 6 — теплоизоляция

При обогреве пищевых продуктов острым паром греющая камера совмещена с рабочей камерой (рис. 6.3). Она состоит из корпуса с размещенной в нем камерой, в которую подается пар, взаимодействующий с продуктом, укладываемым на перфорированный противень. Конденсат из камеры стекает в парогенератор, вода в котором нагревается тэном.

Расчет греющих камер паровых аппаратов сводится к определению поверхности нагрева (конструктивный расчет), либо для проверки соответствия поверхности нагрева технологическому процессу (поверочный расчет). Поверхность нагрева

греющей камеры парового аппарата определяется по уравнению

$$F = Q / K \Delta t, \quad (6.1)$$

где Q — количество теплоты, передаваемой поверхности нагрева в единицу времени, Вт (Дж/с); K — коэффициент теплопередачи от влажного насыщенного пара к продукту, Вт/(м²·К); Δt — разность температур между теплоносителем и нагреваемой средой, °С.

Количество теплоты Q , которое передается от теплоносителя через поверхность нагрева в единицу времени, определяется по тепловому балансу для конкретного технологического процесса.

Коэффициент теплопередачи K от теплоносителя (влажного насыщенного пара) к нагреваемой среде в камере определяется по формуле для плоской однослойной стенки

$$K = (1/\alpha_1 + \delta/\lambda + 1/\alpha_2)^{-1}, \quad (6.2)$$

где α_1, α_2 — соответственно коэффициенты теплоотдачи от теплоносителя к поверхности нагрева и от поверхности нагрева к нагреваемой среде в камере, Вт/(м²·К); δ, λ — соответственно толщина стенки

(поверхности нагрева) и коэффициент теплопроводности материала, Вт/(м·К).

В связи с тем, что в тепловых аппаратах предприятий общественного питания разделительная поверхность нагрева выполняется из тонкостенного материала $\delta \leq 0,01$ м, а коэффициент теплопроводности металла достаточно велик: для стали — 40 Вт/(м·К), то отношение $\delta/\lambda \rightarrow 0$. В этом случае коэффициент теплопередачи определяется по уравнению

$$K = \alpha_1 \alpha_2 / (\alpha_1 + \alpha_2). \quad (6.3)$$

Средняя разность температур (температурный напор) между теплоносителем и нагреваемой средой Δt определяется как среднелогарифмическая по уравнению

$$\Delta t = [(\Delta t_6 - \Delta t_n) / 2 \lg (\Delta t_6 / \Delta t_n)] \cdot (\Delta t_6 / \Delta t_n), \quad (6.4)$$

где Δt_6 — наибольшая разность температур между температурами влажного насыщенного пара и нагреваемой средой, °С; Δt_n — наименьшая разность температур между температурами влажного насыщенного пара и нагреваемой средой, °С.

Секундный расход пара определяется из выражения

$$D = Q_{\text{затр}} / (i_x - i_n), \quad (6.5)$$

где $Q_{\text{затр}}$ — общее количество затраченной теплоты в единицу времени, Вт (Дж)/с; i_n , i_x — соответственно энтальпии пара и конденсата, Дж/кг.

$$i_x = i' + xg, \quad (6.6)$$

где i' — энтальпия жидкости при определенной температуре и давлении, кДж/кг; x — степень сухости пара, %; g — скрытая теплота парообразования, кДж/кг.

В паровых аппаратах пролетный пар отсутствует ($i_n = i'$), поэтому общее количество затраченной теплоты определяется из уравнения

$$Q_{\text{затр}} = Q_1 / \eta, \quad (6.7)$$

где Q_1 — количество теплоты, необходимой для нагрева

воды от начальной температуры t_n до конечной t_k , Вт;

$$Q = Gc (t_k - t_n), \quad (6.8)$$

где c — удельная теплоемкость воды, кДж/(кг·К); η — коэффициент полезного действия (задается при проектировании теплового аппарата).

Правила эксплуатации. Перед началом работы паровых аппаратов необходимо слить конденсат из греющей камеры. Для этого необходимо открыть продувочный кран и оставить его открытым на весь пусковой период. Для эффективной работы паровых аппаратов следует удалить воздух из греющей камеры—эта операция осуществляется с помощью пара. На первой стадии разогрева открывается вентиль на паропроводе на четверть оборота, при этом пар постепенно заполняет греющую камеру и при соприкосновении с холодными стенками конденсируется. По мере прогрева аппарата поступающий пар вытесняет воздух. После появления из продувочного крана упругой струи пара его закрывают и полностью открывают вентиль на паропроводе.

Быстрое заполнение греющей камеры паром в начальный период приводит к образованию избыточного количества конденсата, ухудшению теплообмена и увеличению продолжительности разогрева аппарата. Образующийся конденсат удаляется через конденсатоотводчик. Периодически необходимо проверять исправность конденсатоотводчика, открывая время от времени продувочный кран. Если из последнего идет конденсат, это свидетельствует о неисправности конденсатоотводчика. Признаками неисправной работы конденсатоотводчика служит медленный нагрев содержимого аппарата, быстрое увеличение давления в греющей камере. В любом случае необходимо отключить аппарат, выпустить пар через байпасную линию и прочистить конденсатоотводчик.

В процессе работы необходимо постоянно следить за показаниями манометров. За 5...10 мин до окончания технологического процесса следует прекратить подачу пара и содержимое рабочего сосуда будет доведено до готовности за счет аккумулированной теплоты, что является одним из важных мероприятий по экономии топливно-энергетических ресурсов.

6.3. ТЕПЛОГЕНЕРИРУЮЩИЕ УСТРОЙСТВА, ПРЕОБРАЗУЮЩИЕ ХИМИЧЕСКУЮ ЭНЕРГИЮ СГОРАНИЯ ТОПЛИВА В ТЕПЛОВУЮ

Горение топлива — это химический процесс соединения горючих компонентов с кислородом воздуха, сопровождающийся выделением теплоты.

По реакции горения топлива рассчитывается количество воздуха, необходимое для полного сгорания топлива, а также объем получаемых продуктов сгорания. Расчеты выполняются для определения потерь теплоты с уходящими продуктами сгорания, КПД тепловых аппаратов, геометрических параметров газоходов.

Теплогенерирующие устройства, преобразующие химическую энергию сгорания топлива, имеют аналогичные конструкции, отличающиеся отдельными конструктивными элементами, которые изменяются в зависимости от вида топлива и способа его сжигания.

Все виды теплогенерирующих устройств этого типа имеют топку, трубопроводы для подачи жидкого и газообразного топлива, газоходы для удаления продуктов сгорания. Вид топлива (твердое, жидкое или газо-

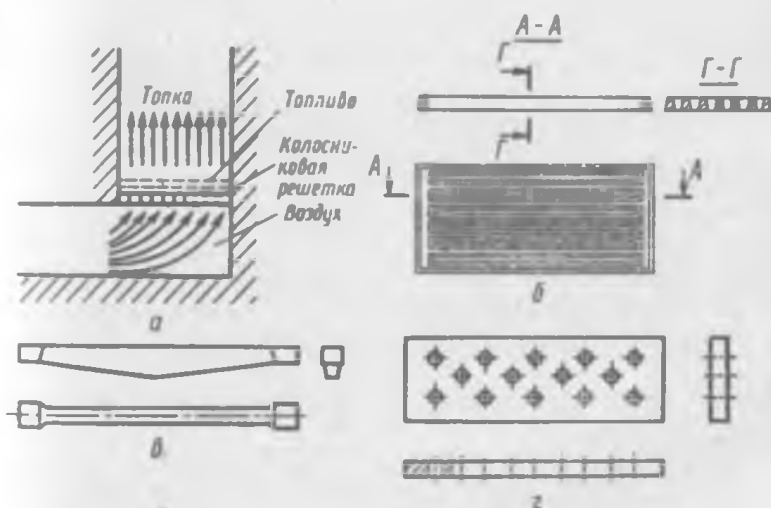


Рис. 6.4. Устройство для сжигания твердого топлива:

а — схема устройства; б — колосниковая решетка с продольными щелями;
в — чугунный колосник брусчатый; г — колосниковая плита с отверстиями

образное) определяющим образом влияет на конструктивные особенности топок и их классификацию.

Топки подразделяются на слоевые и камерные. Слоевые предназначены для сжигания твердого топлива на колосниковой решетке, камерные — для сжигания жидкого и газообразного топлива (рис. 6.4).

Топки

В понятие «топка» входят колосниковая решетка и топочное пространство, где сгорают горючие вещества, выделившиеся из топлива при его нагреве (рис. 6.4, а).

Колосниковая решетка предназначена для равномерной подачи воздуха к топливу и поддержания его слоя. Колосниковые решетки топок собирают из отдельных чугунных элементов — колосников балочного типа (рис. 6.4, б) или плит (рис. 6.4, г).

Через зазоры между колосниками, щели или отверстия колосниковых плит зола в процессе горения частично проваливается в зольник; остальная масса остается на колосниковой решетке и в виде шлака выгребается через загрузочную дверцу топки.

Размеры щелей и отверстий колосниковой решетки зависят от рода сжигаемого топлива, его фракционного состава и способа подачи воздуха. Отношение суммарной площади сечения отверстий (щелей) для подачи воздуха к общей площади решетки называется *живым сечением решетки*. Величина живого сечения решетки изменяется в пределах: для брусчатых колосников — от 20 до 40 %, для плиточных — от 8 до 15 %.

Брусчатые колосники используются при сжигании крупнокускового и малозольного топлива с большим выходом летучих газов (древесина, торф), плиточные — при сжигании многозольного и мелкозернистого топлива с малым выходом летучих газов (каменный уголь).

Топливо загружается в топку через загрузочное окно с дверцей.

Зольник служит для подачи воздуха в топку через колосниковую решетку, а также для сбора золы и мелких частиц топлива. Окно зольника закрывается дверцей, с помощью которой регулируют поступление воздуха в топку.

Газоходы служат для обогрева тепловоспри-

нимающих поверхностей аппарата движущимися продуктами сгорания топлива. По газоходам продукты сгорания движутся за счет разрежения, создаваемого в топке благодаря разности плотностей продуктов сгорания и окружающего воздуха либо за счет работы тягодутьевых устройств.

Работа слоевой топки характеризуется тем, что при загрузке новой порции топлива на горящий слой он воспламеняется вследствие непосредственного соприкосновения с нижележащим раскаленным слоем. Одновременно на новый слой топлива излучается значительное количество теплоты из топочного пространства. Все это предопределяет неравномерное потребление воздуха и цикличное протекание процесса горения топлива.

Разжигают топку в такой последовательности. Сухие дрова закладывают равномерно на $\frac{2}{3}$ высоты топки так, чтобы они занимали всю поверхность колосниковой решетки. Длина поленьев должна соответствовать длине топки. Затем открывают дверцу зольника, задвижку в дымоходе и поджигают дрова. После частичного сгорания поленья разравнивают и укладывают на них слой топлива. Крупные куски каменного угля измельчают и кладут на разгоревшиеся дрова слоем примерно в 4...6 см. Когда уголь разгорится, толщину его слоя увеличивают до 10...15 см. Поступление воздуха регулируют дверцей зольника и задвижкой в дымоходе. Топочная дверца в процессе горения закрывается, так как поступающий через нее воздух охлаждает топку и снижает ее КПД.

Качественному, т. е. химически полному, сжиганию топлива способствуют хорошее его перемешивание с воздухом при минимальном коэффициенте избытка воздуха, подогрев воздуха, увеличение поверхности горения. Кроме того, при сжигании жидкого топлива возможны тонкое распыление, подача воздуха в корень факела, закручивание струи.

Структура горящего слоя топлива на колосниковой решетке представлена на рис. 6.5. Если поддерживать на решетке толстый слой топлива, через него не будет проходить в необходимом количестве воздух, требующийся для сгорания летучих веществ в топочном объеме. Кроме того, в слое горящего топлива при недостаточном количестве транзитного воздуха, направляющегося в топочное пространство, развиваются более

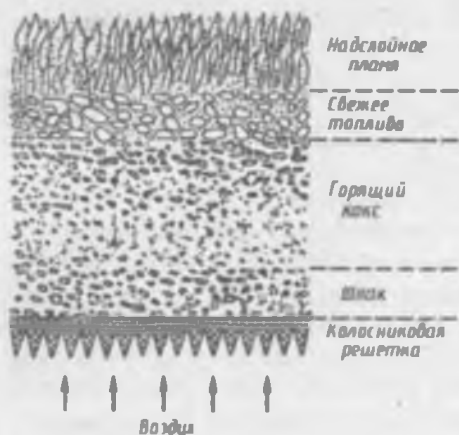


Рис. 6.5. Структура горящего слоя топлива

высокие температуры, вызывающие при сжигании, например антрацита, коробление и перегорание колосников, плавление шлака и химический недожог.

При слое топлива меньше необходимо неполнота сгорания уменьшается, но в уходящих газах увеличивается количество избыточного воздуха, что ведет к увеличению объема

топочных газов, снижению их температуры и тепловой эффективности топочного устройства.

При правильно выбранной толщине слоя топлива топка работает с минимальным избытком воздуха и химической неполнотой сгорания.

В процессе горения часть мелких частичек топлива проваливается в зольник через отверстия решетки (провал), а также выносится из слоя, осаждаясь затем в газоходе, или вместе с уходящими газами рассеивается в окружающую среду (унос). При чистке топки от золы и шлаков вместе со шлаками выбрасывается и некоторое количество несгоревшего топлива (шлак).

Поэтому колосниковая решетка должна соответствовать виду и размерам частиц топлива, а в процессе сжигания следует периодически перемешивать горящее топливо.

Толщину слоя топлива устанавливают в зависимости от сорта топлива, его влажности, зольности, структуры, температуры горения в слое.

О химической неполноте сжигания топлива судят по дыму. О количестве подаваемого и участвующего в процессе горения воздуха судят по цвету и характеру пламени. Если пламя прозрачное, ровное, светло-желтое, а горение происходит без потрескивания, значит, процесс сжигания топлива протекает нормально, с минимальным избытком воздуха. При недостатке воздуха пламя имеет длинные коптящие красные языки. Резко

укороченное пламя и горение с потрескиванием свидетельствуют о том, что в топку поступает избыточное количество воздуха. Чем больше приоткрыты поддувальная дверца и задвижка, тем сильнее тяга. После загрузки очередной порции топлива дверцу зольника открывают полностью. По мере прогорания топлива ее постепенно прикрывают, следя за пламенем в топке.

Основными материалами для изготовления теплогенерирующих устройств твердотопливных аппаратов являются хорошо обожженный красный и огнеупорный кирпич, жирная и огнеупорная глина, мелкий без примесей песок, вода.

Расчет топок для сжигания твердого топлива сводится к определению площади колосниковой решетки и объема топки. Площадь колосниковой решетки определяют по уравнению

$$F_p = BQ_p^0 / QF_p^{-1}, \quad (6.9)$$

где B — расход топлива, кг/ч; $Q = BQ_p^0$ — тепловая мощность топки, кВт; QF_p^{-1} — тепловое напряжение поверхности колосниковой решетки (зеркала горения) (принимают 450...500 кВт/м²), кВт/м².

Объем топки определяют по формуле

$$V_T = BQ_p^0 / QV_T^{-1}, \quad (6.10)$$

где QV_T^{-1} — тепловое напряжение топочного объема (принимают 250...300 кВт/м³), кВт/м³.

Процесс сжигания жидкого топлива значительно сложнее процесса сжигания газа и состоит из следующих операций: распыление, испарение капель, пиро-генетическое разложение топлива, образование горючей смеси и ее сжигание.

Подготовка жидкого топлива к сжиганию осуществляется двумя способами: перед воспламенением топливо испаряется и тогда оно горит в парообразном состоянии; топливо распыляется на мельчайшие капли, которые при смешении с воздухом нагреваются главным образом за счет радиации и затем в процессе горения также испаряются. Первый способ не получил широкого распространения, потому что он неприемлем при использовании низкокачественных и дешевых сортов жидкого топлива, испаряющегося при более высоких температурах.

Существенное влияние на скорость горения оказывает диаметр капли. Чем он меньше, тем более однородной является смесь распыленного топлива с воздухом и тем эффективнее протекает процесс горения.

Тонкость распыления топлива изменяется в значительных пределах в зависимости от способа его осуществления.

Вид распыления	Диаметр капли, мм
Механическое ($P = 1 \text{ МПа}$)	1,56
Воздушное:	
низкого давления ($P = 3,5 \text{ кПа}$)	0,40
среднего давления ($P = 15 \text{ кПа}$)	0,09
высокого давления ($P = 0,6 \text{ МПа}$)	0,025
Паровое распыление ($P = 0,4 \text{ МПа}$)	0,03

Устройства для распыления жидкого топлива и подачи его в камеру сгорания аппарата называются форсунками (рис. 6.6, а, б).

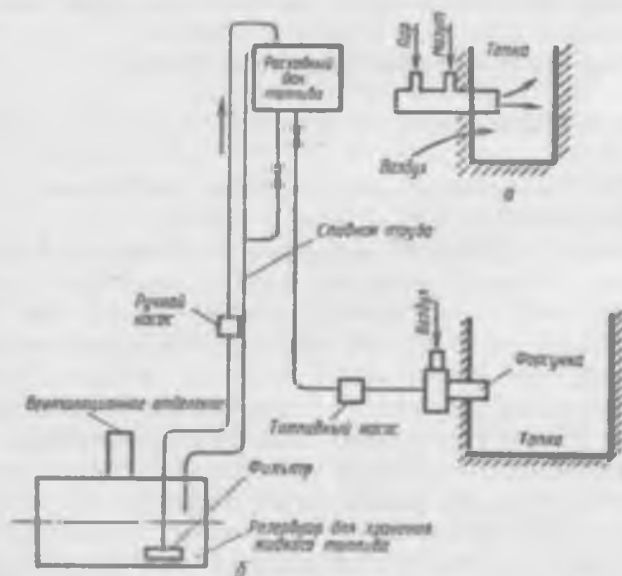


Рис. 6.6. Принципиальные схемы устройства для сжигания жидкого топлива:

а — общая схема; б — принципиальная конструктивная схема

Основные показатели работы форсунок—длина факела пламени и его температура—зависят от качества распыления и условий смесеобразования топлива с воздухом.

Средний радиус капель определяют по следующим приближенным формулам:
для механических форсунок

$$r = 0,78/P_{\text{н}}, \quad (6.11)$$

где $P_{\text{н}}$ — давление распыляемого мазута, МПа;
для воздушных форсунок низкого давления

$$r = 700/P_{\text{в}}, \quad (6.12)$$

где $P_{\text{в}}$ — давление распыляющего воздуха, Па.

Жидкое топливо подается к форсунке из расходного бака самотеком или под давлением, в зависимости от вязкости топлива и вида распыления. Расходный бак располагается недалеко от горячего цеха на высоте 4...5 м. В зонах с низкими температурами во избежание застывания мазутные линии прокладываются вместе с паровыми в одной изоляции или производится специальный подогрев топливопровода с помощью паровой рубашки.

Принципиальная схема щелевой форсунки представлена на рис. 6.7, а.

Мазут самотеком поступает к верхней трубке, а пар подается к нижней. Давление пара должно находиться в пределах 150...4000 кПа. Подачу и распыление мазута регулируют вентилями, установленными на трубопроводах, подающих пар и мазут.

Из паровой форсунки пар выходит со скоростью 300...350 м/с, мазут — со скоростью 1...2 м/с. На распыление 1 кг мазута расходуется 0,5 кг пара.

Мазут выходит из форсунки под небольшим давлением, перемешивается с поступающим воздухом и сгорает, образуя яркий факел пламени.

Пар, как правило, получают в парогенераторе, встроенном в топку аппарата (рис. 6.7, б, в). На чугунной плите и корпусе укреплены нижний и верхний баллоны парогенератора. Вода поступает из водопровода через вентиль сначала в нижний баллон, а затем по соединительной трубе в верхний, где образуется пар. Из верхнего баллона пар направляется по паропровод-

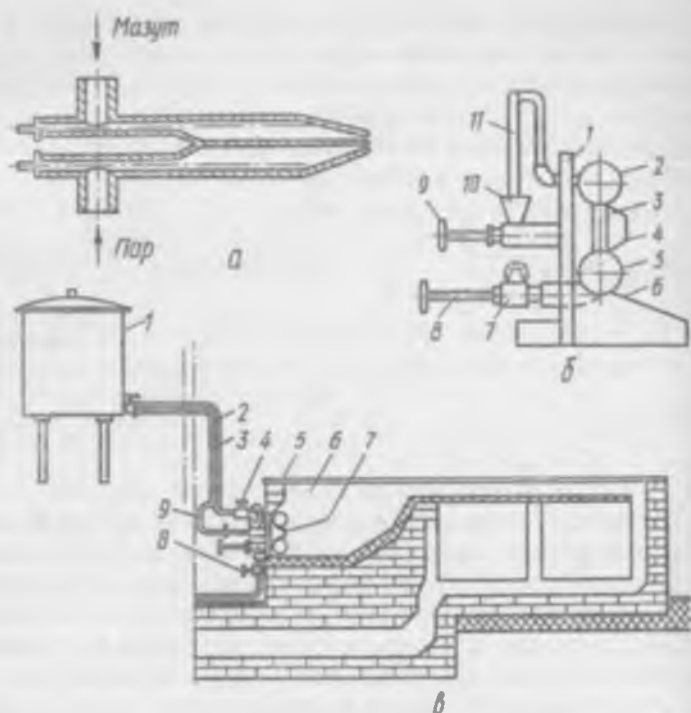


Рис. 6.7. Схема установки паровой форсунки в топке плиты:

а — схема паровой форсунки; *б* — паровая форсунка: 1 — чугунная плита; 2 — верхний баллон; 3 — соединительная труба; 4 — сопло; 5 — нижний баллон; 6 — корпус; 7 — водопроводная труба; 8 — вентиль; 9 — вентиль на паропроводе; 10 — воронка; 11 — водопроводная труба; *в* — общий вид теплогенерирующего устройства: 1 — расходный бак; 2 — топливопровод; 3 — паровая рубашка топливопровода; 4 — запорный кран; 5 — настил плиты; 6 — топка; 7 — форсунки

ной трубке через вентиль в форсунку, откуда распыленное паром топливо выбрасывается через сопло в топочное пространство. Жидкое топливо подается из расходного бака по трубопроводу в воронку и далее в форсунку. Внизу под форсункой располагается поддон для жидкого топлива (на рисунке не показан).

Перед пуском форсунки переносным факелом зажигают топливо в поддоне. При сгорании этого топлива предварительно разогревается топочный объем и создается необходимое давление пара в парогенераторе. Затем открывают вентили на топливопроводе и паропроводе. После воспламенения выходящего из форсунки мазута путем регулировки подачи топлива, пара

и воздуха добиваются устойчивого факела и необходимой теплопроизводительности. При выключении форсунки сначала прекращают подачу топлива, затем пара.

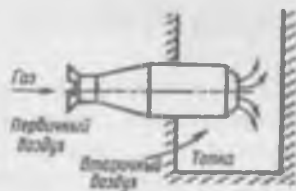


Рис. 6.8. Схема камерной топки

При сжигании газа (рис. 6.8) в камерных топках последовательно протекают процессы смесеобразования газа с воздухом, прогрева смеси до температуры воспламенения и непосредственно горения.

В зависимости от того, совмещены или разделены процессы смесеобразования и подогрева смеси до температуры воспламенения и горения, различают следующие способы сжигания газа: первый — диффузионный, когда потоки газа и воздуха поступают в топку отдельно и смешиваются в зоне горения; второй — кинетический, когда в зону горения топки поступает поток полностью подготовленной газозоудушной смеси или поток газа с соединением только части необходимого воздуха и поток добавочного вторичного воздуха.

При диффузионном сжигании газа образуется ярко-желтый факел пламени сравнительно большой длины, определяющий значительную высоту камеры сгорания. Сжигание газа происходит с большим коэффициентом избытка воздуха, снижающим температуру горения, и со значительной интенсивностью шума.

Кинетический способ сжигания газа лишен указанных недостатков, но предполагает использование более сложной конструкции смесительной трубки.

Показателями, характеризующими топку, являются тепловая мощность Q_n и тепловое напряжение T (для слоевых топок).

Тепловой мощностью Q_n называется мощность топki в Вт, отнесенная к 1 м³ объема топочного пространства:

$$Q_n = BQ_p^p / 3600V, \quad (6.13)$$

где B — расход топлива, кг; Q_p^p — низшая теплота сгорания топлива, Дж/кг; V — объем топочного пространства, м³.

Тепловым напряжением T называется мощность топki в Вт, отнесенная к 1 м² зеркала горения топлива:

$$T = BQ_{\text{н}}^{\text{н}}/3600R,$$

(6.14)

где R — площадь зеркала горения, м^2 .

В топках газовых тепловых аппаратов основным фактором, влияющим на качество процесса сжигания газа, является качество смешения газа с воздухом. Процессы смешения газа осуществляются в газовых горелках.

Газовые горелки

Газовыми горелками называются устройства, предназначенные для образования газозвоздушной смеси, подачи ее или подачи только газа (при диффузионном сгорании) в камеру сгорания (топку) и сжигания. Рациональное сжигание горючего газа зависит в первую очередь от правильного выбора типа и конструкции газовых горелок.

Газовая горелка должна обеспечивать возможность зажигания газозвоздушной смеси, регулирования подачи газа и воздуха, а также гарантировать при правильной ее эксплуатации тщательное перемешивание горючего газа с воздухом, устойчивое горение и полное сгорание горючего газа.

Работа горелки считается устойчивой, если длительное горение газа происходит без отрыва и проскака пламени. *Отрыв пламени* происходит при увеличении давления газа в сети и при избытке воздуха. *Проскок пламени* имеет место при резком понижении давления газа в сети. В этом случае пламя проскакивает внутрь смесительной трубки и горит у сопла. Скорость процесса горения, высота и форма пламени зависят от способа и скорости перемешивания горючего газа с воздухом: диффузионный (внешнее смешение), диффузионно-кинетический (частичное предварительное смешение) и кинетический (полное предварительное смешение).

Наивысшая температура пламени (до 1500°C) и наименьшая длина его достигаются при полном предварительном смешении горючего газа с воздухом.

Классификация газовых горелок. Согласно ГОСТ 17357—71 газовые горелки классифицируются по следующим признакам: способу подачи воздуха, номинальному давлению газа и воздуха, теплоте сгорания газа, номинальной тепловой мощности, длине фа-

кела (калибру) и методу стабилизации (созданию устойчивости) факела.

По способу подачи воздуха различают горелки внешнего смешения — горелки с подачей воздуха из окружающей среды и смешения газа с воздухом в камере сгорания за счет разрежения в ней и конвекции. Такие горелки называются *диффузионными*. Длина факела пламени и его свечение в диффузионных горелках достигают наибольшей величины.

Подача воздуха в камеру сгорания может осуществляться принудительно (вентилятором).

В горелках внутреннего смешения в камеру сгорания подается газовоздушная смесь, уже полностью или частично подготовленная. Горючий газ и воздух смешиваются внутри самой горелки.

Образование газовоздушной смеси в горелках с предварительным смешением осуществляется путем принудительной подачи воздуха в камеру смешения путем подсоса воздуха за счет энергии струи горючего газа либо путем подсоса газа за счет энергии струи воздуха. Горелки, в которых воздух подсасывается за счет энергии струи газа, называются *инжекционными*. Различают инжекционные газовые горелки с частичным и полным предварительным смешением горючего газа с воздухом. Первые горелки называются *пламенными* и характеризуются количеством воздуха, подсаемого внутрь горелки за счет энергии струи газа. Такой воздух называется *первичным*.

Воздух, поступающий в камеру сгорания за счет конвекции непосредственно около факела и в результате разрежения, называется *вторичным*.

Горелки с полным предварительным смешением горючего газа с воздухом называются *беспламенными* и в качестве первичного воздуха подсасывают весь воздух, необходимый для сжигания газа.

По номинальному давлению газа различают горелки низкого (до 5 кПа), среднего (от 5 до 100 кПа) и высокого (свыше 100 кПа) давления, соответственно номинальное давление воздуха подразделяют на низкое (до 1 кПа), среднее (от 1 до 3 кПа) и высокое (свыше 3 кПа).

В аппаратах, применяемых на предприятиях общественного питания, используются в основном инжекционные газовые горелки низкого давления с частичным предварительным смешением газа с воздухом.

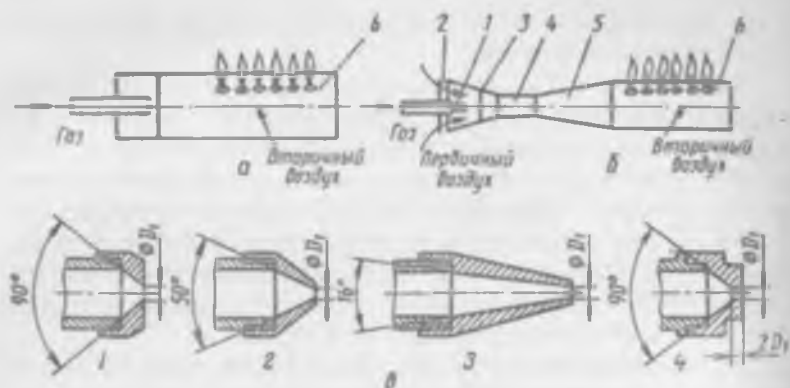


Рис. 6.9. Принципиальные схемы газовых горелок:

а — диффузионная; *б* — инжекционная факельная: 1 — сопло; 2 — регулятор первичного воздуха; 3 — конфузор; 4 — горловина; 5 — диффузор; 6 — насадка; *в* — формы сопел инжекционных горелок: 1 — сопло с углом конуса 90° ; 2 — сопло с углом конуса 50° ; 3 — сопло с углом конуса 16° ; 4 — сопло с углом конуса 90° и с цилиндрической выходной частью

Устройство газовых горелок. Д и ф ф у з и о н н а я горелка представляет собой насадку с отверстиями для выхода газа (рис. 6.9, *а*). Диаметр трубы насадки принимается из расчета $1...1,5$ суммарного сечения выходных отверстий. Диаметр отверстий d выполняют $1...5$ мм с шагом отверстий s ($s=5...6$).

Из насадки под низким давлением выходит газ, смешивается с воздухом и сгорает в виде желтого непрозрачного факела пламени.

Диффузионные горелки имеют простую конструкцию, они надежны в эксплуатации, устойчивы и бесшумны в работе.

Недостатками этих горелок являются: большой избыток воздуха в камере сгорания, приводящий к снижению температуры горения и увеличению потерь теплоты с уходящими продуктами сгорания; длинный факел пламени, требующий значительной высоты камеры сгорания. В связи с этим диффузионные горелки не нашли широкого применения в тепловых аппаратах предприятий общественного питания.

Инжекционная газовая горелка (рис. 6.9, *б*) состоит из следующих основных элементов: регулятора первичного воздуха, сопла, смесителя-инжектора, насадки.

Газ подается по газопроводу в сопло, которое служит для подачи газа в горелку, превращения части

потенциальной энергии газа в кинетическую и придания струе газа определенных форм и направления.

При выходе из сопла скорость газа значительно возрастает, так как диаметр сопла во много раз меньше диаметра подводящего газопровода. При выходе из сопла с большой скоростью газ создает в конфузоре смесителя-инжектора разрежение, за счет которого в смеситель подсасывается (инжектируется) первичный воздух.

Канал сопла (рис. 6.9, а) может быть различной формы с углом конуса от 8 до 45°.

Смеситель-инжектор служит для смешивания газа с воздухом, выравнивания концентрации и скорости движения газозоудшной смеси. В инжекционных горелках смесителям обычно придают форму трубки Вентури. Смеситель состоит из двух усеченных конусов — конфузора и диффузора, соединенных между собой горловиной.

Конфузор предназначен для подсоса воздуха за счет разрежения. Угол сужения конфузора составляет 20...40°. Горловина служит для выравнивания концентрации и скоростного напора смеси. Диффузор используется для дальнейшего выравнивания концентрации газа и воздуха в смеси путем торможения струи и уменьшения скорости движения газозоудшной смеси, что создает дополнительный напор, необходимый для преодоления сопротивления при проходе смеси через отверстия насадки.

Насадка служит для равномерного распределения газозоудшной смеси по выходным отверстиям, а также задает форму и размер факела.

Насадка (рис. 6.10, а, б, в, г) должна соответствовать форме и размерам обогреваемой поверхности.

Выходные отверстия насадки в горелках располагаются в один или два ряда в шахматном или коридорном порядке с шагом отверстия не более 3...4 диаметров. Для обеспечения устойчивого процесса горения выходные отверстия выполняются в виде теплоотводных приливов определенной высоты с отверстиями необходимого диаметра. Для равномерного распределения газозоудшной смеси по выходным отверстиям сечения насадки должно быть в 1,7...2,5 раза больше суммарного сечения выходных отверстий.

Регулятор первичного воздуха позволяет изменять

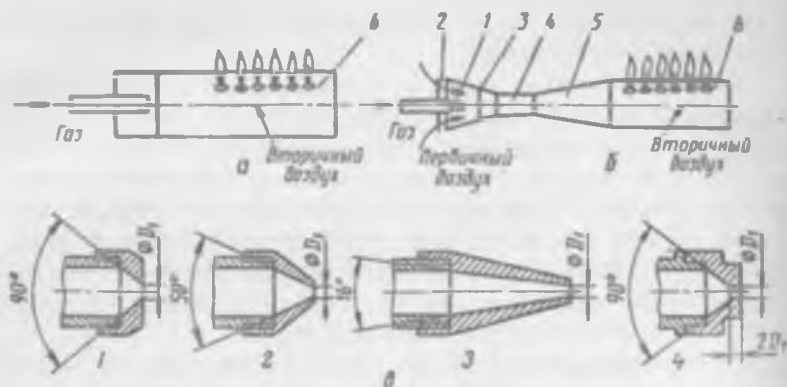


Рис. 6.9. Принципиальные схемы газовых горелок:

а — диффузионная; *б* — инжекционная факельная: 1 — сопло; 2 — регулятор первичного воздуха; 3 — конфузор; 4 — горловина; 5 — диффузор; 6 — насадка; *в* — формы сопел инжекционных горелок: 1 — сопло с углом конуса 90° ; 2 — сопло с углом конуса 50° ; 3 — сопло с углом конуса 16° ; 4 — сопло с углом конуса 90° и с цилиндрической выходной частью

Устройство газовых горелок. Диффузионная горелка представляет собой насадку с отверстиями для выхода газа (рис. 6.9, *а*). Диаметр трубы насадки принимается из расчета $1 \dots 1,5$ суммарного сечения выходных отверстий. Диаметр отверстий d выполняют $1 \dots 5$ мм с шагом отверстий s ($s = 5 \dots 6$).

Из насадки под низким давлением выходит газ, смешивается с воздухом и сгорает в виде желтого непрозрачного факела пламени.

Диффузионные горелки имеют простую конструкцию, они надежны в эксплуатации, устойчивы и бесшумны в работе.

Недостатками этих горелок являются: большой избыток воздуха в камере сгорания, приводящий к снижению температуры горения и увеличению потерь теплоты с уходящими продуктами сгорания; длинный факел пламени, требующий значительной высоты камеры сгорания. В связи с этим диффузионные горелки не нашли широкого применения в тепловых аппаратах предприятий общественного питания.

Инжекционная газовая горелка (рис. 6.9, *б*) состоит из следующих основных элементов: регулятора первичного воздуха, сопла, смесителя-инжектора, насадки.

Газ подается по газопроводу в сопло, которое служит для подачи газа в горелку, превращения части

потенциальной энергии газа в кинетическую и придания струе газа определенных форм и направления.

При выходе из сопла скорость газа значительно возрастает, так как диаметр сопла во много раз меньше диаметра подводящего газопровода. При выходе из сопла с большой скоростью газ создает в конфузоре смесителя-инжектора разрежение, за счет которого в смеситель подсасывается (инжектируется) первичный воздух.

Канал сопла (рис. 6.9, в) может быть различной формы с углом конуса от 8 до 45°.

Смеситель-инжектор служит для смешивания газа с воздухом, выравнивания концентрации и скорости движения газозвдушной смеси. В инжекционных горелках смесителям обычно придают форму трубки Вентури. Смеситель состоит из двух усеченных конусов — конфузора и диффузора, соединенных между собой горловиной.

Конфузор предназначен для подсоса воздуха за счет разрежения. Угол сужения конфузора составляет 20...40°. Горловина служит для выравнивания концентрации и скоростного напора смеси. Диффузор используется для дальнейшего выравнивания концентрации газа и воздуха в смеси путем торможения струи и уменьшения скорости движения газозвдушной смеси, что создает дополнительный напор, необходимый для преодоления сопротивления при проходе смеси через отверстия насадки.

Насадка служит для равномерного распределения газозвдушной смеси по выходным отверстиям, а также задает форму и размер факела.

Насадка (рис. 6.10, а, б, в, г) должна соответствовать форме и размерам обогреваемой поверхности.

Выходные отверстия насадки в горелках располагаются в один или два ряда в шахматном или коридорном порядке с шагом отверстия не более 3...4 диаметров. Для обеспечения устойчивого процесса горения выходные отверстия выполняются в виде теплоотводных приливов определенной высоты с отверстиями необходимого диаметра. Для равномерного распределения газозвдушной смеси по выходным отверстиям сечения насадки должно быть в 1,7...2,5 раза больше суммарного сечения выходных отверстий.

Регулятор первичного воздуха позволяет изменять

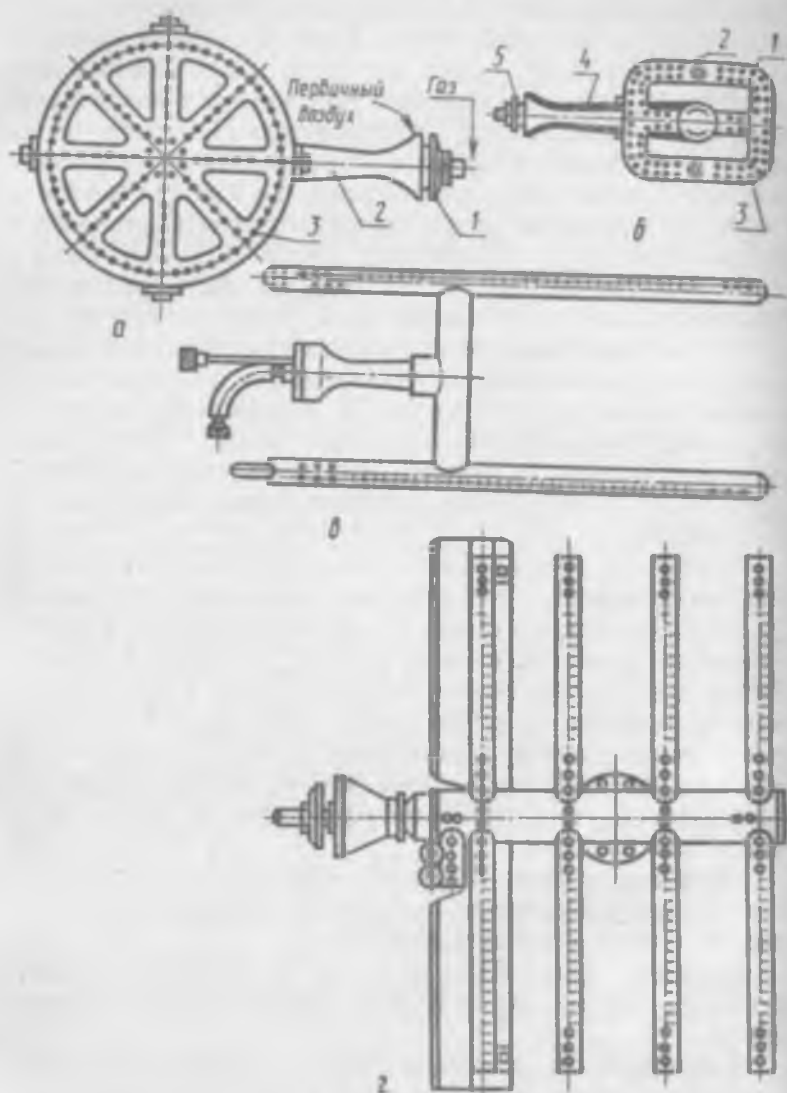


Рис. 6.10. Формы насадок газовых инжекционных горелок:

а — кольцевые: 1 — регулятор первичного воздуха; 2 — смеситель; 3 — насадка; *б* — прямоугольные: 1 — насадка; 2 — выходные отверстия; 3 — насадка; 4 — смеситель; 5 — регулятор первичного воздуха; *в, г* — трубчатые

количество воздуха, поступающего в смеситель горелки.

Инжекционные горелки обычно подсасывают 30...60 % теоретически необходимого количества воздуха V_T , т. е. объем первичного воздуха, инжектируемого горелкой, можно определить по уравнению

$$V_n = \alpha' V_T, \quad (6.15)$$

где V_n — объем первичного воздуха, $\text{м}^3/\text{м}^3$; α' — коэффициент инжекции ($\alpha' = 0,3 \dots 0,6$); V_T — теоретический объем воздуха (определяется на основании реакций горения горючих компонентов или по приближенным формулам), $\text{м}^3/\text{м}^3$.

$$V_T = 0,21 Q_R^0 \text{ при } Q_R^0 \leq 10,467 \text{ МДж}, \quad (6.16)$$

$$V_T = 0,26 Q_R^0 \text{ при } Q_R^0 > 10,467 \text{ МДж}. \quad (6.17)$$

Для полного сгорания газовой воздушной смеси необходим вторичный воздух V_{BT} , который подается к факелу из окружающей атмосферы

$$V_{BT} = V_d - V_n, \quad (6.18)$$

где V_d — действительное количество воздуха, необходимого для горения газа, $\text{м}^3/\text{м}^3$.

Действительный расход воздуха определяется в зависимости от коэффициента избытка воздуха

$$V_d = \alpha V_T, \quad (6.19)$$

Для инжекционных факельных горелок $\alpha = 1,15 \dots 1,30$.

Многосопловая факельная инжекционная горелка с периферийной подачей (рис. 6.11, а, б, в, г). Она состоит из газового коллектора, смесителя постоянного сечения и насадки.

Сопла выполняются в виде отверстий в стенке втулки коллектора под некоторым углом α к оси смесителя. Обычно число сопел от четырех до восьми. Перемешивание газа с воздухом и выравнивание скорости и концентрации газовой воздушной смеси происходят более интенсивно и на гораздо меньшей длине смесительной трубки. Это позволяет конструктивно

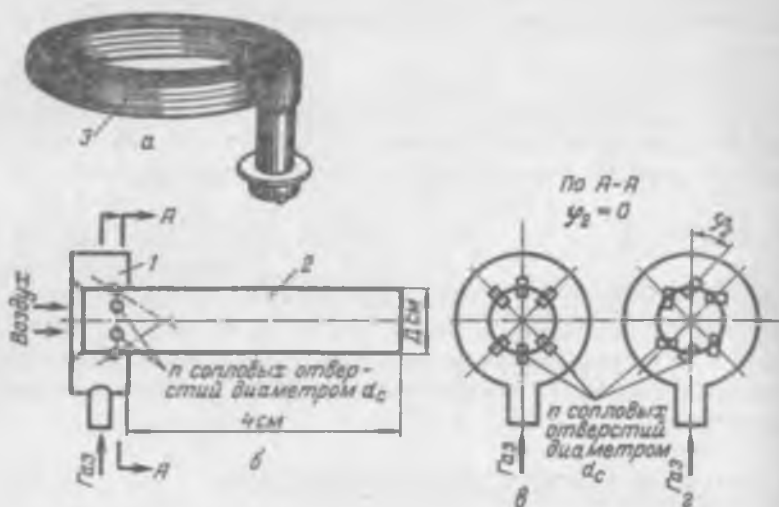


Рис. 6.11. Многосопловая инжекционная горелка с периферийной подачей газа:

а — внешний вид; *б* — принципиальная схема *в* — схема коллектора без закрутки газовой струи; *г* — схема коллектора с закруткой газовой струи; 1 — коллектор; 2 — смеситель; 3 — насадка

усовершенствовать горелку, т. е. отказаться от конфузора и диффузора и сократить размеры смесителя и горелки в целом при тех же показателях тепловой мощности горелки и объемного коэффициента инжекции.

В многосопловой горелке проскок пламени к соплу затруднен, так как имеет место турбулентное перемешивание, а пределы регулирования тепловой мощности расширены. Горелка работает более устойчиво при пониженном давлении газа.

Длина смесителя при оптимальном количестве сопловых отверстий составляет три диаметра смесителя: $L_{см} = 3D_{см}$.

Расположение отверстий сопла под углом $\varphi_1 = 20...30^\circ$ к радиусу, пересекающему ось сопла, позволяет осуществить закрутку газозвоздушных потоков. При этом интенсифицируется перемешивание и выравнивание концентраций газозвоздушной смеси, а размеры смесителя уменьшаются в 2 раза.

Беспламенные инжекционные горелки (рис. 6.12). В беспламенной горелке первичный воздух инжектируется в количестве 1,05...1,1 от теоретически необходимого, т. е. весь воздух, необходимый

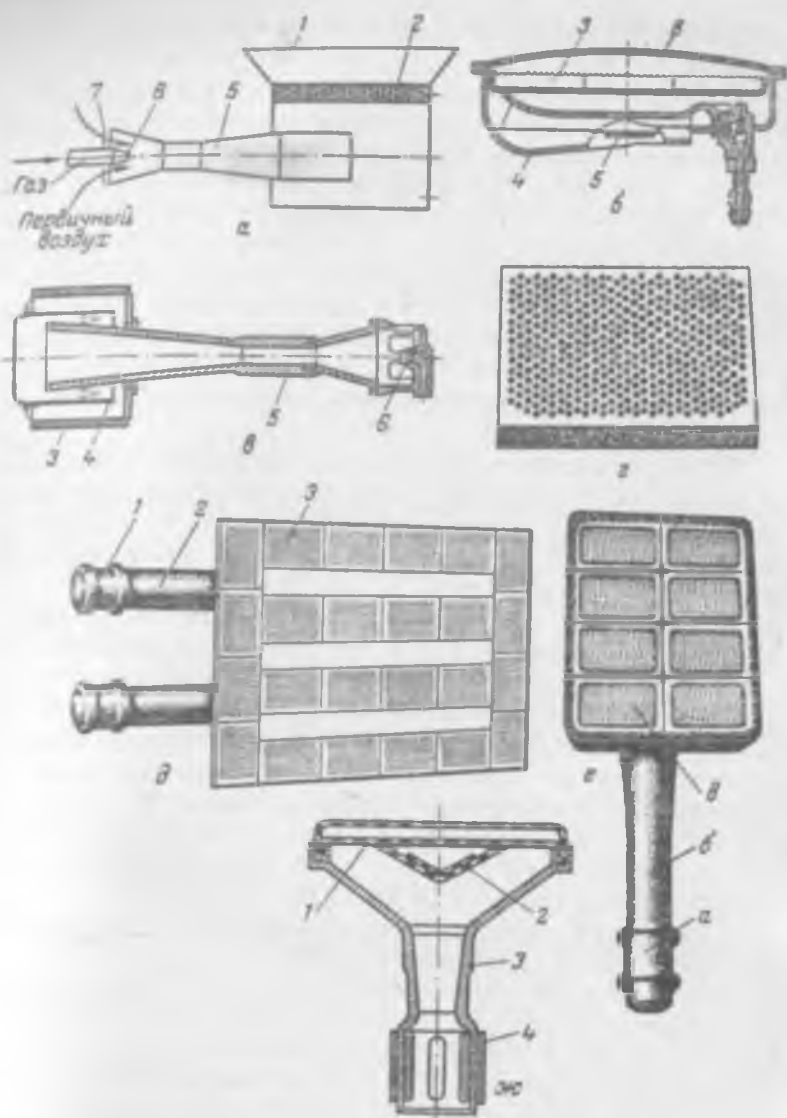


Рис. 6.12. Газовые беспламенные инжекционные горелки инфракрасного излучения:

а — принципиальная схема; б — горелка излучения типа «Звездочка»; в — горелки фонарного типа: 1 — рефлектор; 2 — керамическая насадка; 3 — камера для сгорания газа; 4 — корпус горелки; 5 — смеситель-инжектор; 6 — сопло; 7 — регулятор первичного воздуха; 8 — металлическая сетка; г — керамическая плитка для насадки беспламенной горелки; д — блок, состоящий из двух горелок; е — горелка для открытой конфорки плиты; ж — конфорочная горелка для бытовых плит: 1 — насадка; 2 — стабилизатор горения; 3 — смеситель; 4 — регулятор воздуха

для полного сгорания газа, используется в виде первичного воздуха.

В беспламенных инжекционных горелках, в отличие от пламенных, газ сгорает тонким слоем на поверхности излучающей насадки (без видимого факела).

Газ, выходя с большой скоростью из сопла, инжектирует через отверстия первичный воздух; образовавшаяся газозоудшная смесь поступает в камеру через смеситель-инжектор, где она через отверстия керамических плиток сгорает в слое толщиной 1...1,5 мм благодаря небольшой скорости выхода газозоудшной смеси (0,1...0,16 м/с). Через 40...50 с после зажигания горелки поверхность плиток нагревается до температуры 850...1100 °С.

В зависимости от конструкции насадки и ее температуры 40...60 % теплоты, выделяющейся при сжигании газа, передается излучением при мощности теплового потока 14...18,5·10⁴ Вт/м². Основная доля энергии излучения генерируется в пределах 1,0...3,5 мкм.

Излучающие насадки бывают керамические, керамические с металлической сеткой и металлические.

В качестве керамического излучателя применяют перфорированные керамические плитки размером 45×65×12 и 47×69×14 мм. Из таких плиток собирают необходимую по площади излучающую поверхность, склеивая их огнеупорной замазкой. Диаметр сквозных отверстий в плитках 0,8...1,5 мм. Количество отверстий в стандартной плитке в зависимости от диаметра может изменяться от 625 до 1625.

Суммарная площадь всех отверстий составляет 45...48 % общей площади плитки.

Беспламенные горелки по сравнению с пламенными обладают следующими преимуществами: большей полнотой сгорания газа, возможностью установки в любом положении в камерах сгорания минимальной высоты.

Недостатком является высокая чувствительность к изменениям параметров горючего газа, поэтому они теряют устойчивость в работе при изменении давления газа перед соплом и их эксплуатационные показатели ухудшаются.

В соответствии с ГОСТ 17356—71 работа газовой инжекционной горелки низкого давления характеризуется следующими показателями:

номинальной тепловой мощностью горелки Q_n , показывающей количество тепла, выделенного при пол-

ном сгорании газа в секунду с минимальным коэффициентом избытка воздуха:

$$Q_T = V_r Q_{\alpha}^p / 3600, \quad (6.20)$$

где V_r — номинальный расход газа горелкой, $\text{м}^3/\text{ч}$; коэффициентом первичного воздуха α' , показывающим отношение количества воздуха, подсасываемого в смеситель горелки за счет энергии струи газа, к теоретически необходимому для полного сгорания газа; объемной кратностью инжекции μ , определяющей, какое количество первичного воздуха инжектируется в 1 м^3 газа:

$$\mu = \alpha' V_r; \quad (6.21)$$

пределом регулирования тепловой мощности, выражающим отношение номинальной тепловой мощности к минимальной тепловой мощности $Q_T^{\min}$:

$$c = Q_T / Q_T^{\min}; \quad (6.22)$$

удельной металлоемкостью, показывающей отношение массы горелки к ее номинальной тепловой мощности;

шумовой характеристикой горелки, показывающей уровень звукового давления, который создает работающая горелка в зависимости от спектра частот.

Горелки должны удовлетворять следующим основным требованиям:

конструкция должна быть по возможности компактной и простой в изготовлении; удобной, надежной и безопасной в эксплуатации и несложной в ремонте;

при заданной производительности горелка должна обеспечивать полное сжигание газа с минимальным избытком воздуха и полным отсутствием в продуктах сгорания горючих или отравляющих газов;

конструкция горелки должна предусматривать удобство зажигания, регулирования и возможность автоматического поддержания необходимых соотношений газа и воздуха при изменении нагрузки и режимных параметров;

предел регулирования тепловой мощности и характеристики факела должны удовлетворять технологическим требованиям аппарата;

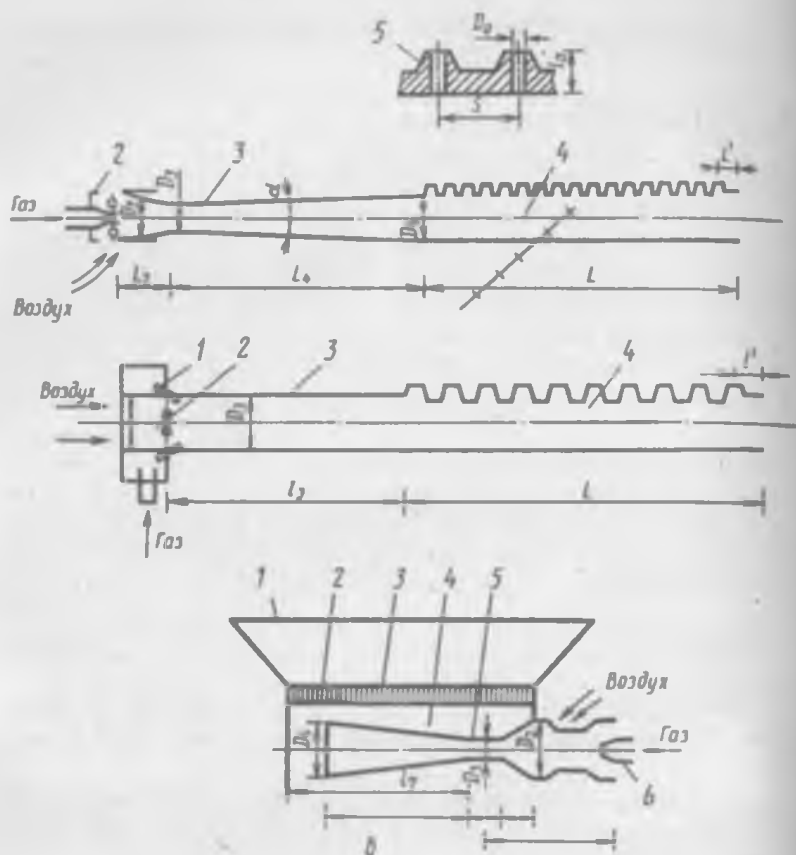


Рис. 6.13. Расчетные схемы инжекционных горелок:

а — односоловая факельная: 1 — сопло; 2 — регулятор первичного воздуха; 3 — смеситель; 4 — насадка; 5 — отверстие для выхода газозвоздушной смеси; D_1 — диаметр сопла; D_2 , l_2 — соответственно диаметр и длина конфузора; D_4 , l_4 — соответственно диаметр и длина диффузора; D_0 — диаметр отверстия для выхода газозвоздушной смеси; L — длина насадки; l' — длина концевго участка насадки; h_0 — высота прилива у отверстия для выхода газозвоздушной смеси; S — расстояние между отверстиями; *б* — многосоловая: 1 — сопло; 2 — коллектор; 3 — смеситель; 4 — беспламенный; 1 — рефлектор; 2 — каналы керамической насадки; 3 — насадка; 4 — распределительная коробка; 5 — смеситель; 6 — сопло

интенсивность шума, создаваемого горелкой, не должна превышать существующих санитарных норм (85 дБ).

Расчет газовых горелок. Для расчета пламенных инжекционных горелок низкого давления (рис. 6.13, *а*, *б*, *в*) необходимы следующие исходные данные: номи-

нальная тепловая мощность горелки Q_T (Вт); плотность газа ρ_r (кг/м³); низшая теплота сгорания газа Q_p^p (МДж/м³); давление газа перед горелкой P_r (Па); коэффициент первичного воздуха.

Минимальное давление газа, обеспечивающее нормальную работу горелки, находится по формуле

$$P_{r, \min} = 27,1 Q_p^p + 100. \quad (6.23)$$

Номинальный расход газа горелкой определяется по выражению

$$B_n = Q_T \cdot 3600 / Q_p^p. \quad (6.24)$$

Площадь поперечного сечения сопла для прохождения расчетного количества газа рассчитывается по формуле

$$F_d = B_n / 3600 \omega_r, \quad (6.25)$$

где ω_r — средняя скорость истечения газа из сопла, м/с.

$$\omega_r = \varphi \sqrt{2 P_r / \rho_r}, \quad (6.26)$$

отсюда

$$F_d = 196,5 (B_n / \varphi) \cdot \sqrt{\rho_r / P_r}, \quad (6.27)$$

где φ — коэффициент расхода, учитывающий изменение скорости струи газа из-за наличия сопротивления трения и сжатия струи.

Коэффициент расхода φ зависит от формы сопла. Для наиболее часто применяемых форм сопел коэффициент φ равен

Форма сопла	1	2	3	4
Коэффициент φ	0,7	0,80	0,87	0,75—0,87

Величина коэффициента φ для сопел канального типа (форма сопла 4) зависит от отношения длин цилиндрической части сопла l_D к диаметру сопла D_1 :

Величина l_D	0,18	0,35	0,45	0,55	1,0	2,25	4,5
Коэффициент φ	0,75	0,84	0,85	0,87	0,85	0,84	0,83

Диаметр сопла определяют из уравнения (6.25):

$$D_1 = \sqrt{4F_{D_1}/\pi} = 0,0188\sqrt{B_n/\omega_r}. \quad (6.28)$$

Диаметр горловины смесителя определяют из уравнения сохранения количества движения при смешении потоков газа и первичного воздуха. Для 1 м^3 газа количество движения равно $\omega_r \rho_r$, для инжектируемого воздуха количество движения $\omega_n \rho_n = 0$, так как начальная скорость воздуха $\omega_n = 0$.

В горловине смесителя количество движения газозвоздушной смеси равно

$$\omega_{см} = (\rho_r + u \rho_n), \quad (6.29)$$

тогда

$$\omega_r \rho_r = \omega_{см} (\rho_r + u \rho_n), \quad (6.30)$$

где u — объемная кратность инжекции, определяемая по формуле (6.21); ρ_r и ρ_n — соответственно плотность газа и воздуха, кг/м^3 ; ω_r и $\omega_{см}$ — соответственно скорость газа и газозвоздушной смеси, м/с .

Выражая расход газа и смеси через соответствующие скорости и сечения, получим

$$B_n = 3600 (\pi D_1^2/4) \cdot \omega_r; \quad (6.31)$$

$$B_{см} = B_n (1 + u) = 3600 (\pi D_3^2/4) \cdot \omega_{см}, \quad (6.32)$$

откуда

$$\omega_r = 4B_n/3600\pi D_1^2;$$

$$\omega_{см} = 4B_n (1 + u)/3600\pi D_3^2.$$

Подставив значение ω_r и $\omega_{см}$ в уравнения (6.30) и поделив обе части уравнения на ρ_r , получим

$$D_3 = D_1 \sqrt{(1 + u) [1 + u(\rho_n/\rho_r)]}. \quad (6.33)$$

Диаметр конфузора D_2 и диффузора D_4 смесителя принимают равным

$$D_2 = (1,5 \dots 2) D_3; \quad D_4 = (2 \dots 2,2) D_3. \quad (6.34)$$

Длина горловины l_1 и конфузора l_2 смесителя принимается равной

$$l_1 = (2,5 \dots 3) D_3; \quad l_2 = (1,5 \dots 2) D_3. \quad (6.35)$$

Конфузор сопрягается с горловиной по дуге окружности радиуса

$$R = (3 \dots 5) D_3. \quad (6.36)$$

Длина конфузора рассчитывается по формуле

$$l_4 = (D_4 - D_3) / 2 \operatorname{tg} (\alpha / 2), \quad (6.37)$$

где α — угол расширения диффузора ($\alpha = 6 \dots 8^\circ$).

Диаметр отверстия насадки для выхода газовой смеси D_0 принимается в пределах 2...4 мм.

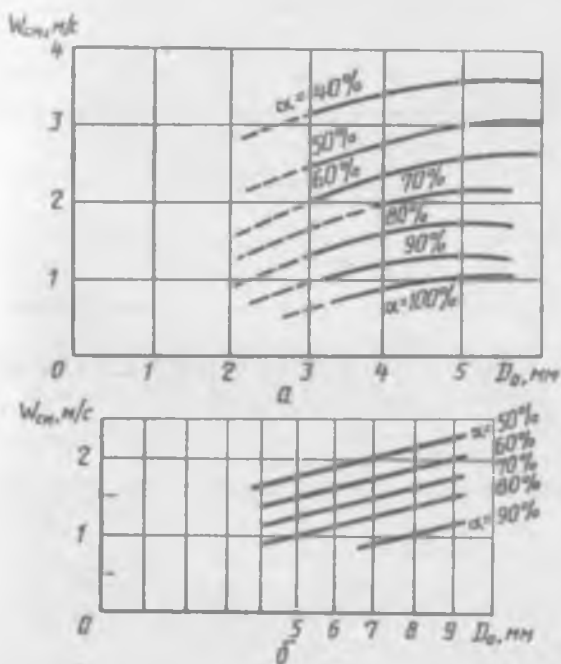


Рис. 6.14. Предельные скорости выхода газовой смеси из отверстий насадки:

a — для природного газа; b — для сжиженного газа;
 α — коэффициент первичного воздуха; w_{cm} — скорость выхода газовой смеси из отверстий насадки;
 D_0 — диаметр отверстий насадки для выхода газовой смеси

Максимальную скорость выхода смеси из отверстий насадки определяют по графику (рис. 6.14).

Суммарная площадь отверстий насадки будет равна

$$\Sigma f_{D_0} = B_n(1 + u) / 3600 \omega_{см}, \quad (6.38)$$

а число отверстий насадки

$$n = \Sigma f_{D_0} / f_{D_0}. \quad (6.39)$$

Шаг отверстий насадки s в зависимости от их диаметра D_0 и коэффициента инжекции α' определяется по табл. 6.2.

ТАБЛИЦА 6.2

Данные для выбора шага отверстий

Диаметр отверстий насадки D_0 , мм	Максимальный шаг s в зависимости от l' , мм			Минимальный шаг s в зависимости от l' , мм		
	$\alpha' = 0,2$	$\alpha' = 0,4$	$\alpha' \geq 0,6$	$\alpha' = 0,2$	$\alpha' = 0,4$	$\alpha' \geq 0,6$
1,0	7	4	—	5	4	—
2,0	13	8	6	9	7	5
3,0	18	12	8	12	9	6
4,0	20	15	11	14	12	8
5,0	23	19	15	16	14	10
6,0	26	22	18	18	16	13

При однорядном расположении отверстий принимается минимальный шаг, при двухрядном — максимальный.

Расстояние между рядами $s' \geq 2s$.

Длина насадки рассчитывается по уравнению

$$L = (n - 1)s / N + 2l', \quad (6.40)$$

где N — число рядов отверстий на насадке, шт.; l' — длина концевой участка (обычно $l' = 25$).

Для обеспечения устойчивого горения предусматривают стабилизирующие устройства, например в виде теплоотводящих приливов, у выходных отверстий насадки. Высоту выходных отверстий принимают равной $l_0 = (2 \dots 3) D_0$, но не больше 12 мм для отверстий большего диаметра.

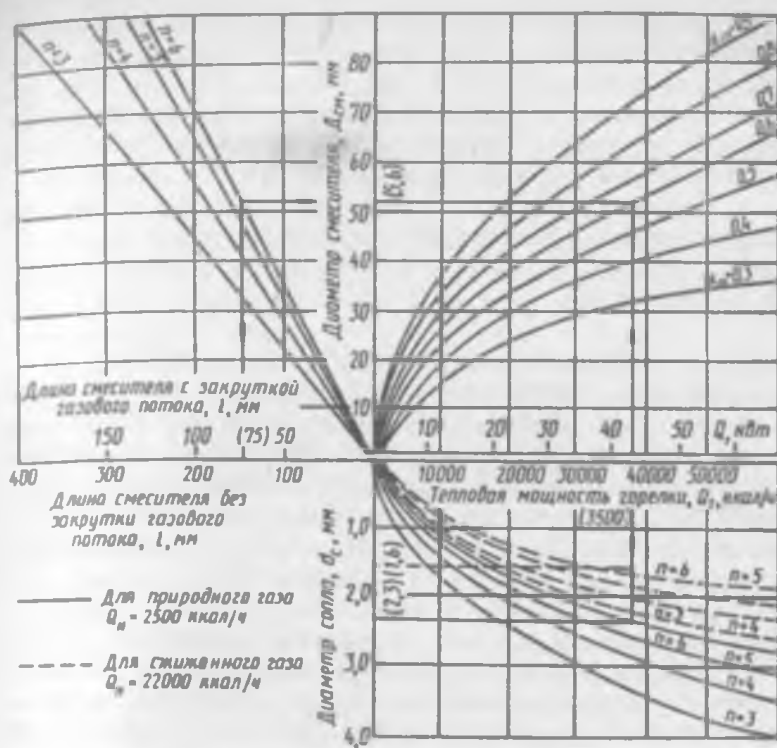


Рис. 6.15. Номограмма расчета смесителя многосопловой инжекционной горелки с периферийной подачей газа

Многосопловые факельные инжекционные горелки с периферийной подачей газа (см. рис. 6.13, б) рассчитываются аналогично односопловым. Диаметр одного сопла рассчитывают по формуле

$$D_1 = 0,0188 \sqrt{B_n / \omega_r n}, \quad (6.41)$$

где n — число сопел.

Зная тепловую мощность многосопловой горелки, коэффициент инжекции α' и принятое число сопел ($n = 3 \dots 6$), по номограмме, разработанной газовой лабораторией ВНИИТоргмаша (рис. 6.15), можно определить диаметр одного сопла, диаметр D_3 и длину l_3 смесителя. Расчет размеров насадки проводят аналогично односопловой горелке.

Беспламенные инжекционные горелки (см. рис. 6.12, в) в качестве первичного воздуха инжекти-

руют весь воздух, необходимый для сжигания газа, поэтому при расчете коэффициент инжекции α' принимается в пределах от 1,05 до 1,1.

Определение минимального давления газа перед горелкой, номинального расхода газа, диаметра сопла производится по формулам (6.23), (6.24), (6.28).

Суммарная площадь отверстий на смесителе для подачи воздуха определяется по уравнению

$$\Sigma f_a = Vu / 3600 \omega_a, \quad (6.42)$$

где ω_a — скорость воздуха ($\omega_a \leq 2$ м/с), м/с.

Диаметр горловины для природного газа — $D_3 = 14D_1$; для сжиженного газа — $D_3 = 19,5D_1$; длина горловины — $l = (3,0 \dots 5,0) \cdot D_3$; диаметр диффузора — $D_4 = (2,0 \dots 2,5) D_3$; диаметр конфузора — $D_2 = (1,8 \dots 2,0) D_3$; длина конфузора — $l_2 = (1,5 \dots 2,2) D_3$; длина диффузора — $l_2 = 7,15(D_4 - D_3)$. Угол расширения диффузора принимается равным 8° .

Диаметр выходного отверстия насадки принимается равным 1...1,5 мм. Суммарная площадь отверстий насадки определяется по формуле (6.38). Скорость выхода газозоудной смеси из отверстий насадки принимается в пределах 0,1...0,16 м/с. Суммарная площадь выходных отверстий одной керамической плитки составляет 14,9 см² при площади плитки 32,4 см². Количество керамических плиток, необходимое для насадки горелки, рассчитывается по формуле

$$n_{пл} = \Sigma f D_o / f_{отп}, \quad (6.43)$$

где $f_{отп}$ — суммарная площадь отверстий одной керамической плитки, см².

Площадь насадки горелки будет равна

$$F = n_{пл} f_{пл}, \quad (6.44)$$

где $f_{пл}$ — площадь одной керамической плитки, см².

Удельное тепловое напряжение керамической насадки

$$q = Q_v / F.$$

Пример расчета газовых горелок приведен в приложении 8.

Правила эксплуатации газовых горелок. Горючие газы токсичны и в определенных концентрациях в воздухе взрывоопасны. Токсическое воздействие на организм человека возможно как за счет действия собственно газа, так и продуктов его сгорания, поэтому необходимо строго соблюдать правила эксплуатации газовых горелок.

Перед началом работы газовых горелок проветривают помещение. Если в воздухе ощущается запах газа, необходимо отключить подачу газа и вызвать специальную службу.

У аппаратов с организованным отводом продуктов сгорания (индивидуальный газоход) перед розжигом проверяют тягу в газоходе, для чего к смотровому окну подносят папиросную бумагу. При наличии тяги бумага втягивается в смотровое окно. Если тяга отсутствует, то до прочистки газохода аппарат разжигать запрещается. Рабочие объемы газовых аппаратов перед включением горелки проветривают в течение 2...3 мин. Наибольшее число взрывов бывает в момент розжига, поэтому именно в этот момент нужно проявлять максимальное внимание и осторожность.

Для розжига горелок следует использовать только переносной или стационарный запальник.

При правильной эксплуатации горение происходит устойчиво без явлений отрыва и проскока пламени. При нормальной работе горелки пламя должно быть почти прозрачным с отчетливо выраженным голубовато-зеленоватым ядром в середине факела.

В случае значительного избытка воздуха пламя резко укорачивается, становится почти бесцветным, имеет расплывчатое ядро, горение происходит с потрескиванием. При недостатке воздуха пламя удлиняется, появляются желтые коптящие языки, свидетельствующие о неполном сгорании газа.

У горелок большой производительности перед включением следует закрыть регулятор воздуха, в противном случае произойдет хлопок (взрыв смеси внутри горелки). Хлопок может нарушить герметичность соединений.

В процессе работы аппарата следует через смотровое окно периодически проверять работу горелки.

При выключении аппарата вначале закрывают кран перед горелкой, а затем на опуске газопровода к аппарату.

Категорически запрещается искать утечку газа с помощью огня, так как это может вызвать взрыв. Искать утечку газа можно только путем нанесения на предполагаемые места утечки мыльной воды.

К работе с газовыми аппаратами допускаются только лица, обученные безопасным методам работы и имеющие удостоверения о сдаче техминимума в соответствии с существующим законоположением.

Основные конструктивные направления по снижению потерь теплоты. При эксплуатации аппаратов, снабженных газовыми, твердотопливными и жидкотопливными теплогенерирующими устройствами, основной задачей является снижение потерь теплоты (Q_2) с уходящими продуктами сгорания. Основные направления, принятые в конструкциях соответствующих теплогенерирующих устройств аппаратов для решения данной задачи, следующие:

увеличение поверхности теплообмена в теплогенерирующих устройствах;

интенсификация теплообмена в газоходах;

дополнительные устройства для утилизации теплоты уходящих газов.

Наиболее полно иллюстрируют первое направление теплогенерирующие устройства (топки) газовых и твердотопливных котлов и кипятильников, газовых плит.

Второе направление, связанное с интенсификацией теплообмена в газоходах за счет увеличения теплоотдачи от движущихся продуктов сгорания, заключается в установке различных турбулизаторов в газоходах, что нашло применение в газовых кипятильниках, водонагревателях (выносных).

Третье направление — это установка дополнительных устройств для утилизации теплоты отходящих газов, что используется в газовых и твердотопливных плитах.

Для жидкотопливных, твердотопливных, газовых теплогенерирующих устройств следующей конструктивной задачей является решение по непрерывному отводу продуктов сгорания и поступлению новых порций воздуха. Достигается это путем создания тяги, обеспечивающей определенное разрежение в топке и газоходах. Тяга может быть создана за счет разрежения, образуемого в топке благодаря разности плотностей продуктов сгорания и окружающего воздуха (ес-

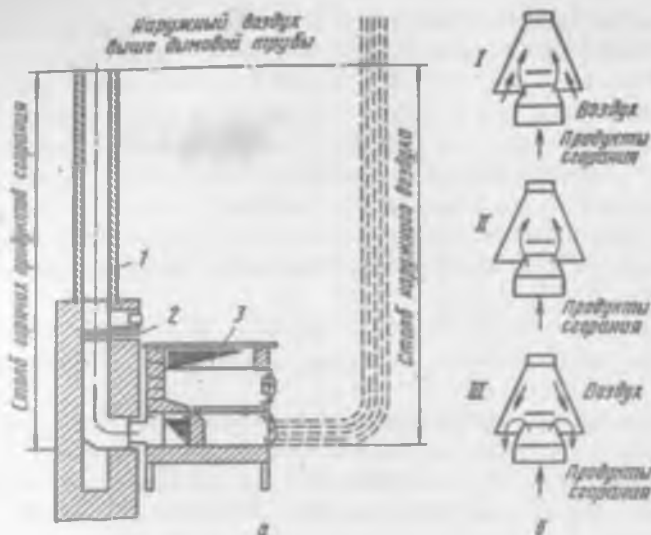


Рис. 6.16. Схема устройства газохода и естественной тяги: а — устройство газохода и схема тяги:

1 — вытяжная труба; 2 — шибер; 3 — топка; б — схема тягопрерывателя: I — избыточная тяга; II — нормальная тяга; III — опрокидывание тяги (тяга отсутствует). Стрелками указано направление движения продуктов сгорания и воздуха

тественная тяга), либо за счет работы тягодутьевых устройств.

Схема естественной тяги приведена на рис. 6.16, а. Продукты сгорания, образующиеся в топке, уходят по вытяжной трубе, а для регулирования сечения трубы смонтирован шибер.

Снижение температуры продуктов сгорания уменьшает естественную тягу, а понижение температуры наружного воздуха увеличивает ее.

Температура уходящих продуктов сгорания должна быть не ниже температуры конденсации содержащихся в них паров влаги, так как это приводит к осаждению влаги на стенках газоходов и дымовой трубы и вызывает их постепенное разрушение, а в холодное время года — образование ледяных колец и пробок.

Иногда в помещении, где установлен тепловой аппарат, при усиленной вентиляции, сквозняках, ветровом подпоре у дымовой трубы наблюдается некоторое понижение давления. В результате тяга исчезает, а поток наружного воздуха через дымоход устремляется

в топку. Такое явление, называемое обратной тягой или опрокидыванием тяги, может нарушить процесс горения и привести к проникновению несгоревшего горючего газа из камеры сгорания в помещение.

В процессе эксплуатации аппаратов возможно также повышение тяги, которое вызывает усиленный подсос воздуха в камеру сгорания, что, в свою очередь, увеличивает потери теплоты с уходящими продуктами сгорания и может вызвать отрыв пламени у горелок и форсунок.

Для того чтобы предотвратить обратную тягу или подсос избыточного воздуха, применяют прерыватель тяги (рис. 6.16, б).

Дымоходы выполняются из красного кирпича, огнестойких блоков, асбоцементных и гончарных труб; они должны располагаться во внутренних стенах здания, быть доступными на всем протяжении для чистки.

Согласно требованиям СНиП и Госгортехнадзора, тепловые аппараты предприятий общественного питания присоединяют как к обособленному, так и к общему дымоходу. В последнем случае отвод продуктов сгорания от нескольких аппаратов осуществляется на разных уровнях, на расстоянии не менее 0,5 м один от другого. В случае ввода продуктов сгорания в дымоход от двух аппаратов на одном уровне в дымоходе делают рассечки на высоту 0,5...0,7 м.

При движении продуктов сгорания встречаются различные сопротивления, на преодоление которых затрачивается определенная часть статического напора, создаваемого разностью масс столбов наружного воздуха и продуктов сгорания. При проектировании и изготовлении теплогенерирующих устройств и аппаратов следует, по возможности, сводить к минимуму эти сопротивления и, следовательно, затраты напора на их преодоление.

Правильный выбор формы и размеров топки, газопроводов, дымовой трубы обеспечивает экономичную работу аппарата.

Разрежение, которое создается дымовой трубой высотой H (расстояние от оси горизонтального газопровода до верхней кромки трубы), определяют по формуле

$$\Delta P = Hg(\rho_a - \rho_r) - \Delta P_{\Sigma}, \quad (6.45)$$

где ΔP_n — потери давления на покрытие сопротивлений газоходов и дымовой трубы; g — ускорение силы тяжести, м/с^2 ;

$\rho_n = \rho_n^0 (273/T_n)$ и $\rho_r = \rho_r^0 (273/T_r)$ — соответственно плотность воздуха и газа, кг/м^3 ; ρ_n^0 и ρ_r^0 — плотность воздуха и газа при нормальных условиях, кг/м^3 ; T_n и T_r — температура окружающего воздуха и средняя температура продуктов сгорания в дымовой трубе, К.

Можно принять $\rho_n^0 \approx \rho_r^0 \approx 1,28 \text{ кг/м}^3$, тогда

$$\Delta P = Hg \cdot 1,28 \cdot 273 (1/T_n - 1/T_r) - \Delta P_n.$$

Потери давления составят

$$\Delta P_n \approx 0,00233 T_r \omega_r (1 + \lambda \cdot H/D_n), \quad (6.46)$$

где ω_r — средняя скорость газов в трубе (в пределах 1,5...3,5 м/с), м/с; T — средняя температура продуктов сгорания в дымовой трубе (определяют исходя из следующих значений падения температуры газов на 1 м высоты трубы: для кирпичных труб $\Delta t = 1...1,5 \text{ К/м}$, для металлических нефутерованных труб $\Delta t = 3...4 \text{ К/м}$), К; λ — коэффициент трения топочных газов о стенки газохода (для труб, покрытых сажей, в упрощенных расчетах принимают $\lambda = 0,07...0,1$); H — высота газового тракта (высота столба горячих продуктов сгорания), м;

$$H = h_1 + h_2,$$

где h_1 — расстояние от основания дымовой трубы до конька крыши здания, м; $h_2 = 1,5...2 \text{ м}$ (на эту величину труба должна быть выше конька крыши для предотвращения опрокидывания тяги при большой скорости ветра); D_n — внутренний диаметр трубы, который определяют по формуле

$$D_n = \sqrt{4KQ/10^5 \pi N^{0.5}}, \quad (6.47)$$

где K — коэффициент, принимаемый при тепловой мощности аппаратов до $30 \cdot 10^3 \text{ Вт}$ равным 2, более $10 \cdot 10^3 \text{ Вт}$ — равным 3; Q — суммарная тепловая мощность аппаратов, присоединяемых к дымовой трубе, Вт.

Там, где невозможно обеспечить работу аппаратов на естественной тяге или где дымоходы, работающие на естественной тяге, получаются громоздкими, для

Электронагреватели с металлическим сопротивлением должны обладать большим удельным сопротивлением (более 10^{-6} Ом·м), быть термостойкими, т. е. не окисляться при высоких температурах, жаропрочными (не изменять механических свойств при $t = 1000...1200$ °С), иметь низкий коэффициент удлинения. Для изготовления электрических проводников используют сплавы никеля с жаропрочными присадками: хромоникелевые (нихром), железохромоникелевые (фехраль, хромаль). Продолжительность работы при высоких температурах должна быть более 10 000 ч (табл. 6.3).

ТАБЛИЦА 6.3

Основные показатели нихрома и фехралья

Марка сплава	Удельное электрическое сопротивление при 20 °С, 10^{-6} ·Ом·м	Максимальная рабочая температура, °С	Рекомендуемая рабочая температура, °С (не выше)
X15Н60	1,06—1,16	1000	950
X20Н80	1,07—1,09	1100	950
X13Ю4	1,18—1,34	1000	900
X23Ю5	1,37	1150	900
X23Ю	1,4	1200	900

Для безопасности работы и увеличения срока службы спирали укладывают в изоляционный материал, обладающий высоким электрическим сопротивлением, хорошей теплопроводностью и незначительной влагопоглощающей способностью. В качестве электроизоляционных материалов используются специальные материалы: периклаз (окись магния с температурой плавления 1700 °С и измельченная в шаровых мельницах), шамот (прокаленная и измельченная огнеупорная глина), кардиерит (керамика), фарфор, слюда, кварцевый песок и др. (табл. 6.4).

Открытые нагревательные элементы (рис. 6.18, а, б) представляют собой спираль, помещенную в керамические бусы, или подвешенную на фарфоровых изоляторах, или уложенную в пазы керамических панелей. Передача теплоты в них осуществляется преимущественно излучением (распространены в тепловых аппаратах незначительно).

Достоинствами нагревателей являются: простота

Техническая характеристика изоляционных материалов, применяемых при производстве электронагревателей

Материал	Плотность, кг/м ³	Максимальная рабочая температура, °С
Периклаз	2850—3200	1400—1700
Шамот	1800—2000	1400—1500
Фарфор	2200—2500	500—600
Слюда	2700—2900	500—800
Кварцевый песок	600—1400	1400—1500

изготовления, удобство замены спирали; хорошие условия теплопередачи. К недостаткам относятся: меньший срок службы по сравнению с закрытыми и герметически закрытыми нагревателями, так как они не защищены от механических повреждений и от коррозионного воздействия влажного атмосферного воздуха и агрессивных жидких сред; повышенная электро- и пожароопасность.

Закрытые нагревательные элементы представляют собой спираль, запрессованную в электроизоляционную, хорошо проводящую теплоту массу и помещенную в корпус, который предохраняет ее от механических повреждений, но не защищает от доступа воздуха.

Принципиальная схема устройства закрытого электронагревателя показана на рис. 6.18, а.

Электронагреватели закрытого типа нашли широкое применение в конфорках электроплит, электросковородах. Конструкция электронагревателя закрытого типа на примере конфорки электроплиты приведена на рис. 6.18, г. Корпус конфорки выполняется из чугуна и представляет собой плиту, верхняя часть которой тщательно обрабатывается для обеспечения хорошего прилегания наплитной посуды. В нижней части плиты имеются пазы-канавки, в которые укладывается электроизоляционная масса, а затем электронагревательная спираль. Температура нагрева электронагревателя зависит от толщины слоя, коэффициента теплопроводности электроизоляционного материала и степени его уплотнения. Поэтому после укладки спирали электроизоляционная масса уплотняется. Снизу конфорка закрывается экранирующим стальным листом и кожухом. С внутренней стороны кожуха прокладыва-

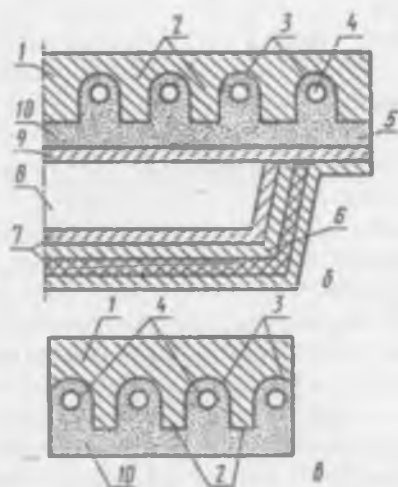
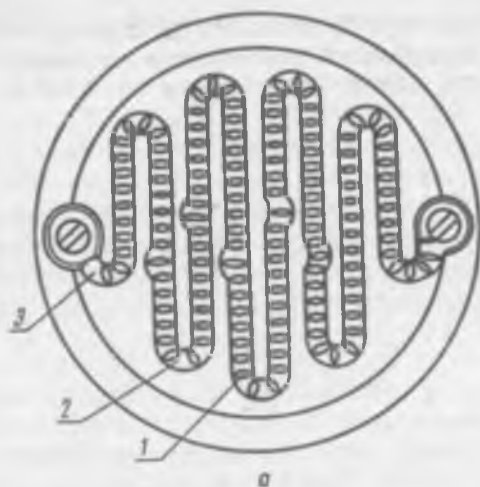


Рис. 6.18. Типы электронагревательных элементов:

а — открытые электронагревательные элементы: 1 — спираль; 2 — бусы; 3 — фарфоровые изоляторы, панели; *б, в* — закрытые электронагревательные элементы (кофорсы): 1 — корпус; 2 — стенки пазов; 3 — пазы-канавки; 4 — спираль; 5 — теплоизолирующий кожух; 6 — листовая асбест; 7 — фольга; 8 — воздушная прослойка; 9 — экранирующий лист; 10 — изоляционная масса

ется слой тепловой изоляции из фольги и листового асбеста. Между стальным листом и слоем тепловой изоляции образуется воздушная прослойка, которая также выполняет роль теплоизоляции. Такая конструкция уменьшает потери теплоты при нагревании конфорки и предохраняет спираль от механических повреждений. Концы спиралей выводятся через клеммную колодку на зажимы для присоединения к электрической сети. Клеммная колодка закрывается защитным козырьком, предохраняющим клеммы от попадания жидкости.

В качестве изоляционного материала в конфорках обычно используется периклаз (окись магния) и шамотная глина. Нагревательная спираль изготавливается из нихрома марки Х20Н80 или фехрали марки Х23Ю5.

В конфорках обычно помещается спираль, состоящая из четырех секций, соединенных попарно. Это позволяет осуществлять трехступенчатое регулирование мощности (сильный, средний, слабый нагрев) в соотношении 4:2:1. Регулирование мощности осуществляется четырехпозиционным трехступенчатым пакетным переключателем ТПКП-4.

Количество теплоты, выделяющееся при прохождении электрического тока через проводники, определяется по формуле

$$Q = P\tau = (U^2/R)\tau. \quad (6.48)$$

Так как напряжение в сети практически всегда остается постоянным, изменить количество выделяемой теплоты можно, изменяя сопротивление проводников. При сильном нагреве две попарно соединенные секции нагревателей подключаются параллельно и полное сопротивление равно

$$R_{\text{сид}} = R \cdot R / (R + R) = R/2, \quad (6.49)$$

где R — сопротивление одной секции, Ом.

При среднем нагреве включается только одна секция.

При слабом нагреве обе секции включаются последовательно и в этом случае $R_{\text{слаб}} = 2R$.

Таким образом, мощность на различных ступенях будет равна

$$R_{\text{снл}} = 2U^2/R; P_{\text{ср}} = U^2/R; P_{\text{снлб}} = U^2/2R. \quad (6.50)$$

Передача теплоты в закрытых электронагревательных элементах осуществляется в основном теплопроводностью, за исключением трубчатых излучателей, в которых теплота передается излучением.

В зависимости от технологического процесса и температуры на поверхности конфорок они выпускаются нескольких типов: с максимальной рабочей температурой на поверхности 450°C — для ведения основных процессов варки и жарки в наплитной посуде, с максимальной рабочей температурой на поверхности 300°C — для жарки изделий непосредственно на поверхности конфорок и с максимальной рабочей температурой на поверхности 250°C — для поддержания в горячем состоянии готовой кулинарной продукции.

К достоинствам закрытых нагревательных элементов относятся их более высокие надежность и долговечность по сравнению с открытыми нагревательными элементами. Недостатком являются чувствительность к длительным перегревам, поэтому их нельзя эксплуатировать без наплитной посуды. При нарушении этого требования на поверхности появляются трещины, что приводит к неравномерности температурного поля на поверхности конфорок, ухудшению процесса теплопередачи и перегоранию спирали. К недостаткам также следует отнести и то, что спираль соприкасается с воздухом и быстро окисляется.

Герметически закрытые трубчатые электронагреватели (тэн, рэн) получили наиболее широкое применение в тепловых аппаратах, используемых на предприятиях общественного питания.

Типы герметичных электронагревательных элементов приведены на рис. 6.19, а, б, в.

Трубчатый электронагреватель (тэн) представляет собой цельнотянутую трубку, выполненную из углеродистой или нержавеющей стали, внутри которой расположена запрессованная в периклаз нихромовая спираль (рис. 6.19, б). Концы спирали соединяются со стальными контактными стержнями, свободные концы которых выводятся наружу и присоединяются к электросети. Стержни с помощью фарфоровых изоляторов изолируются от трубки. Перед установкой изоляторов

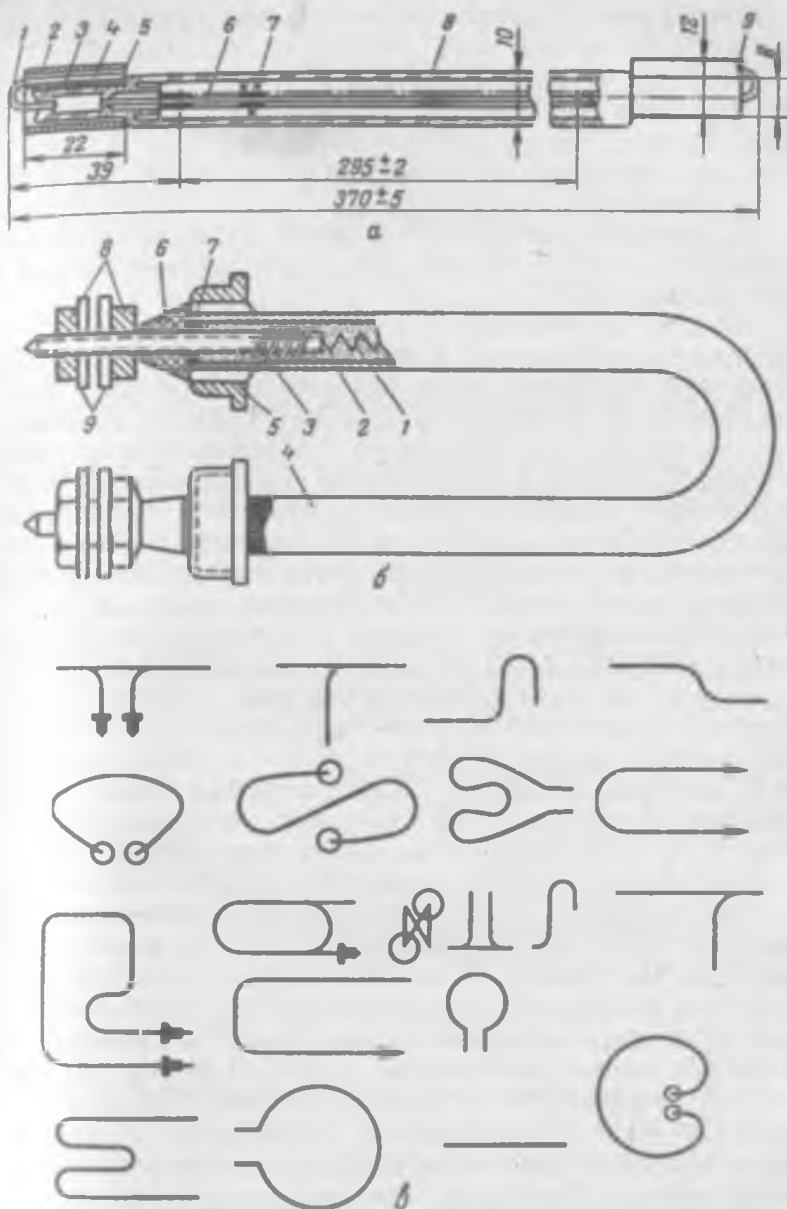


Рис. 6.19. Типы электронагревательных элементов:

а — кварцевый излучатель: 1 — наружный ввод; 2 — ребристый шов; 3 — кварцевые держатели; 4 — среднее фольговое звено; 5 — внутренний ввод электродов; б — вольфрамовая спираль; 7 — поддержка; 8 — кварцевая трубка; 9 — поцоль; в — герметически закрытый трубчатый электронагреватель: 1 — спираль; 2 — стенка трубки; 3 — контактный стержень; 4 — корпус; 5 — штуцер; 6 — электронизоляция; 7 — герметик; 8 — гайка; 9 — шайба; в — конфигурация тэнов

концы трубки заливают термостойким лаком (герметиком) для защиты периклаза от влаги.

Для увеличения поверхности теплообмена иногда трубку тэна оребряют, и такой ребристый электронагреватель носит название рэн.

Тэны изготавливают различной длины, диаметров и конфигурации (рис. 6.19, в).

Технология изготовления тэнов. Технология изготовления тэнов включает ряд последовательных операций (рис. 6.20).

Трубки для изготовления тэнов нарезают, обрабатывают их внутреннюю поверхность, затем трубки располагают в вертикальном положении. Внутри трубки натягивается нихромовая спираль, причем нижняя часть спирали плотно навита на конец контактного стержня, который закрепляется в нижнем конце трубки с помощью резиновой трубки, а верхняя часть спирали натягивается по длине трубки. Верхний контактный стержень, на нижний конец которого плотно навита верхняя часть спирали, присоединен своим верхним концом к натяжному стержню с помощью специальной муфточки. В зазоре между спиралью и внутренней поверхностью трубки пропускается направляющая трубка с хвостовой частью, центрующая расположение спирали внутри трубки элемента. Трубка с натяжной спиралью засыпается электроизоляционным материалом. По мере засыпки хвостовую часть направляющей трубки постепенно поднимают вверх. Во время засыпки считается законченным, и трубчатый элемент в на вибрационном станке для лучшего заполнения свободного пространства внутри трубки электроизоляционным материалом. После заполнения электроизоляционным материалом трубки по всей ее длине хвостовая часть направляющей трубки полностью выходит из верхнего конца засыпаемой трубки и конец трубки плотно закрывается резиновой пробкой. Процесс засыпки считается законченным, и трубчатый элемент в таком виде подвергается обсадке на протяжке на меньший диаметр. Например, если диаметр трубки до отсадки был равен 14 мм, то после обсадки наружный диаметр уменьшается до 11,8 мм. В результате отсадки или протяжки тэна электроизоляционный материал, находящийся внутри трубки, затвердевает и спираль настолько плотно запрессовывается в наполнителе, что после этого трубке можно придать любую форму.

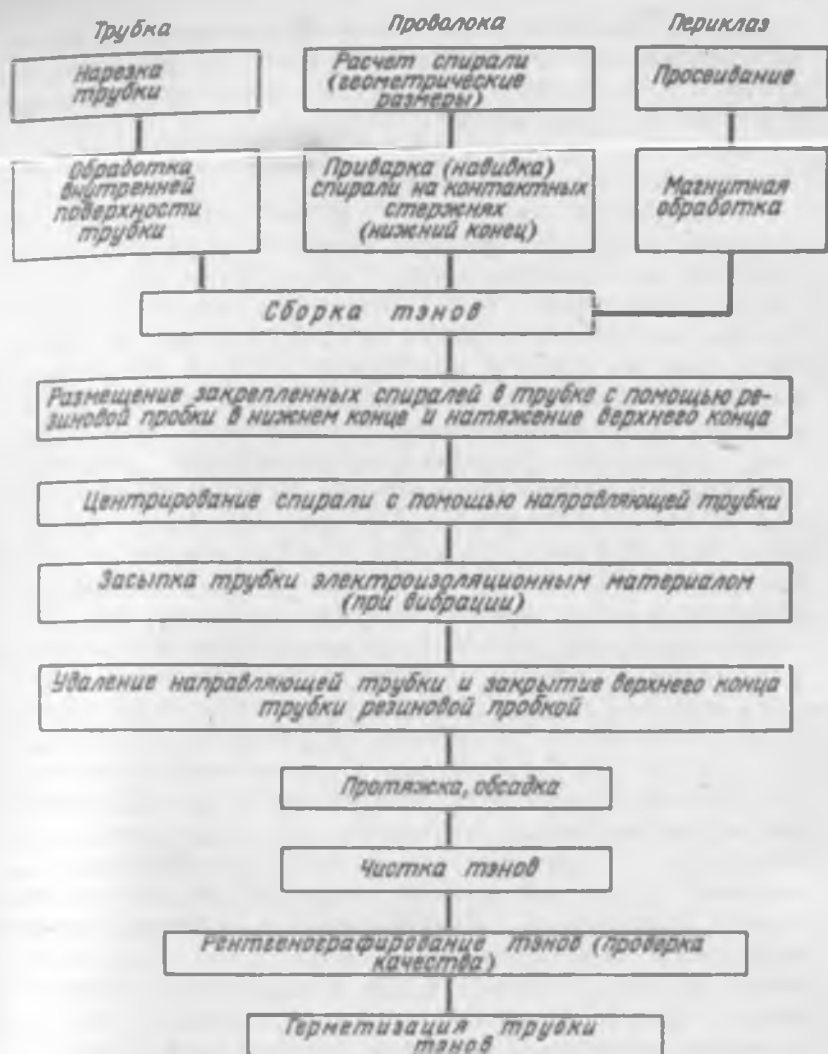


Рис. 6.20. Технологическая схема изготовления тэнов

Изгиб трубки осуществляют по шаблону, при этом тэн выдерживает удары молотком, не ухудшая своих электрических свойств. Сечение тэнов может быть овальным, что достигается путем протяжки трубки через матрицу с отверстиями овального сечения.

Тэны по сравнению с открытыми и закрытыми электронагревателями обладают рядом преимуществ: являются более компактными, имеют большой срок

службы и большую механическую прочность, характеризуются удобством монтажа и эксплуатации. К недостаткам тэнов следует отнести сложность изготовления и ремонтонепригодность.

Тэны должны использоваться только в той среде, для которой они предназначены.

Температура поверхности трубки тэна зависит от удельной мощности на поверхности и условий теплоотдачи к нагреваемой среде (табл. 6.5).

В соответствии с ГОСТом на тэны срок их службы должен составлять от 6000 до 10 000 ч, однако на практике срок их службы колеблется в более значительных пределах. Это свидетельствует о том, что в существующих конструкциях тэнов, технологии их изготовления, реальных условиях эксплуатации имеются факторы, существенно влияющие на срок службы тэнов. К таким факторам относятся следующие: неравномерная плотность периклаза в различных частях тэна (на изгибах и у контактных стержней), неравномерность шага намотки спирали, смещение спирали относительно оси трубки, контактирование витков спирали и тэнов сложной конфигурации, образование накипи на поверхности тэнов, коррозия оболочки тэнов.

В зависимости от условий теплообмена между поверхностью тэна и окружающей средой их выпускают в следующих исполнениях: воздушные — для подогрева воздуха в тепловых, жарочных, пекарных шкафах и аппаратах с принудительной циркуляцией воздуха; водяные — для нагревания воды в пищеварочных котлах, автоклавах, пароварочных аппаратах, кипятильниках, водонагревателях; масляные — для нагревания масла и пищевых жиров в жаровнях и фритюрницах. Выпускают также тэны для заливки в металлические отливки (конфорки, утюги, вафельницы).

Тэны, выпускаемые для тепловых аппаратов предприятий общественного питания, в основном рассчитаны на напряжение 220 В. Они выпускаются мощностью от 0,2 до 4 кВт. Устанавливаются тэны в аппаратах индивидуально или блоками.

Одной из разновидностей трубчатых нагревательных элементов являются сэны — силитовые электронгреватели (рис. 6.21, а, б). Они изготавливаются из полупроводниковых материалов, обладающих повышенным удельным сопротивлением. Силит представляет собой спек карбида кремния с добавлением кри-

ТАБЛИЦА 6.5

Значения удельной мощности тэнов в зависимости от условий работы

Нагреваемая среда	Обозначение среды	Характер нагрева	Материал оболочки тэна	Удельная мощность, Вт/см ²	Средний ресурс тэна, ч
Вода, слабые растворы щелочей и кислот	Х	Нагрев, кипение	Нержавеющая сталь марки 12Х18Н10Т	11,0	10 000
	П		Сталь марок 10 и 20 с защитным покрытием	11,0	6 000
	Ю		Сталь марки 10 и 20 с защитным покрытием	2,2	10 000
	С	Нагрев в спокойной среде до температуры на оболочке тэна 450 °С			
Воздух	Т	То же, от 450 до 700 °С	Нержавеющая сталь марки 12Х18Н10Т	5,00	10 000
	О	Нагрев в среде с движущимся воздухом со скоростью не менее 6 м/с до температуры на оболочке 450 °С	Сталь марок 10 и 20	5,0	10 000
	Н	То же, до температуры 650 °С	Нержавеющая сталь 12Х18Н10Т	6,0	10 000
	Э	То же, со скоростью 6 м/с	То же	2,5	10 000
Жиры пищевые, минеральные масла	И	Нагрев в сосудах до температуры на оболочке тэна 300 °С	То же	3,0	6 000

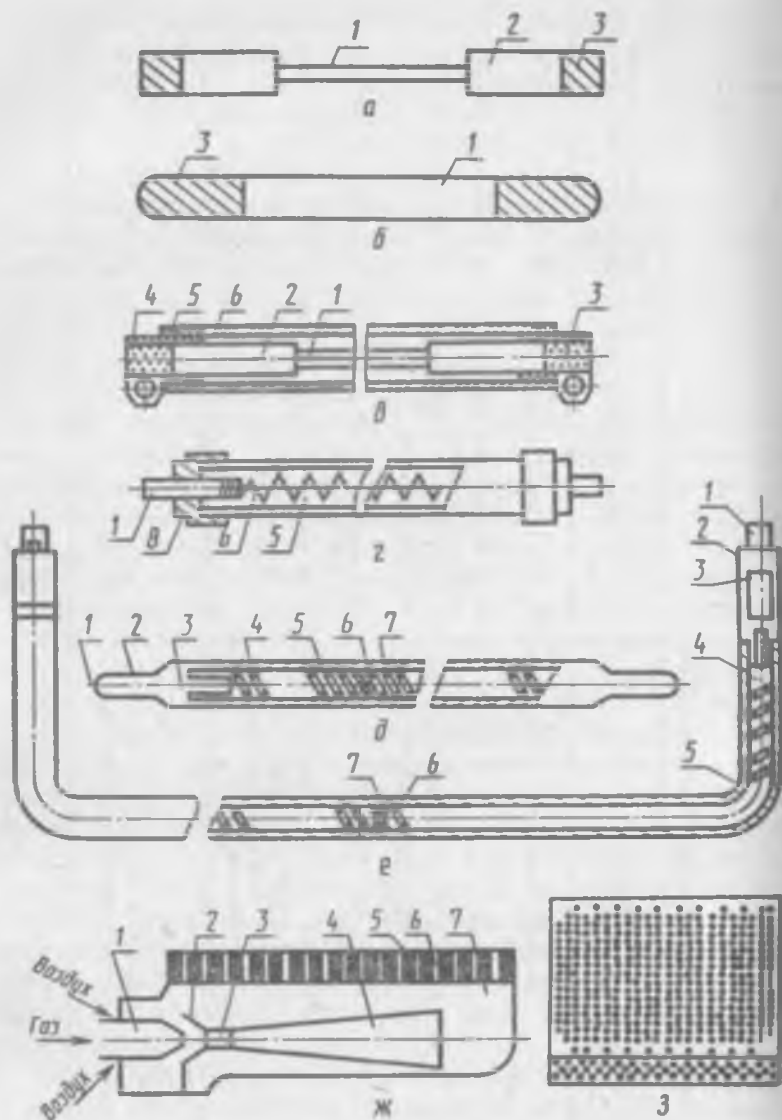


Рис. 6.21. Схемы устройства генераторов ИК-излучения:

а, б, в — силитовые генераторы: 1 — рабочая часть; 2 — пассивный конец; 3 — металлизированное покрытие; 4 — клемма; 5 — фарфоровый изолятор; 6 — кварцевая трубка; **г, д, е** — трубчатые кварцевые генераторы: 1 — ввод; 2 — цоколь; 3 — фольговое звено; 4 — молибденовый ввод; 5 — кварцевая трубка; 6 — спираль; 7 — вольфрамовая поддержка; 8 — керамический изолятор; **ж** — газовая горелка ИК-излучения: 1 — сопло; 2 — конфузор; 3 — горловина; 4 — диффузор; 5 — насадка; 6 — каналы; 7 — распределительная коробка; 3 — плоская перфорированная керамическая плитка

сталлического кремния и углерода. Силит обладает высокой теплостойкостью. Изготавливают сэны в форме цилиндрического стержня постоянного или переменного сечения. Сэны постоянного сечения изготовляют из крупнозернистого карбида кремния, переменного сечения — из мелкозернистого. Концы нагревателей покрывают окисью кремния с алюминием для понижения электрического сопротивления и обеспечения надежного контакта между стержнем и токопроводом. Техническая характеристика сэнов приведена в табл. 6.6.

ТАБЛИЦА 6.6

Техническая характеристика сэнов

Нагреватели	Длина рабочей части, мм	Диаметр рабочей части, мм	Общая длина, мм	Рабочее напряжение, В	Мощность, кВт
Мелкозернистые	250	12	750	60	1,2...2,4
	200	8	500	60	0,9...1,8
	250	8	450	75	0,12...2,25
	180	8	480	55	0,82...1,65
Крупнозернистые					
КНС-32/711	660	32	711	90...110	3,6...7,2
КНЛ-16/320	230	16	320	90	2,25...3,6
КНЛ-12/320	230	12	320	90	2,25...3,6

Сэны обладают рядом преимуществ по сравнению с другими электронагревателями, а именно: сравнительно низкая стоимость, быстрый выход их на рабочий режим (не более 30 с), возможность получения температуры в пределах от 1073 до 1773 К, длительный срок службы, простота изготовления и обслуживания. Недостатками сэнов являются окисление материала в среде водяного пара и снижение срока службы вследствие этого на 25...30 %. Кроме того, повышение допустимой рабочей температуры силитового излучателя приводит к разложению карбида кремния и увеличению электрического сопротивления нагревателя.

Для увеличения срока службы сэнов их помещают в трубки из кварцевого стекла (рис. 6.21, в) при удельной мощности на поверхности трубки $W_T = 12,5 \text{ Вт/см}^2$ и при групповом расположении $W_T = 2,5 \text{ Вт/см}^2$.

Энергия излучения силитового излучателя на 90 % генерируется в пределах 1,05...5,0 мкм.

Трубчатые кварцевые генераторы ИК-излучения представляют собой спираль, помещенную в трубку из кварцевого стекла (рис. 6.21, *з, д, е*).

Кварцевые генераторы с хромоникелевой спиралью (рис. 6.21, *г*) работают в диапазоне температур спирали 1350...1570 К. Спираль выполняется из сплава Х20Н80Т или ОХ27Ю5А и помещается в негерметизированную кварцевую трубку диаметром 18...20 мм. Стеклоянная трубка препятствует провисанию спирали и защищает обслуживающий персонал от поражения электрическим током. Кварцевые генераторы выпускают длиной от 0,4 до 2,0 м, мощностью 0,5...7,5 кВт.

Преимуществами кварцевых генераторов являются простота конструкции и технологичность в изготовлении. Недостатками—невозможность установки в вертикальном положении из-за провисания спирали.

Кварцевые генераторы с вольфрамовой спиралью (рис. 6.21, *д, е*) работают в диапазоне температур спирали 2400...2800 К. Вольфрамовая спираль помещается в кварцевую трубку диаметром 10,75 мм. Трубка вакуумируется и заполняется аргоном до давления 80 кПа с добавкой паров йода в количестве 1...2 мг. Это обеспечивает удаление налета вольфрама с внутренней поверхности трубки. Срок службы генератора 5000 ч. Концы спирали крепятся к молибденовым выводам.

Температура в активной зоне поверхности трубки составляет 723...773 К, в пассивной—423 К. Основная доля энергии излучения (95 %) генерируется в пределах 0,8...2,4 мкм. Инерционный период 0,6 с.

Преимуществами кварцевых генераторов являются значительная удельная мощность и безинерционность. Недостатком—незначительная механическая прочность. Основные параметры кварцевых и газовых ИК-излучателей (рис. 6.21, *ж, з*) приведены соответственно в приложениях 9 и 10.

Общие принципы расчета электронагревательных элементов. Для расчета электронагревательных элементов необходимо знать следующие данные: мощность аппарата, расчетную температуру, характер среды, схему соединения нагревательных элементов, номинальное напряжение.

Мощность аппарата определяется из уравнения теплового баланса при нестандартном режиме работы или по удельной мощности, приходящейся на единицу

жарочной поверхности (на единицу объема рабочей камеры). Удельная мощность определяется на основании эксплуатационных данных аналогичных аппаратов.

Характер среды определяется исходя из технологических и конструктивных требований, предъявляемых к аппарату.

Количество нагревательных элементов и мощность каждого нагревателя определяются исходя из требований равномерной нагрузки фаз, необходимого числа ступеней регулирования мощности аппарата и поддержания требуемых температур на рабочих поверхностях при нестационарном и стационарном режимах работы.

Расчет закрытого электронагревателя (конфорки). Нагревательный элемент конфорки состоит из четырех спиралей равного сопротивления, соединенных попарно (1 и 3, 2 и 4), что дает возможность осуществлять трехступенчатое регулирование мощности в соотношении 4:2:1 и равномерно распределять нагрев на поверхности.

В зависимости от технологического назначения аппарата определяются размеры конфорки, форма рабочей поверхности (прямоугольная или круглая) и удельная мощность (Вт/м^2).

Мощность конфорки определяется по формуле

$$P = FW, \quad (6.51)$$

где F — площадь рабочей поверхности, м^2 ; W — удельная мощность, Вт/м^2 .

Удельную мощность можно принимать в следующих пределах:

Технологический процесс	Форма конфорки	Удельная мощность, Вт/м^2
Варка и жарка в наплитной посуде	Прямоугольная	$(2,34 \dots 2,92) \cdot 10^4$
	Круглая	$(3,0 \dots 4,5) \cdot 10^4$
Жарка на поверхности конфорки	Прямоугольная	$(1,5 \dots 1,7) \cdot 10^4$
Поддержание продуктов в горячем состоянии (мармитные)	Прямоугольная	$(1,5 \dots 1,7) \cdot 10^4$
	Круглая	

Мощность одной спирали определяется исходя из их количества в конфорке

$$P_1 = P/n, \quad (6.52)$$

где n — число спиралей.

Длина спирали принимается равной длине паза. Размещение канавок для спиралей в корпусе конфорки и определение их длины осуществляют по конструктивным соображениям: число канавок принимается исходя из необходимости укладки соответствующего числа спиралей в них.

Сопротивление спирали определяется по формуле

$$R_1 = U^2/P_1 = \rho(l/S) = \rho l \cdot 4/\pi d^2 = 1,27(\rho l/d^2), \quad (6.53)$$

где U — напряжение сети, В; ρ — удельное сопротивление материала спирали, Ом·мм²/м (для нихрома при 500—850 °С $\rho = 1,15 \dots 1,18$ Ом·мм²/м); l — длина проволоки спирали, м; S — площадь поперечного сечения проволоки, мм²; d — диаметр проволоки спирали, мм.

$$l = \pi d^2 R_1 / 4\rho = 0,785 d^2 R_1 / \rho. \quad (6.54)$$

Длина витка спирали

$$l_s = 1,07\pi(d_{ст} + 2d), \quad (6.55)$$

где 1,07 — коэффициент, учитывающий увеличение диаметра спирали при снятии ее со стержня; $d_{ст}$ — диаметр стержня намотки спирали (для $\alpha = 0,5 \dots 0,7$ $d_{ст} = 6 \dots 9$; для $d = 0,8 \dots 1,0$ $d_{ст} = 4 \dots 6$), мм.

Число витков

$$n = l/l_s. \quad (6.56)$$

Длина спирали

$$l_{сн} = (d + a)(n - 1), \quad (6.57)$$

где a — расстояние между соседними витками, мм.

Для обеспечения нормального отвода теплоты от спирали необходимо, чтобы расстояние между витками в 2—3 раза превышало диаметр проволоки.

Для оценки температуры спирали определяют ее геометрические характеристики

$$x = d/D_k; \quad y = d/d_s; \quad z = D_s/d_s; \quad k = h/d, \quad (6.58)$$

где d — диаметр проволоки спирали, мм; D_k — диа-

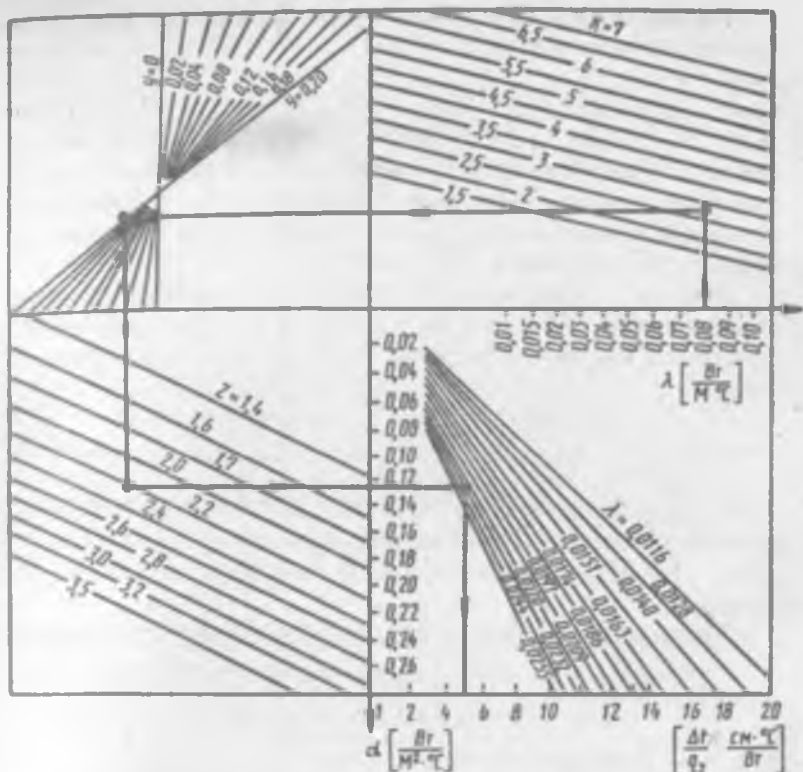


Рис. 6.22. Номограмма для определения перепада температур в изоляционном слое

метр канавки для укладки спирали, мм; d_n — диаметр витка спирали, мм; h — шаг намотки спирали, мм.

По номограмме (рис. 6.22) определяют перепад температур в изоляционном слое на единицу теплового потока $\Delta t/q_i$ при известной величине коэффициента теплопроводности изоляционной массы [для периклаза $\lambda = 0,022 \text{ Вт/(м} \cdot ^\circ\text{C)}$].

Удельный тепловой поток на единицу длины спирали будет равен

$$q_i = P_1 \cdot 10 / l_{\text{сп}}. \quad (6.59)$$

Перепад температур в изоляционном слое определяется по формуле

$$\Delta t = (\Delta t/q_i) \cdot q_i. \quad (6.60)$$

Рабочая температура спирали конфорки рассчитывается по уравнению

$$t_{сн} = 1,3\Delta t + t_{p.н}, \quad (6.61)$$

где 1,3 — коэффициент, учитывающий перепад температур в контактном слое (поверхность проволоки — изоляционная масса); $t_{p.н}$ — температура рабочей поверхности конфорки, °С.

Расчет герметически закрытого электронагревателя (тэна). Мощность тэнов для электротеплового аппарата определяется из уравнения теплового баланса

$$P = Q_{затр}/\tau, \quad (6.62)$$

где $Q_{затр}$ — количество теплоты, затраченное на тепловую обработку продуктов при нестационарном режиме, Дж; τ — продолжительность нестационарного режима, с.

Мощность одного тэна определяется по формуле

$$P_1 = P/n, \quad (6.63)$$

где n — количество тэнов.

Мощность тэна прямо пропорциональна теплоотдающей поверхности трубки F и ее удельной поверхностной мощности W :

$$P_1 = FW. \quad (6.64)$$

Удельная поверхностная мощность тэна определяется в зависимости от нагреваемой среды и материала, из которого изготовлена трубка тэна.

Рекомендуемые удельные нагрузки на поверхности трубки в зависимости от условий работы тэна приведены в табл. 6.5.

Расчет тэна сводится к определению геометрических размеров его рабочих элементов и их теплового режима (рис. 6.23, а):

$$L_0 = P_1/\pi DW, \quad (6.65)$$

где D — наружный диаметр трубки тэна (от $6 \cdot 10^{-3}$ до $16 \cdot 10^{-3}$ с толщиной стенки $0,5 \dots 2,0 \cdot 10^{-3}$ м), м.

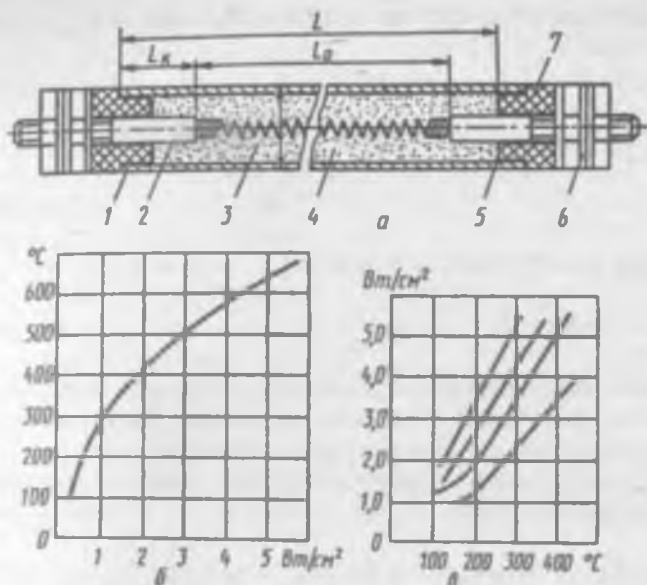


Рис. 6.23. Схема расчета трубчатых электронагревателей:
 a — трубчатый электронагреватель (тэн): L — развернутая длина трубки; L_a — длина активной (греющей) части; L_n — длина пассивной части; D — диаметр обжатого тэна; 1 — оболочка; 2 — контактный стержень; 3 — спираль; 4 — периклаз; 5 — герметик; 6 — контактные гайки; 7 — изолятор; $b, в$ — графики зависимости температуры трубки тэна от удельной мощности: 1 — спокойная воздушная среда; 2 — движущаяся воздушная среда

Полная длина трубки после опрессовки с учетом пассивных концов будет равна

$$L = L_a + 2L_n, \quad (6.66)$$

где L_n — длина пассивных концов трубки ($L_n \approx 0,05$ м), м.

Электрическое сопротивление спирали R_l , длина проволоки спирали l , длина витка спирали l_w , число витков n рассчитываются, как и для конфорки, по формулам (6.50), (6.51), (6.53), (6.54), (6.55), (6.56).

Диаметр проволоки спирали принимаются в пределах $(0,4 \dots 1,2) \cdot 10^{-3}$ м. Диаметр стержня для навивки спирали $d_{ст}$ принимается с учетом того, чтобы между внутренним диаметром трубки и наружным диаметром витка спирали $d_{сн}$ был зазор не менее $2 \cdot 10^{-3}$ м:

$$d_{сн} = 1,07(d_{ст} + d). \quad (6.67)$$

Шаг намотки витков спирали

$$h = L_s/n. \quad (6.68)$$

Коэффициент плотности намотки

$$k = h/d. \quad (6.69)$$

Расстояние между витками

$$a = d(k - 1). \quad (6.70)$$

Для обеспечения нормального отвода теплоты от спирали расстояние между витками должно быть в 2—3 раза больше диаметра проволоки.

Геометрические характеристики спирали определяются по формулам:

$$x = d/D_{\text{вн}}; y = d/d_s; z = D_{\text{вн}}/d_s; k = h/d, \quad (6.71)$$

где $D_{\text{вн}}$ — внутренний диаметр трубки тэна, м.

Удельный тепловой поток на единицу длины спирали, перепад температур в изоляционном слое на единицу теплового потока и рабочую температуру спирали определяют соответственно по формулам (6.56), (6.57), (6.58) и номограмме (см. рис. 6.22). Температура поверхности трубки тэнов, работающих в спокойной воздушной среде, может быть определена по графику (рис. 6.23, б) в зависимости от удельной мощности W , Вт/см²; для тэнов, работающих в движущейся воздушной среде с различной скоростью, — по графику (рис. 6.23, в). Пример расчета тэнов приведен в приложении 11.

Магнетроны. Основным элементом СВЧ-установки является СВЧ-генератор — прибор, в котором электрическая энергия постоянного или переменного тока преобразуется в энергию электромагнитного поля сверхвысоких частот. Широкое применение в электротермических установках СВЧ в качестве генераторной лампы нашли магнетроны непрерывного генерирования, которые характеризуются относительно простой конструкцией, достаточно высокой мощностью и кпд.

Конструктивно магнетрон (рис. 6.24) представляет собой диод с особой конструкцией анода. Катод для большинства магнетронов непрерывного генерирова-

ния прямого накала изготовляют из вольфрама. Анод выполнен в виде массивного медного блока кольцевой формы. На внутренней стороне анода расположено четное число щелевых резонаторов, длина которых равна $1/4$ длины волокна. Все резонаторы магнетрона связаны один с другим, поскольку переменный магнитный поток одного резонатора замыкается через соседние резонаторы. Кроме того, резонаторы соединены один с другим в определенном порядке медными перемычками-связками.

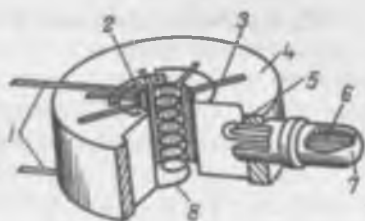


Рис. 6.24. Схема магнетрона:

1 — катодные ножки; 2 — медные перемычки; 3 — резонаторы; 4 — анод; 5 — петля связи; 6 — коаксиальная линия; 7 — защитный диэлектрический колпачок; 8 — катод

Для поддержания теплового режима наружная часть анода имеет рубашку (на рис. 6.24 не показана), через которую пропускается охлаждающая вода, либо оребрение. Для вывода энергии колебаний в одном из резонаторов смонтирована петля, соединенная с коаксиальной линией, которая закрыта герметическим колпачком, выполненным из материала, прозрачного для СВЧ-поля. Выводы катодных ножек находятся в стеклянных трубках. С боковых сторон анод закрыт крышками, образующими вместе с анодом вакуумное пространство. Анод магнетрона имеет высокий положительный потенциал относительно катода. Поскольку анод является корпусом магнетрона, его обычно заземляют; катод находится под высоким отрицательным потенциалом.

Между анодом и катодом создается электрическое поле, силовые линии которого расположены радиально. Вдоль оси катода действует магнитное поле, создаваемое специальным электромагнитом, которое заставляет вылетающие из катода электроны отклоняться от радиального направления и двигаться в пространстве по сложной спиральной траектории. Форма траектории электрона зависит от величины напряженности магнитного поля и анодного напряжения.

В пространстве взаимодействия непрерывно существует электронное облако, вращающееся вокруг катода с определенной угловой скоростью. Когда элек-

троны проходят вблизи щелевых зазоров резонаторов, в них появляются импульсы наведенного тока и возникают собственные затухающие колебания. Связанные один с другим резонаторы представляют сложную колебательную систему.

Геометрические параметры магнетрона, параметры электрического и магнитного полей выбирают с таким расчетом, чтобы электроны, взаимодействуя с переменным электрическим полем, наведенным в зазорах резонатора, отдавали этому высокочастотному электрическому полю резонатора часть своей энергии, приобретенной при их ускорении постоянным электрическим полем, приложенным между катодом и анодом. Энергия, возникающая в системе резонаторов, с помощью индуктивной петли связи и коаксиальной линии подается к внешней нагрузке.

Магнетроны непрерывного генерирования для электротермических СВЧ-аппаратов имеют выходную мощность от 0,5 до нескольких десятков киловатт, кпд их может достигать 70 % и выше.

Дополнительная литература

Беляев М. И., Богачев М. К. Исследование материалов, предназначенных для защиты тэнов при их работе в жестких водах. Бытовая электротехника «Информэлектро». 1973. № 3 (16). С. 4—8.

Беляев М. И., Иванов А. М. Качество тэнов — гарантия надежной работы тепловых аппаратов//Общественное питание. 1978. № 2. С. 55—56.

Бытовые нагревательные электроприборы. М.: Энергоиздат, 1981. С. 79—85.

Вышелесский А. Н. Тепловое оборудование предприятий общественного питания. М.: Экономика, 1976. С. 309.

Гинзбург А. С. Инфракрасная техника в пищевой промышленности. М.: Пищевая промышленность, 1966. С. 398.

ГОСТ 13268—74. Электронагреватели трубчатые (тэны). М.: Госстандарт, 1974. С. 13.

Дорохин В. А. Тепловое оборудование предприятий общественного питания. Киев. Вища школа, 1987. С. 406.

Литвина Л. С. Газовое оборудование предприятий общественного питания. М.: Экономика, 1981. С. 201.

Миндин Г. Р. Электронагревательные трубчатые элементы. М.: Госэнергоиздат, 1960. С. 80.

Аппараты с ИК-нагревом классифицируются по следующим признакам: принципу действия (периодического или непрерывного) и по виду используемых излучателей (светлые или темные).

Общими элементами аппаратов с ИК-нагревом являются: рабочие камеры, ИК-излучатели (светлые или темные), транспортирующий орган, обеспечивающий постоянное (или шаговое) движение продукта в рабочей камере, приборы, регулирующие температурный режим в камере.

В настоящее время в отрасли эксплуатируется значительное количество аппаратов с ИК-нагревом зарубежного производства (Венгрия, ГДР, Болгария, Финляндия и др.). Принципы их устройства аналогичны принципам устройства аппаратов отечественного производства.

7.1. АППАРАТЫ С ИК-НАГРЕВОМ ПЕРИОДИЧЕСКОГО ДЕЙСТВИЯ

Печь шашлычная ПШСМ-14. В шашлычных печах и грилях осуществляют жарку мяса (шашлык), рыбы, птицы, запекают тесто с сыром и другими видами начинки. Основание печи (рис. 7.1) представляет собой сварную раму с регулируемыми по высоте ножками, на которой размещены два шкафа. Собственно печь представляет собой очаг, обмурованный огнеупорным кирпичом. В правой ее части имеется колосниковая решетка, на которой размещают горячие угли из березы, ольхи, дуба (углем, полученным из хвойных по-

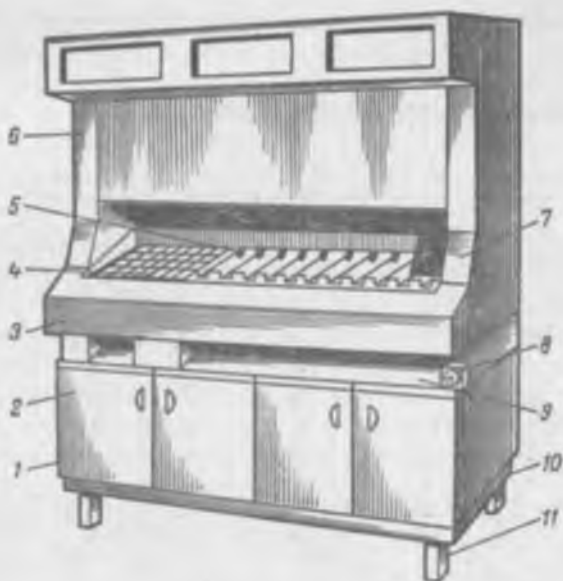


Рис. 7.1. Печь шашлычная ПШСМ-14:

1 — подставка с двумя инвентарными шкафами; 2 — дверцы шкафа; 3 — рабочая камера; 4 — про-
рези для установки шпажек; 5 — отверстие для за-
крепления шпажки; 6 — вытяжное устройство; 7 — горн; 8 — выключатель; 9 — зольник; 10 — свар-
ная рама; 11 — регулирующие ножки

род, пользоваться не рекомендуется). В поддувало устанавливают ящик для сбора золы.

Привод шпажек состоит из электродвигателя с чер-
вячным редуктором и зубчатой цилиндрической пере-
дачей. Вращение от электродвигателя через редуктор
передается четырнадцати зубчатым колесам, каждое
из которых приводит во вращение одну шпажку. При
жарке на открытом огне с поверхности продукта влага
под действием высокой температуры быстро испаря-
ется и на продукте появляется румяная корочка. Кроме
того, продукт приобретает определенный вкус и аромат
дыма, сгоревшего жира и жидкости, выделяющейся
из обжариваемого продукта.

Печь шашлычная ШР-2. Печь (рис. 7.2) состоит из
твердотопливной топки, рабочей камеры, механизма
привода шпажек, шкафа для хранения топлива, газо-
хода и аппаратуры управления приводом.

Элементы печи укреплены на сварной конструкции

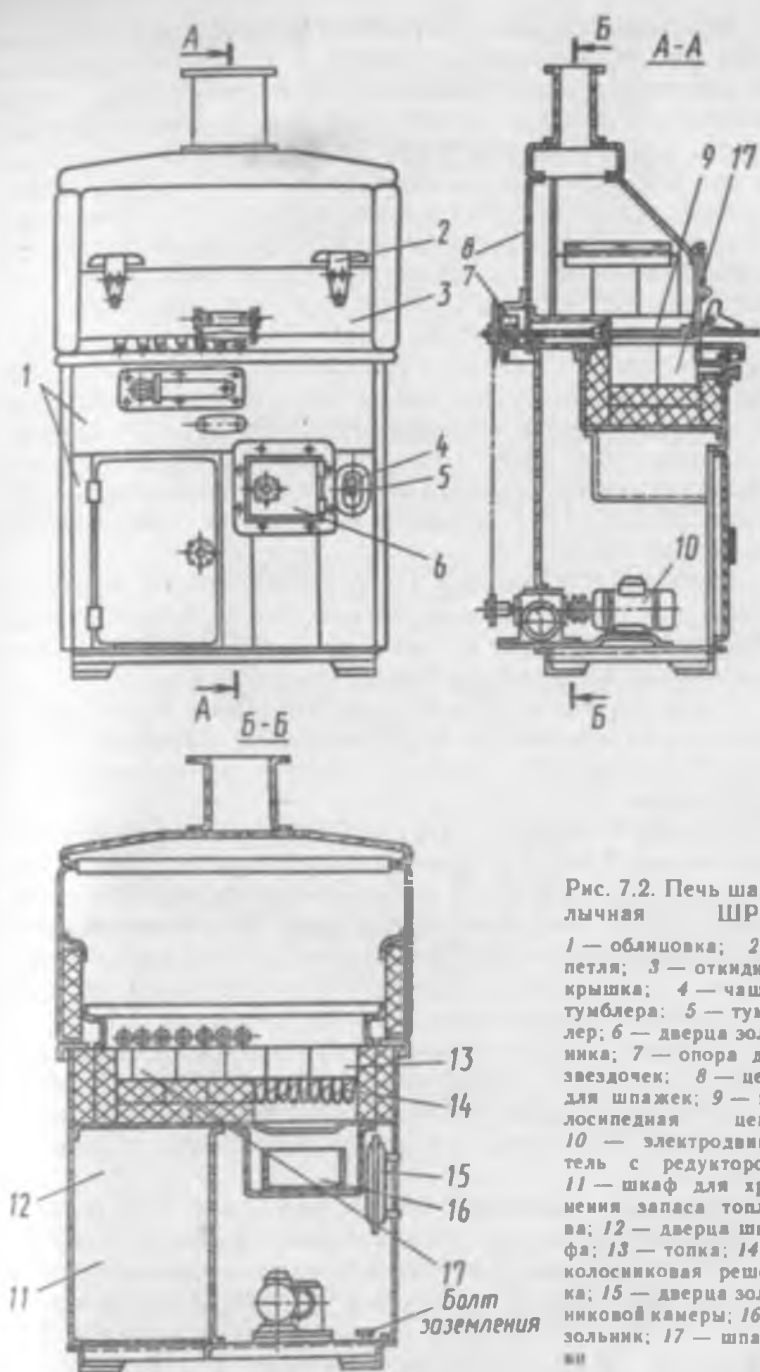


Рис. 7.2. Печь шаш-
лычная ШР-2:

1 — облицовка; 2 —
петля; 3 — откидная
крышка; 4 — чашка
тумблера; 5 — тумб-
лер; 6 — дверца золь-
ника; 7 — опора для
звездочки; 8 — цепь
для шпажек; 9 — ве-
лосипедная цепь;
10 — электродвига-
тель с редуктором;
11 — шкаф для хра-
нения запаса топли-
ва; 12 — дверца шка-
фа; 13 — топка; 14 —
колосниковая решет-
ка; 15 — дверца золь-
никовой камеры; 16 —
зольник; 17 — шпаж-

из уголковой стали. Наружная поверхность облицована эмалированными листами. Шпажки приводятся во вращение электродвигателем с редуктором через цепную передачу. С задней стороны печи расположена опора для звездочек цепной передачи, насаженных на оси и имеющих с одного конца прорези, куда вставляются шпажки при жарке шашлыков. Звездочки шпажек соединены с ведущей звездочкой редуктора велосипедной цепью. Электродвигатель включается с помощью магнитного пускателя и тумблера. Печь соединена патрубком с дымоходом. Топка печи имеет две зоны: в первой сжигается топливо до образования равномерно горящих углей, которые затем перемещаются во вторую зону под вращающиеся шпажки. Раскаленные угли (500...600 °С) являются в данном случае ИК-излучателем, теплота от которых передается продукту. Стенки и под топки выполнены огнеупорным кирпичом.

Гриль электрический ГЭ-3. Электрогриль предназначен для приготовления на небольших предприятиях общественного питания блюд из натурального мяса — шашлыков, отбивных и птицы.

Гриль выполнен в виде металлического прямоугольного параллелепипеда с застекленной передней стенкой. На лицевой стороне аппарата размещен пульт управления (рис. 7.3).

В рабочей камере в верхней части аппарата имеется отражатель, под которым установлены два ИК-излучателя. В средней части рабочей камеры имеется съемный вертел с четырьмя шпажками. Вертел вращается электродвигателем со скоростью 2,4 об/мин посредством вала, имеющего квадратное гнездо, в которое вставляется четырехгранный конец вертела.

Рабочая камера закрывается откидной стеклянной дверцей, которую в открытом состоянии можно задвинуть под дно гриля. Внизу находится съемный поддон, служащий для сбора стекающего с продукта жира и сока.

Гриль электрический ГЭ-4. Гриль (рис. 7.4) по конструкции аналогичен грилю ГЭ-3. Основное отличие заключается в наличии переключателя для включения ИК-нагревателей и кнопочного выключателя для двигателей привода вертела. Техническая характеристика аппаратов периодического действия с ИК-нагревом представлена в табл. 7.1.

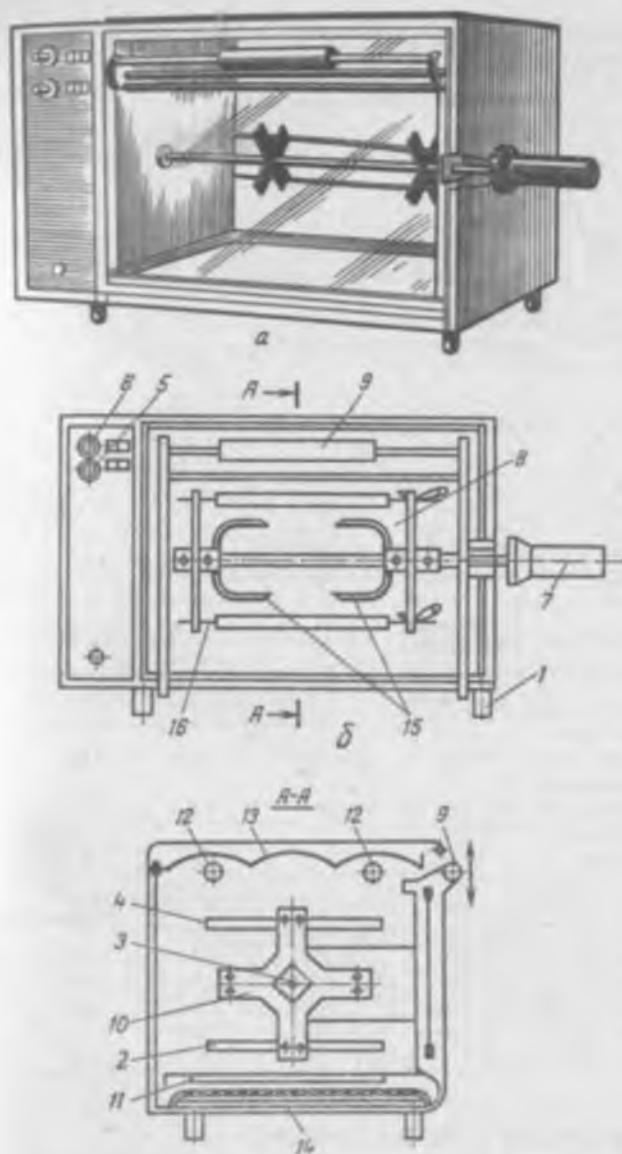


Рис. 7.3. Грили электрические:

a — общий вид; *б* — разрез ГЭ-3; 1 — ножки; 2, 4 — нижние и верхние направляющие для установки решеток; 3 — приводной вал; 5, 6 — тумблеры первого и второго ИК-нагревателей; 7 — вращающийся вертел; 8 — жарочная камера; 9 — дверь; 10 — держатели; 11 — поддон; 12 — ИК-нагреватели; 13 — отражатель; 14 — основание; 15 — раздвижные держатели вертела; 16 — шпатель

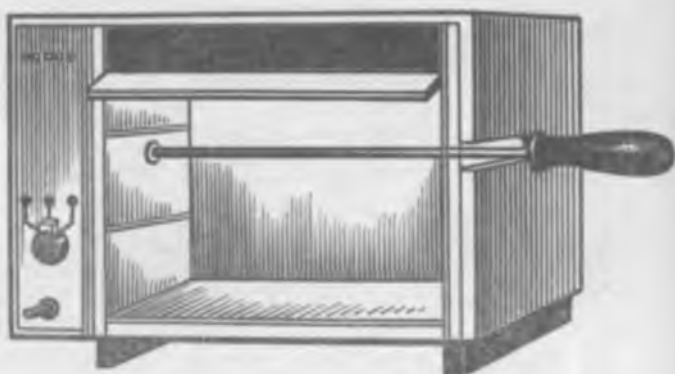


Рис. 7.4. Общий вид гриля ГЭ-4

ТАБЛИЦА 7.1

Техническая характеристика аппаратов
инфракрасного нагрева периодического действия

Показатели	Единица измерения	ПШСМ-14	ШР-2	ГЭ-3	ГЭ-4
Мощность нагревателей	кВт	—	—	1,65	—
Мощность электродвигателя	кВт	0,025	0,18	0,08	—
Количество нагревателей	шт.	—	—	2	—
Количество шпажек	шт.	14	7	8	9
Напряжение	В	—	—	220	380
Габариты:					
длина	мм	1470	1050	500	1000
ширина	мм	835	775	295	700
высота	мм	1960	1555	330	1870
Масса	кг	520	270	15	280

7.2. АППАРАТЫ С ИК-НАГРЕВОМ НЕПРЕРЫВНОГО ДЕЙСТВИЯ

Конвейерная печь ПКЖ. Печь (рис. 7.5, а, б, в, г) предназначена для непрерывной жарки изделий из мяса (котлет, ромштексов, антрекотов) без их переворачивания. Основные узлы печи—жарочная камера, нагревательные элементы инфракрасного излучения (в кварцевых трубках), устройство для фильтрации паров, цепной транспортер, транспортирующие про-

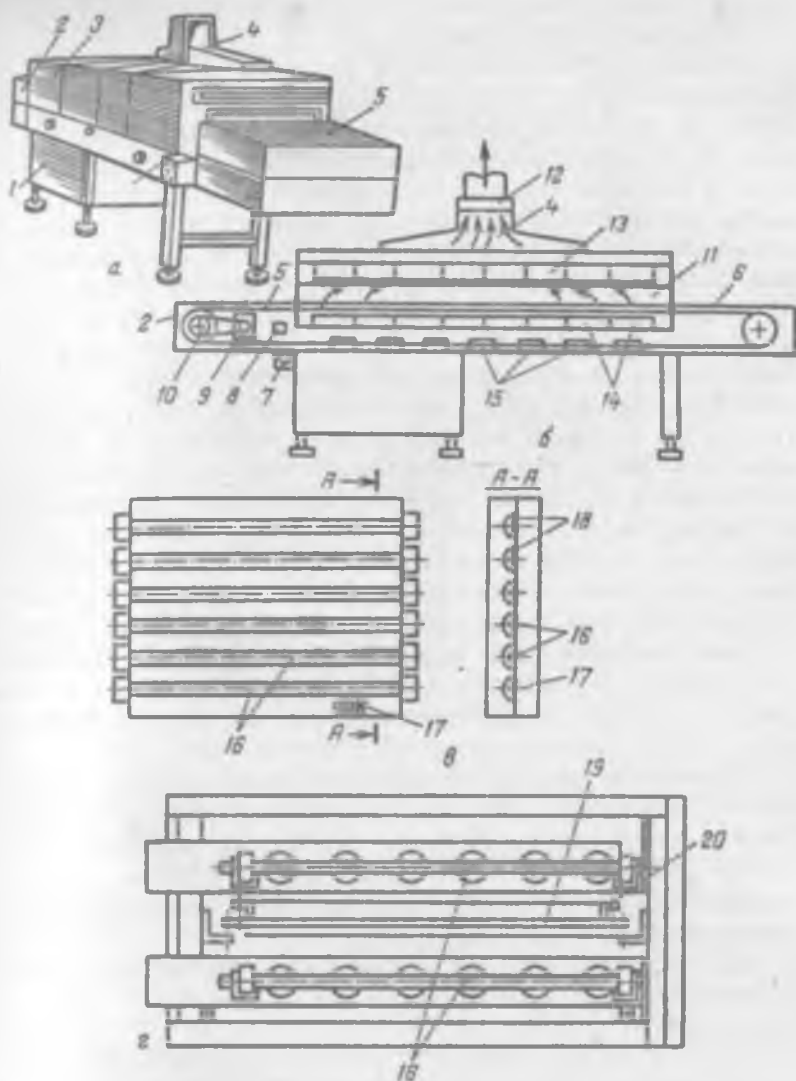


Рис. 7.5. Конвейерная печь ПКЖ:

а — общий вид; б — схема; в — блок ИК-генераторов; г — схема поперечного разреза рабочей камеры: 1 — щит с электроаппаратурой; 2 — стол разгрузки; 3 — боковые дверцы жарочной камеры; 4 — вентиляционный короб; 5 — транспортер; 6 — стол загрузки; 7 — реле времени; 8 — электродвигатель; 9 — червячный редуктор; 10 — ведущий вал цепного конвейера; 11 — жарочная камера; 12 — шибберная заслонка; 13 — блоки верхних нагревателей; 14 — блоки нижних нагревателей; 15 — тепловые розетки; 16 — ИК-генераторы; 17 — металлическая сетка; 18 — рефлектор; 19 — функциональная емкость; 20 — ограничительные упоры

тивни, электрооборудование (панель электроаппаратуры и два пульта управления).

Режим работы конвейера в зависимости от вида обрабатываемых продуктов задается с помощью реле времени, рукоятка которого выведена на лицевую панель печи. Обрабатываемые продукты укладывают на предварительно смазанные противни и подают на конвейер. Соответствующими кнопками на пульте управления включают движение конвейера и нагревательные блоки по заранее заданной программе. Противни по мере движения конвейера устанавливаются вплотную друг к другу и попадают в жарочную камеру, состоящую из отдельных теплоизолированных панелей. В камере продукты облучаются верхними нагревателями с отражателями непосредственно, а нижними — через стенку противней, которые для лучшего поглощения лучистой энергии выполнены из черного металла. Нагревательные элементы неравномерно распределены по всей длине печи, что в сочетании с шаговым движением конвейера обеспечивает направленный на изделие пульсирующий тепловой поток. При выходе из жарочной камеры противни с готовыми продуктами снимают с конвейера и ставят на стол раздачи. Когда из камеры поступит последний противень, кнопкой на пульте отключают нагрев.

Жарочная камера оборудована вытяжным устройством с фильтром для отвода пара и газов, образующихся в процессе тепловой обработки изделий. Во время работы печи вентиляция должна быть обязательно включена. Выключают ее через 30 мин после нажатия на кнопку «Откл.».

Ориентировочная продолжительность жарки различных изделий приведена в табл. 7.2.

ТАБЛИЦА 7.2

Продолжительность жарки изделий в ПКЖ

Изделия	Масса полуфабриката, г	Количество полуфабрикатов на одном противне, шт.	Продолжительность, мин
Котлеты рубленые	62	29	7...10
Бифштексы рубленые	72	24	9...12
Шницели рубленые	94	18	7...10

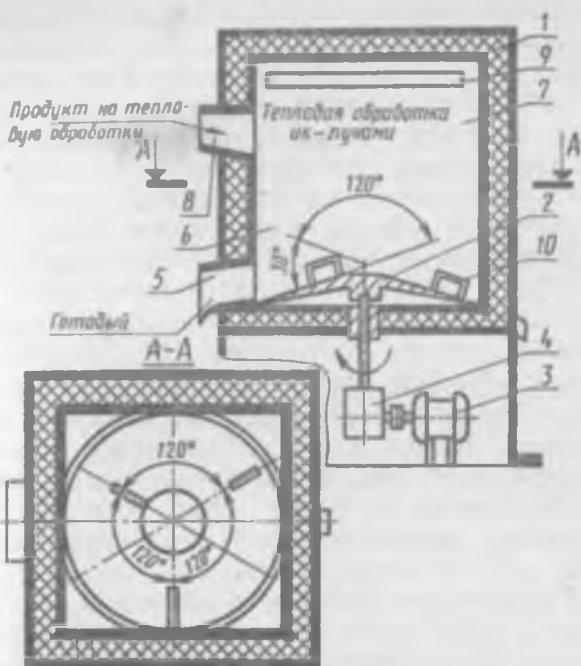


Рис. 7.6. Обжарочный агрегат ЖА-1:

1 — станина; 2 — диск; 3 — электродвигатель; 4 — редуктор; 5 — разгрузочный люк; 6 — нижняя часть рабочей камеры; 7 — верхняя часть рабочей камеры; 8 — загрузочный люк; 9 — блок ИК-генераторов; 10 — била

Печь ПКЖ целесообразно использовать для тепловой обработки плоских изделий малой толщины: котлет, бифштексов, шницелей и др.

При обработке пищевых продуктов ИК-нагревом наилучшее качество готовых изделий обеспечивается при соблюдении следующих требований: интенсивность и продолжительность подвода ИК-энергии должна соответствовать темпу физико-химических изменений белковой основы продуктов, обеспечивать равномерный нагрев поверхности изделий, предотвращать «ожог» поверхности, проводиться в режиме, обеспечивающем максимальный выход.

Обжарочный агрегат ЖА-1¹. Агрегат (рис. 7.6)

¹ Агрегат создан сотрудниками Харьковского института общественного питания. Выпущена опытная партия обжарочных агрегатов и утверждена технологическая инструкция на выработку печеных овощей.

предназначен для выработки печеных овощей и фруктов. Основные узлы агрегата ЖА-1 смонтированы на станине. Движение мешалке передается от электродвигателя через редуктор. Рабочая камера представляет собой четырехугольный параллелепипед (в верхней части), переходящий в конус (нижней части). Имеются загрузочный и разгрузочный люки. В верхней части рабочей камеры расположен блок из шести ИК-генераторов типа КГ-220-1000-6. В днище рабочей камеры (под мешалкой) имеется отверстие с патрубком для слива сока. Мешалка выполнена в виде конусного диска с углом конусности 150° . На рабочей поверхности конусного диска укреплены три била, которые расположены равномерно по окружности диска под углом 120° друг к другу. Одно било расположено у вершины конусного диска, другое — у основания, а третье расположено между ними, что обеспечивает равномерное перемешивание обрабатываемых продуктов.

При работе на агрегате тумблерами, установленными на пульте управления, включают необходимое количество ИК-генераторов. По достижении требуемой температуры в рабочей камере включают электродвигатель и через загрузочный люк загружают овощи. При вращении мешалки обрабатываемые продукты

ТАБЛИЦА 7.3

Техническая характеристика ИК-аппаратов
непрерывного действия

Показатели	Единица измерения	ЖА-1	ПКЖ
Производительность (по бифштексам)	шт./ч	—	1000—2000
Производительность (по печеному картофелю и овощам)	кг/ч	10—15	—
Потребляемая мощность	кВт	6,5	58,8
Мощность электродвигателя	кВт	0,5	0,27
Мощность одного генератора	кВт	1,0	0,75
Количество генераторов	шт.	6	78
Скорость движения транспортера	м/мин	—	0,57
Скорость движения барабана	об/мин	15—20	—
Напряжение сети	В	380	380
Габариты:			
длина	мм	640	4400
ширина	мм	640	868
высота	мм	1145	1400
Масса	кг	120	934

интенсивно перемешиваются и равномерно облучаются ИК-лучами со всех сторон, благодаря чему на их поверхности образуется равномерная по толщине корочка, а процесс интенсифицируется. После завершения процесса тепловой обработки отключают ИК-генераторы и через разгрузочный люк выгружают кулинарную продукцию.

Техническая характеристика аппаратов непрерывного действия с ИК-нагревом представлена в табл. 7.3.

7.3. СВЧ-АППАРАТЫ

Данные аппараты предназначены для быстрого размораживания, разогрева и приготовления пищи, а также выполнения некоторых технологических процессов в пищевой промышленности (сушка, экстрагирование, размораживание).

В настоящее время зарубежная и отечественная промышленность выпускает широкую номенклатуру СВЧ-аппаратов, примерная классификация которых приведена на рис. 7.7.

Конструкция СВЧ-аппарата. Основные элементы СВЧ-аппарата приведены на рис. 7.8. Электромагнитная энергия, генерируемая магнетроном, направляется в рабочую камеру, в которой находится обрабатывае-

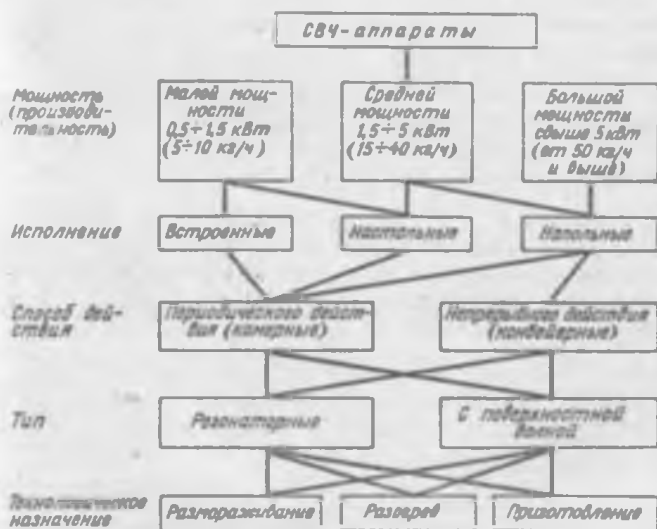


Рис. 7.7. Классификационная схема СВЧ-аппаратов

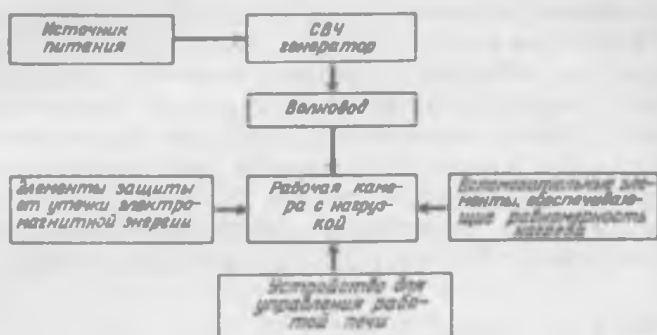


Рис. 7.8. Конструктивная схема СВЧ-аппарата периодического действия

мый продукт. Для создания более равномерных условий СВЧ-нагрева продуктов в рабочей камере устанавливаются вспомогательные устройства — диссекторы, вращающиеся столы и др. Закрывающаяся крышка оснащена микровыключателями и устройствами, обеспечивающими защиту от утечки электромагнитной энергии из рабочей камеры. В СССР приняты нормы утечки, составляющие $0,01 \text{ мВт/см}^2$ при работе в течение целого дня и $0,1 \text{ мВт/см}^2$ — в течение 2 ч.

Приведенная схема увязки основных конструктивных элементов печи и ее работы положена в основу конструкций современных СВЧ-аппаратов. Принцип работы СВЧ-аппаратов заключается в следующем: магнетрон генерирует электромагнитную энергию, передаваемую по волноводу в рабочую камеру. Диэлектрик, находящийся в камере, подвергается воздействию электромагнитного поля и нагревается.

В настоящее время отечественной промышленностью выпускаются СВЧ-аппараты типа «Электроника», «Электроника 500 (501, 502, 2000)». В СССР разработаны СВЧ-печи резонаторного типа и с поверхностной волной.

Печь «Электроника» выполнена в виде прямоугольного аппарата в настольном исполнении с передней дверцей и системой управления, вынесенной на переднюю панель.

Печь «Электроника 502» имеет рабочую камеру с круглым подом и объемной откидывающейся крышкой. Устройства, обеспечивающие управление работой СВЧ-печи, вынесены на верхнюю панель.

Аппараты с поверхностной волной представлены советскими разработчиками в мировой практике впервые. Основным отличием, заложенным в конструкции оборудования, является использование электродинамической системы с линией подачи поверхностной волны. Это позволяет сконцентрировать над поддоном электромагнитное поле, способное нагревать одновременно продукты, разделенные на порции и высотой не более $4 \cdot 10^{-2}$ м. Данная конструкция обеспечивает достаточно равномерный нагрев, одновременную обработку 2...10 порций блюд и допускает работу печи при отсутствии нагрузки (продуктов) в камере нагрева.

Печи «Электроника 500» и «Электроника 2000» функционально разделены на две основные части: камера нагрева с крышкой и СВЧ-генератор с панелью управления в корпусе. Линия передачи поверхностной волны, используемая в данных конструкциях, обеспечивает оптимальный режим работы генератора при различной степени загрузки камеры нагрева, а также допускает работу СВЧ-аппарата без загрузки рабочей камеры, на холостом ходу. При этом снижается до минимума влияние изменения диэлектрических свойств продуктов на согласование нагрузки с генератором. Для удобства обслуживания и ремонта боковая обшивка корпуса печи «Электроника 2000» выполнена легкосъёмной.

СВЧ-печь «Электроника 2000» рассчитана на обработку до 2,5 кг продукта одновременно, что соответствует производственной программе небольшого предприятия общественного питания.

Основные технические характеристики СВЧ-аппаратов, выпускаемых отечественной промышленностью, представлены в табл. 7.4. Эксплуатация СВЧ-аппаратов требует определенной технической подготовки.

Правила эксплуатации. Перед началом работы необходимо тщательно изучить устройство СВЧ-аппаратов, правила эксплуатации и техники безопасности.

СВЧ-печи малой мощности («Электроника», «Электроника 500», «Электроника 501», «Электроника 502») не требуют специального подключения и заземления. Они устанавливаются на столе и подключаются к розетке с напряжением 220 В.

СВЧ-печи средней мощности «Электроника 2000» подключаются к сети в соответствии с требованиями ПУЭ.

Техническая характеристика аппаратов
с микроволновым нагревом

Показатели	Единица измерения	СВЧ-печи «Электроника»		
		500, 501	502	2000
Потребляемая мощность	кВт	1,32	1,3	5
СВЧ-мощность	кВт	0,5	0,5	2,5
Регулировка мощности		Ступенчатая		Плавная ¹
Количество уровней мощности		4	4	—
Интервал регулирования мощности		—	—	1...2,5
Напряжение питающей сети	В	220	220	380
Рабочая частота	МГц	2450	2375	2375
Габариты печи:				
длина	мм	560	560	840
ширина	мм	420	420	840
высота	мм	320	320	980
Диаметр рабочей камеры	мм	290	290	480
Масса, не более	кг	36	33	300
Охлаждение генератора			Воздушное	Водяное
Исполнение			Настольное	Напольное
Максимальная загрузка	кг	0,5	0,5	2,5
Производительность	кг/ч (пор/ч)	5(20)	5(20)	25(100)

¹ Печь снабжена регулятором мощности.

Для защиты внешней среды от блуждающих (стоячих) волн магнетрон, волновод и рабочая камера помещаются в защищенный корпус. Система управления микроволновыми процессами выносится на одну из панелей корпуса.

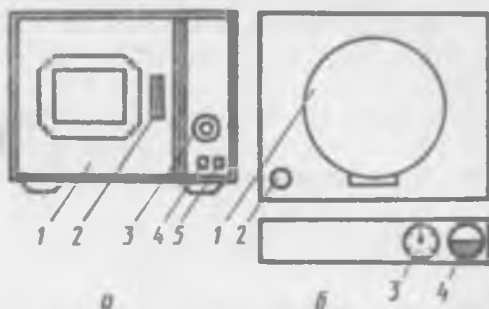
Устройства управления работой печи состоят, как правило, из тумблера включения, таймера времени, регулятора уровня мощности (рис. 7.9, а, б).

Основными требованиями техники безопасности при эксплуатации СВЧ-оборудования являются следующие:

категорически запрещается включать печь в работу при снятой крышке корпуса (или открытой дверце);
нельзя самостоятельно осуществлять ремонт печи;
запрещается использовать фольгу, металлическую посуду или посуду с металлическим покрытием, в том

Рис. 7.9. Панели управления СВЧ-печами:

а — «Электроника»: 1 — дверца; 2 — ручка; 3 — механическое реле времени; 4 — подсветка; 5 — нагрев; 6 — «Электроника 2000»: 1 — крышка с замком; 2 — плавный регулятор мощности; 3 — таймер продолжительности тепловой обработки; 4 — кнопка включения



числе с декоративным рисунком, выполненным металлизированной краской;

для обеспечения надежной работы магнетрона необходимо поддерживать стабильный режим питания, относительную равномерность нагрузки и постоянное охлаждение анодного блока. В печах резонаторного типа не допускается холостой ход.

Если печь не включается и продукт, помещенный в рабочую камеру, не нагревается, необходимо:

проверить предохранитель;

плотнее прижать крышку и при необходимости подогнуть язычок замка, нажимающего на микровыключатель в защелке.

Режимы тепловой обработки в СВЧ-поле. Продолжительность тепловой обработки продуктов в СВЧ-поле обратно пропорциональна влагосодержанию и отличается от сроков доведения до готовности при традиционном способе энергоподвода. Например, в соответствии с традиционной технологией продолжительность варки мяса имеет большую длительность, чем варка моркови. При СВЧ-термообработке мясо и морковь доводят до готовности за одинаковый промежуток времени. Это объясняется тем, что мясопродукты можно отнести к полупроводниковым веществам с ионным характером проводимости и неоднородной микро- и макроструктурой. В первом приближении мясо можно рассматривать как систему, состоящую из двух фаз: межклеточная жидкость — внутриклеточное вещество. Межклеточная ткань является полупроводником с преобладанием диэлектрических свойств. Внутриклеточное вещество представляет собой электролит с ионным характером проводимости. В целом такая структура обеспечивает благоприятный режим для воздействия электромагнитного поля.

Овощи также обладают достаточно большой влажностью, чем и объясняется их высокая скорость нагрева.

В процессе микроволновой обработки поглощаемая мощность P_0 расходуется на нагрев продукта P_n и испарение некоторого количества влаги P_w :

$$P_0 = P_n + P_w = (Gc\Delta t + \Delta W\gamma) / \eta_t \Delta \tau,$$

где G — масса продукта, кг; c — теплоемкость продукта, Дж/(кг·К); η_t — термический кпд процесса, учитывающий потери теплоты в окружающую среду; Δt — приращение температуры продукта за промежуток времени $\Delta \tau$, °С; ΔW — потери влаги из объема продукта за промежуток времени $\Delta \tau$, кг; γ — скрытая теплота парообразования, Дж/кг.

Темп нагрева $\Delta t / \Delta \tau$ при фиксированной мощности генератора зависит от диэлектрических характеристик обрабатываемого продукта (сырья) и составляет 0,1...1 °С/с. При интенсивном энергоподводе (каким является СВЧ-нагрев) особенно важна равномерность температурного поля. Неравномерность нагрева в электромагнитном поле в основном вызвана двумя факторами: неравномерностью распределения поля, различными значениями диэлектрических характеристик продукта.

С целью уменьшения неравномерности СВЧ-нагрева применяют технические приспособления и технологические приемы. К техническим приспособлениям относятся диссекторы, вращающиеся столики, специальные виды посуды. К технологическим приемам

ТАБЛИЦА 7.5

Примерная продолжительность размораживания кулинарных изделий ($t_n = -18$ °С, $t_k = 0$ °С, $f = 2375$ МГц, масса = 0,4 кг, $P_{свч} = 1,5$ кВт)

Наименование изделия	Продолжительность размораживания, с
Судак	54
Говядина тушеная	66
Курица в белом соусе	78
Печень говяжья	84
Каша гречневая с мясом	72
Пирожки с мясом	84

ТАБЛИЦА 7.6

Режимы разогрева вторых блюд и гарниров
 $t_0 = 18^\circ\text{C}$, $t_2 = 65^\circ\text{C}$, $P_{\text{свч}} = 2,0 \text{ кВт}$,
 1 порция, $f = 2375 \text{ МГц}$)

Наименование изделия	Режим нагрева, с			Общая продолжительность разогрева, с
	СВЧ-нагрев	Термостатирование	СВЧ-нагрев	

I. Непрерывный режим работы СВЧ-аппарата

Вермишель	60	—	—	60
Капуста тушеная	60	—	—	60
Каша пшеничная	30	—	—	30
Картофель жареный	90	—	—	90
Рис отварной	120	—	—	120

II. Комбинированный режим, включающий СВЧ-нагрев, далее отключение магнетрона и термостатирование продукта

Бифштекс	—	—	—	90
Биточки особые	—	—	—	90
Эскалоп с гарниром	60	60	60	180
Лангет с гарниром	60	60	60	180
Курица с гарниром	60	60	60	180

ТАБЛИЦА 7.7

Примерная продолжительность приготовления пищи
 $t_0 = 18^\circ\text{C}$, $t_2 = 85-90^\circ\text{C}$, $f = 2375 \text{ МГц}$,
 $P_{\text{свч}} = 2 \text{ кВт}$, масса = 1,0 кг)

Наименование изделия	Продолжительность доведения до температуры готовности, с	Общая продолжительность тепловой обработки (с учетом термостатирования), с	Потери массы, %
Говядина:			
тушеная	180	348	34,3
припущенная	180	330	32,0
Свинина	192	306	30,0
Баранина	180	300	30,0
Куры	216	318	36,5

следует отнести термостатирование, увлажнение, применение различных видов панировок и др.

В табл. 7.5—7.7 приведено примерное время размораживания, разогрева охлажденных блюд и приготовления пищи.

8.1. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К ПИЩЕВАРОЧНЫМ АППАРАТАМ

Варка пищевых продуктов осуществляется в технологических жидкостях (бульон, молоко, вода), являющихся компонентами кулинарной продукции (в отдельных процессах технологическая жидкость сливается). За последние годы все более широкое распространение получает как наиболее прогрессивный процесс варка продуктов в атмосфере влажного насыщенного пара при его непосредственном воздействии на продукт (так называемый острый пар). По температурным режимам процесс варки может быть осуществлен при температурах ниже 100 °С, при 100 °С и выше 100 °С. Варьирование температурными режимами в процессе варки пищевых продуктов осуществляется изменением давления в рабочих камерах варочных аппаратов. Приведенные способы и режимы варки пищевых продуктов позволяют сделать общую классификацию варочных аппаратов по ряду определяющих технологических признаков (табл. 8.1).

Каждая группа приведенных в табл. 8.1 аппаратов имеет свои конструктивные особенности, обусловленные видом топлива, теплоносителя, энергии.

Конструкции варочных аппаратов должны соответствовать технологическим требованиям конкретного процесса варки пищевого продукта или кулинарного изделия в целом. Основные технологические требования, предъявляемые к конструкциям варочных аппаратов, сводятся к получению высококачественного готового продукта с максимальным сохранением (от исходного в сырье) пищевых (белков, жиров, углево-

ТАБЛИЦА 8.1

Классификация варочного оборудования

Среда, в которой осуществляется процесс	Режимные характеристики процесса варки	Аппараты
Технологическая жидкость	Температура жидкости ниже 100 °С (вакуумирование рабочих объемов)	Вакуум-аппараты
	Температура жидкости равна 100 °С (атмосферное давление)	Пищеварочные котлы, сосисковарки, кофеварки
	Температура жидкости выше 100 °С (давление в рабочей камере выше атмосферного)	Автоклавы, кофеварки
Влажный насыщенный пар	Температура среды выше 100 °С (давление в рабочей камере выше атмосферного)	Пароварочные шкафы, варочные аппараты непрерывного действия большой производительности

дов), минеральных, экстрактивных веществ, витаминов при минимальных затратах теплоты. Технологические цели в процессах варки различных продуктов определяют технологические требования к группам аппаратов и их конструкциям (табл. 8.2).

ТАБЛИЦА 8.2

Технологические цели варки и технологические требования к конструкциям аппаратов

Варочные аппараты	Основная технологическая цель	Основные технологические требования к конструкциям аппарата
Вакуум-аппараты	Максимальное сохранение естественной структуры продукта, красящих веществ, витаминов, минеральных и пищевых веществ при увеличении концентрации исходного продукта	Нагрев продукта и осуществление процесса варки (выпарки) при температуре ниже 100 °С

Варочные аппараты	Основная технологическая цель	Основные технологические требования к конструкции аппарата
Пищеварочные котлы	Получение готового продукта с высокими органолептическими качествами при максимальном сохранении веществ в исходном сырье и его биологической ценности	Нагрев продукта при температуре не выше 100 °С, с регулированием режима варки в пределах температуры кипения; отключение нагрева перед окончанием процесса
Сосиско-варки	Получение вареных сосисок, сарделек с сохранением оболочки и равномерным распределением расплавленного жира в их объеме	Нагрев продукта до температуры кипения воды и выдержка его при этом режиме 2...3 мин
Кофеварки I типа	Максимальное извлечение ароматических, вкусовых веществ из порошка кофе, придание напитку свойственного ему запаха и вкуса	Нагрев напитка при температуре 100 °С с непрерывной циркуляцией воды через слой порошка кофе
Кофеварки II типа	Максимальное извлечение ароматических, вкусовых веществ из порошка кофе, придание напитку свойственного ему запаха и вкуса	Нагрев напитка при температуре жидкости выше 100 °С за счет увеличения давления воды (и ее температуры) и воздействия влажного насыщенного пара при снижении длительности процесса варки (в сравнении с варкой при температуре 100 °С)
Автоклавы	Максимальное извлечение пищевых веществ (белков, жира, минеральных, экстрактивных) при варке костных бульонов, без глубоких химических превращений	Нагрев продукта при температурах не выше 130—135 °С в течение 1,5...2,5 ч без доступа кислорода воздуха. Предпочтительное удаление жира в процессе варки бульонов
Пищеварочные шкафы. Варочные аппараты непрерывного действия	Максимальное сохранение пищевых и биологических веществ в продукте за минимально возможный срок	Воздействие влажного насыщенного пара при температуре 105...107 °С без доступа кислорода воздуха

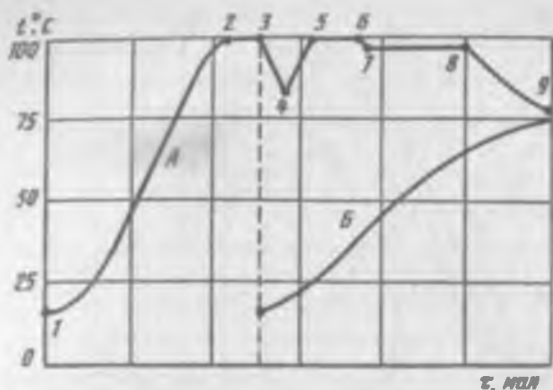


Рис. 8.1. Изменение температуры жидкости в варочном сосуде — кривая А и температуры продукта — кривая В

Как правило, варку в жидкости при атмосферном давлении проводят в двух режимах. При первом режиме жидкость доводят до кипения, далее температуру жидкостей несколько снижают (на 2...3 °C) и продолжают варку при слабом (тихом) кипении. Вторым режим заключается в том, что жидкость с продуктом доводят до кипения, выдерживают некоторое время при этой температуре, а затем прекращают подвод теплоты. Кулинарная готовность продукта достигается за счет теплоты, аккумулированной аппаратом, жидкостью и продуктом.

Наиболее характерный график изменения температуры жидкости в рабочей емкости варочного аппарата приведен на рис. 8.1. На этом графике участок 1—2 соответствует нагреву жидкости до кипения; 2—3 — сильное кипение; 3—4 — закладка продукта; 4—5 — нагрев до кипения; 5—6 — сильное кипение; 6—7 — снижение температуры; 7—8 — слабое кипение; 8—9 — отключение аппарата (аккумуляция теплоты).

Продолжительность нагрева жидкости до кипения зависит от множества факторов: начальной температуры жидкости, величины коэффициента теплопередачи, поверхности нагрева, температурного напора. В свою очередь величина коэффициента теплопередачи зависит от свойств жидкости, режима ее движения, наличия термических сопротивлений и др. Продолжительность нагрева жидкости до кипения без учета теп-

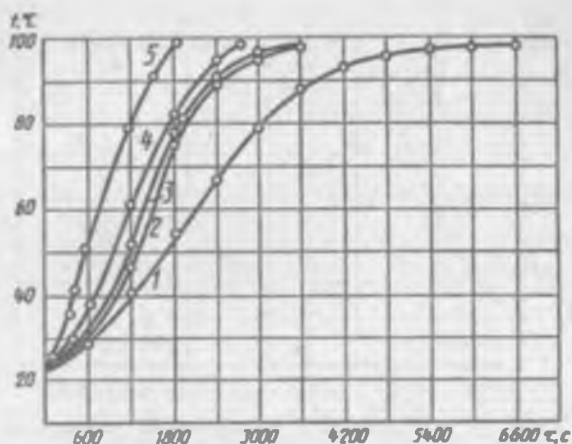


Рис. 8.2. Динамика температуры в кусках костей: 1 — целый эпифиз;

2 — $\frac{1}{2}$ эпифиза; 3 — $\frac{1}{4}$ эпифиза; 4 — $\frac{1}{8}$ эпифиза; 5 — вода

ловых потерь может быть определена из выражения

$$\tau = Gc(t_k - t_n) / kS\Delta t_{cp}, \quad (8.1)$$

где G — количество жидкости, кг; c — удельная теплоемкость жидкости, Дж/(кг·К); t_k , t_n — соответственно температура кипения и начальная температура жидкости; k — коэффициент теплопередачи, Вт/(м²·К); S — рабочая поверхность варочного аппарата, м²; Δt_{cp} — температурный напор, К.

Нагрев продуктов осуществляется от кипящей жидкости. Внутри продукта теплота переносится от поверхности к центру за счет теплопроводности. Большинство пищевых продуктов имеют относительно низкий коэффициент теплопроводности, чем объясняется длительный период их варки. Продолжительность прогрева продуктов существенно зависит от степени их измельчения.

На рис. 8.2 показана динамика изменения температуры кусков кости при варке костных бульонов. Так, уменьшение размера кости с 20 до 4 см способствует сокращению продолжительности нагрева, при прочих равных условиях, примерно в 2 раза. Увеличение степени измельчения кости приводит также к интенсифи-

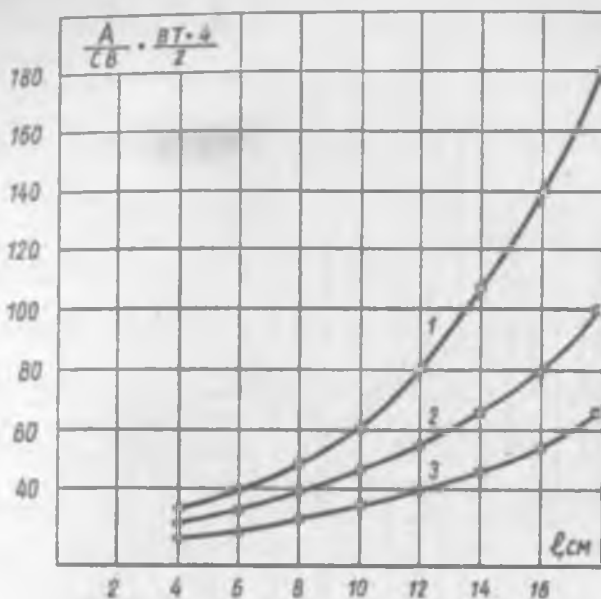


Рис. 8.3. Зависимость удельного расхода электроэнергии на варку костного бульона от степени измельчения костей

кации экстрагирования из них водорастворимых веществ и жира, а также к снижению удельных расходов электроэнергии на варку бульонов (рис. 8.3).

8.2 КЛАССИФИКАЦИЯ И УСТРОЙСТВО ПИЩЕВАРОЧНЫХ КОТЛОВ

Классификация пищеварочных котлов. На предприятиях общественного питания эксплуатируются котлы различных типов, отличающиеся способом обогрева, вместимостью и формой варочных сосудов, видом энергоносителей. Все эти различия определяют номенклатурный ряд пищеварочных котлов и их классификацию (рис. 8.4).

В зависимости от давления в варочном сосуде все котлы классифицируются на пищеварочные котлы, работающие при атмосферном или незначительном избыточном давлении, и автоклавы, работающие при повышенном давлении (250 кПа).

В зависимости от источника теплоты

котлы подразделяются на твердотопливные, газовые, электрические и паровые.

По способу установки котлы классифицируются на опрокидывающиеся, опрокидывающиеся и со съемным варочным сосудом. Как правило, опрокидывающиеся котлы выпускаются вместимостью варочного сосуда более 100 дм^3 , а опрокидывающиеся — вместимостью менее 100 дм^3 . Котлы со съемным варочным сосудом имеют вместимость менее 60 дм^3 .

В зависимости от способа обогрева различают котлы с непосредственным и косвенным обогревом.

Котлы с непосредственным обогревом могут работать на твердом топливе, газе и электрическом обогреве. По конструкции и эксплуатации они более просты, чем котлы с косвенным обогревом, однако им присущи недостатки: низкий КПД, сложность регулирования теплового режима, возможность пригорания продуктов.

Котлы с косвенным обогревом работают при повышенном давлении в греющей рубашке (до 150 кПа). В качестве промежуточного теплоносителя используется вода.

По соотношению основных геометрических размеров котлы классифицируются на немодулированные, секционные модулированные и котлы под функциональные емкости.

Немодулированные пищеварочные котлы имеют цилиндрическую форму варочного сосуда. Секционные модулированные котлы и котлы под функциональные емкости имеют варочный сосуд в виде прямоугольного параллелепипеда. Наружные размеры этих котлов унифицированы, они имеют одинаковую высоту и ширину (глубину), длина их кратна модулю (у секционных модульных котлов — 210 мм , у котлов под функциональные емкости — 100 мм). Варочный сосуд котлов под функциональные емкости имеет размеры, соответствующие размерам функциональных емкостей.

Согласно схеме классификации пищеварочных котлов (см. рис. 8.4) осуществляется их буквенно-цифровая индексация.

У немодулированных котлов буквы обозначают группу, вид котла и вид энергоносителя. Цифры показывают вместимость варочного сосуда в дм^3 . Например, индекс котла КПЭ-160 расшифровывается сле-

дующим образом: К — котел; П — пищеварочный; Э — электрический; 160 — вместимость (в дм^3).

У секционных модулированных котлов к буквенному индексу добавляются буквы СМ, что обозначает — секционный модулированный. Например, индекс котла КПЭСМ-60 расшифровывается так: котел пищеварочный электрический секционный модулированный вместимостью 60 дм^3 .

У котлов под функциональные емкости индекс включает буквы: К — котел, Э — электрический и число, показывающее вместимость варочного сосуда в дм^3 . Например, котел КЭ-100.

Буквенно-цифровой индекс устройств со съемным варочным сосудом (например, УЭВ-60) расшифровывается — устройство электрическое вместимостью 60 дм^3 .

Котлы, работающие при повышенном давлении в варочном сосуде, имеют индекс, в котором первая буква А обозначает, что это автоклав, вторая буква показывает вид энергоносителя (Э — электрический, Г — газовый), а цифра показывает вместимость варочного сосуда в дм^3 (например, АЭ-60).

Устройство пищеварочных котлов. Пищеварочные котлы представляют собой варочный сосуд с крышкой, который помещен в наружный котел. Снаружи котел покрыт слоем тепловой изоляции, уложенной между облицовкой и наружным котлом. В нижней части котла смонтирован парогенератор, объединенный с паровой рубашкой. Конструкция котла устанавливается на постамент. Пар, генерируемый в парогенераторе, заполняет паровую рубашку, соприкасаясь с варочным сосудом, конденсируется, отдает теплоту парообразования стенке, по которой конденсат вновь стекает в парогенератор.

Принципиальные конструктивные схемы пищеварочных котлов с косвенным обогревом приведены на рис. 8.5, а, б, в, г.

Пищеварочный котел представляет собой двухстенный варочный сосуд I, расположенный в корпусе III, который покрыт кожухом V, изготовленным из листов эмалированной стали. Пространство между наружным корпусом и кожухом заполнено тепловой изоляцией IV. В нижней части наружного котла смонтирован парогенератор II. Вся конструкция котла крепится на основании VI. Пространство между внут-

ренными и наружными котлами представляет собой герметичную паровую рубашку. На трубопроводах, соединенных с паровой рубашкой, установлены воздушный клапан и контрольно-измерительная и предохранительная арматура — двойной предохранительный клапан, электроконтактный манометр (для твердотопливных и паровых котлов — манометр), наполнительная воронка. На крышке котла расположен клапан-турбинка (если крышка закрывается герметично). Для слива содержимого из варочного сосуда предусмотрен сливной кран. Уровень воды в парогенераторе контролируется с помощью крана уровня.

Принципиальное отличие котлов различных типов заключается в конструкции парогенератора. Парогенератор неподвижных электрических котлов представляет собой металлический короб, в котором смонтированы электронагреватели (тэны). У опрокидывающихся электрических котлов парогенератор совмещен с пароводяной рубашкой, а тэны смонтированы в нижней ее части.

У газовых и твердотопливных котлов обогрев парогенератора осуществляется непосредственно пламенем и продуктами сгорания топлива. В связи с этим возникают дополнительные потери теплоты с уходящими продуктами сгорания (составляющая Q_2 теплового баланса). С целью уменьшения этих потерь у газовых и твердотопливных котлов парогенератор совмещен с топкой. Для увеличения поверхности теплообмена, турбулизации потока и удлинения пути движения топочных газов с целью снижения их температуры на выходе в дымоход) парогенератор газовых и твердотопливных котлов выполнен в виде двух концентричных карманов, вставленных друг в друга. Пространство между карманами представляет собой два кольцевых газохода. Пространство, образующееся в центре парогенератора, является камерой сгорания, в которой у газовых котлов смонтировано газогорелочное устройство. Продукты сгорания после движения по кольцевым газоходам через патрубок для отвода продуктов сгорания попадают в дымоход и выбрасываются в атмосферу. Такой сложный путь движения уходящих продуктов сгорания позволяет снизить их температуру в 5—6 раз, что способствует значительному увеличению КПД газовых и твердотопливных котлов. У твердотопливных котлов в нижней части камеры сгорания

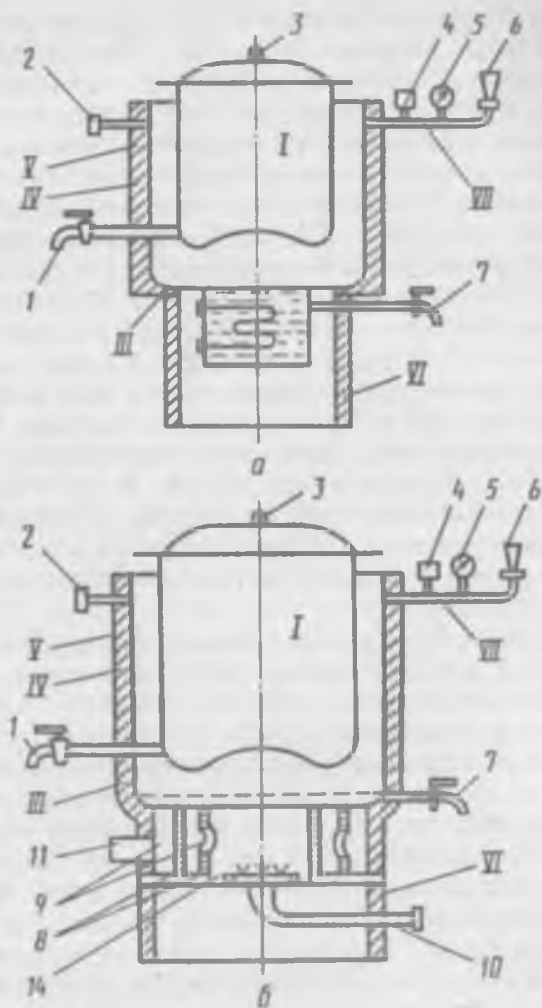
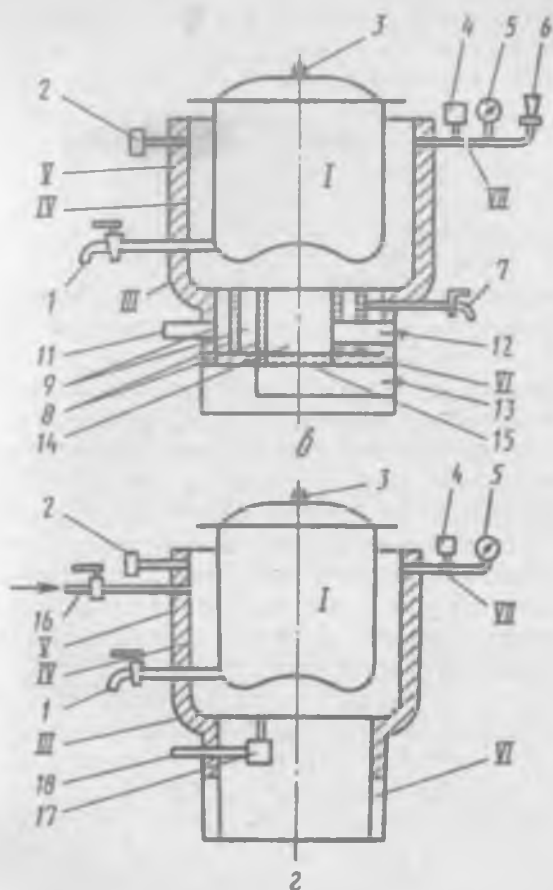


Рис. 8.5. Принципиальные конструктивные схемы пищеварочных котлов с косвенным обогревом:

a — электрических; *б* — газовых; *в* — твердотопливных; *г* — паровых;
 I — варочный сосуд; II — парогенератор; III — корпус котла; IV — тепло-
 ловая изоляция; V — кожух; VI — основание аппарата; VII — арматура
 и контрольно-измерительные приборы: 1 — сливной пробковый край;
 2 — воздушный клапан; 3 — клапан-турбина; 4 — двойной предохра-
 нительный клапан; 5 — манометр; 6 — дополнительная воронка; 7 — край
 уровня; 8 — concentрично расположенные кольцевые карманы; 9 — кольце-
 вой газоход; 10 — газогорелочное устройство; 11 — патрубок для отвода
 продуктов сгорания; 12 — дверца топki; 13 — дверца зольниковой ка-
 меры; 14 — камера сгорания; 15 — колосниковая решетка; 16 — паропро-
 вод; 17 — конденсатоотводчик; 18 — конденсатопровод



расположена колосниковая решетка для размещения твердого топлива (уголь, дрова, торф и др.). Под колосниковой решеткой имеется золотниковая камера с дверцей. Камера сгорания также имеет дверцу.

Паровые пищеварочные котлы не имеют индивидуального парогенератора. Пар в рубашку котлов подается по паропроводу путем открывания запорного вентиля на паропроводе непосредственно у ввода в котел. В днище рубашки вмонтированы штуцер с конденсатоотводчиком для отвода конденсата в конденсатопровод.

Опрокидываемые пищеварочные котлы устанавливаются на станине. Опрокидывается котел с помощью цапф, прикрепленных винтами к кожуху и опирающихся на подшипники скольжения вилкообразной

станины, или тумб. На правой цапфе с помощью шпонки закрепляется червячное колесо, находящееся в зацеплении с червяком. На оси червяка установлен маховик, при вращении которого происходит опрокидывание котла. Опрокидывающиеся котлы закрываются легко снимающейся крышкой без клапанатурбинки; у них отсутствует сливной кран, поэтому слив содержимого осуществляется при его опрокидывании.

Пищеварочные котлы с непосредственным обогревом отличаются от котлов с косвенным обогревом отсутствием рубашки и соответствующей арматуры (крана уровня, двойного предохранительного клапана, наполнительной воронки и др.). Стенки котла покрываются теплоизоляцией, защищенной облицовкой.

В последние годы проведены экспериментальные работы по созданию котлов с непосредственным обогревом. Например, непосредственный нагрев используется в газовых пищеварочных котлах. В таких котлах значительно труднее обеспечить равномерность нагрева содержимого, поэтому в них предусмотрена неравномерная толщина варочного сосуда, что повышает металлоемкость и создает сравнительно низкую плотность теплового потока теплопередающей поверхности, увеличивающую продолжительность разогрева.

Была сделана попытка создания электрического котла с непосредственным нагревом с гибкими электронагревателями. В этом котле днище имеет сферическую форму, а электронагреватели в виде ленты укладываются на наружную поверхность варочного сосуда. С целью повышения эффективности работы котла наливка электронагревателей неравномерна и к днищу становится более плотной. Недостатком такой конструкции является сложность изготовления котла, его высокая энергоемкость.

При ведении процессов варки разных продуктов существуют специфические особенности. Например, большой объем в производственной программе предприятий общественного питания занимает варка костных бульонов. Согласно технологическим требованиям к процессу варки бульона необходимо через определенный промежуток времени удалять с поверхности бульона костный жир. В существующих котлах эта операция выполняется вручную, что очень трудоемко. Кроме того, измельченные кости загружаются на дно котла

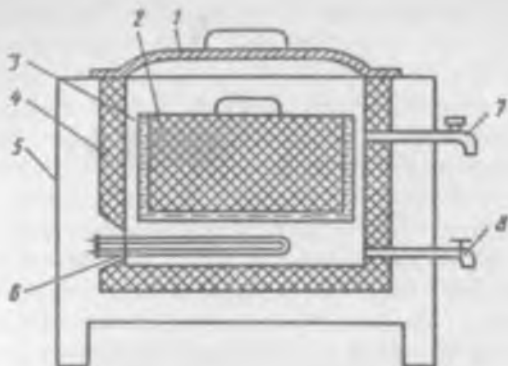


Рис. 8.6. Принципиальная схема специализированного котла для варки костных бульонов:

1 — крышка; 2 — сетчатая корзина; 3 — варочный сосуд; 4 — тепловая изоляция; 5 — облицовка; 6 — тэны, залитые в пищевой алюминий; 7 — кран для слива жира; 8 — кран для слива бульона

насыпью, что затрудняет процесс экстрагирования пищевых веществ в жидкость (воду). Более рациональным было бы приведение костной массы во взвешенное состояние, что создает благоприятные условия для естественной конвекции жидкости к массе кости. Для устранения приведенных недостатков разработан специализированный котел для варки костных бульонов. Этот аппарат относится к котлам электрическим с непосредственным нагревом. Схема этого котла приведена на рис. 8.6. Нагрев содержимого этого котла осуществляется с помощью тэнов, залитых в пищевой алюминий и помещенных непосредственно в варочный сосуд. Это позволило значительно снизить металлоемкость и энергоемкость котла.

Котел представляет собой варочный сосуд в виде прямоугольного параллелепипеда с установленными в нижней части шестью тэнами. Снаружи котел покрыт тепловой изоляцией и облицован эмалированными листами. Сверху котел закрывается легко снимаемой крышкой. Для слива содержимого предусмотрен сливной пробковый кран. На уровне $\frac{9}{10}$ высоты варочного сосуда установлен кран для слива жира с поверхности бульона. Регулирование теплового режима осуществляется с помощью переключателя, имеющего четыре положения: выключен, сильный, средний, слабый

нагрев (регулирование мощности в соотношении 1:2:6). Для загрузки костей предусматривается сетчатая корзина. Этот котел может быть использован для варки бульонов, картофеля и некоторых других гарниров. Специализированный котел для варки костных бульонов имеет целый ряд преимуществ перед серийными котлами. Установка тэнов непосредственно в варочный сосуд значительно облегчает операцию их замены. При варке бульона пищевые кости расположены в корзине непосредственно над нагревателями. При кипении жидкости естественные конвективные токи направлены вверх и хорошо «промывают» массу костей, что создает благоприятные условия для интенсификации экстрагирования жира, белковых и минеральных веществ. Конструкция этого котла позволяет сократить продолжительность варки бульона в 1,5 раза, а за счет отказа от рубашки снижены металлоемкость котла, потребляемая мощность, удельный расход электроэнергии в сравнении с серийно выпускаемыми котлами такой же вместимости.

На предприятиях общественного питания для варки бульонов, а также быстрой варки овощей и бобовых могут быть использованы автоклавы.

Автоклав представляет собой пищеварочный котел, в котором двухстенная крышка с помощью откидных болтов герметично закрывается. Благодаря этому давление в варочном сосуде достигает 300 кПа (2 ати), а температура варки — 130—135 °С. Конструктивно автоклав практически не отличается от котлов с косвенным обогревом и представляет собой двухстенный сосуд с герметичной крышкой. В нижней части наружного сосуда смонтирован парогенератор. Снаружи варочный сосуд покрыт тепловой изоляцией и облицован эмалированными стальными листами.

Варка пищевых продуктов в автоклаве значительно интенсифицируется за счет обработки при высокой температуре. Это способствует быстрому прогреву продуктов и значительному ускорению процесса экстракции.

Однако автоклавы обладают и значительными недостатками: повышенная металлоемкость конструкции; снижение качества готовых изделий. При повышении давления и температуры интенсивно протекает реакция гидролиза, происходят эмульгирование жиров, разрушение витаминов и другие нежелательные про-

цессы; необходимость периодических испытаний, так как сосуд работает под давлением.

Все перечисленные недостатки ограничивают применение автоклавов, и они практически не используются. Отечественная промышленность выпускает автоклав электрический АЭ-60 и автоклав газовый АГ-60.

В настоящее время разработан комплект теплового оборудования, в том числе и пищеварочных котлов, под функциональные емкости, являющиеся основными и необходимыми элементами для рационального использования котлов.

На предприятиях общественного питания технологические операции по приемке продуктов, их хранению, предварительной обработке, приготовлению и раздаче недостаточно взаимосвязаны между собой. Это обусловлено тем, что товары поступают на предприятия питания в различной по материалу, конструкции и размерам таре. Степень готовности продуктов также различна. Их приходится часто переливать и перекладывать, что требует затрат труда, а это не позволяет повысить уровень механизации производственных процессов.

Продукты от доставки до раздачи перекладываются в среднем 8 раз. Применение функциональных емкостей, соответствующих рабочим объемам технологического оборудования, в корне меняет процессы подготовки сырья, приготовления и реализации пищи.

Арматура пищеварочных котлов. Пищеварочные котлы с косвенным обогревом снабжены контрольно-измерительной и предохранительной арматурой. На котлах устанавливают: манометр, кран уровня, наполнительную воронку, продувочный кран (на пароварочных котлах), двойной предохранительный клапан и клапан-турбинку.

Манометр предназначен для измерения в процессе работы давления в паровой рубашке котла. На электрических (некоторых газовых) котлах устанавливается электроконтактный манометр, с помощью которого автоматически поддерживается уровень давления в рубашке котла и осуществляется управление тепловым режимом.

В электроконтактном манометре имеются три стрелки: одна подвижная, показывающая давление, и две неподвижные, перемещаемые вручную с помощью специального ключа. Неподвижными стрел-

ками перед началом работы котла устанавливаются верхний и нижний уровни давления в рубашке. Стрелки электроконтактного манометра включены в электрическую цепь управления котла. При включении котла давление пара в его рубашке начинает возрастать. При достижении верхнего заданного уровня давления подвижная стрелка совпадает с неподвижной, с помощью которой задан верхний предел давления, при этом замыкаются их контакты и котел автоматически переключается на $\frac{1}{6}$ или $\frac{1}{9}$ мощности (режим тихого кипения). Давление в паровой рубашке начинает падать. При совпадении подвижной стрелки с нижней неподвижной стрелкой замыкаются их контакты и котел вновь переключается на максимальную мощность. Таким образом давление в рубашке котла автоматически поддерживается между верхним и нижним пределами давления. При этом тепловой режим котла также автоматически регулируется.

Двойной предохранительный клапан состоит из двух клапанов — парового и вакуумного, расположенных в общем корпусе (рис. 8.7, а, б). Паровой клапан помещается в верхней части корпуса и прижимается к седлу грузом. При повышении давления в греющей рубашке сверх допустимой величины (150 кПа) пар, преодолевая массу груза, приподнимает клапан над седлом и начинает выходить в атмосферу. Вакуумный клапан помещается в нижней части корпуса в гнезде. Он открывается под давлением наружного воздуха, когда в рубашке образуется вакуум (давление становится ниже атмосферного). Воздух, проникая через открытый клапан в рубашку, выравнивает давление. Вакуум в рубашке образуется при охлаждении котла в результате конденсации пара, поскольку удельный объем последнего больше удельного объема воды (конденсата). В процессе эксплуатации паровой клапан может прикипеть к седлу и в нужный момент не сработать. Во избежание этого в новых конструкциях двойных предохранительных клапанов предусмотрен рычаг подрыва, с помощью которого клапан следует периодически поднимать над седлом. В этой конструкции имеется также воздушный клапан, который служит для выпуска воздуха из пароводяной рубашки котла в период его разогрева. Этот клапан закрывается и открывается вручную поворотом рукоятки-барашка.

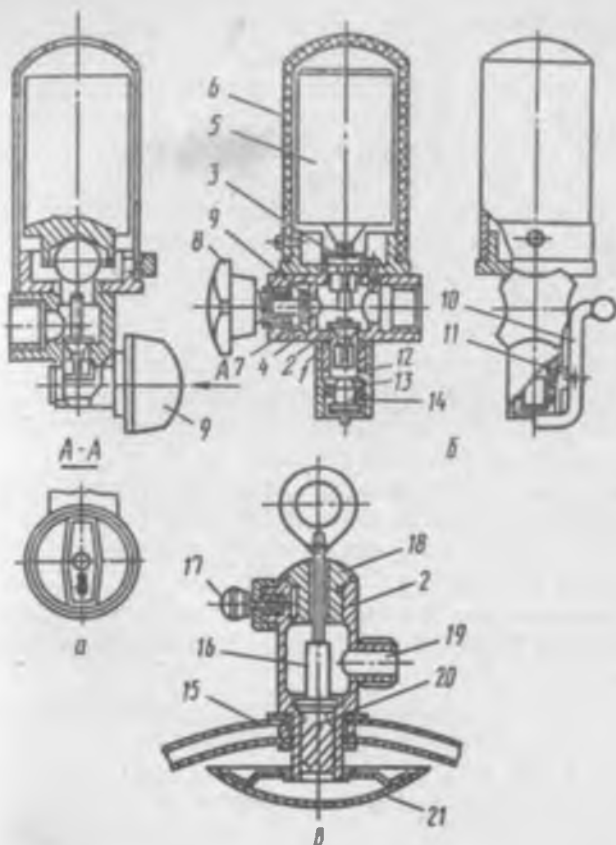


Рис. 8.7. Клапаны:

а — грузовой двойной предохранительный; *б* — грузовой двойной предохранительный, совмещенный с клапаном для выпуска воздуха; *в* — клапан-турбинка: 1 — вакуумный клапан; 2 — корпус клапана; 3 — паровой клапан (клапан давления); 4 — отверстия для выхода пара (воздуха) в атмосферу; 5 — груз; 6 — кожух; 7 — прокладка; 8 — рукоятка-барашек; 9 — воздушный клапан; 10 — рычаг подрыва; 11 — ось вращения; 12 — втулка; 13 — пружина; 14 — толкатель; 15 — крышка котла; 16 — шпindel с кольцом; 17 — фиксатор; 18 — ограничительное кольцо; 19 — штуцер для присоединения к паропроводу; 20 — клапан с винтовыми канавками (турбинка); 21 — отражатель

Наполнительная воронка предназначена для заполнения парогенератора водой и выпуска воздуха из пароводяной рубашки в начальный период работы котла (если предохранительный клапан не имеет воздушного клапана). Наполнительная воронка снабжена запорным краном, фильтрующей сеткой и крышкой.

Кран уровня размещается в пароводяной рубашке котла на линии предельно допустимого уровня воды и служит для контроля количества воды в парогенераторе.

Клапан-турбинка (рис. 8.7, в) устанавливается на крышке неопрокидывающихся котлов и предохраняет варочный сосуд от повышения давления сверх 2,5 кПа. При повышении давления сверх допустимого пар, поступающий в корпус клапана-турбинки, ударяет в винтовые канавки шпинделя-турбинки, приподнимает его от седла и приводит во вращательное движение. С внутренней стороны крышки укреплен отражатель, который предотвращает попадание в турбинку мелких частиц пищи при интенсивном кипении содержимого варочного сосуда.

В котлах смонтированы специальные трубопроводы для подачи холодной и горячей воды, которые соединяются в одну поворотную трубу, заканчивающуюся патрубком с краном.

Пароварочные котлы дополнительно оборудуют парозапорным вентилям, конденсатоотводчиком и продувочным краном.

Парозапорный вентиль регулирует поступление пара в паровую рубашку котла.

Конденсатоотводчик служит для непрерывного отвода конденсата из паровой рубашки котла.

Продувочный кран, устанавливаемый совместно с конденсатоотводчиком, используется для выпуска воздуха из паровой рубашки, спуска конденсата перед началом работы котла, а также для проверки исправности конденсатоотводчика.

8.3. ТВЕРДОТОПЛИВНЫЕ ПИЩЕВАРОЧНЫЕ КОТЛЫ

В удаленных районах страны, а также для организации питания в полевых условиях наиболее рационально использовать пищеварочные котлы, работающие на угле, торфе, дровах.

Недостатком этих аппаратов является низкий кпд, обусловленный большими потерями теплоты с уходящими газами. При эксплуатации аппаратов происходит загрязнение помещений топливом, золой. Для хранения запасов топлива необходимо строительство топливохранилищ.

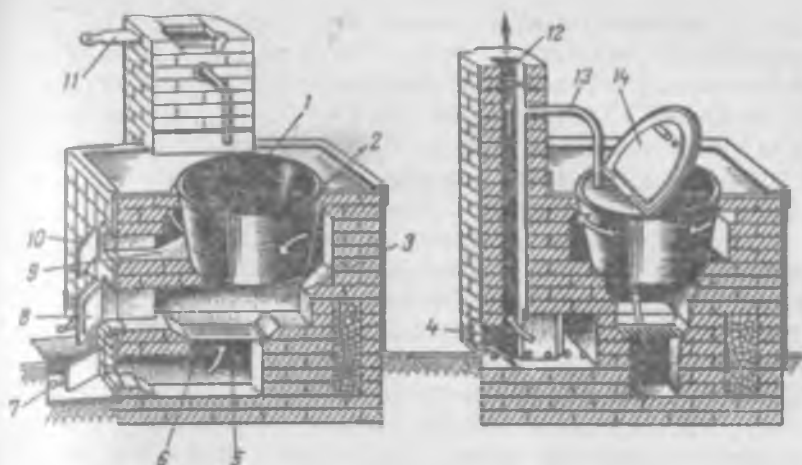


Рис. 8.8. Вмазной пищеварочный котел с самостоятельной топкой:
 1 — котел; 2 — кольцо из уголковой стали; 3 — топка; 4 — отверстие для чистки газохода; 5 — зольник; 6 — колосниковая решетка; 7 — зольниковая дверца; 8 — топочная дверца; 9 — кольцевой газоход; 10 — дверца для чистки газохода; 11 — задвижка; 12 — дымовая труба; 13 — паропровод; 14 — крышка котла. Стрелками указано направление движения уходящих газов

По способу обогрева твердотопливные котлы могут быть с непосредственным и косвенным обогревом.

Пищеварочные котлы с непосредственным обогревом могут быть двух типов: стационарные в кирпичной обмуровке (вмазные) и передвижные в металлическом корпусе (полевые кухни).

Вмазной пищеварочный котел (рис. 8.8) устанавливается над топочным устройством в кирпичной кладке. Для удобства чистки сама варочная емкость является съемной — она опирается бортиком на кольцо из уголковой стали в верхней части кирпичной кладки. Чтобы предохранить верхнюю часть кирпичной кладки от разрушения при пролипании на нее содержимого котла, кладку бетонируют, покрывают стальными листами или облицовывают изразцами. Вмазные котлы устанавливаются с самостоятельной топкой или топкой на два котла. Самостоятельная топка может быть боковой или нижней (под днищем котла) с максимально открытой поверхностью днища котла для лучшего тепловосприятия. В одной общей обмуровке иногда устанавливается батарея котлов (два, три и более).

При установке двух котлов с одной топкой, расположенной между ними, газоходы снабжаются задвиж-

ками, позволяющими отключать или включать отдельно каждый котел. Горячие газы из топки отводятся в кольцевой газоход обмуровки котла и далее по соединительному газоходу (обводному борову), на котором для регулирования процесса горения в аппаратах с огнем обогревом должна быть установлена задвижка, направляются в дымовую трубу.

Для отопления антрацитом топка котла переоборудуется, но сечение кольцевых газоходов остается без изменения. Переоборудование топки заключается в том, что стенки ее выкладываются из огнеупорного кирпича на ребро, которые, начиная с высоты около 20 см от уровня колосниковой решетки, плавными откосами расширяются, чтобы иметь максимальную поверхность нагрева котла над слоем горящего угля; глухой под заменяется брусчатыми колосниками различной длины (400 мм и больше) в зависимости от вместимости котла. Вместо топочной дверцы устанавливается чугунная дверца с плотным затвором и отражателем.

Значения кпд котлов при изготовлении различных блюд без регулирования процесса горения топлива колеблются от 18 до 28 % для первой варки и от 18 до 30 % при повторной варке. Многократное использование котла (несколько варок подряд) по сравнению с единовременным снижает удельные расходы топлива на 20...30 %, сокращает продолжительность процесса доведения его содержимого до закипания на 30...50 % и повышает кпд установки на 30...40 % за счет прогрева кладки.

Котел также можно устанавливать в металлическом корпусе, состоящем из двух обечаек (внутренней и наружной) с хорошей тепловой изоляцией. К нижней части корпуса крепится днище с топкой, колосниковой решеткой и зольником. К котлам в металлическом корпусе относятся также походные кухни.

Походные кухни. В тех случаях, когда потребители находятся в местах, удаленных на большое расстояние от предприятий общественного питания, для приготовления и доставки пищи используются различные средства (походные кухни, перевозные котлы, термосы). Техническая характеристика походных кухонь представлена в табл. 8.3.

Походные кухни могут работать как на твердом, так и на жидком топливе (керосин, солярное масло,

Техническая характеристика походных кухонь

Показатели	Едини- ца из- мерения	Наименование кухонь				
		КП-2-48	КП-2-49	КП 125	ОПК-43	ОПК-75
Общая вместимость котлов	л	200	230	325	150	75
Количество котлов	шт.	2	2	4	1	1
Масса кухни (без принадлежностей)	кг	850	960	1320	176	134
Продолжительность закипания воды при температуре воздуха 15 °С	мин	70	70	55—75	60—70	60—70
Тип прицепа		1-АП-1,5	1-АП-1,5	ИАПЗ-739	—	—

дизельное топливо). Для этого они снабжаются баллоном для жидкого топлива, соединительным шлангом, форсункой (горелкой) с комплектом инструментов и укладочным ящиком.

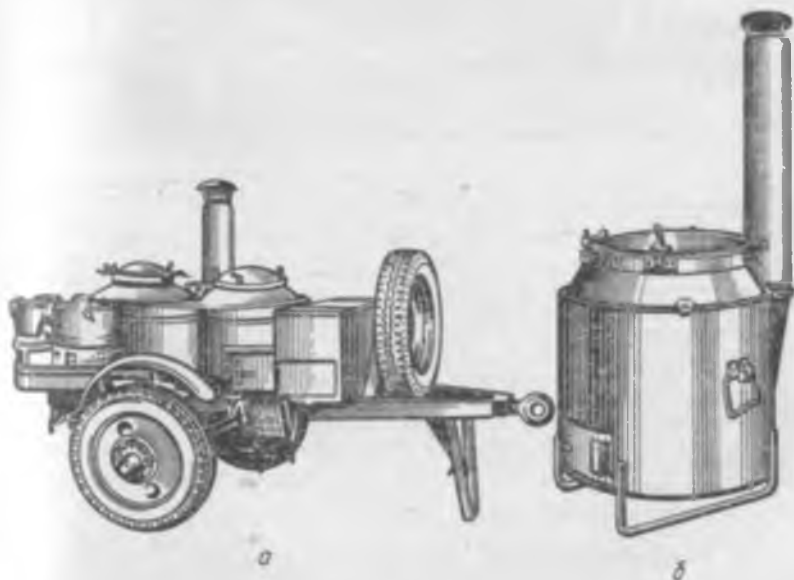


Рис. 8.9. Походные кухни:

а — походная двухкотельная кухня КП-2-48; б — очажная однокотельная кухня ОПК-75

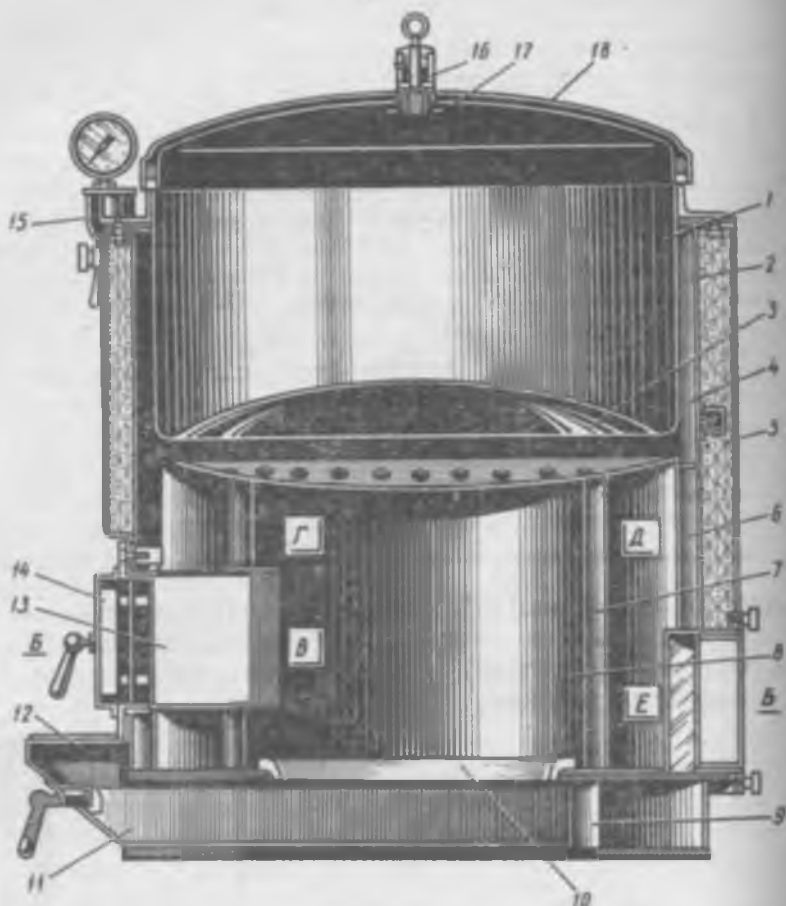
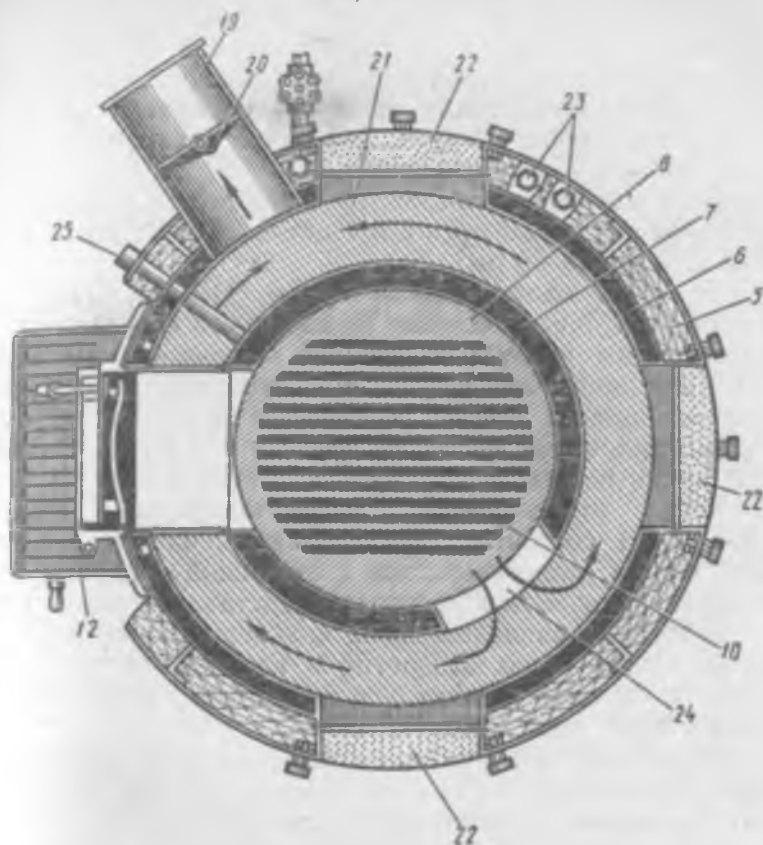


Рис. 8.10. Котел пищеварочный твердотопливный КПТ-160:

1 — варочный сосуд; 2 — пароводяная рубашка; 3 — сферическое дно корпуса; 4 — корпус с парогенератором; 5 — тепловая изоляция; 6, 7 — кольцевые карманы; 8 — топочная камера; 9 — зольниковая коробка; 10 — колосниковая решетка; 11 — ящик для сбора золы; 12 — дверца с жалюзи; 13 — горловина топки; 14 — топочная дверца; 15 — наполнительная воронка; 16 — клапан-турбинка; 17 — розетка-отражатель; 18 — двухственная крышка; 19 — дымоотводный патрубок; 20 — поворотная заслонка; 21 — кольцевой газоход; 22 — лючки для очистки газоходов; 23 — трубопроводы горячего и холодного водоснабжения; 24 — соединительный патрубок; 25 — сливная трубка

С технологической, эксплуатационной и санитарно-гигиенической точки зрения котлы с непосредственным обогревом обладают рядом недостатков: низким кпд, возможностью пригорания пищи, трудностью регулирования теплового режима. Однако простота конструк-



ции, незначительная металлоемкость и более экономичное приготовление блюд дают им преимущество перед огневыми котлами с косвенным обогревом.

Походные двухкотельные кухни КП-2-48 и КП-2-49. Конструктивное исполнение кухонь (рис. 8.9, а) одинаковое. Различаются они лишь технической характеристикой. Состоят кухни из следующих частей: двух очагов с дымовой трубой, двух котлов, ходовой части (одноосный автоприцеп грузоподъемностью 1500 кг) и ящика для перевозки комплекта принадлежностей.

Очаги имеют общую бескаркасную облицовку, состоящую из обечайки овальной формы, верхнего листа и двух армированных вырезов для топок. Котлы изготавливают из чугуна (отдельные конструкции из нержавеющей стали). Одна кухня может обеспечить горячим питанием одновременно 150...200 человек.

Унифицированная походная кухня КП-125. Кухня оборудована очагом закрытого типа и четырьмя жарочными шкафами с дверцами. Котлы на роликах устанавливаются в трех жарочных шкафах, четвертый шкаф используется для тепловой обработки мясных и рыбных полуфабрикатов. Для приготовления кипятка смонтирован котел (емкостью 160 дм³). Готовая пища в зимнее время может сохраняться в горячем состоянии без подогрева в течение 7...8 ч. Емкость каждого котла 55 дм³.

Очажные однокотельные кухни ОПК-43, ОПК-75. Кухни (рис. 8.9, б) состоят из варочного сосуда, с расположенным внизу одностенным металлическим очагом цилиндрической формы, покрытым снаружи тепловой изоляцией. Кухни отличаются одна от другой только емкостями котла, размерами и массой. Очажные кухни перевозят на грузовых автомобилях.

Котел пищеварочный твердотопливный. Котел (рис. 8.10) состоит из трех основных частей: варочного сосуда, парогенератора с рубашкой и наружного корпуса. Парогенератор котла представляет собой два концентрично расположенных кольцевых кармана, сообщающихся через отверстия в верхней части с рубашкой котла, и служит для получения насыщенного пара с давлением 140...150 кПа.

Кипяченая или дистиллированная вода в парогенератор заливается через специальную воронку до уровня, определенного контрольным краном уровня.

Внутренняя стенка внутреннего кармана парогенератора образует топочную камеру, сводом которой служит сферическое дно варочного сосуда. В нижней части топочной камеры размещена колосниковая решетка. Под топочной камерой размещена зольниковая камера, в которой установлен выдвижной ящик для сбора золы. Для регулирования подачи воздуха под колосниковой решеткой рядом с зольником смонтирована дверца с жалюзи.

Горловина загрузочного окна топки закрывается топочной дверцей. Через стенки первого (внутреннего) кольцевого кармана проходит патрубок, концы которого вварены в стенки цилиндра. Кольцевое пространство между внутренними и наружными карманами является газоходом. Патрубок во внутреннем кармане служит для соединения топочной камеры с этим кольцевым газоходом. Последний через дымоотводный

патрубок, снабженный поворотной заслонкой, с помощью которой регулируют тягу в процессе горения топлива, сообщается с дымовой трубой.

Такая конструкция топочной камеры и парогенератора снижает температуру уходящих продуктов сгорания и уменьшает потери теплоты, что приводит к увеличению кпд котла. Кольцевой газоход образует сложный конвективный тракт, по которому перемещаются продукты сгорания. При этом поток продуктов сгорания турбулизируется, что приводит к увеличению коэффициента теплоотдачи. За счет наличия кольцевого газохода существенно удлиняется путь движения топочных газов, а конструкция парогенератора в виде двух карманов увеличивает его теплопередающую поверхность. Все это в совокупности способствует более полному использованию теплоты уходящих продуктов сгорания. При горении топлива в топочной камере пламя и горячие продукты сгорания обогревают внутреннюю стенку внутреннего кармана парогенератора. Далее продукты сгорания через патрубок во внутреннем кармане устремляются в кольцевой газоход и, двигаясь по нему, обогревают наружную стенку внутреннего кармана и внутреннюю стенку наружного кармана (направление движения топочных газов показано на рис. 8.10 стрелками). Пройдя по кольцевому газоходу, остывшие продукты сгорания удаляются из котла через дымоход в окружающую среду.

В целях очистки кольцевого газохода от золы и сажи в боковой стенке второго кольцевого цилиндра имеются три лючка с крышками. Для наполнения котла водой служит поворотный кран, соединенный с трубопроводами горячего и холодного водоснабжения, которые скрыты под облицовкой каркаса. Между облицовкой и стенками наружного корпуса размещен слой тепловой изоляции.

На крышке котла смонтирован клапан-турбинка, а на арматурной стойке установлены заливочная воронка, двойной предохранительный клапан и манометр.

Полезная вместимость 160 л, продолжительность нагрева его содержимого до температуры кипения — 75...80 мин при расходе 11 кг полусухих дров или 6 кг антрацита, кпд котла в процессе нагрева до кипения равен 30 %, в процессе «тихого» кипения — 49...55 %.

Повторное использование котла сокращает время нагрева его содержимого до кипения на 15...20 мин, уменьшает расход топлива и повышает кпд до 47 %.

Габариты котла, мм: длина — 1210, ширина — 1190, высота — 1110. Объем парогенератора 63 дм³, площадь греющей поверхности котла — 2,6 м².

Котел КПТ-100 имеет аналогичную конструкцию.

8.4. ГАЗОВЫЕ ПИЩЕВАРОЧНЫЕ КОТЛЫ

Газовые пищеварочные котлы выпускаются следующих типов: опрокидывающиеся КПГ-60М, КПГСМ-60 и неопрокидывающиеся — КПГ-160, КПГ-250, КПГСМ-250. Газовые пищеварочные котлы снабжаются приборами газовой автоматики безопасности и регулирования. По принципу действия газовая автоматика бывает следующих видов: электромагнитная, dilatометрическая, пневматическая.

Газовая автоматика электромагнитного действия. Схема автоматики представлена на рис. 8.11, а. При открытом газовом кране 8 газ из газопровода подходит к термоманитному клапану 6 автоматики безопасности, который перекрывает его дальнейший путь. Для того чтобы этот клапан открылся (сработал на запуск), нажимают на его пусковую кнопку. В результате газ поступает в запальную свечу 3, пламя в которой зажигают переносным запальником 7. Один из двух факелов свечи обогревает термопару 4, которая развивает термоэлектродвижущую силу (т.э.д.с.); в результате по цепи «термопара — электромагнит» проходит ток. После прекращения нажатия на кнопку открывается проход газу через термоманитный клапан к запальной свече 3 и к соленоидному клапану 5. С помощью тумблера (выключателя) включается электропитание соленоида и клапан 5 открывает проход газу к горелке 2. Открыв кран 1, ее зажигают от второго факела свечи. Автоматика сработает на запуск. При аварийном прекращении подачи газа горелка и свеча гаснут, термопара охлаждается, термоток исчезает, электромагнит перестает действовать и термоманитный клапан 6 закрывает доступ газу к горелке. При возобновлении подачи газа он не пройдет в незажженном виде через горелку в помещение, т. е. не создастся аварийная ситуация. Соленоидный клапан 5 в зависимости от максимального или минимального уровня

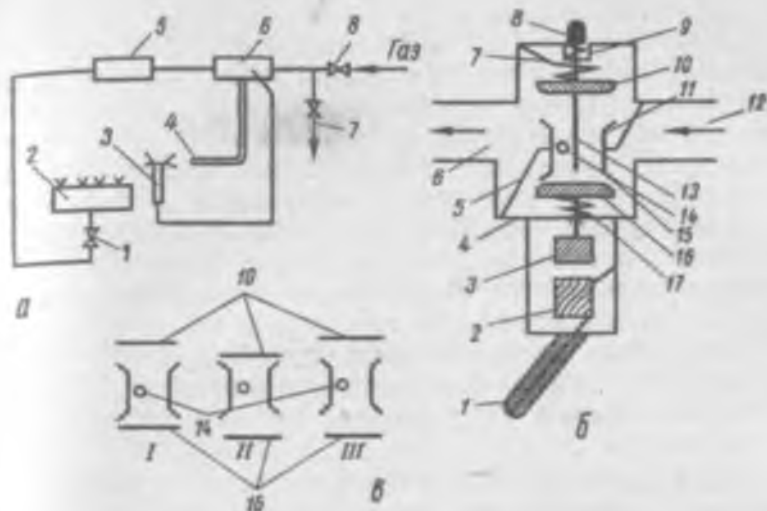


Рис. 8.11. Газовая автоматика безопасности электромагнитного действия:

а — принципиальная схема электромагнитной автоматики: 1 — кран горелки; 2 — горелка; 3 — запальная свеча; 4 — термопара; 5 — соленоидный клапан; 6 — термомагнитный клапан; 7 — переносной запальник; 8 — кран перед автоматикой; 9 — схема термомагнитного клапана: 1 — термопара; 2 — электромагнит; 3 — якорь; 4 — корпус; 5 — перегородка; 6 — выходной штуцер; 7 — верхняя пружина; 8 — пусковая кнопка; 9 — возвратная кнопочная пружина; 10 — верхняя тарелка; 11 — верхнее седло; 12 — входной штуцер; 13 — толкатель; 14 — вход в газопровод запальной свечи; 15 — нижнее седло; 16 — нижняя тарелка; 17 — нижняя пружина; 18 — положения клапана: I — допустовое; II — пусковое; III — рабочее

регулируемого параметра (давления, температуры) обеспечивает максимальный или минимальный расход газа, поддерживая этот параметр в интервале между установленными минимальным и максимальным его значениями.

Термомагнитный клапан имеет две конструктивные модификации с верхним и нижним расположением электромагнита, цикл действия которых одинаков. На рис. 8.11, б представлена одна из модификаций электромагнитного клапана, а на рис. 8.11, в показаны три позиции его клапанной группы.

Перед пуском электромагнитного клапана нижняя тарелка 16 под действием пружины 17 перекрывает нижнее седло 15 и газ не может пройти через клапан. Верхняя тарелка 10 под действием пружины 7 находится в крайнем верхнем положении (позиция I, рис. 8.11, в). После нажатия на кнопку 8 толкатель 13

и верхняя тарелка 10 опускаются и последняя перекрывает верхнее седло 11 (позиция II). Толкатель отжимает нижнюю тарелку 16 в крайнее нижнее положение, при котором жестко связанный с ней якорь 3 прижмется к электромагниту 2. При этом газ проходит только в газопровод 14 запальной свечи. Последняя зажигается переносным запальником и обогревает горячий спай термопары, в которой индуцируется т.э.д.с., по обмотке электромагнита 2 пойдет ток и якорь 3 притянется. Показателем этого является стабильность пламени свечи при ослаблении нажатия на кнопку. Если якорь не будет притянут, пламя свечи укоротится, так как под действием нижней пружины 17 нижняя тарелка 16 уменьшит сечение для прохода газа к свече.

При срабатывании клапана после прекращения нажатия на кнопку она под действием своей пружины возвратится в исходное положение. Под действием верхней пружины 7 верхняя тарелка 10 поднимется и откроет проход газу через клапан (позиция III). Автоматика работает на запуск; время срабатывания — 30...40 с.

При возникновении аварийной ситуации, например прекращается подача газа и гаснут газовая горелка и запальная свеча, охлаждается горячий спай термопары, исчезает т.э.д.с., перестает притягиваться якорь и под действием пружины 17 нижняя тарелка перекроет вход газу в клапан (позиция I). Автоматика работает на отключение; время срабатывания — 30...40 с.

Недостаток термомагнитного клапана — изменение упругости пружины 17, вызывающее изменение времени срабатывания на запуск и отключение, а также чувствительность термопары к механическим воздействиям, в результате чего может нарушиться электрическая цепь. Кроме того, этот клапан контролирует только один параметр — наличие пламени, т. е. защитная автоматика является одноканальной, что также является ее недостатком.

Соленоидный клапан (рис. 8.12, а) работает следующим образом. При включении электропитания соленоид 5 втягивает сердечник 7 и связанная с ним тарелка 8 открывает проход газу к горелке. Открыв кран, горелку зажигают от запальной свечи. Когда регулируемый параметр (давление, температура) до-

стигает верхнего значения, стрелка контактного прибора (манометра, термометра) замкнет верхний подвижной контакт, устанавливаемый вручную, соленоид обесточится, тарелка опустится на седло 4 и горелка погаснет. После этого регулируемый параметр будет уменьшаться до тех пор, пока не замкнется нижний подвижной контакт, при этом возобновится электропитание и горелка вновь зажжется от запальной свечи.

Таким образом, регулируемый параметр поддерживается в заданных пределах. При аварийном отключении электропитания проход газу через клапан может быть обеспечен упорным винтом 2, поднимающим тарелку 8. Контакты устанавливает специальное лицо, ответственное за эксплуатацию данного теплового аппарата.

Электрическая схема блока «соленоидный клапан — электроконтактный манометр» представлена на рис. 8.12, б. С помощью выключателя *S* через понижающий трансформатор *T* (220/12 В) включается электропитание соленоида *Y*. При достижении верхнего предела давления стрелка манометра замкнет передвигной контакт верхнего предела давления, срабатывает реле *K1*. Разомкнутый контакт *K1.2* этого реле замкнется, а замкнутый контакт *K1.3* разомкнется. Вследствие этого обесточится соленоид *Y* и подача газа к горелке прекратится. Одновременно замкнется разомкнутый контакт *K1.1*.

Давление будет падать, а стрелка манометра перемещаться против часовой стрелки до тех пор, пока не замкнется контакт *B*. При этом включится реле *K2*, которое разомкнет замкнутый контакт *K2.1*. Разомкнутый контакт *K1.3* замыкается, благодаря чему возобновится электропитание соленоида и откроется полный проход

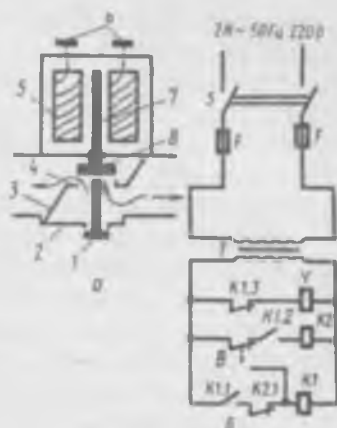


Рис. 8.12. Газовая автоматика регулирования электромагнитного действия:

а — схема соленоидного клапана: 1 — упорный винт; 2 — корпус; 3 — перегородка; 4 — седло; 5 — соленоид; 6 — клеммы; 7 — сердечник; 8 — клапанная тарелка; б — электрическая схема включения соленоидного клапана.

газа к горелке. При этом отключится реле *K2*, а запальная свеча останется постоянно горящей.

Недостатком описанной автоматики регулирования является возможность «залипания» контактов, входящих в реле, а также сочетание газа и электроэнергии в одном устройстве, что не рекомендуется с позиции техники безопасности.

Газовая автоматика дилатометрического действия. Дилатометрическая автоматика безопасности (рис. 8.13) состоит из клапана-отсекателя *1*, изготовленного из литого алюминия (силумина) и установленного на газопроводе перед горелкой аппарата, и запальной головки *8*, выполненной из того же материала и смонтированной так, чтобы боковой факел свечи *13* касался насадки горелки *12*. Клапан-отсекатель связан с запальной головкой медными импульсными трубками *6*, имеющими наружный диаметр около 6 мм.

В допусковом положении тарелка *4* перекрывает проход газу через клапан. Кран горелки *3* закрыт. Клапан *15* запальной головки *8* под действием толкателя *10*, нажимающего на рычаг *14*, открывает проход газу в нижнюю импульсную трубку *6*. Под и над мембраной *5*, выполненной из просаленной кожи, будет

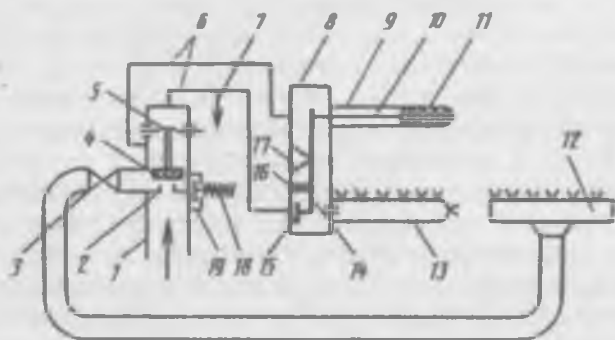


Рис. 8.13. Дилатометрическая газовая автоматика:

1 — клапан-отсекатель; *2* — седло; *3* — кран газовой горелки; *4* — тарелка клапана-отсекателя; *5* — мембрана; *6* — импульсные трубки; *7* — дыхательное сопло; *8* — запальная головка; *9* — оболочка дилатометра; *10* — толкатель дилатометра; *11* — керамическая вставка дилатометра; *12* — газовая горелка; *13* — запальная горелка (свеча); *14* — рычаг запальной головки; *15* — клапан; *16* — пружина; *17* — призматическая опора для рычага; *18* — подпружиненная пусковая кнопка; *19* — обводной (байпасный) канал клапана-отсекателя

атмосферное давление. Запуск автоматики осуществляется нажатием на подпружиненную пусковую кнопку 18, с помощью которой открывается проход газу через обводной канал 19. Газ, минуя основной проход, закрытый тарелкой 4, проходит под мембрану 5, затем в верхнюю импульсную трубу 6, в запальную головку 8 и запальную горелку 13, после чего — в нижнюю импульсную трубку 6 и в надмембранное пространство. При этом небольшое количество газа вытекает наружу через сопло 7, представляющее собой отверстие диаметром 0,3 мм в нижней импульсной трубке. Запальную свечу зажигают переносным запальником. Она обогревает оболочку 9 дилатометра и в меньшей степени толкатель 10 и керамическую вставку 11. Латунная оболочка удлиняется больше, чем латунный толкатель с керамической вставкой, имеющей весьма малый коэффициент линейного расширения. Вследствие этого ослабляется нажим толкателя на рычаг 14, и последний под действием пружины 16 поворачивается вокруг призматической опоры 17 по часовой стрелке, в результате чего клапан 15 перекрывает вход газу в нижнюю импульсную трубку 6. Из-за наличия сопла 7 давление над мембраной падает до атмосферного и мембрана под действием сетевого давления снизу прогибается вверх и поднимает тарелку, открывая основной проход газу через клапан. Показателем этого является удлинение пламени запальной горелки и его стабильность при ослаблении нажима на пусковую кнопку. Если бы основной проход не открылся, то пламя запальной горелки сократилось бы вследствие уменьшения сечения запасного (обводного) канала. Автоматика срабатывает на запуск; период срабатывания — менее 60 с. Незначительное количество газа, выходящее за это время в атмосферу через дыхательное сопло, опасности не представляет. Автоматика не срабатывает на запуск при открытом кране 3, так как почти весь газ из обводного канала будет свободно выходить в атмосферу через насадку горелки и по обе стороны мембраны не возникнет разности давлений.

После срабатывания автоматики отпускают кнопку, открывают кран горелки и зажигают ее от запальной горелки. При аварийном прекращении подачи газа гаснут основная и запальная горелки, перестает обогреваться дилатометр и усиливается нажим толкателя на

рычаг. В результате этого открывается вход в нижнюю импульсную трубку и давление по обе стороны мембраны выравнивается. Тарелка под действием силы тяжести перекрывает проход газу через клапан. Автоматика срабатывает на отключение; период срабатывания — 60 с.

Эта автоматика проще и надежней электромагнитной, так как в ней нет электрических цепей. Однако она также является одноканальной и контролирует только наличие пламени.

Газовая автоматика пневматического действия. Автоматика безопасности и регулирования 2АРБ (рис. 8.14) состоит из исполнительного органа, датчиков системы безопасности и регулирования. Исполнительный орган составляют два последовательно установленных унифицированных блока (блок безопасности АБ и блок регулирования АР). Датчики безопасности через канал защиты соединены импульсными трубками с блоком безопасности (первым по ходу газа), а датчики регулирования через канал регулирования — с блоком регулирования.

При открытии входного крана газ поступает в блок защиты АБ; вначале под заслонку 3 клапана-отсекателя и одновременно по каналу I через сопло источника давления 4 в полость 5 реле-инвертора, а затем по каналу III — в полость Б клапана-отсекателя. В этот период благодаря давлению в полости Б и массе заслонки 3 клапан-отсекатель закрыт.

При нажатии на пусковую кнопку 2 газ по каналу II подается в подмембранную полость А клапана-отсекателя первого блока и далее по каналу IV — к запальнику. Одновременно он поступает под заслонку клапана-отсекателя блока регулирования АР и заполняет импульсные каналы I, II, V. В канале II блока АР вместо пусковой кнопки смонтирован регулировочный винт 11. По этому каналу газ проходит в подмембранную полость А блока АР и далее к закрытому крану 13 горелки.

По каналу I через сопло источника давления, полость В и канал III газ подается в надмембранную полость Б блока АР. Поскольку давление в полости А и Б уравнивается, клапан-отсекатель при этом остается закрытым за счет массы заслонки.

Через канал V и соответствующие дроссели запол-

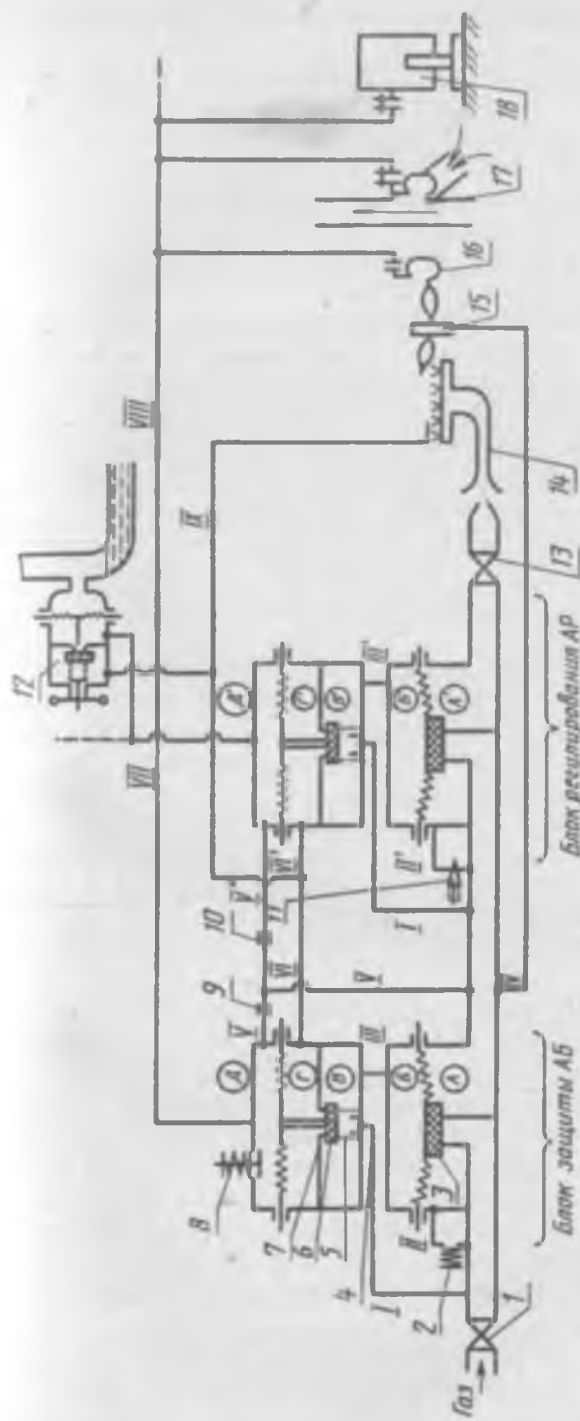


Рис. 8.14. Принципиальная схема газовой автоматики 2АРБ:

А, Б, А', Б' — соответственно подменбранная и надменбранная полости блоков АВ и АР; В, Г, Д, В', Г', Д' — соответственно нижняя, средняя и верхняя полости блоков АВ и АР; 1, 1' — передпусковые каналы источников давления; II, II' — передпусковые каналы подменбранных устройств; III, III' — передпусковые каналы из главного клапана в реле-инверторы; IV — газопровод запальника; V, V', V'' — импульсные трубки давления; VI, VI' — импульсные трубки линии эвакуации; VII — канал регулирования; VIII — канал защиты; IX — линия эвакуации; 1 — входной кран; 2 — кнопка пуска; 3 — заслонка клапана-отсекателя; 4 — сигнал источника давления реле-инвертора; 5, 6, 7 — пружина, заслонка и дренажное сопло реле-инвертора; 8 — кнопка останова; 9, 10 — арматура; 11 — арматура; 12 — датчик давления; 13 — датчик; 14 — горелка; 15 — запальник; 16, 17, 18 — соответственно датчики пламени, тяги и положение котла

няются газом каналы регулирования VII и защиты VIII.

При закрытом датчике регулирования в канале регулирования VII и полости Д давление возрастает, благодаря чему заслонка реле-инвертора, преодолевая усилие пружины, переходит в нижнее положение, дренажное сопло открывается, а сопло источника давления закрывается.

Давление в полости Б падает, так как газ по каналу III через полость В, дренажное сопло, канал VI и линию эвакуации IX сбрасывается в атмосферу. При этом мембрана клапана-отсекателя блока АР выгибается кверху и заслонка, поднимаясь, открывает проход газу к газовой горелке. Нагреваясь пламенем запальника, датчик пламени 16 закрывается, давление в клапане защиты возрастает и обеспечивает срабатывание блока АБ в описанной последовательности.

Если срабатывает один из датчиков защиты, канал защиты открывается, что приводит к отключению блока АБ, прекращению подачи газа к основной горелке и запальнику.

При срабатывании датчика регулирования закрывается блок АР, а запальник продолжает гореть, так как газ к нему проходит по каналу IV. Основная горелка переходит на малый режим, поскольку газ к ней подается по каналу II через зазор малого сечения между отверстием и иглой регулировочного винта.

Блоки автоматики АБ и АР могут использоваться порознь в комплекте со своими датчиками: блок АБ — для контроля параметров безопасности, блок АР — для регулирования теплового режима газопотребляющего аппарата.

Прибор 2АРБ имеет двухпозиционное регулирование, рассчитанное на максимальный или минимальный расход газа. Кроме того, в приборе 2АРБ в связи с двухпозиционным принципом регулирования имеет место значительная инерция процесса. Объясняется это длительными переходными процессами набора или сброса давления в надмембранной полости реле-инвертора блока АР. Поэтому разработан прибор автоматики регулирования типа АРП-1, в котором расход газа снижается по мере повышения регулируемого параметра.

Автоматика регулирования АРП-1 (рис. 8.15) состоит из нормально открытого исполнительного блока 2

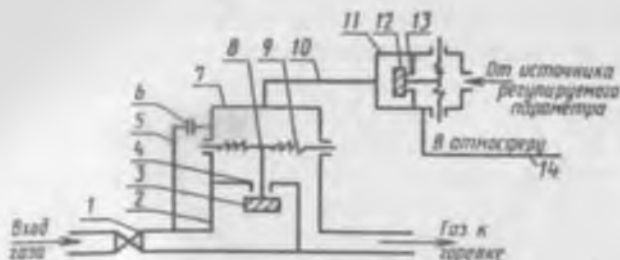


Рис. 8.15. Принципиальная схема газовой автоматики АРП-1

и нормально закрытого датчика регулирования 11. В исполнительном блоке находится заслонка 3, жестко связанная с седлом 4 и подвижной мембраной 8, разделяющей блок на надмембранную 7 и подмембранную 9 полости. Перепускной канал 5 с дросселем 6 соединяет газопровод с надмембранной полостью исполнительного блока. В датчике регулирования расположен нормально закрытый клапан 12. Датчик соединен с исполнительным блоком импульсной трубкой 10 и с атмосферой линией эвакуации 14.

Автоматика работает следующим образом: после того как кран 1 на подводящем газопроводе открыт, газ через нормально открытый клапан поступит в подмембранную полость (полость исполнительного блока) и одновременно по перепускному каналу через дроссель в надмембранную полость. Так как датчик в нормальном (нерабочем) состоянии закрыт, давление над и под мембраной исполнительного блока становится равным давлению газа в газопроводе. Газ идет к газовой горелке. По мере повышения давления (например, в рубашке котла) мембрана блока регулирования прогибается влево и клапан 12 начинает уходить от седла 13, в результате чего происходит сброс газа из надмембранной полости исполнительного блока через импульсную трубку, датчик регулирования и линию эвакуации в атмосферу. По достижении определенного значения перепада давления газа над и под мембраной исполнительного блока мембрана с клапаном начинает перемещаться вверх и постепенно уменьшать сечение для прохода газа. Расход газа постепенно уменьшается до величины, необходимой для поддержания регулируемого параметра на заданном уровне.

Отсутствие в автоматике АРП-1 реле-инвертора уп-

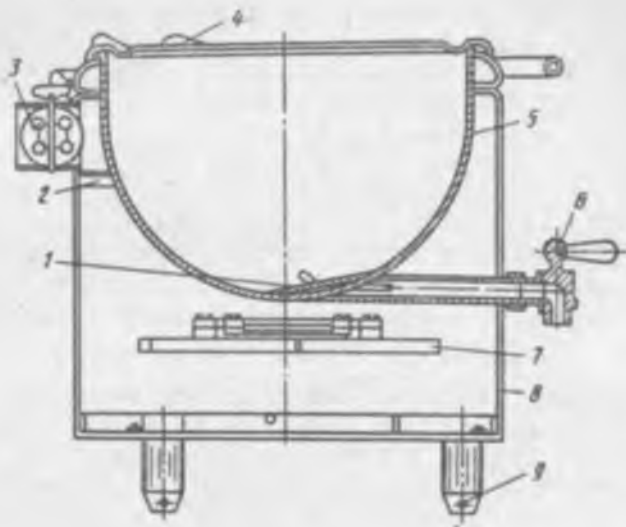


Рис. 8.16. Котел газовый пищеварочный с непосредственным обогревом:

1 — съемная решетка; 2 — перегородка; 3 — патрубок с шибером для отвода продуктов сгорания; 4 — откидывающаяся крышка; 5 — варочный сосуд; 6 — сливной кран; 7 — газогорелочное устройство; 8 — корпус; 9 — регулируемая по высоте ножка

рощает конструкцию исполнительного блока и повышает надежность работы системы.

Котел газовый пищеварочный с непосредственным обогревом. Газовые пищеварочные котлы с непосредственным газовым обогревом отличаются простотой конструкции и малой металлоемкостью. Котел (рис. 8.16) состоит из внутреннего варочного сосуда полусферической формы и корпуса. В нижней части варочного сосуда установлен патрубок со сливным краном. Во избежание засорения крана вход в патрубок закрыт съемной решеткой. Патрубок для отвода продуктов сгорания имеет поворотный шибер с отверстиями для вентиляции камеры сгорания. С целью равномерного обогрева поверхности варочного сосуда продуктами сгорания под патрубком для их отвода предусмотрена перегородка, препятствующая прямому выходу продуктов сгорания в дымовую трубу.

Котел снабжен открывающейся крышкой. В камере сгорания установлено газогорелочное устройство, состоящее из двух инжекционных газовых горелок раз-

ной производительности. При доведении содержимого котла до кипения работают обе горелки, далее на режиме тихого кипения оставляют работающей одну из них.

Полусферическая форма и значительная толщина стенок варочного котла, а также расположение горелок на значительном расстоянии от поверхности нагрева создают условия для равномерного обогрева котла.

Котел снабжен газовой автоматикой безопасности электромагнитного типа.

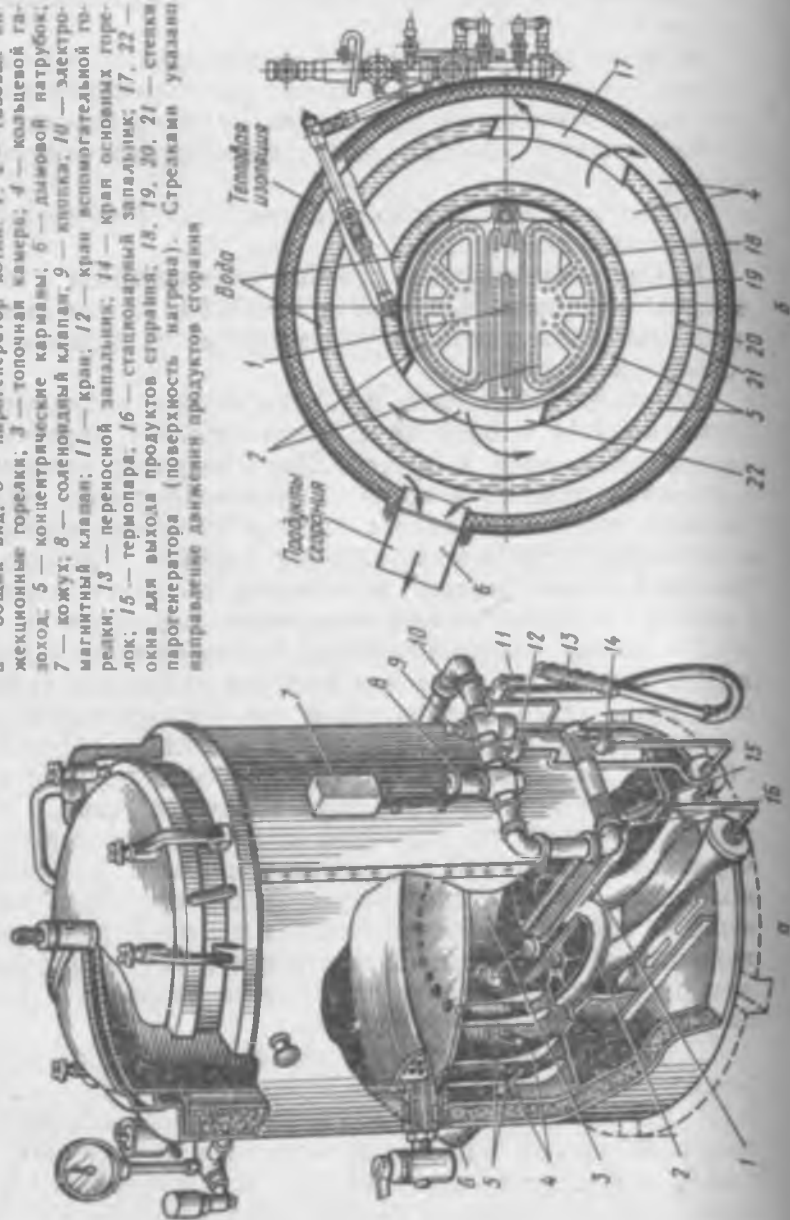
Котлы пищеварочные газовые стационарные с косвенным обогревом КПГ-160 и КПГ-250. Котлы имеют принципиально одинаковое устройство и отличаются только размерами.

Котел КПГ-250 (рис. 8.17) имеет индивидуальный парогенератор в виде двух концентричных карманов, вставленных один в другой. Парогенератор соединен с паровой рубашкой котла. Внутренняя стенка внутреннего кармана является стенкой топочной камеры, в которой установлены газовые горелки. Кольцевой щелевой канал между карманами образует первый газоход, а канал между наружным карманом и кожухом котла — второй газоход. Карманы заполняются водой. Они имеют окна для прохода продуктов сгорания газа. Окна расположены на противоположных сторонах карманов и вместе со стыками карманов образуют удлиненный газоход для более полного использования теплоты уходящих топочных газов. Продукты сгорания из топочной камеры направляются через окно к стенке внутреннего кармана в первый кольцевой газоход, далее через окно в наружном кармане во второй кольцевой газоход и с помощью дымового патрубка отводятся в вытяжную трубу, на которой для регулирования тяги установлена заслонка с просверленными в ней отверстиями.

Принципиальное отличие конструкции парогенератора котла КПГ-250 от парогенератора котла КПГ-160 заключается в наличии второго кольцевого газохода между наружным карманом и кожухом, а также существенно меньшей высоте топочной камеры, днище которой является глухим. Наличие дополнительного газохода объясняется более высокой температурой топочных газов, которую снижают удлинением пути конвективного тракта газохода. Снижение темпе-

Рис. 8.17. Котел стационарный газовый пищеварочный с косвенным обогревом:

а — общий вид, б — парогенератор котла; 1, 2 — газовые инжекционные горелки; 3 — точечная камера; 4 — кольцевой газодух; 5 — концентрические карманы; 6 — дымовой патрубок; 7 — кожух; 8 — соленоидный клапан; 9 — кнопка; 10 — электромагнитный клапан; 11 — кран; 12 — кран испарительной горелки; 13 — переносной запальник; 14 — кран основного горелки; 15 — термометр; 16 — стационарный запальник; 17, 22 — окна для выхода продуктов сгорания; 18, 19, 20, 21 — стенки парогенератора (поверхность нагрева). Стрелками указаны направление движения продуктов сгорания



ратуры уходящих продуктов сгорания позволяет снизить потери теплоты и повысить КПД котла.

Газогорелочное устройство котла включает две инжекционные газовые горелки, запальную горелку и термопару. На подводящем газопроводе установлены приборы газовой автоматики электромагнитного действия (термомагнитный клапан и соленоидный клапан). Контрольно-измерительная и предохранительная арматура котла включает электроконтактный манометр, наполнительную воронку, двойной предохранительный клапан и клапан-турбинку.

Котел пищеварочный газовый секционный модулированный КПГСМ-250. Котел (рис. 8.18) выполнен в виде прямоугольного параллелепипеда и имеет варочный сосуд в форме горизонтального полуцилиндра. Форма варочного сосуда предопределяет коридорную форму топки и щелевых газоходов.

Топку образуют три кармана парогенератора. Средний карман разделяет топку на две части, что увеличивает радиационную поверхность нагрева центрального кармана, который облучается пламенем с двух сторон. В топочной камере между карманами располагается

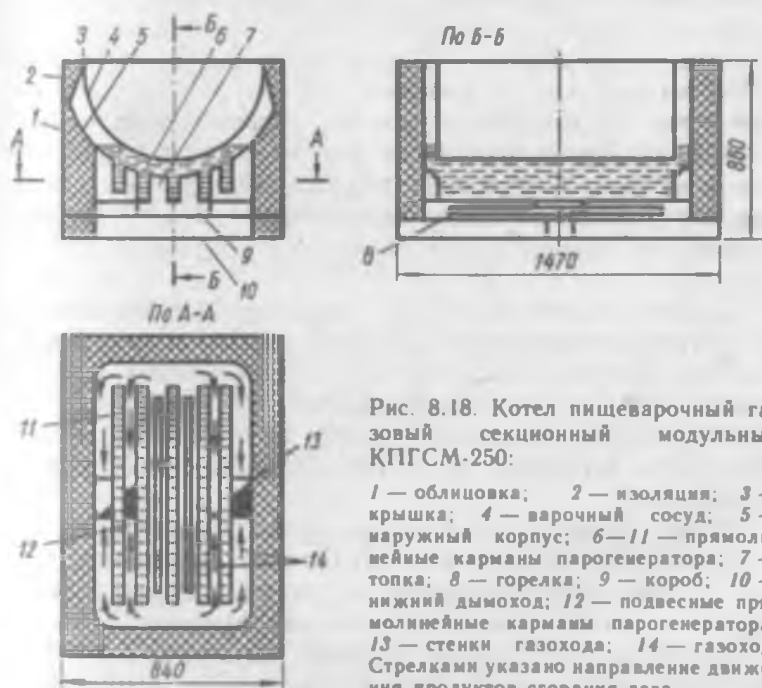


Рис. 8.18. Котел пищеварочный газовый секционный модульный КПГСМ-250:

1 — облицовка; 2 — изоляция; 3 — крышка; 4 — варочный сосуд; 5 — наружный корпус; 6—11 — прямолинейные карманы парогенератора; 7 — топка; 8 — горелка; 9 — короб; 10 — нижний дымоход; 12 — подвесные прямолинейные карманы парогенератора; 13 — стенки газохода; 14 — газоход. Стрелками указано направление движения продуктов сгорания газа

двухтрубная горелка. Горелка имеет малогабаритный многосопловый смеситель с периферийной подачей газа. Продукты сгорания из открытых торцевых окон расходятся, поворачиваясь на 180° по двум прямолинейным газоходам, образованным наружными стенками двух основных карманов и стенками газохода.

Для увеличения поверхности нагрева по всей длине газохода расположены два дополнительных кармана, высота которых меньше высоты основного газохода.

Таким образом, три основных кармана и два дополнительных создают компактный парогенератор с малым заполнением его водой (около 26 л) и развитой поверхностью нагрева ($2,1 \text{ м}^2$). Из газоходов продукты сгорания через короба выводятся в нижний дымоход. Снизу двухтоннельные газоходы и топка закрываются листом с щелевыми отверстиями для установки горелки и подсоса вторичного воздуха.

Котел снабжен газовой автоматикой безопасности и регулирования 2АРБ, контрольно-предохранительной арматурой и тепловой изоляцией.

Котел пищеварочный газовый опрокидывающийся КПГ-60М. Котел (рис. 8.19) установлен на литой чугунной вилкообразной станине с помощью цапф (левой и правой), обеспечивающих опрокидывание котла червячным редуктором. Парогенератор, приваренный снизу к пароводяной рубашке, состоит из двух концентрических цилиндров-карманов, вставленных один в другой. Внутренний карман вместе с дном наружного котла образует топочную камеру, наружный — кольцевой газоход. Карманы заполняются водой. В газогорелочной камере установлена газовая инжекционная горелка.

Подачу первичного воздуха к горелке регулируют регулятором первичного воздуха, выполненным в виде шайбы, которая перемещается по резьбовой нарезке патрубка с соплом. Вторичный воздух к горелкам поступает через кольцевой зазор в основании котла. Продукты сгорания из топочной камеры отводятся в дымоход.

Котел снабжен контрольно-предохранительной арматурой: двойным предохранительным клапаном, крапом уровня, наполнительной воронкой, а также газовой автоматикой безопасности и регулирования 2АРБ.

Котел пищеварочный газовый секционный модулированный КПГСМ-60. Котел (рис. 8.20) выполнен в

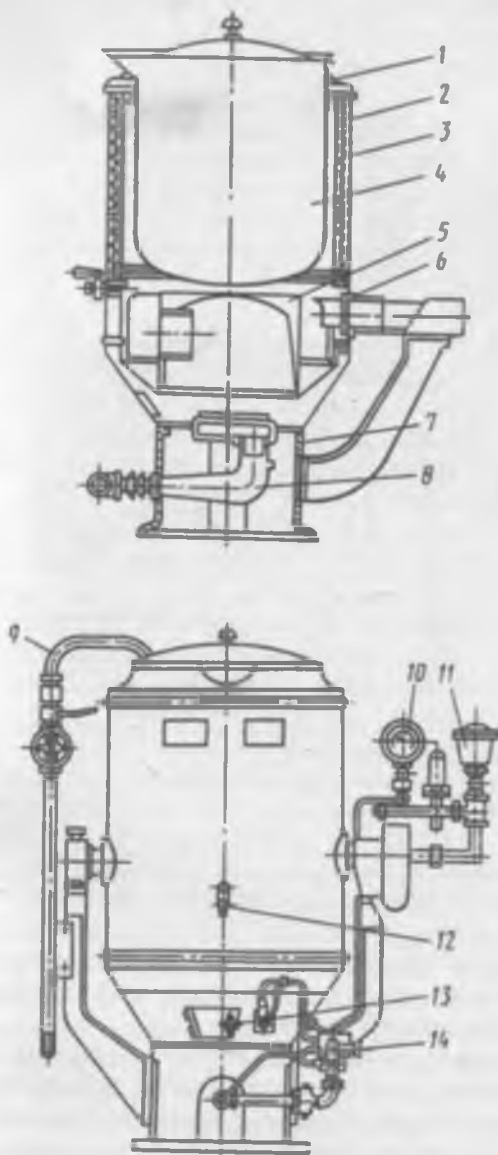


Рис. 8.19. Котел пищеварочный газовый опрокидывающийся КПГ-60М:

1 — варочный сосуд; 2 — наружный котел; 3 — теплоизоляция; 4 — пароводяная рубашка; 5 — парогенератор; 6 — фланец; 7 — постамент; 8 — инжекционная горелка; 9 — поворотный кран; 10 — манометр; 11 — наполнительная воронка; 12 — кран уровня; 13 — дверца; 14 — блок газовой автоматики

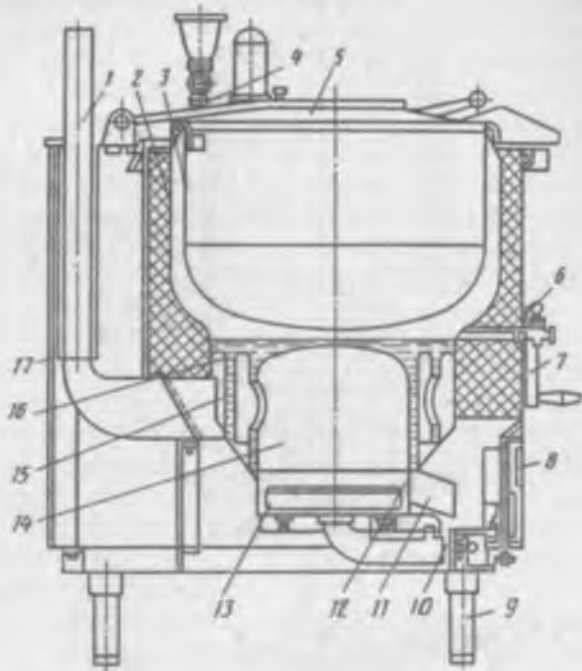


Рис. 8.20. Котел пищеварочный газовый секционный модулированный КПГСМ-60:

1 — дымоход; 2 — наружный корпус; 3 — варочный сосуд; 4 — арматурный узел; 5 — крышка; 6 — кран уровня; 7 — маховичок; 8 — дверца; 9 — ножки, регулируемые по высоте; 10 — рама; 11 — патрубок; 12 — кожух; 13 — горелка; 14 — топка; 15 — кольцевые газоходы; 16 — парогенератор; 17 — наружная облицовка котла

виде параллелепипеда. Он состоит из внутреннего цилиндрического варочного сосуда, наружного корпуса и маломемкого парогенератора.

Парогенератор выполнен в виде двух цилиндрических карманов разной высоты, наружные стенки которых образуют топку и два кольцевых газохода. Цилиндрическая внешняя стенка второго газохода не экранирована. Она переходит в нижнюю коническую торцевую стенку кольцевых газоходов. Наружный корпус котла покрыт теплоизоляцией и облицован плоскими эмалированными панелями. Под топкой в специальном цилиндрическом кожухе установлена газовая горелка с кольцевой насадкой и запальником. Для подсоса вторичного воздуха в днище топочной камеры имеются специальные отверстия.

Между задней стенкой котла и облицовочным листом установлен вертикальный дымоход прямоугольного сечения, обеспечивающий отвод продуктов сгорания.

В правой стойке котла смонтированы опрокидывающее устройство и подводящий газопровод. В левой — расположены трубопроводы горячей и холодной воды.

Котел снабжен газовой автоматикой безопасности и регулирования 2АРБ и контрольно-измерительной арматурой, аналогичной арматуре котла КПГ-60М.

8.5. ПАРОВЫЕ ПИЩЕВАРОЧНЫЕ КОТЛЫ

На предприятиях общественного питания используются паровые пищеварочные котлы КПП-100, КПП-160 и КПП-250. Они имеют аналогичную конструкцию и различаются только размерами. От неопрокидывающихся электрических и газовых котлов они отличаются тем, что пар, обогревающий варочный сосуд, образуется не в самом котле, а поступает в паровую рубашку по паропроводу извне.

Котел КПП-100 (рис. 8.21, а, б) состоит из варочного сосуда и наружного котла, покрытого изоляцией. Пространство между варочным сосудом и наружным котлом представляет собой паровую рубашку, в которую подается по паропроводу пар. Количество подаваемого пара регулируется с помощью парозапорного вентиля. Варочный сосуд герметично закрывается откидной крышкой с резиновым уплотнителем. На крышке устанавливается клапан-турбинка. Котел снабжен двойным предохранительным клапаном, манометром, воздушным клапаном, конденсатоотводчиком и продувочным краном. Двойной предохранительный клапан и манометр, показывающий давление пара в паровой рубашке, установлены на арматурной стойке. Конденсатоотводчик и продувочный кран расположены в полости между дном паровой рубашки и днищем облицовочного кожуха и предназначены для отвода из паровой рубашки конденсата.

Нагрев варочного сосуда парового котла осуществляется за счет теплоты парообразования. Пар, попадая в рубашку котла, соприкасается с холодными стенками варочного сосуда и наружного котла и конденсируется. При этом выделяется скрытая теплота

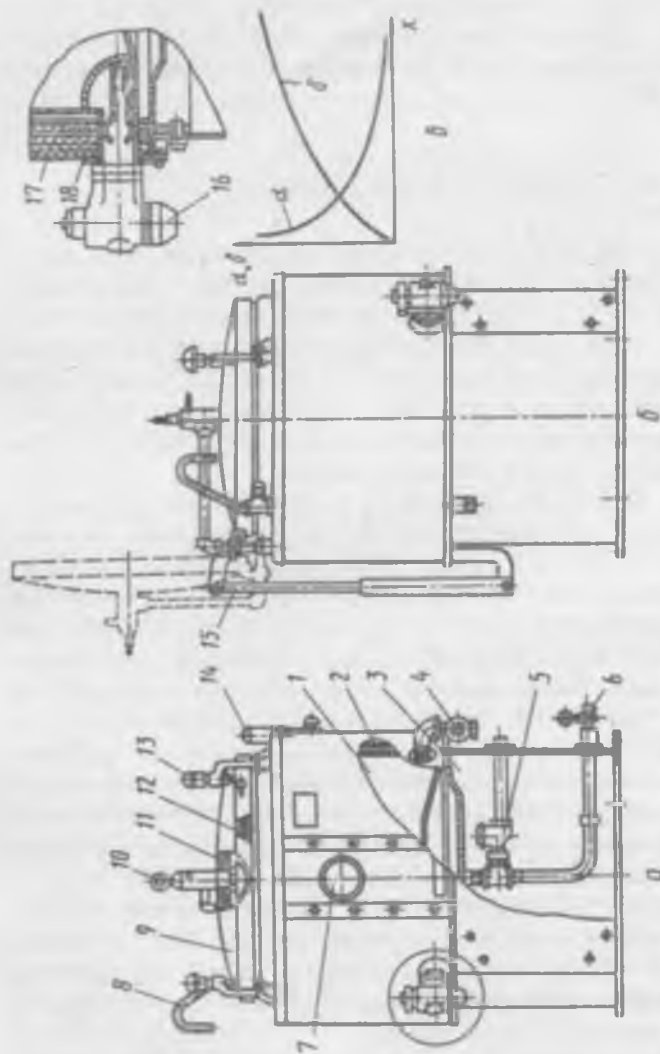


Рис. 8.21. Котел пищеварочный паровой КПН-100:

а — общий вид; б — сливной кран; в — изменение толщины пленки конденсатора и коэффициента теплоотдачи вдоль вертикальной стенки; 1 — варочный сосуд; 2 — наружный корпус; 3 — основание; 4 — вентиль; 5 — коллектор; 6 — кран; 7 — манометр; 8 — перекидной кран; 9 — крышка; 10 — клапан-турбина; 11 — отражатель; 12 — резиновый уплотнитель; 13 — наклонный рычаг; 14 — двойной предохранительный клапан; 15 — рычаг; 16 — сливной кран; 17 — тепловая изоляция; 18 — обложка

парообразования, которая идет на нагрев содержимого котла.

Паровые котлы обладают целым рядом преимуществ перед другими типами котлов.

Использование централизованно приготовленного пара как теплоносителя позволяет упростить конструкцию котлов (отсутствие парогенератора). Коэффициент теплоотдачи от конденсирующего пара довольно высок, что также повышает эксплуатационные показатели парового котла.

Конденсация паров бывает пленочной или капельной.

При *пленочной* конденсации на поверхности тела образуется жидкостная пленка, при *капельной* конденсации образуются капли. Нужно отметить, что при капельной конденсации процессы теплопередачи происходят в 10—20 раз интенсивнее, чем при пленочной.

Образуемая пленка представляет собой основное термическое сопротивление переходу теплоты от пара к твердому телу. Более того, пленка, стекая по вертикальной поверхности, утолщается за счет конденсации пара по всей поверхности твердого тела. Утолщение пленки по высоте приводит к увеличению ее термического сопротивления.

В связи с тем что толщина пленки на стенке котлов увеличивается к нижней части, наиболее высокий коэффициент теплоотдачи от пара к стенке котла будет в верхней части котла. Характер изменения толщины пленки конденсата и коэффициента теплоотдачи вдоль вертикальной стенки показан на рис. 8.21, в. Для уменьшения толщины пленки конденсата на вертикальной стенке можно устанавливать слезниковые кольца, с которых пленка конденсата будет стекать в виде капель.

В общем виде критериальное уравнение, характеризующее теплообмен при конденсации, может быть представлено в следующем виде:

$$Nu = c(Pr \cdot Ga \cdot A)^{0.25}, \quad (8.2)$$

где Pr — критерий Прандтля ($Pr = \nu/a$); Ga — критерий Галилея ($Ga = g l^3/\nu^2$); A — критерий теплового подобия при изменении агрегатного состояния. Он определяется по следующей формуле:

$$A = r/\Delta t \cdot c, \quad (8.3)$$

где Δt — разность температур ($\Delta t = t_n - t_{\text{ст}}$); r — теплота парообразования (теплота конденсации), Дж/кг; c — теплоемкость, Дж/(кг·К).

Входящие в уравнение (8.2) критерии Pr и Gr определяют по параметрам пленки конденсата. Критерий A представляет собой меру отношения теплового потока, затрачиваемого на фазовое превращение, к теплоте перегрева фазы при температуре ее насыщения.

Значение коэффициента c в уравнении (8.2) зависит от вида поверхности, на которой происходит конденсация. Для вертикальных стенок и труб $c = 0,943$, для горизонтальных труб $c = 0,728$.

В целях упрощения расчетов уравнение (8.2) можно решить относительно коэффициента теплоотдачи α . После выражения критериев через входящие в них величины и некоторых сокращений формула для определения α примет вид

$$\alpha = c \sqrt{\lambda_{\text{ж}}^3 \rho_{\text{ж}}^2 g / \eta_{\text{ж}} l \Delta t} \quad (8.4)$$

где $\lambda_{\text{ж}}$; $\eta_{\text{ж}}$; $\rho_{\text{ж}}$ — соответственно коэффициенты теплопроводности, Вт/(м·К), динамической вязкости жидкости, Па·с, и плотности жидкости, кг/м³; g — ускорение свободного падения, м/с²; l — определяющий размер, м (l для вертикальных стенок и труб равен их высоте, для горизонтальных труб — их диаметру).

Следует отметить, что на скорость переноса теплоты при конденсации пара существенно влияет наличие в паре примесей воздуха и неконденсирующихся газов. Так, содержание в паре 1 % воздуха приводит к уменьшению коэффициента теплоотдачи на 40 %, 6...8 % воздуха — на 80 %.

При работе паровых котлов необходимо правильно организовать отвод конденсата из рубашки. Для этих целей в днище котла монтируется конденсатоотводчик поплавкового или сильфонного типа, который отводит из рубашки только конденсат и не пропускает пар. Это исключает наличие так называемого пролетного пара, который, не сконденсировавшись, уходит из рубашки в конденсатопровод.

8.6. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ПИЩЕВАРОЧНЫЕ КОТЛЫ

На предприятиях общественного питания эксплуатируются неопрокидывающиеся электрические пищевароч-

ные котлы (КПЭ-100, КПЭ-160, КПЭ-250, КЭ-100, КЭ-160, КЭ-250), опрокидывающиеся (КПЭ-40, КПЭ-60, КПЭСМ-60), а также устройства со съёмным варочным сосудом (УЭВ-40, УЭВ-60).

Котел пищеварочный электрический. Котел (рис. 8.22) неподвижно закреплен на постаменте. В парогенераторе, выполненном в виде прямоугольной стальной коробки, размещенной под днищем корпуса на специальной крышке, смонтированы шесть тэнов. Котел снабжен герметически закрывающейся двухстенной крышкой. Крышка уравнивается противовесом, позволяющим фиксировать ее в любом положении.

Элементы автоматического управления тепловым режимом котла и защиты тэнов от сухого хода, за исключением электроконтактного манометра, смонтированы на шите управления в специальном ящике (стан-

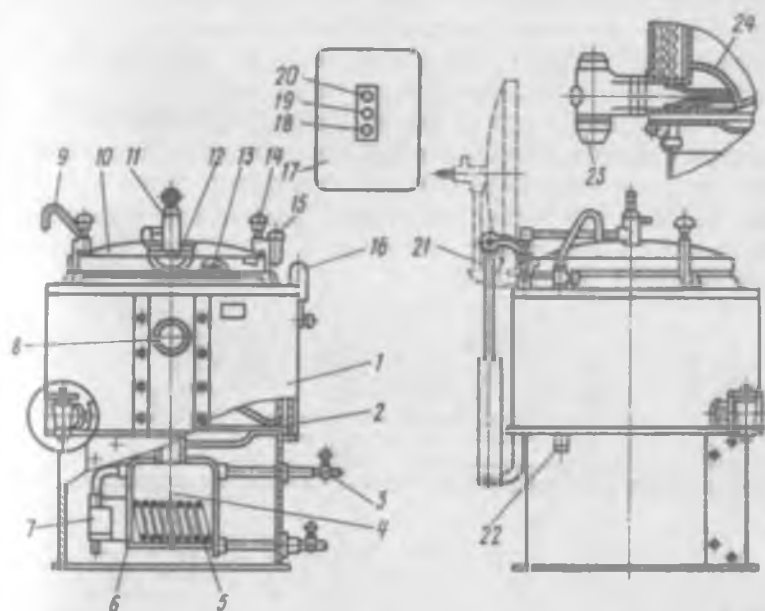


Рис. 8.22. Котел пищеварочный электрический КПЭ-100:

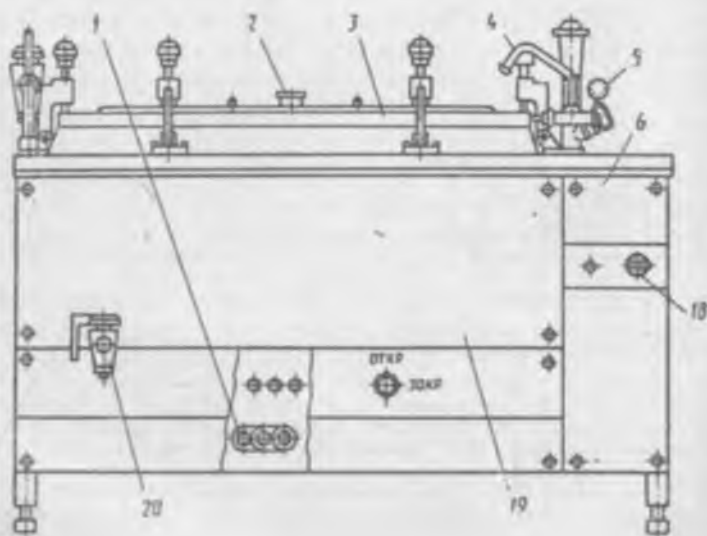
1 — облицовка; 2 — тепловая изоляция; 3 — пробноспускной кран; 4 — датчик; 5 — тэны; 6 — парогенератор; 7 — реле давления; 8 — манометр; 9 — поворотный кран; 10 — крышка; 11 — клапан-турбинка; 12 — отражатель клапана-турбинки; 13 — прокладка; 14 — накладные рычаги; 15 — воронка; 16 — двойной предохранительный клапан; 17 — станция управления; 18 — ручка; 19 — лампа «Включено»; 20 — лампа «Нет воды»; 21 — противовес; 22 — трубопровод холодной воды; 23 — сливной кран; 24 — фильтр

ции управления), который устанавливается рядом с котлом. На передней панели станции управления размещены кнопки «Пуск», «Стоп» и две сигнальные лампы. Автоматическая защита от сухого хода предохраняет котел от включения, когда тэны не полностью покрыты водой, а также отключает котел от электрической сети при понижении уровня воды в рубашке ниже допустимого (в обоих случаях зажигается сигнальная лампа).

Котел работает в двух режимах. Первый режим обеспечивает автоматическое отключение пяти тэнов от сети при достижении давления верхнего заданного предела и включение их после снижения давления до нижнего предела; второй режим — автоматическое отключение всех тэнов от сети после установления в пароводяной рубашке заданного давления. Котлы КПЭ-160, КПЭ-250 имеют аналогичное устройство и отличаются габаритами.

Котел электрический КЭ-250. Котел электрический (рис. 8.23, а) представляет собой заключенный в металлический кожух варочный сосуд, установленный на основании и облицованный панелями.

Пространство между облицовочными панелями и варочным сосудом заполнено теплоизоляцией. Под варочным сосудом смонтирован парогенератор, вода в который заливается через воронку. Замкнутое пространство между варочным сосудом и кожухом является пароводяной рубашкой.



Варочный сосуд закрывается крышкой с пружинным устройством. Крышка плотно прижимается к верхнему краю варочного сосуда накладными рычагами.

Элементы управления и сигнализации выведены на панель управления. Режимы работы котла задаются вручную переключателем: режим 1 — варка; режим 2 — разогрев; режим 3 — варка на пару.

При режиме 1 котел включается на полную мощность, избыточное давление в рубашке достигает верхнего заданного предела и котел переключается на

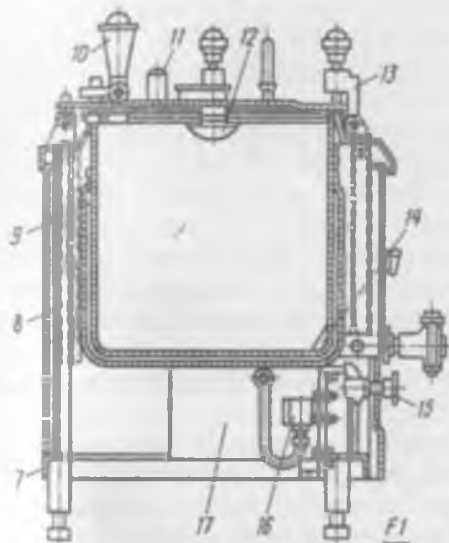
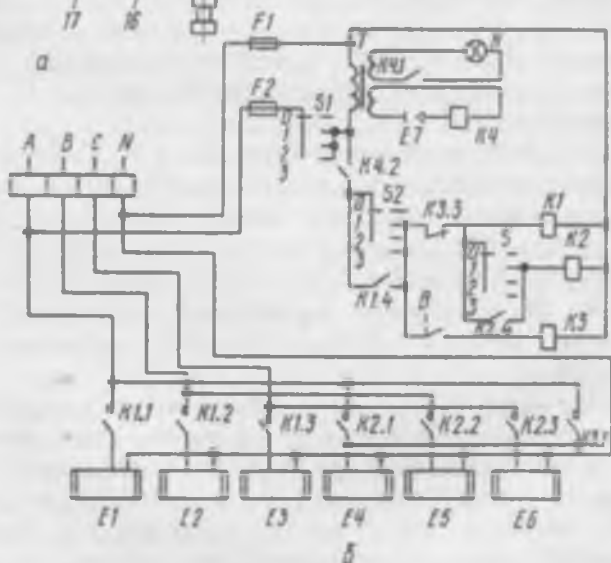


Рис. 8.23. Котел электрический КЭ-250:

а — общий вид: 1 — электронагреватели; 2 — клапан для отвода пара; 3 — крышка; 4 — кран; 5 — мановакуумметр; 6 — панель управления; 7 — основание; 8 — теплоизоляция; 9 — варочный сосуд; 10 — воронка; 11 — предохранительный клапан; 12 — отражатель; 13 — накладные рычаги; 14 — сетка; 15 — кран уровня; 16 — реле давления; 17 — парогенератор; 18 — переключатель; 19 — облицовочные панели; 20 — сливной кран; б — электрическая схема



$\frac{1}{6}$ мощности. При падении избыточного давления до нижнего заданного предела котел автоматически переключается на полную мощность и далее цикл повторяется.

При режиме 2 котел включается на полную мощность. После того как избыточное давление в рубашке достигнет верхнего заданного предела, котел выключается.

При режиме 3 котел включается на полную мощность, избыточное давление в рубашке достигает верхнего заданного предела и котел переключается на $\frac{1}{6}$ мощности. При падении избыточного давления до нижнего заданного предела он переключается на $\frac{1}{2}$ мощности. При достижении верхнего заданного предела давления котел опять переключается на $\frac{1}{6}$ мощности и далее цикл повторяется.

Котел снабжен устройством для автоматического перелива бульона и других жидкостей из варочного сосуда в функциональные емкости, передвижные котлы, мармиты. Для загрузки и выгрузки кассет с функциональными емкостями используется специальная подъемная тележка.

Электрическая схема котла КЭ-250 приведена на рис. 8.23, б.

Котел имеет три режима работы. Установка на заданный режим осуществляется переключателем *S* с тремя контактными группами. На полную мощность тэны *E1...E6* включаются контактами магнитных пускателей *K1* и *K2*, на $\frac{1}{2}$ мощности тэны *E1...E3* включаются магнитным пускателем *K1*, на $\frac{1}{6}$ мощности — пускателем *K3*.

После установки переключателя *S* на нужный режим и при включении котла в сеть проверяется наличие воды в пароводяной рубашке котла. Если вода достигает электрода *E7*, реле *K4* включается. Его замыкающие контакты *K4.1* и *K4.2* включают желтую сигнальную лампу *H* и катушки магнитных пускателей *K1*, *K2*; контактами *K1.1...K1.3*, *K2.1...K2.3* включаются тэны *E1...E6*.

После достижения в пароводяной рубашке верхнего заданного предела давления контакт *B* датчика-реле давления замыкается и включает пускатель *K3*. При режиме 1 или 3 контакт *K3.3* отключает пускатели *K1*, *K2* и переключает тэны на $\frac{1}{6}$ мощности. Если задан режим 2, то после отключения пускателей *K1* и *K2* вы-

ключается и пускатель *КЗ*, в результате чего отключаются все нагреватели.

После понижения давления до нижнего заданного предела контакт *В* датчика-реле давления размыкается и отключает пускатель *КЗ*. При этом в режиме 1 пускатели *К1*, *К2* включаются и электронагреватели включаются на полную мощность, в режиме 3 включается только один пускатель *К1* и включает тэны *Е1...Е3*, т. е. на $1/2$ мощности нагрева.

Отключается котел при установке переключателя *С* в положение 0, при этом лампа *Н* гаснет.

Котлы КЭ-100 и КЭ-160 отличаются от КЭ-250 размерами варочного сосуда и мощностью электронагревателей.

Каждый котел комплектуется кассетами: КЭ-100 — 1 шт., КЭ-160 — 2, КЭ-250 — 3 шт. и перфорированными вкладышами: КЭ-100 — 2 шт., КЭ-160 — 4, КЭ-250 — 6 шт.

Котел пищеварочный электрический секционный модулированный КПЭСМ-60. Котел (рис. 8.24) имеет прямоугольный корпус, в который заключен варочный сосуд, в верхней части переходящий в прямоугольный стол с желобом для слива жидкости. На столе, в стойках, крепится откидная крышка сосуда, которую можно фиксировать в любом положении. Двухстенный котел закреплен пустотелыми цапфами, опирающимися на подшипники скольжения чугунных кронштейнов, смонтированных внутри двух тумб, которые крепятся к раме, регулируемой по высоте. Обогрев внутреннего котла обеспечивается тремя тэнами, закрепленными на съемном днище. Поворотный механизм котла расположен в правой тумбе. При опрокидывании котла вперед сливается жидкость, при опрокидывании назад обеспечивается доступ к тэнам.

На левой тумбе смонтированы смеситель воды с двумя кранами и поворотная трубка. В этой же трубке установлена выдвижная панель с аппаратурой управления, на лицевую сторону которой выведены кнопки «Пуск» (черная), «Стоп» (красная), сигнальные лампы «Сильно» (зеленая), «Слабо» (зеленая), лампочка «Нет воды» и переключатель для установки режима работы котла. Как и котел КПЭ-100, котел КПЭСМ-60 работает в двух режимах и снабжен автоматикой регулирования и защиты от «сухого» хода.

Котлы пищеварочные электрические КПЭ-40,

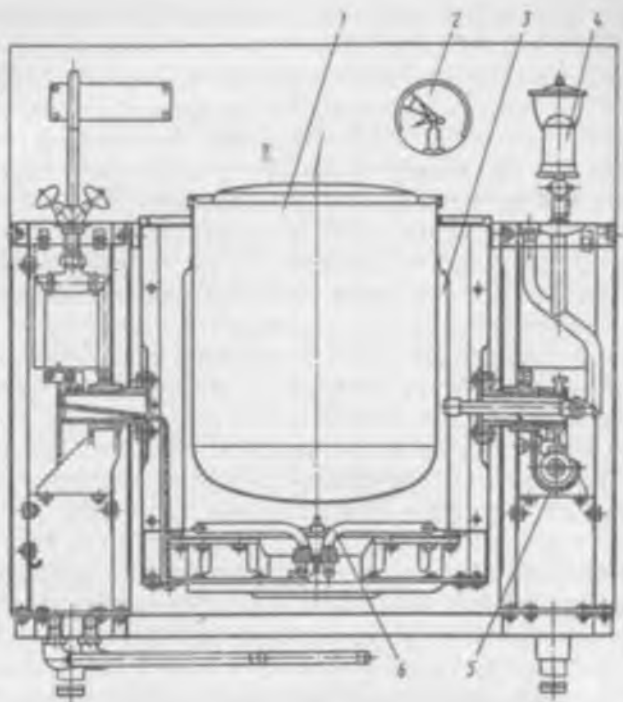


Рис. 8.24. Котел пищеварочный электрический секционный модулированный КПЭСМ-60:

1 — сосуд варочный; 2 — электроконтактный манометр;
3 — пароводяная рубашка; 4 — двойной предохранительный клапан; 5 — поворотный механизм; 6 — тэны

КПЭ-60. Котлы пищеварочные электрические отличаются от котла КПЭСМ-60 тем, что их варочный сосуд имеет форму цилиндра и установлен с помощью цапф на вилкообразной станине. На правой цапфе смонтирован механизм опрокидывания. Электрическая схема пищеварочного котла КПЭ-60 приведена на рис. 8.25.

При замыкании пакетного переключателя Q напряжение из сети поступает через переключатель режима работы S на трансформатор и загорается лампа $Н1$, сигнализирующая о включении котла. Если уровень воды в парогенераторе достигает электрода $Е4$, цепь катушки реле $К3$ замыкается, реле срабатывает и его контакты $К3.1$, $К3.2$, $К3.3$ изменяют свое положение. Через замкнувшийся контакт $К3.1$ поступает питание на катушку магнитного пускателя $К1$, который, замыкая силовые контакты $К1.1$, $К1.2$, $К1.3$, включает

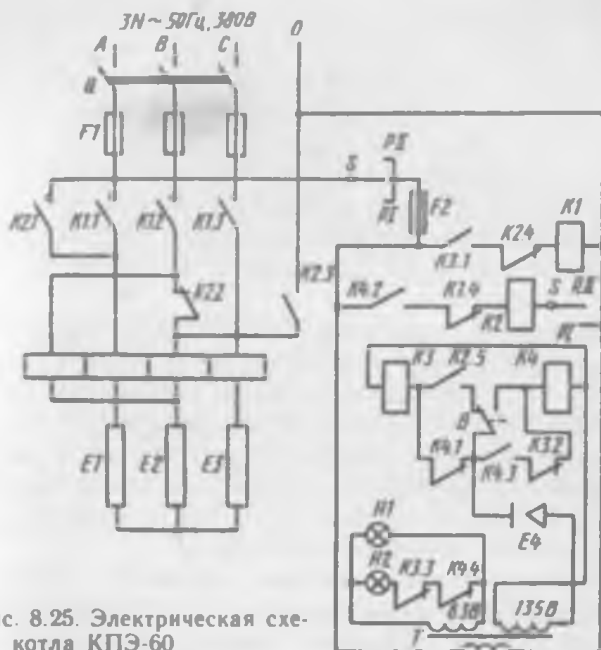


Рис. 8.25. Электрическая схема котла КПЭ-60

тэны $E1$, $E2$, $E3$ на полную мощность. Размыкающий контакт $K1.4$ в цепи катушки реле $K2$ исключает одновременное включение реле $K2$ и магнитного пускателя $K1$.

Контакты $K3.2$ и $K3.3$, размыкаясь, разрывают соответственно цепь катушки реле $K4$ и сигнальной лампы $H2$.

При достижении в рубашке котла верхнего заданного предела давления замыкается контакт B электроконтактного манометра и включается реле $K4$, контакты которого $K4.1$, $K4.2$, $K4.3$, $K4.4$ изменяют свое положение. Контакт $K4.1$, разомкнувшись, отключает катушку реле $K3$ и его контакты $K3.1$, $K3.2$, $K3.3$ возвращаются в исходное положение. При этом разрывается цепь питания магнитного пускателя $K1$, размыкаются его силовые контакты $K1.1$, $K1.2$, $K1.3$ и замыкается контакт $K1.4$. Одновременно замыкается контакт $K4.2$ и к сети будет подключено силовое реле $K2$ (если переключатель режима работы будет установлен на режим PII , реле $K2$ не включится и тэны будут полностью выключены). Контакты реле $K2$ поменяют свое положение. Через контакты $K2.1$ и $K2.3$ включатся последовательно два тэна $E1$ и $E2$.

Это будет соответствовать $\frac{1}{6}$ мощности нагрева. Разомкнувшийся контакт *K2.4* дополнительно исключит возможность включения магнитного пускателя *K1*, а контакт *K2.5* подготовит к включению реле *K3*.

При понижении давления в пароводяной рубашке до нижнего предела замкнется контакт между указательной стрелкой электроконтактного манометра и датчиком нижнего предела давления, включится реле *K3*, его контакт *K3.1* замкнется, а контакты *K3.2* и *K3.3* разомкнутся.

Если уровень воды в парогенераторе понизится ниже электрода *E4*, цепь питания катушек реле *K3* или *K4* оборвется и станет невозможным включение соответственно магнитного пускателя *K1* или реле *K2*, красная сигнальная лампа *H2* загорится (сухой ход). В этом случае необходимо рукоятку переключателя *S* поставить в положение «Выключено» и долить в рубашку котла воду до уровня контрольного крана.

Устройства электрические варочные УЭВ-60 и УЭВ-40. Аппараты предназначены для варки заправочных супов, вторых и третьих блюд, гарниров, тушения овощей, а также транспортирования готовых блюд на линию раздачи и сохранения их в горячем состоянии.

Варочное устройство УЭВ-60 (рис. 8.26, а) представляет собой передвижной котел с парогенератором.

Парогенератор состоит из собственного парогенератора и двух тумб: задней и боковой. На крышке парогенератора установлены три тэна, датчик уровня защиты от сухого хода и кран уровня.

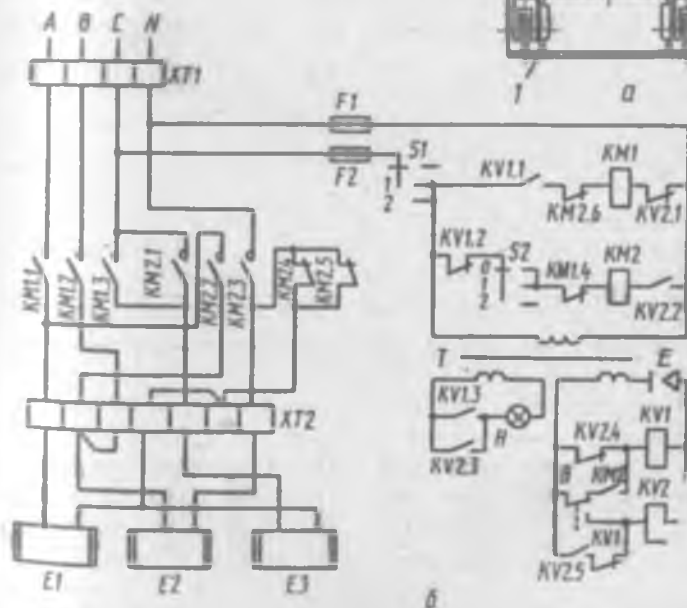
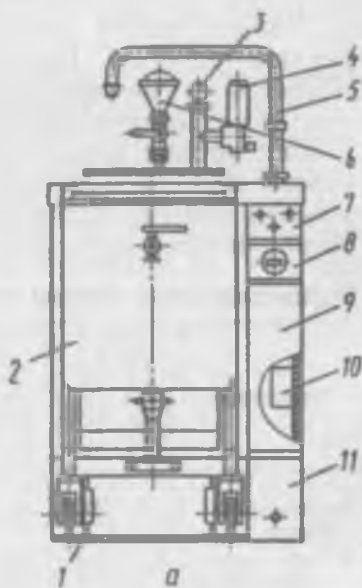
На корпусе парогенератора расположена нижняя часть парозапорного устройства. Для заполнения парогенератора водой предусмотрена дополнительная воронка, установленная на столе задней тумбы совместно с манометром и предохранительным клапаном.

Передвижной котел (КП-40, КП-60) представляет собой варочный сосуд, установленный на подвижную платформу. С наружной стороны к нему приварена пароводяная рубашка, на дне которой установлена верхняя часть парозапорного устройства, а в верхней ее части — кран для выхода воздуха. Между облицовкой и пароводяной рубашкой проложена изоляция. Для слива жидкости из варочного сосуда при его санобработке предусмотрено сливное устройство. Сверху варочный сосуд закрыт крышкой. К парогенератору приварены направляющие, по которым про-

изводится перемещение котла. На столе боковой тумбы расположен рычаг, с помощью которого производится стыковка и расстыковка верхней и нижней частей парозапорного устройства. В задней и боковых тумбах расположены панели с электроаппаратурой. На передней панели парогенератора установлена ручка переключателя режимов работы варочного устройства. На столе задней тумбы имеется кран для заполнения сосуда водой.

Рис. 8.26. Устройство электрическое УЭВ-60:

а — общий вид; 1 — направляющая; 2 — котел передвижной; 3 — манометр; 4 — предохранительный клапан; 5 — поворотный кран; 6 — наливная воронка; 7 — сигнальная лампа; 8 — переключатель; 9 — панель; 10 — электроаппаратура; 11 — парогенератор; б — электрическая схема



Подсоединение котла к парогенератору осуществляется парозапорным устройством после въезда котла по направляющим парогенератора до упора. После этого перемещением рычага «на себя» производится стыковка верхней и нижней части парозапорного устройства.

Варочное устройство УЭВ-40 отличается от устройства УЭВ-60 высотой варочного сосуда котла.

Электрическая схема устройства электрического варочного УЭВ-60 приведена на рис. 8.26, б.

Режим работы устройства задается пакетным переключателем *SI*. При включении схемы напряжение подается на трансформатор *T*. В цепи одной из вторичных обмоток трансформатора находится электродный датчик уровня воды в парогенераторе *E* (защита от сухого хода), а в другой — сигнальная лампа *H*. Если уровень воды в парогенераторе достигает электрода *E*, то замыкается цепь реле *KVI*. Реле *KVI* срабатывает

Техническая характеристика пищеварочных котлов

Показатели	Единица измерения	КПТ-160	КПТ-40М	КПГ-60М	КПГ-160	КПГ-250	КПП-100	КПП-160	КПП-250
Вместимость котла	дм ³	160	40	160	250	100	160	160	250
Время закипания содержимого варочного котла, не более	ч	1,0	0,85	0,95	1,0	1,0	0,30	0,50	0,50
Мощность электронагревателей:									
в период разогрева	кВт	—	—	—	—	—	—	—	—
в период варки («тихого» кипения)	кВт	—	—	—	—	—	—	—	—
Габариты:									
длина	мм	1180	935	935	1130	1130	1000	1200	1200
ширина	мм	1080	1025	1025	1125	1100	1100	1150	1150
высота	мм	1275	1020	1140	1267	1442	1100	1100	1100
Масса, не более	кг	509	130	140	380	490	200	290	170

и переключает свои контакты. Замыкающий контакт *KV1.1* подключает магнитный пускатель *KM1*, размыкающий контакт *KV1.2* отключает цепь магнитного пускателя *KM2*, замыкающий контакт *KV1.3* включает желтую сигнальную лампу *H*, сигнализирующую о включении электронагревателей. Магнитный пускатель *KM1* срабатывает и своими замыкающими силовыми контактами *KM1.1*, *KM1.2*, *KM1.3* включает электронагреватели на полную мощность, а размыкающим контактом *KM1.4* разрывает цепь обмотки магнитного пускателя *KM2*.

Когда давление пара в пароводяной рубашке устройства увеличится до верхнего заданного предела, контакты реле давления *B* переключаются. Под напряжением оказывается реле *KV2*, которое срабатывает и, размыкая контакт *KV2.1*, выключает магнитный пускатель *KM1*. Замыкающий контакт *KV2.2* подготавливает включение магнитного пускателя *KM2*, контакт

ТАБЛИЦА 8.4

КПЭСМ-60	КПЭ-40	КПЭ-60	КПЭ-100Г, КПЭ-100	КПЭ-160Г, КПЭ-150	КПЭ-250Г, КПЭ-250	КЭ-100	КЭ-160	КЭ-250	КЭ-40	УЭВ-60
60	40	60	100	160	250	100	160	250	40	60
0,75	1,0	1,05	1,0	1,0	1,0	0,66	0,83	0,92	0,7	0,5
9,45	6,0	8,00	15,0	21,0	30,0	18,9	24	30	9,45	9,45
1,05	1,0	1,33	2,5	3,5	5,0	3,15	4,15	5	1,05	1,05
1050	945	945	990	1120	1120	800	1200	1500	600	600
840	640	640	920	1110	1110	800	800	800	800	800
860	1110	1110	1130	1130	1130	850	850	850	850	850
103	103	210	210	290	330	150	170	220	160	160

KV2.3 блокирует цепь питания сигнальной лампы *H*, размыкающий контакт *KV2.4* выключает реле *KV1*. Реле *KV1* переключает свои контакты: *KV1.1* дополнительно обрывает цепь питания пускателя *KM1*, замыкающий контакт *KV1.2* подготавливает включение реле *KM2*.

Магнитный пускатель *KM1* выключается и размыкает контакты *KM1.1*, *KM1.2*, *KM1.3*, а замыкающий контакт *KM1.4* обеспечивает включение магнитного пускателя *KM2*. Контакты *KM2.1...KM2.5* осуществляют последовательное подключение тэнов к сети, при этом мощность нагрева понижается до $\frac{1}{9}$ номинальной мощности.

Если задан режим 2, то при достижении верхнего заданного предела давления магнитный пускатель *KM1* отключает нагреватели от сети, а цепь обмотки магнитного пускателя *KM2* остается разомкнутой контактом *S2* переключателя.

После понижения давления пара до нижнего заданного предела переключающий контакт реле давления *B* возвращается в исходное положение. При этом замыкается цепь питания реле *KV1* (режим 1), которое включает магнитный пускатель *KM1*, и нагрев включается на полную мощность.

Техническая характеристика серийно выпускаемых пищеварочных котлов приведена в табл. 8.4.

8.7. АВТОКЛАВЫ

Автоклавы предназначены для варки блюд, требующих длительной тепловой обработки. Давление внутри варочного сосуда достигает 250 кПа, а температура 120...140 °С, что позволяет существенно в 1,5...2 раза интенсифицировать процесс варки.

Так, при четырехчасовой выварке костей в открытом котле выход жира составляет 3,1 %, сухих веществ — 2,8 %, при варке такой же массы костей в автоклаве при давлении 250 кПа за это же время выход жира и сухих веществ составляет соответственно 7,2 и 8,8 %.

Серийно выпускаются автоклавы вместимостью 60 дм³ на электрическом (АЭ-1) и газовом (АГ-60) обогреве. Устройство этих автоклавов практически не отличается от устройства электрических и газовых пищеварочных котлов.

Электрический автоклав АЭ-1. Аппарат (рис. 8.27)

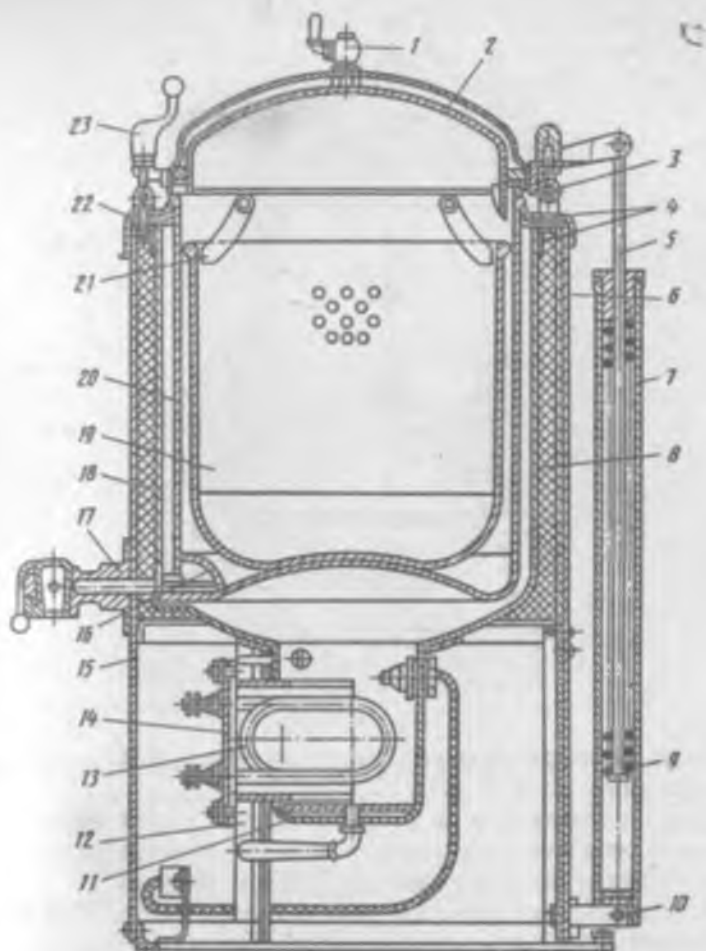
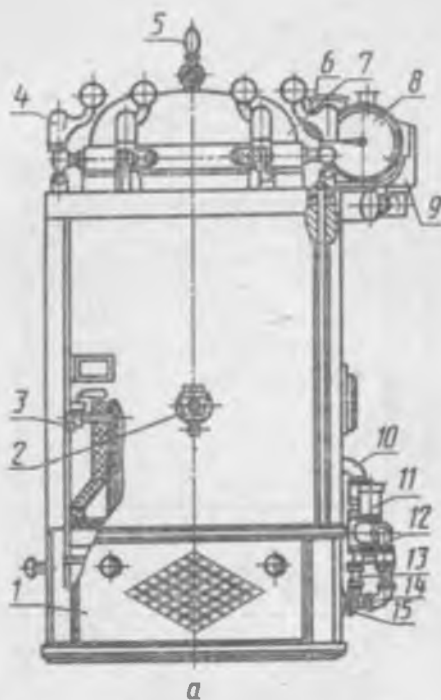


Рис. 8.27. Автоклав электрический АЭ-1;

1 — край продувки; 2 — двухстенная крышка автоклава; 3 — шарнир; 4 — фланец; 5 — шток; 6 — облицовка; 7 — противовес; 8 — наружный сварной корпус; 9 — пружина; 10 — крошитель; 11 — парогенератор; 12 — фланец; 13 — тэн; 14 — крышка; 15 — постамент; 16 — сетка-фильтр; 17 — край сливной; 18 — теплоизоляция; 19 — загрузочная корзина; 20 — варочный сосуд; 21 — ручка корзины; 22 — резиновая прокладка; 23 — откидной болт

представляет собой варочный сосуд вместимостью 60 л, заключенный в стальной корпус, покрытый тепловой изоляцией и облицованный стальными листами.

В нижней части рубашки расположен парогенератор с тремя тэнами общей мощностью 10,8 кВт для нагрева



а

воды до температуры кипения и превращения ее в пар с давлением до 370 кПа (2,7 ати).

Вода заливается в парогенератор через наполнительную воронку до определенного уровня, который контролируется специальным краном уровня.

Автоклав снабжен контрольно-измерительной и предохранительной арматурой, трубопроводами горячего и холодного водоснабжения, автоматикой регулирования теплового режима и защиты тэнов от «сухого хода». Электрическая схема управления автоклава, защита от сухого хода и контрольно-измерительная арматура те же, что и у котлов типа КПЭ.

Внутрь варочного сосуда вставляется сетка с ручками, в которую загружаются кости. Варочный сосуд закрывается откидной крышкой с резиновой прокладкой, которая плотно прижимается пятью откидными болтами с ручками. В процессе тепловой обработки пищевых продуктов в варочном сосуде создается давление до 320 кПа (2,2 ати). На крышке автоклава имеется кран для выпуска воздуха в начале варки и пара повышенного давления в конце ее.

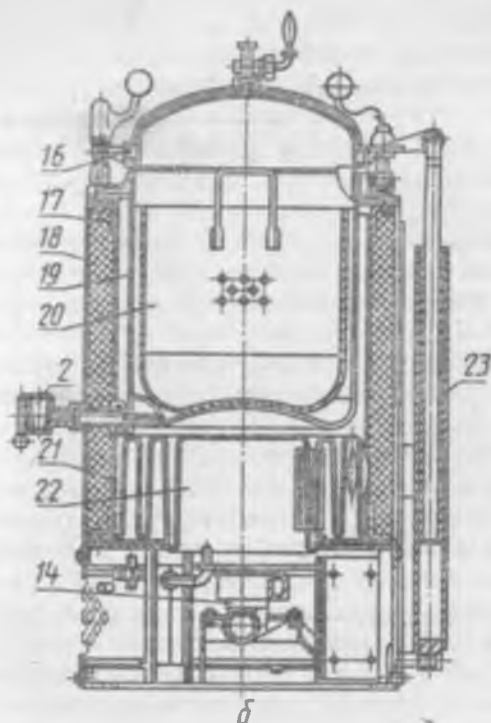


Рис. 8.28. Автоклав газовый АГ-60:

а — общий вид; *б* — разрез:

1 — съемный щиток для прочистки горелок; 2 — кран для слива бульона и промывных вод из автоклава; 3 — кран уровня; 4 — откидной болт; 5 — кран для выпуска воздуха и пара из варочного сосуда; 6 — наполнительная воронка; 7 — крышка варочного сосуда автоклава; 8 — электроконтактный манометр; 9 — предохранительный клапан; 10 — общий газопровод; 11 — соленоидный клапан; 12 — газопровод, подводящий газ к основной горелке; 13 — газопровод, подводящий газ к вспомогательной горелке; 14 — основная горелка; 15 — регулятор воздуха основной горелки; 16 — резиновая прокладка; 17 — корпус; 18 — теплоизоляция; 19 — варочный сосуд; 20 — сетка; 21 — парогенератор; 22 — топочная камера; 23 — противовес

Через 65 мин после включения автоклава на полную мощность (10,8 кВт) давление в варочном котле достигает 250 кПа, в пароводяной рубашке — 350 кПа. По достижении в рубашке верхнего предела давления ЭКМ автоматически переключает нагрев с полной мощности на $\frac{1}{3}$, т. е. на 1,2 кВт. При этом давление пара в рубашке начинает снижаться до величины, установленной нижним пределом ЭКМ. Размеры автоклава

АЭ-1, мм: длина — 820, ширина — 880, высота — 1245. Масса автоклава со станцией управления 235 кг.

Автоклав газовый АГ-60. Аппарат (рис. 8.28) имеет косвенный обогрев влажным насыщенным паром с давлением до 370 кПа. Пар образуется в парогенераторе, расположенном под днищем варочного сосуда. Парогенератор представляет собой два кольцевых концентрических кармана, заполненных кипяченой водой (аналогично газовым котлам). Кольцевые щели между каналами образуют конвективные газоходы. Камера сгорания, в которой установлена газовая горелка, сообщается с кольцевыми газоходами. Продукты сгорания газа, проходя по газоходам парогенератора, нагревают воду до кипения и повышают давление пара в рубашке до 370 кПа.

Наружная емкость автоклава покрыта изоляцией и облицована эмалированными листами, образуя кожух. Под кожухом скрыты трубопроводы холодного и горячего водоснабжения и трубопровод для удаления пара из варочного сосуда после окончания работы. Для быстрого сброса пара в канализацию этот трубопровод может быть присоединен к пароводяному смесителю. При отсутствии пароводяного смесителя сброс пара из варочного сосуда после окончания варки проводится через установленный на крышке автоклава спускной кран непосредственно в окружающую среду.

Плотное прилегание крышки к борту автоклава достигается с помощью резиновой прокладки, закрепленной в ее пазах, и откидных болтов. Автоклав снабжен автоматикой безопасности и регулирования; приборы, схема и принцип действия автоматики регулирования и безопасности такие же, как и в котлах КПГ-40.

Так как автоклавы работают под избыточным давлением более 70 кПа, они согласно существующим правилам подлежат техническому надзору органов охраны труда и подвергаются периодическим испытаниям инспекцией Госгортехнадзора, а также осмотрам через каждые 60 варок, но не реже 1 раза в четыре месяца.

8.8. ПОКАЗАТЕЛИ РАБОТЫ ПИЩЕВАРОЧНЫХ КОТЛОВ. ОСОБЕННОСТИ УРАВНЕНИЯ ТЕПЛОВОГО БАЛАНСА

Технико-эксплуатационные показатели. Работа пищеварочных котлов характеризуется следующими тех-

нико-эксплуатационными показателями: коэффициентом полезного действия, удельным расходом теплоты, удельной мощностью, удельной металлоемкостью, временем разогрева.

Коэффициент полезного действия рассчитывается по формуле

$$\eta = (Q_{\text{пол}}/Q_{\text{затр}}) \cdot 100, \quad (8.5)$$

где $Q_{\text{пол}}$ — полезно используемая теплота, Дж; $Q_{\text{затр}}$ — количество затраченной теплоты за период одной варки, Дж.

На величину коэффициента полезного действия варочного аппарата оказывают влияние ряд факторов. Кпд варочных аппаратов резко уменьшается с уменьшением коэффициента заполнения котла, при заливке в парогенератор излишней воды, при наличии воздуха в паровой рубашке, при работе котла с открытой крышкой. Существенное влияние на кпд оказывает также начальное тепловое состояние аппарата (нагрев от горячего или холодного состояния). В процессе длительной эксплуатации кпд может снижаться по причине отложения накипи на тэнах или стенках парогенератора (у газовых и твердотопливных котлов). Поэтому в парогенераторы варочных аппаратов рекомендуется заливать только кипяченую воду (или дистиллированную).

Удельный расход теплоты для технологических процессов определяют по уравнению

$$q = Q_{\text{затр}}/G_{\text{пр}}, \quad (8.6)$$

где $G_{\text{пр}}$ — масса готового блюда, приготовленного в аппарате за период одной варки, кг.

Удельная мощность электрического варочного аппарата находится из выражения

$$P_{\text{уд}} = P/V, \quad (8.7)$$

где P — мощность котла, Вт; V — объем котла, дм^3 .

Удельная металлоемкость варочного аппарата рассчитывается по формуле

$$m_{\text{уд}} = M/V, \quad (8.8)$$

где M — масса аппарата, кг.

Время разогрева $\tau_{раз}$ характеризует продолжительность выхода аппарата на стационарный режим (закипание жидкости в варочном котле либо парогенераторе).

Газовые и твердотопливные пищеварочные котлы характеризуются дополнительно следующими показателями:

тепловым напряжением поверхности нагрева

$$T_n = Q_{затр} / F = BQ_H^p / F, \quad (8.9)$$

где $Q_{затр} = BQ_H^p$ — часовой расход теплоты аппаратами, Дж; F — площадь поверхности нагрева парогенератора, m^2 ;

тепловым напряжением объема топочной камеры

$$T_{об} = Q_{затр} / V_{об} = BQ_H^p / V_{об}, \quad (8.10)$$

где $V_{об}$ — объем топочной камеры, m^3 .

Приведенные технико-эксплуатационные показатели варочных аппаратов позволяют произвести их сравнение независимо от мощности и вместимости аппаратов и выявить преимущества и недостатки.

Уравнения теплового баланса. Уравнение теплового баланса для пищеварочных котлов имеет вид:

для твердотопливных:

$$\text{режим разогрева } Q_{затр} = BQ_H^p = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5 + Q_6; \quad (8.11)$$

$$\text{режим варки } Q'_{затр} = B'Q_H^{p'} = Q'_1 + Q'_2 + Q'_3 + Q'_4 + Q'_5; \quad (8.12)$$

для газовых:

$$\text{режим разогрева } Q_{затр} = BQ_H^p = Q_1 + Q_2 + Q_5 + Q_6; \quad (8.13)$$

$$\text{режим варки } Q'_{затр} = B'Q_H^{p'} = Q'_1 + Q'_2 + Q'_5; \quad (8.14)$$

для паровых:

$$\text{режим разогрева } Q_{затр} = D(i_x - i_k) = Q_1 + Q_5 + Q_6; \quad (8.15)$$

$$\text{режим варки } Q'_{затр} = D'(i_x - i_k) = Q'_1 + Q'_5;$$

для электрических:

$$\text{режим разогрева } Q_{\text{затр}} = P\tau = Q_1 + Q_5 + Q_6; \quad (8.16)$$

$$\text{режим варки } Q'_{\text{затр}} = P'\tau' = Q'_1 + Q'_5,$$

где B, B' — соответственно расход топлива в режиме разогрева и варки, кг (м^3); Q_n^p — низшая теплота сгорания топлива, Дж/кг ($\text{Дж}/\text{м}^3$); D, D' — соответственно расход пара в режиме разогрева и варки, кг; i_x, i_k — соответственно теплосодержание (энтальпия) пара и конденсата, Дж/кг; Q_1, Q'_1 — соответственно полезно используемая теплота в режиме разогрева и варки, Дж; Q_2, Q'_2 — соответственно потери теплоты с уходящими продуктами сгорания в режиме разогрева и варки, Дж; Q_3, Q'_3 — соответственно потери теплоты от химического недожога топлива в режиме разогрева и варки, Дж; Q_4, Q'_4 — соответственно потери теплоты от механического недожога топлива в режиме разогрева и варки, Дж; Q_5, Q'_5 — соответственно потери теплоты в окружающую среду наружными ограждениями в режиме разогрева и варки, Дж; Q_6 — потери теплоты на нагрев конструкции, Дж.

Методика расчета отдельных составляющих элементов теплового баланса приведена в табл. 8.5.

Важнейшим энергетическим показателем пищеварочных аппаратов является нормативная величина потребления электроэнергии.

Нормирование потребления электрической энергии проводится на основании приказа МТ СССР № 140 от 18 мая 1984 г. «Об утверждении положения о нормировании потребления топливно-энергетических ресурсов на предприятиях общественного питания (тепловая и электрическая энергия)». Нормативы потребления электроэнергии пищеварочным оборудованием (котлами) приведены в приложении 12.

Направления совершенствования пищеварочных котлов. На технологические, теплотехнические и технико-экономические показатели работы котлов с косвенным обогревом оказывает влияние ряд факторов.

Для существующих пищеварочных котлов средний коэффициент теплопередачи при режиме разогрева не превышает $400 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$. Такое низкое значение коэффициента объясняется сравнительно малой интенсивностью теплоотдачи от поверхности варочного сосуда

Методика расчета составляющих теплового баланса

Наименование и обозначение составляющих теплового баланса	Формулы для определения составляющих теплового баланса	Формулы для определения основных и вспомогательных величин	Обозначения, используемые в формулах для определения основных и вспомогательных величин
Полезно затраченная теплота, Дж Q_1	$Wc(t_k - t_n) + G_{\text{пр}}c_{\text{пр}}(t_k - t_n^{\text{пр}}) + \Delta W r$	$c_{\text{пр}} = \frac{\sum_1^n G_i c_i}{\sum_1^n G_i}$ $c_i = \frac{4,19a + 1,67(100 - a)}{100}$	W — общее количество воды, заливаемой в рабочий объем аппарата, кг; c — теплоемкость воды, Дж/(кг·К); t_k — температура кипения воды, °С; t_n — начальная температура воды, °С; $G_{\text{пр}}$ — суммарное количество отдельных продуктов, загруженных в аппараты, кг; находится из выражения $G_{\text{пр}} = \sum_1^n G_i$
Q_1	$\Delta W' r$	$t_n^{\text{пр}} = \frac{\sum_1^n G_i c_i t_{n,i}}{\sum_1^n G_i c_i}$	G_i — количество i -го продукта, загруженного в аппарат, кг; $c_{\text{пр}}$ — средняя теплоемкость продуктов, Дж/(кг·К); $\Delta W, \Delta W'$ — соответственно количество воды, испаряющейся при нестационарном и стационарном режимах работы аппаратов, кг; r — теплота парообразования при давлении в рабочем объеме аппарата; c_i — теплоемкость i -го продукта, Дж/(кг·К);
Потери теплоты с уходящими продуктами сгорания, Дж Q_2 Q_2'	$(I_2 - I_{\text{воз}}) \cdot B$ $(I_2' - I_{\text{воз}}) \cdot B'$	$I_2 = \sum_1^n V_i c_{p,i} t_2$ $I_{\text{воз}} = V_{\text{воз}} \cdot c_{p,\text{воз}} t_{\text{воз}}$	$t_n^{\text{пр}}$ — средняя начальная температура продуктов, °С; $1,67$ — теплоемкость сухого вещества: $c_{\text{св}} = 1256 \div 1675$ Дж/(кг·К); t_n — начальная температура i -го продукта, °С; a — влажность продукта I_2, I_2' — теплосодержание уходящих продуктов сгорания соответственно при нестационарном и стационарном режимах работы, Дж/кг (Дж/м³); $I_{\text{воз}}$ — теплосодержание воздуха, Дж/кг (Дж/м³); $V_i, V_{\text{воз}}$ — соответственно объем i -го продукта сгорания и воздуха, м³/кг (м³/м³); B и B' — расход топлива соответственно при нестационарном и стационарном режимах работы, кг (для газа — м³); $c_{p,i}, c_{p,\text{воз}}$ — соответственно теплоемкость i -го продукта сгорания и воздуха, Дж/(м³·К); $\text{CO}, \text{CO}', \text{RO}_2, \text{RO}_2'$ — содержание CO и (CO₂ + SO₂) в уходящих продуктах сгорания соответственно для нестационарного и стационарного режимов работы, % по объему;
Потери теплоты от химического недожога, Дж Q_3 Q_3'	$\frac{225 \cdot 10^3 \cdot K^{\text{р}} \cdot \text{CO}}{\text{RO}_2 + \text{CO}}$ $\left(1 - \frac{q_4}{100}\right)$ $\frac{225 \cdot 10^3 \cdot K^{\text{р}} \cdot \text{CO}^{\text{I}}}{\text{RO}_2^{\text{I}} + \text{CO}^{\text{I}}}$ $\left(1 - \frac{q_4^{\text{I}}}{100}\right)$	$K^{\text{р}} = c^{\text{р}} + 0,375 S_{\text{I}}$ $q_4 = \frac{Q_4 \cdot 100}{Q_{\text{н}}^{\text{р}} B}$ $q_4^{\text{I}} = \frac{Q_4^{\text{I}} \cdot 100}{Q_{\text{н}}^{\text{р}} B^{\text{I}}}$	

Наименование и обозначение составляющих теплового баланса	Формулы для определения составляющих теплового баланса	Формулы для определения основных и вспомогательных величин	Обозначения, используемые в формулах для определения основных и вспомогательных величин
Потери теплоты от механического недожога, Дж Q_4	$\frac{32,2 \cdot 10^6 z M_z}{100}$		z — содержание горючих элементов в золе, %;
Q_4	$\frac{32,2 \cdot 10^6 z M_z^I}{100}$		M_z и M_z^I — количество золы соответственно при нестационарном и стационарном режимах работы, кг;
Потери теплоты в окружающую среду, Дж Q_5	$\sum_{i=1}^n \alpha_i F_i (t_i^{cp} - t_a) \tau_{ра}$	$\alpha_i = 9,74 + 0,07 (t_i^{cp} - t_a)$	Q_4^I — теплота сгорания топлива, Дж/кг (Дж/м ³);
Q_5	$\sum_{i=1}^n \alpha_i' F_i (t_i - t_a) \tau_{ст}$	$\alpha_i' = 9,74 + 0,07 (t_i - t_a) \text{ или } \alpha_i = \alpha_{\lambda i} + \alpha_{\epsilon i}$	B , B' — расход топлива соответственно при стационарном и нестационарном режимах работы, кг (м ³);
		$\alpha_{\lambda i} = \frac{\epsilon c_0}{t_i - t_a} \cdot \left[\left(\frac{t_i + 273}{100} \right)^4 - \left(\frac{t_a + 273}{100} \right)^4 \right]$	α_i , α_i' — коэффициент теплоотдачи от i -го элемента поверхности аппарата в окружающую среду соответственно при нестационарном и стационарном режимах работы, Вт/(м ² ·К);
			F_i — площадь i -го элемента поверхности аппарата, м ² ;
			t_i^{cp} , t_i — температура i -го элемента поверхности аппарата соответственно при нестационарном и стационарном режимах работы, °С;
			$t_i^{cp} = \frac{t_i^I + t_i^I}{2}$

$$\alpha_{\epsilon i} = \frac{Nu \lambda}{l}$$

$$Nu = c (Gr \cdot Pr)^n$$

$$Gr = \frac{g l^3 \Delta \rho}{\nu^2}$$

$$Pr = \frac{\nu}{\alpha}$$

$$Gr \cdot Pr < 5 \cdot 10^2$$

$$c = 1,18$$

$$n = 0,125$$

$$Gr \cdot Pr = 5 \cdot 10^2 - 2 \cdot 10^7$$

$$c = 0,54$$

$$n = 0,25$$

$$Gr \cdot Pr > 2 \cdot 10^7$$

t_a — температура воздуха в помещении, °С;

$\tau_{ра}$ — время разогрева аппарата до стационарного режима, с;

$\tau_{ст}$ — время работы при стационарном режиме, с;

$\alpha_{\lambda i}$ — коэффициент теплоотдачи лучеиспусканием от i -го элемента поверхности, Вт/м²·К;

$\alpha_{\epsilon i}$ — коэффициент теплоотдачи конвекцией от i -го элемента конструкции, Вт/м²·К;

ϵ — степень черноты наружных ограждений;

c_0 — коэффициент лучеиспускания абсолютно черного тела, Вт/м²·К;

Gr — критерий Грасгофа;

Pr — критерий Прандтля;

l — определяющий размер (диаметр или эквивалентный диаметр кожуха котла), м;

$$d_{экв} = \frac{2 \cdot AB}{A + B}$$

где A — длина аппарата, м, B — ширина аппарата, м;

Наименование в обозначение составляющих теплого баланса	Формулы для определения составляющих теплового баланса	Формулы для определения основных и вспомогательных величин	Обозначения, используемые в формулах для определения основных и вспомогательных величин
Потери теплоты на разогрев конст- рукции, Дж Q_6	$\sum G_n c_n (t_1 - t_2)$	$\alpha = 1,135$ $\eta = 0,33$	λ — коэффициент теплопроводности воз- духа при определяющей температуре, $Вт/(м \cdot К)$; $t_{air} = \frac{t_1^* + t_2}{2}$; γ — коэффициент кинематической вязко- сти при определяющей температуре, $м^2/с$; Δt — температурный перепад, $^{\circ}С$; g — ускорение свободного падения, $м/с^2$; $\beta = \frac{1}{t_1 + 273}$; β — коэффициент объемного расширения; α — коэффициент температуропроводно- сти воздуха при определяющей темпера- туре, $м^2/с$; G_n — масса n -го элемента аппарата, кг; c_n — теплоемкость n -го элемента аппара- та, Дж/(кг·К); t_1^* , t_2 — соответственно начальная и ко- нечная температуры n -го элемента, $^{\circ}С$

к нагреваемой жидкости. Если коэффициент теплоотдачи α от пара к наружной поверхности варочного сосуда и отношение δ/λ составляют величины порядка 10^4 Вт/(м²·К), то средний коэффициент теплоотдачи α при естественной конвекции жидкости в варочном сосуде не превышает 440 Вт/(м²·К). Следовательно, только путем увеличения α можно существенно интенсифицировать теплообмен в режиме разогрева и улучшить технико-экономические показатели пищеварочных котлов.

Из всего довольно многочисленного перечня методов интенсификации процессов теплообмена для пищеварочных котлов заслуживают внимания два: осуществление вибрации поверхности теплообмена и сочетание свободной и вынужденной конвекции при одинаковом или противоположном направлениях течения среды у поверхности.

У серийно выпускаемых пищеварочных котлов теплопередающей поверхностью является сам варочный сосуд, поэтому вибрация поверхности нагрева, как и организация вынужденного движения обогреваемой среды, малоприменимы. Таким образом, в существующих пищеварочных котлах возможности интенсификации теплообмена практически сведены на нет.

Традиционной формой варочных сосудов является вертикальный цилиндр со сферическим днищем. Однако в теплотехническом отношении цилиндрическая форма варочного сосуда не является оптимальной. Проведенные работы по выбору оптимальной формы варочного сосуда котлов показали, что прямоугольные котлы, днища которых представляют собой горизонтальный полуцилиндр, имеют более оптимальную форму, так как прямоугольная форма варочного сосуда соответствует принципу модулирования и позволяет разработать унифицированный типоразмерный ряд пищеварочных котлов.

Применение функциональной тары вызвало необходимость разработки варочных сосудов котлов в виде параллелепипеда. При этом возникла трудность изготовления паровой рубашки варочного сосуда. Для создания необходимой прочности такой конструкции требуется увеличение толщины стенок варочной емкости и греющей рубашки, поэтому рубашку заменяют на греющие каналы, которые выштамповываются на тонком стальном листе и привариваются к варочному

сосуду, что обеспечивает достаточную жесткость конструкции.

Были проведены работы, направленные на интенсификацию теплообменных процессов в пищеварочных котлах. Так, В. А. Дорохин предложил уменьшить объем парогенератора за счет оптимизации уровня воды над поверхностью тэнов. Коэффициент теплоотдачи от тэнов к воде в парогенераторе зависит от уровня воды над поверхностью блока тэнов. При уровнях воды $h < 10$ мм коэффициент теплоотдачи резко увеличивается и достигает максимальной величины при некотором оголении горизонтальной трубки тэна (рис. 8.29).

Существенным резервом повышения коэффициента теплоотдачи от пара к поверхности варочного сосуда является удаление воздуха из рубашки котлов. Наличие воздуха или неконденсированных газов в паровой смеси резко снижает коэффициент теплоотдачи при конденсации. Так, наличие в паре 1 % воздуха приводит к снижению коэффициента теплоотдачи на 40 %, 6...8 % воздуха снижают коэффициент теплоотдачи на 80 %.

На величину коэффициента теплоотдачи от греющей поверхности к нагреваемой жидкости при варке пищевых продуктов оказывают влияние меняющиеся теплофизические свойства жидкости. Влияние теплофизических свойств жидкости особенно заметно при варке костных бульонов; так коэффициент теплоотдачи

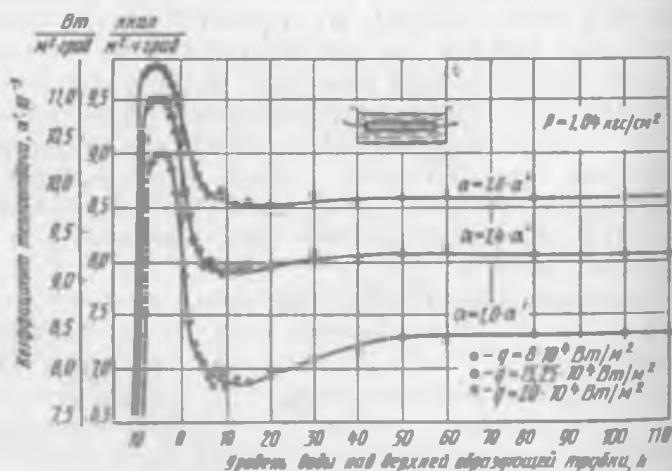


Рис. 8.29. Зависимость коэффициента теплоотдачи от тэна к воде от уровня воды над тэном (по В. А. Дорохину)

меняется по продолжительности работы котла (рис. 8.30). Например, за 5 ч варки бульона коэффициент теплоотдачи уменьшается на 40 % из-за снижения коэффициента теплопроводности бульона на 22 % и увеличения числа Прандтля в 2,8 раза (см. рис. 8.30).

В диапазоне плотностей теплового потока $q = (1,1 \dots 2,8) \cdot 10^4$ Вт/м² справедлива зависимость коэффициента теплоотдачи от тэнов к бульону от продолжительности варки бульонов:

$$\alpha = \tau^{-0.21} \quad (8.17)$$

Зависимость α от плотности теплового потока приведена на рис. 8.31 и описывается выражением

$$\alpha = Aq^n, \quad (8.18)$$

где для $\tau=0$, $n=0,56$; для $\tau=5$, $n=0,60$;

для $\tau=1, 2, 3, 4, 5$, $A=18,8, 14,2, 13,3, 12,5, 11,7, 10,7$.

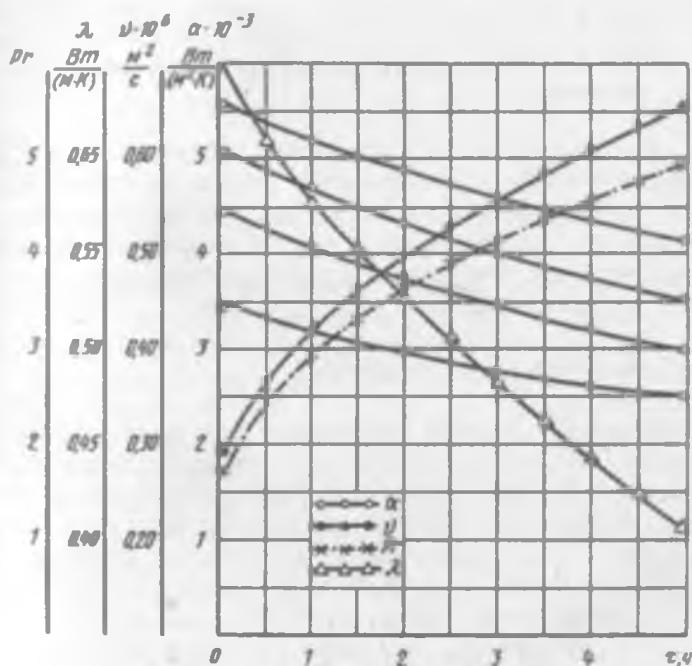


Рис. 8.30. Зависимость $\alpha = f(\nu, \lambda, Pr)$ при варке костного бульона:

1 — $q = 2,8 \cdot 10^4$ Вт/м²; 2 — $q = 2,2 \cdot 10^4$ Вт/м²; 3 — $q = 1,7 \times 10^4$ Вт/м²; 4 — $q = 1,1 \cdot 10^4$ Вт/м²

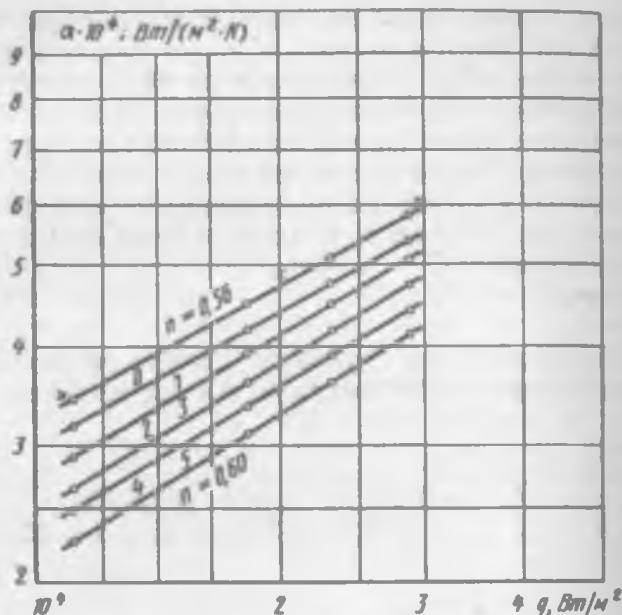


Рис. 8.31. Зависимость $\alpha = f(q)$ при варке костных бульонов

Существенным направлением интенсификации теплового процесса варки является рационализация размеров и формы обрабатываемых продуктов. Известно, что уменьшение размеров продуктов, подвергаемых варке, приводит к увеличению поверхности теплообмена и скорости их прогрева.

8.9. ПАРОВАРОЧНЫЕ АППАРАТЫ

Пароварочные шкафы применяют для варки продуктов на пару. Обогрев продуктов в них осуществляется «острым» паром. При непосредственном соприкосновении с продуктами насыщенный пар, конденсируясь, отдает им теплоту парообразования. При этом способе термической обработки, по сравнению с варкой в воде, значительно снижается выщелачивание минеральных веществ из продуктов, что способствует сохранению их пищевой ценности. Поэтому варку на пару широко применяют для приготовления продуктов лечебного и детского питания.

В настоящее время серийно выпускаются только электрические пароварочные аппараты с собственным

парогенератором АПЭСМ-1 и АПЭСМ-2, работающие при атмосферном давлении. Аппараты имеют аналогичное устройство и отличаются только количеством секций: у АПЭСМ-1 — одна секция, у АПЭСМ-2 — две секции. Разработаны и внедряются новые конструкции пароварочных шкафов АПЭ-0,23А и АПЭ-0,23А-01, рассчитанные для варки на пару в функциональных емкостях.

Техническая характеристика пароварочных шкафов представлена в табл. 8.6.

ТАБЛИЦА 8.6

Техническая характеристика пароварочных шкафов

Показатели	Единица измерения	Тип шкафа	
		АПЭ-0,23А-01	АПЭСМ-2
Полезный объем рабочей камеры	м ³	0,23	0,2
Количество секций рабочей камеры	шт.	4	4
Продолжительность разогрева аппарата до рабочего состояния	ч	0,3	0,3
Номинальная мощность	кВт	7,5	10,0
Габариты:			
длина	мм	900	840
ширина	мм	800	800
высота	мм	1500	1650
Масса	кг	180	240

Пароварочный аппарат АПЭСМ-2. Аппарат (рис. 8.32) представляет собой шкаф, состоящий из двух секций и подставки. В каждой секции есть две обособленные варочные камеры, в которых на съемных уголках устанавливается посуда — перфорированные и неперфорированные сотейники со съемными крышками. Рабочие камеры закрываются дверцами, снабженными ручками-запорами. В основании расположен парогенератор с четырьмя тэнами и питательный бачок с поплавковым клапаном, соединенный с парогенератором и линейным водопроводом. Образующийся при обработке продуктов конденсат собирается на дне камеры и отводится по трубопроводу в канализацию. Для слива воды в парогенераторе предусмотрен сливной патрубок с вентилем, присоединенный к трубопроводу, отводящему конденсат в канализацию.

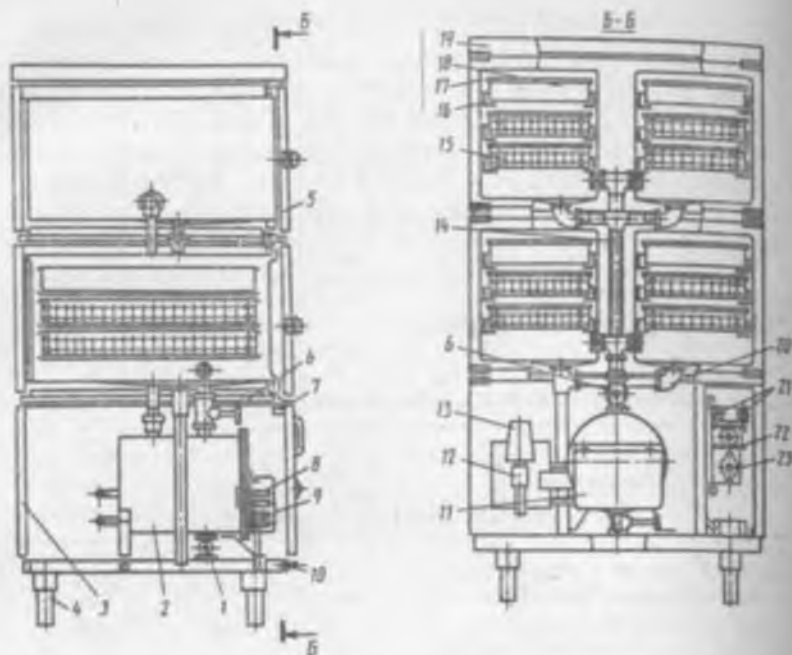


Рис. 8.32. Пароварочный аппарат АПЭСМ-2:

1 — вентиль на сливном трубопроводе; 2 — тэн; 3 — парогенератор; 4 — ножки; 5 — дверца камеры; 6 — вентиль на парогенераторе; 7 — замок; 8 — основание; 9 — пульт управления; 10 — болт заземления; 11 — кожух клеммника тэнов; 12 — питательный бачок; 13 — датчик системы автоматической защиты от сухого хода; 14 — паропровод; 15 — сотейник перфорированный; 16 — съемный угольник для установки посуды; 17 — варочная камера; 18 — сотейник неперфорированный; 19 — колпак (верхняя крышка); 20 — трубопровод для отвода конденсата в канализацию; 21 — лампы сигнальные; 22 — выключатель; 23 — переключатель

Для регулирования количества пара, подаваемого в отдельные рабочие камеры аппарата, в каждой из них предусмотрена заслонка с выдвижной ручкой.

На лицевой стороне шкафа сверху расположены блок электроаппаратуры и две сигнальные лампы (красная лампа — «Нет воды» и зеленая лампа — «Включено»), а также ручка переключателя и кнопки «Пуск» и «Стоп». Конструкция аппарата допускает установку его в технологических линиях вместе с другим модулированным оборудованием.

Пароварочный электрический аппарат АПЭ-0,23А (АПЭ-0,23А-01). Аппарат состоит из двух варочных камер, установленных на раме и закрытых с лицевой стороны индивидуальными дверями с затяжным запором.

Внутри варочных камер размещены кассеты с функциональными емкостями. Под варочными камерами смонтирован парогенератор. В нижней части аппарата размещена панель с электроаппаратурой. На облицовку выведена ручка включателя и желтая лампа, сигнализирующая о включении электронагревателей аппарата.

Аппарат АПЭ-0,23А-01 устанавливается на индивидуальную подставку.

Аппарат АПЭ-0,23А монтируется на общей ферме совместно с другими аппаратами. Каждый аппарат комплектуется функциональными емкостями (2 шт.), крышками к ним (2 шт.), кассетами (2 шт.), противнями (8 шт.).

8.10. КОФЕВАРКИ

В кофеварках приготавливают кофейные напитки и натуральный кофе. В кофеварках периодического действия напитков получают в результате многократной циркуляции кипящей воды при атмосферном давлении через сито, заполненное молотым кофе. В эспрессо-кофеварках используется фильтрационный способ, при котором через слой кофе при повышенном давлении 1 раз пропускается кипящая вода.

Кофеварка электрическая КВЭ-7. Кофеварка (рис. 8.33) является аппаратом периодического действия и состоит из варочного сосуда и наружного кожуха, воздушный зазор между которыми служит теплоизоляцией. Под дном варочного сосуда расположен закрытый электронагревательный элемент. Внутри варочного сосуда на дне смонтировано циркуляционно-перекидное устройство, обеспечивающее циркуляцию кипятка и подачу его в чашу с фильтром. Над циркуляционной трубкой расположен отражатель.

Для приготовления кофе в сосуд наливают воду, закрывают его крышкой и включают нагрев. При закипании воды пузырьки пара, устремляясь вверх по циркуляционной трубке, увлекают за собой воду. Вода ударяется об отражатель и равномерно омывает молотый кофе, экстрагирует из него пищевые и ароматические вещества и через отверстия в фильтре стекает в нижнюю часть резервуара. Полученный напиток поддерживается в горячем состоянии (при температуре 60...80 °С) с помощью терморегулятора, датчик кото-

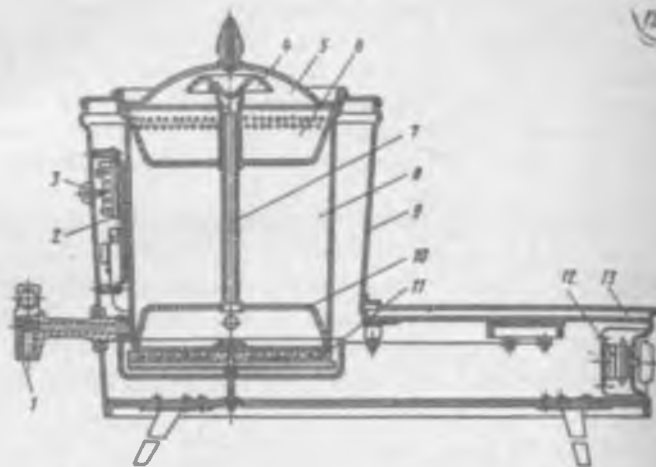


Рис. 8.33. Кофеварка электрическая KBЭ-7:

1 — разборный кран; 2 — терморегулятор; 3 — сигнальная лампочка; 4 — отражатель; 5 — крышка; 6 — фильтр; 7 — циркуляционная труба; 8 — варочный сосуд; 9 — корпус; 10 — колпак; 11 — электронагревательный элемент; 12 — переключатель; 13 — столлик

рого размещен в резервуаре для кофе над разборным краном. Кофеварка снабжена сигнальной лампой, которая сигнализирует, когда нагревательные элементы находятся под напряжением.

Экспресс-кофеварки. В экспресс-кофеварках ароматические экстрактивные вещества экстрагируются кипятком, проходящим под давлением через слой молотого кофе. Сила, под действием которой вода проталкивается через слой кофе, в одних случаях создается давлением пара, образующегося в котле, в других — поршнем, приводимым в движение усилием руки или гидравлическим приводом.

Кофеварка с гидравлическим усилителем (рис. 8.34) имеет водогрейный котел, в котором вода, выполняющая функцию промежуточного теплоносителя, нагревается тэнами. Вода, используемая для приготовления напитка, поступает в змеевик, размещенный в водогрейном котле, нагревается там и подается через распределительный коллектор в блок-краны с кнопочным управлением и гидравлическим усилителем.

Водогрейный котел соединен с водопроводной сетью поплавковым питательным клапаном, с помощью которого поддерживается постоянный уровень воды. Уро-

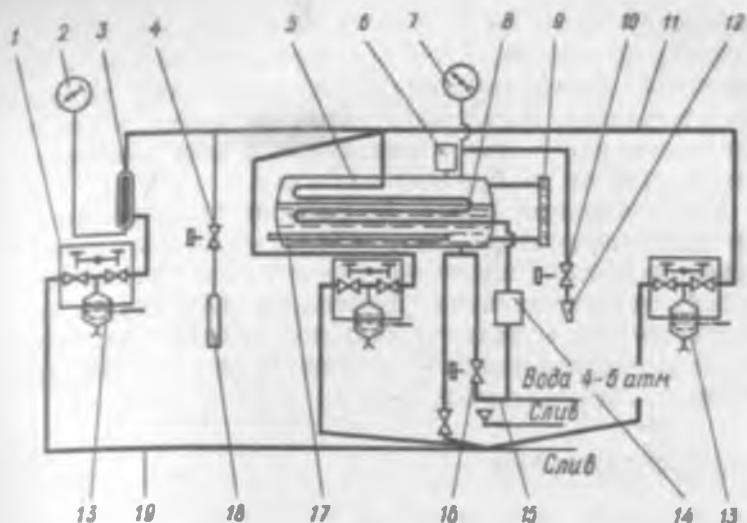


Рис. 8.34. Принципиальная схема эспрессо-кофеварки «Будапешт»:

1 — блок-кран; 2 — шкала термометра; 3 — чувствительный элемент термометра; 4, 10, 16 — вентили; 5 — водогрейный котел; 6 — предохранительный клапан; 7 — манометр; 8 — змеевик; 9 — водомерное стекло; 11 — коллектор; 12 — паровое сопло; 13 — чаша-держатель; 14 — умягчитель воды; 15 — линия подачи холодной воды; 17 — тэн; 18 — гильза для отбора горячей воды; 19 — линия отвода конденсата

вень воды в котле контролируется через водомерное стекло, а давление — манометром. Для предохранения котла от повышения давления сверх предельно допустимого уровня предназначается предохранительный клапан, для автоматического регулирования теплового режима — терморегулятор.

Над водогрейным котлом смонтирован верхний поддон, на который устанавливаются чашки для подогрева, а под котлом — нижний поддон, предназначенный для чашек с кофе. С водогрейным котлом соединены головки блок-кранов для приготовления и дозирования напитка.

Блок-кран приводится в действие нажатием кнопки. При этом открывается проход для воды из змеевика в головку и за счет давления, под которым вода находилась в змеевике, она проталкивается через слой молотого кофе. Готовый напиток сливается в чашку, поставленную под рожок головки.

Чтобы давление воды в змеевике было не менее 250 кПа, она подается через гидравлический усилитель,

состоящий из питательного блока для воды и насоса с электроприводом. Блок снабжен манометром и реле давления, автоматически поддерживающим заданное давление воды. Насос нагнетает воду в бак до тех пор, пока давление в нем и связанном с ним змеевике не поднимется до требуемого значения.

По описанному принципу работают кофеварки «Будапешт», «Касиномокка», «Балатон-люкс», «Омния-люкс», наиболее широко применяемые на предприятиях общественного питания. Кофеварки «Касиномокка» и «Балатон-люкс» имеют рычажное управление, «Будапешт» и «Омния-люкс» — кнопочное управление, упрощающее обслуживание.

8.11. СОСИСКОВАРКИ

Сосисковарки предназначены для варки сосисок, сарделек и поддержания их в горячем состоянии.

Сосисковарка FE-11 (рис. 8.35) изготавливается Венгерской Народной Республикой. Она состоит из кожуха и варочного сосуда прямоугольной формы, который закрывается сверху двумя откидными крышками с рукоятками. Между варочным сосудом и кожухом проложена теплоизоляция. Четыре тэна, объединенные

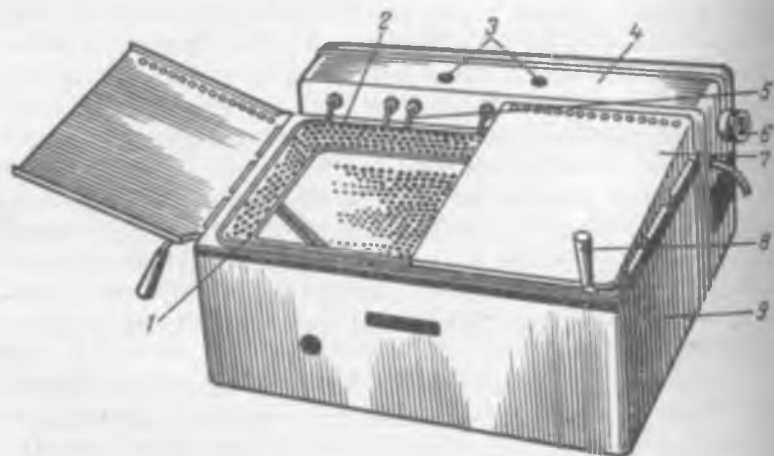


Рис. 8.35. Сосисковарка FE-11:

1 — варочный сосуд; 2 — перфорированная емкость; 3 — лампы; 4 — откидная головка; 5 — тэны; 6 — переключатель; 7 — откидные крышки; 8 — рукоятки, 9 — кожух

и две секции, расположены в нижней части варочного сосуда. При включенном состоянии они должны находиться в воде. Вдоль задней стенки аппарата расположена откидная головка, в которой закреплены нагревательные элементы, электроаппаратура и зажим заземления. Две лампы сигнализируют о работе тэнов. С двух сторон сосисковарки находятся переключатели, позволяющие регулировать мощность нагревателей.

В варочном сосуде имеется перфорированная алюминиевая емкость, разделенная перфорированной перегородкой на две части. Это дает возможность варить в одной емкости, например, сосиски, в другой — сардельки. Для сохранения в горячем состоянии сосисок и сарделек над варочной корзиной устанавливается дополнительная перфорированная емкость. Вместимость варочного сосуда 16 л, мощность — 4000 Вт, габариты, мм: 590×410×280, масса — 14 кг.

8.12. ЭКСПЛУАТАЦИЯ ПИЩЕВАРОЧНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Пищеварочные котлы. Перед пуском электрического котла проверяют наличие воды в пароводяной рубашке и при необходимости добавляют кипяченую воду, для чего открывают кран наполнительной воронки и кран уровня. При использовании некипяченой воды на стенках котла и тэнах быстрее образуется накипь, которая ухудшает теплопередачу, удлиняет время варки продуктов и ускоряет выход котла из строя.

Когда из крана уровня появится вода, заполнение пароводяной рубашки прекращают. После этого рычагом приподнимают над седлом предохранительный клапан, чтобы не допустить его прикипания, и открывают воздушный клапан двойного предохранительного клапана для выпуска воздуха из пароводяной рубашки (если двойной предохранительный клапан не имеет воздушного клапана, то открывают кран наполнительной воронки). Как только из воздушного клапана или наполнительной воронки пойдет пар, краны закрывают. Наличие воздуха в рубашке снижает теплоотдачу от пароводяной смеси к стенкам котла и увеличивает время его разогрева.

Перед пуском неопрокидывающегося котла проверяют также, открыт ли вентиль, соединяющий паротвод с варочным сосудом. Варочный котел заполняют продуктами так, чтобы уровень жидкости не доходил

8...12 см до верхней кромки котла. У опрокидывающихся котлов с герметически закрывающейся крышкой болты, крепящие ее к варочному сосуду, завинчивают в два приема: сначала — до соприкосновения с крышкой, а затем — до отказа. Так же следует отвинчивать болты: вначале нужно ослабить их, а затем полностью отвинтить. Это позволяет избежать перекоса крышки и предотвращает срыв резьбы болтов.

Если в процессе работы котла требуется открыть его герметически закрытую крышку, необходимо предварительно на 5 мин прекратить или сократить до минимума подвод теплоты, выпустить избыточный пар из варочного сосуда в пароотвод, подняв за кольцо турбины, а затем отвинтить и откинуть болты, крепящие крышку.

За 5...10 мин до окончания работы опрокидывающихся котлов прекращают нагрев, нажав кнопку «Стоп», затем снимают крышку, осторожно вращая маховик поворотного механизма, переворачивают котел и выгружают его содержимое в подставленную тару. После выгрузки варочный котел и пароотвод промывают, просушивают, а с внешней стороны протирают мягкой тканью.

В процессе эксплуатации нужно следить за тем, чтобы в клапане-турбинке, пароотводе и сливном кране не скапливались остатки пищи, поскольку при засорении этих элементов значительно повышается давление в варочном сосуде, что может вызвать срыв откидных болтов и выброс кипящей жидкости из котла. При неисправности предохранительных и запорных устройств котел запрещается использовать.

Для загрузки и выгрузки кассет с функциональными емкостями у котлов типа КЭ применяют подъемные тележки ТП-80К. Работа осуществляется в следующем порядке: при варке бульона измельченную кость закладывают в перфорированные емкости, закрывают крышкой и вдвигают в кассету по направляющим уголкам (КЭ-100 — одна кассета, КЭ-160 — две, КЭ-250 — три кассеты). Затем, подкатив тележку к загруженной кассете, фиксируют последнюю захватами каретки тележки и, вращая ручку редуктора тележки по часовой стрелке, поднимают кассету до крайнего верхнего положения, после чего подвозят ее к котлу, устанавливая таким образом, чтобы кассета оказалась над его варочным сосудом. Далее, вращая ручку тележки против ча-

совой стрелки, опускают кассету в варочный сосуд, освобождают захваты каретки и откатывают тележку от котла. После чего заливают в варочный сосуд холодную воду, проверяют работу клапана на крышке, повернув его ручку 2—3 раза вокруг оси. Включают котел переключателем в положение 1, при этом должна загореться лампа. Приоткрывают крышку и фиксируют ее одним из передних накидных рычагов. При появлении ровной и непрерывной струи пара из предохранительного клапана последний закрывают, повернув его ручку стрелкой вниз. Режим варки осуществляется автоматически.

После удаления с поверхности бульона жира и пены каждый раз следует закрывать крышку накидными рычагами. На варочном устройстве типа УЭВ работу организуют в следующем порядке: загружают в варочный сосуд продукты, закрывают крышку, включают варочное устройство, устанавливая ручку переключателя в положение 1 или 2. При этом на панели загорается желтая лампочка. Выключают варочное устройство поворотом ручки переключателя в положение «0». После того как давление на манометре упадет до 0,01 МПа, производят расстыковку аппаратов. При этом, взявшись правой рукой за рычаг, подвигают его «на себя», а большим пальцем нажимают на кнопку, установленную в верхней части рычага, и движением «от себя» до упора устанавливают рычаг в задней части паза стола. После этого транспортируют котел к месту раздачи. Крышка котла должна быть закрыта.

Перед включением в работу твердотопливных и газовых котлов проверяют тягу. Для этого открывают шибер на дымоходе и подносят папиросную бумагу к смотровому окну или открытому проему топки. Затем открывают регуляторы первичного воздуха, главный кран на подводящем газопроводе, кран переносного запальника, зажигают переносной запальник и вносят его через смотровое окно в камеру сгорания, направляя пламя на насадку горелки стационарного запальника. Далее нажимают кнопку прибора автоматики и зажигают стационарный запальник. Отпустив кнопку, убеждаются в том, что стационарный запальник продолжает гореть, закрывают до отказа диск регулятора первичного воздуха и открывают кран горелки. Цвет пламени должен быть голубоватым, а горение смеси происходит без хлопков, потрескивания и отрыва от на-

ссадки. При повышении давления пара в рубашке до верхнего заданного предела подача горючего газа в горелку автоматически снижается, а при падении его до нижнего заданного предела возобновляется в полном объеме.

При эксплуатации котлов, работающих на газе, особую опасность представляет утечка газа, которая может вызвать отравление обслуживающего персонала. Кроме того, газ в определенном соотношении с воздухом образует смесь, которая взрывается от малейшей искры. Чаще всего причиной утечки газа бывает несоблюдение правил эксплуатации газовых аппаратов. Поэтому перед зажиганием горелок газовых котлов следует проветрить помещение и горелочную камеру. Категорически запрещается оставлять работающие газовые аппараты без присмотра. В случае самопроизвольного затухания или любых других нарушений нормальной работы газ перед аппаратом перекрывают, проветривают горелочную камеру и вызывают специалиста по обслуживанию газового оборудования.

После окончания варки перекрывают кран горелки и общий кран на трубе, подводящий газ к котлу.

При включении парового пищеварочного котла открывают последовательно вентиль на паропроводящей трубе и продувочный кран, причем вентиль открывают на одну четверть. При появлении пара продувочный кран закрывают и полностью открывают вентиль на паропроводе.

После закипания содержимого котла паровой вентиль поворачивают на несколько оборотов по часовой стрелке, чтобы в котле поддерживалось слабое кипение.

В процессе эксплуатации котла периодически проверяют исправность работы конденсационного горшка. Для этого открывают продувочный кран. Если конденсат вытекает, значит засорился или не отрегулирован конденсационный горшок. Если не нагревается котел, то это свидетельствует о прекращении подачи пара или скоплении конденсата в паровой рубашке аппарата.

Пароварочные аппараты. После проверки исправности заземления аппарата включают электропитание на панели, открывают вентиль на трубопроводе, подводящем воду, и включают все тэны. При достижении в рабочих камерах температуры 95...96 °С в секции загружают посуду с продуктами. Во время работы при необходимости часть тэнов можно отключать.

После окончания работы аппарат отключают от электросети. Всю посуду, секции, парогенератор и внутреннюю часть рабочей камеры тщательно промывают и оставляют открытыми для просушивания.

Кофеварки. Перед началом работы в кофеварку КВЭ-7 заливают воду в количестве 6...7 дм³, но не менее 4,5 дм³ (при малом количестве воды кипятик не циркулирует), закрывают ее крышкой и включают на полную мощность, устанавливая переключатель на режим «Кипячение». Незадолго до закипания воды на сито насыпают молотый кофе и вновь закрывают крышкой. Через 7...8 мин после закипания кофе аппарат выключают и через 4...5 мин начинают отпускать напиток.

Для поддержания напитка в горячем состоянии переключатель устанавливают на режим «Подогрев».

После окончания работы кофеварку отключают от сети, вынимают циркуляционное устройство, фильтр, промывают их и просушивают. Варочный сосуд кофеварки промывают и оставляют открытым для просушивания.

Перед началом работы экспресс-кофеварок открывают верхний и нижний краны у водомерного стекла, один из душевых кранов для выпуска воздуха и вентиль на водопроводной трубе. Затем по водомерному стеклу проверяют уровень воды в водогрейном котле. Он должен находиться примерно на 2 см выше нижней отметки и не достигать верхней. После этого включают кофеварку в электрическую сеть. Как только вода в котле закипит, что определяют по манометру и сигнальной лампе (последняя гаснет), аппарат будет готов к работе.

Быстростъемную рукоятку с вложенным в нее ситом устанавливают на подставку дозатора кофемолки и заполняют порцией свежемолотого кофе, при этом следят за тем, чтобы порошок не попал на кромку держателя, иначе при закреплении быстростъемной рукоятки нарушится плотность соединения во фланце блок-крана.

Быстростъемную рукоятку вставляют в кофеварку и поворачивают вправо до отказа.

В кофеварках с гидравлическим усилителем при нажатии на кнопку «Включено» вода из эмеевика поступает в цилиндр блок-крана и, пройдя через слой кофе в виде порошка, сливается в чашку. После запол-

нения чашки напитком нажимают на кнопку «Выключено».

В кофеварках «Омния-люкс» для приготовления кофе достаточно только нажать на кнопку «Пуск» — процесс дозирования производится автоматически.

Во время работы необходимо следить за температурой воды, идущей на приготовление напитка, так как в результате ее косвенного нагрева возможны случаи, когда давление в водогрейном котле достигает заданной величины, а вода в змеевике не нагревается до 100...110 °С. Такое явление может наблюдаться в начальный период работы аппарата и при длительной непрерывной выдаче напитка. В этих случаях прекращают выдачу кофе до тех пор, пока вода не нагревается до 100 °С.

Перед заполнением чашек напитком их предварительно прогревают острым паром из пароотводной трубки с соплом. Кофеварку не разрешается оставлять включенной без надзора.

По окончании работы и отключении кофеварки от электросети закрывают вентиль на водопроводной трубе и открывают сливной вентиль. После удаления из водогрейного котла воды наружную поверхность кофеварки протирают мягкой тканью. Не реже 1 раза в десять дней водогрейный котел промывают.

Сосисковарки. Перед началом работы варочный сосуд заполняют горячей водой и закрывают крышками. Не рекомендуется применять жесткую воду, так как это может привести к образованию накипи на тэнах и, следовательно, к быстрому их износу. Уровень воды в сосуде должен быть не менее 130 мм. С помощью переключателей тэны включают на сильный нагрев, а после закипания воды — на слабый. В кипящую воду загружают 2,5...3 кг сосисок. Время варки после закипания воды 5...7 мин. В процессе варки в варочный сосуд следует доливать воду до уровня отметки, так как недостаточное количество ее может привести к перегоранию тэнов из-за малой теплоотдачи.

По окончании работы аппарат отключают от сети, охлаждают, выливают воду, тщательно моют, вытирают снаружи мягкой тканью и оставляют для просушивания.

9.1. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ СУЩНОСТЬ ТЕПЛОВЫХ ПРОЦЕССОВ

Технологическая сущность процессов жарки и выпечки заключается в доведении продуктов до состояния кулинарной готовности путем воздействия на них промежуточных технологических сред (воздух, паровоздушная смесь, жир, соусы, бульоны), нагретых на жарочных поверхностях или в рабочих объемах аппаратов до температур 150...350 °С.

К особой группе технологических процессов относятся жарка и выпечка в поле СВЧ-токов и ИК-излучений, так как эти процессы, имея аналогичный конечный результат (доведение продукта до готовности), отличаются физическими особенностями взаимодействия СВЧ-поля и ИК-излучений с продуктами.

Примерная классификация процессов жарки и выпечки и оборудование, используемое для их осуществления, приведена в табл. 9.1.

Жарка основным способом. Жарка осуществляется, как правило, на нагретых жарочных поверхностях или в рабочих объемах аппаратов. При этом в продукте под действием теплоты протекает ряд сложных биохимических, физических и физико-химических процессов, в результате которых продукт достигает состояния кулинарной готовности. Например, продукт обезвоживается, в него впитывается жир, меняется его структура, изменяются теплофизические свойства, уменьшается объем, появляются вкус и запах, свойственные данному виду готового продукта. В каждый момент процесса образуется вещество (продукт) нового состава и с новыми свойствами. Скорость этих процессов зависит от физи-

Основные показатели процессов
тепловой обработки продуктов

Наименование процесса и продукта	Температура, °С			Необходи- мость пере- мешивания или перево- рачивания продукта
	жарочная поверх- ность	жир или другая технологическая среда	поверх- ность продукта в конце процесса	
Жарка мясopодуKтоB, рыбopодуKтоB, оBощей, крупяных и творожных изделий	220...250	100...200	130...150	Имеется
Тушение мясopодуKтоB, рыбopодуKтоB, оBощей	150...170	100	85...90	Имеется
Пассерование муки, оBощей, томата-пасты	220...250	100...130	100...105	Имеется
Припускание оBощей, рыбы, фруктов	120...150	100	85...90	Имеется

реворачивания штучных изделий или перемешивания продуктов, обжариваемых насыпью.

Тушение. Технологической целью процесса тушения является получение новых качеств готового продукта при устранении его некоторых естественных свойств (например, жесткости мяса). Достижение этой цели обеспечивается подбором температурных режимов и продолжительности воздействия технологических сред на продукт. Тушение продуктов относится к комбинированным тепловым процессам, при которых на первой стадии получают корочку поджаривания, характерный вкус и запах жареного продукта, а на второй стадии продукт доводят до состояния кулинарной готовности в жидкой среде (соусе, бульоне, отваре) при температуре 80...100 °С.

Припускание. Процесс припускания осуществляется в том случае, если отношение жидкости к массе сырья составляет 10—15 %. Целью этого вспомогательного процесса является устранение естественных свойств продукта (например, жесткости и др.).

Пассерование. Пассерование сырья на предприятиях общественного питания осуществляют для последующего приготовления из него полуфабрикатов, поэтому этот процесс также является вспомогательным. В табл. 9.3 приведены цели процесса пассерования.

**Назначение процесса пассерования продуктов
и область их применения**

Сырье	Цель процесса	Направления использования пассерованного сырья в производстве кулинарной продукции
Мука	Устранение привкуса «сырости», снижение клейкости в продукции	Соусы, супы, мясные, рыбные, овощные (тушеные) кулинарные изделия
Лук	Придание желтого цвета с различными оттенками, переход ароматических веществ в жир, размягчение, уменьшение объема	Соусы, супы, мясные, рыбные, овощные (тушеные) кулинарные изделия
Морковь	Переход ароматических и красящих веществ в жир, размягчение, уменьшение объема	Соусы, супы, мясные, рыбные, овощные (тушеные) кулинарные изделия
Петрушка, сельдерей, пастернак (корень)	Переход ароматических и красящих веществ в жир, размягчение, уменьшение объема	Соусы, супы, мясные, рыбные, овощные (тушеные) кулинарные изделия
Свекла	Размягчение, ускорение процесса дальнейшей тепловой обработки, переход красящих и ароматических веществ в жир и бульон	Соусы, супы, маринады
Томатная паста, томатное пюре	Устранение привкуса сырости, переход красящих веществ в жир, уменьшение объема	Соусы, супы, мясные, рыбные, овощные (тушеные) кулинарные изделия

При пассеровании сырья его необходимо непрерывно перемешивать, поэтому в условиях индустриализации общественного питания требуются аппараты непрерывного действия для осуществления этого процесса.

Жарка во фритюре. Процесс жарки во фритюре находит широкое применение при обработке теста, овощей, рыбы, панированных мясных изделий. В отличие от консервной промышленности, где широко распространен родственный процесс — обжарка сырья, из которого в последующем получают консервированный продукт, т. е. целью обжарки является получение полуфабриката, жарка во фритюре на предприятиях

общественного питания предназначена для получения готового продукта.

Жарка продукта во фритюре сопровождается сложными физико-химическими и теплофизическими процессами. Под воздействием высокой температуры жира происходит удаление части влаги, впитывание (поглощение) жира, изменение структуры и плотности продукта, образование в корочке некоторых веществ, обуславливающих специфический вкус и запах обжариваемого продукта, объемная усадка, изменение пористости, выделение газа.

Распространение теплоты и повышение температуры продукта имеет резко выраженные два периода: в первый период температура повышается от поверхности продукта к центру, во второй период — температура остается некоторое время постоянной, а затем при достижении влагосодержания 200...300 % начинает постепенно повышаться, приближаясь к температуре жира.

Под процессом выпечки понимают гидротермическую и тепловую обработку тестовых заготовок в рабочей камере аппарата, в результате чего получают изделия, существенно отличающиеся от исходной заготовки размерами, внешним видом, ароматом, структурой, коллоидными, физическими и теплофизическими свойствами.

Выпечка сопровождается как внутренним (в тесте булочных изделий), так и внешним (в рабочей камере) тепло- и массопереносом.

В процессе выпечки происходит миграция влаги, паров, углекислоты, спирта и других веществ в окружающую среду, а также внутрь продукта под действием термовлагопроводности. Прогрев поверхностных слоев тестовой заготовки в начале выпечки сопровождается конденсацией влаги на поверхности и происходит очень быстро. За 150...200 с температура поверхности достигает 80...90 °С, затем конденсация прекращается. Под действием влаги и теплоты на поверхности заготовки образуется тонкая пленка клейстеризованного крахмала. Прогрев заготовки сопровождается выделением и расширением газа, заключенного в порах теста. Газ вызывает увеличение тестовой заготовки (рост) и соответствующие изменения ее теплофизических характеристик. С увеличением продолжительности процесса корка утолщается, изменяется ее окраска, накаплива-

ются ароматические вещества. Центральные слои теста булочных изделий прогреваются менее интенсивно, их температура к концу выпечки достигает 98... 100 °С. За период выпечки структура теста закрепляется — оно превращается в мякиш. Длительность и интенсивность рассмотренных процессов в значительной степени зависят от режимов выпечки. Эластичность, сжимаемость и упругость мякиша зависят от гидротермического и теплового режимов рабочей камеры аппарата.

Каждый из названных процессов для достижения наилучшего показателя качества продукта требует различных режимов, т. е. различного изменения параметров рабочей камеры или рабочей поверхности в течение одного цикла. Для рационального ведения процесса выпечки температура пекарной камеры и приток теплоты к изделию должны быть не постоянны, а различны в течение процесса. Так, высокая температура пекарной камеры, необходимая для быстрого прогрева изделия и закрепления его структуры в первой половине процесса выпечки, должна быть снижена во втором периоде процесса, чтобы избежать образования излишне толстой корочки на поверхности изделия и значительного уменьшения массы.

Таким образом, жарочно-пекарное оборудование должно обеспечивать плавное и безынерционное регулирование температурного режима. Аппараты должны обеспечивать равномерное температурное поле на рабочей поверхности и в рабочем объеме. Неравномерное температурное поле на рабочей поверхности или в рабочем объеме аппарата приводит к неодинаковому подводу теплоты к продукту, к неодинаковой скорости его прогрева до необходимой температуры (одни изделия медленно нагреваются, другие в это же время перегреваются, подгорают), что ведет к резкому ухудшению качества обрабатываемого продукта.

9.2. СКОВОРОДЫ

Сковороды предназначены для жарки продуктов основным способом, а также пассерования, тушения, припускания. В связи со спецификой процессов жарки продуктов основным способом сковороды должны максимально соответствовать следующим технологическим требованиям:

температурное поле жарочных поверхностей должно быть равномерным. Максимальная разность температур ($\Delta t_{max} = t_{max} - t_{min}$) на поверхности сковород не должна превышать 50...65 °С;

жарочная поверхность должна быть тщательно отшлифована и иметь строго горизонтальное расположение;

изменение температуры жарочной поверхности должно происходить в соответствии с меняющимися свойствами продуктов в течение одного цикла жарки;

широкое изменение температуры на жарочных поверхностях — в пределах 150...250 °С. Это позволяет организовывать на них тепловую обработку разнообразных продуктов, требующих различных температурных режимов;

на сковородах допускается осуществлять только жарку продуктов основным и комбинированным (тушение, припускание, пассерование) способами и категорически запрещается использовать сковороды для фритюрной жарки продуктов.

Последнее технологическое требование необходимо рассмотреть подробнее.

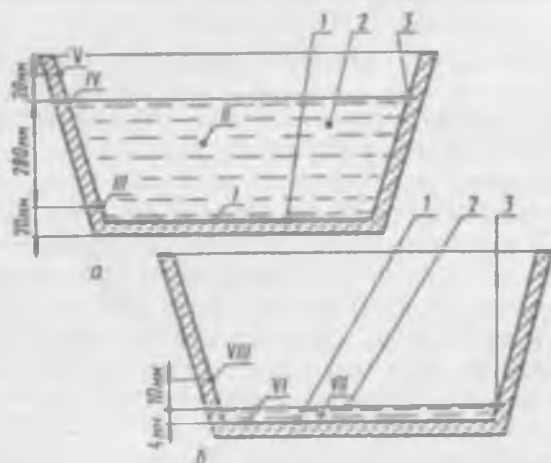


Рис. 9.1. Схема расположения термодар в сковороде при жарке изделий:

а — во фритюре, б — основным способом: 1 — рабочая поверхность; 2 — жир; 3 — бортовая поверхность; I, II, III, IV, V — точки замера температур при жарке изделий во фритюре; VI, VII, VIII — точки замера температур при жарке изделий основным способом

На рис. 9.1, а, б показана схема расположения термопар на рабочей и бортовых поверхностях сковороды при жарке изделий.

В таблице 9.4 приведены значения температур жира, рабочей и бортовых поверхностей сковороды в процессе жарки. Из данных табл. 9.4 следует, что более высокая температура рабочей поверхности сковороды при жарке во фритюре обусловлена тем, что для нагрева 40 кг жира необходимо значительно больше подвести теплоты, чем для 0,6 кг жира (в случае жарки основным способом), т. е. для нагрева большей массы жира нужны более высокие температуры на жарочной поверхности.

ТАБЛИЦА 94

Температура рабочей и бортовых поверхностей сковороды при жарке изделий во фритюре и основным способом

Места расположения точек замера температур	Температура при жарке, °С	
	во фритюре	основным способом
I — рабочая поверхность	255	—
II — жир	197	—
III — бортовая поверхность в слое жира	247	—
IV — бортовая поверхность на разделе сред металл — жир — воздух	241	—
V — бортовая поверхность на разделе сред металл — воздух	237	—
VI — рабочая поверхность	—	200
VII — жир	—	170
VIII — бортовая поверхность	—	159

Температура бортовых поверхностей в случае жарки во фритюре соответственно равна 247, 241, 237 °С (точки III, IV, V), а в случае жарки основным способом — 159 °С (точка VIII). Анализ этих данных позволяет отметить, что при жарке во фритюре бортовые поверхности, омываемые жиром, площадь которых приблизительно равна площади рабочей поверхности, имеют температуру выше температуры жира на 44... 50 °С. Такое различие температур в течение всего процесса жарки приводит к перегреву массы жира, способствует быстрому темпу его нежелательных изменений и в конечном счете к их порче и вредному воздействию на организм человека. Особую опасность на перегрев жира оказывает так называемая *бортовая*

полоса — площадь бортовых поверхностей (рис. 9.1, а) над уровнем жира на высоту до 20 мм. Здесь перегрев жира составляет 40 °С. Эта поверхность, имея температуру выше температуры жира на 40 °С, в процессе жарки постоянно омывается тонкой пленкой жира (при загрузке и выгрузке продукта уровень жира поднимается и опускается) и интенсивно окисляется кислородом воздуха. Визуально этот процесс можно наблюдать при жарке по интенсивному дымообразованию и образованию пленки олифизировавшегося жира. В случае жарки основным способом перегрев на бортовой полосе составляет 11 °С. Площадь бортовой поверхности здесь в сотни раз меньше, чем при жарке во фритюре, и жир уносится изделиями максимум через 2—3 цикла жарки, поэтому нежелательных изменений жира не происходит. Приведенные данные убедительно подтверждают требование к конструкциям сковород о нецелесообразности их использования для жарки во фритюре.

Классификация и конструктивные особенности сковород. По способу обогрева жарочной поверхности и виду энергоносителей различают сковороды с непосредственным и косвенным обогревом, электрические и газовые (рис. 9.2, а — г). В настоящее время промышленность выпускает электрические сковороды только с непосредственным обогревом — это сковороды секционные модулированные СЭСМ-0,2, СЭСМ-0,5. Кроме того, в эксплуатации имеются сковороды СНЭ-0,2 и СНЭ-0,5. Разработаны и начали выпускаться новые конструкции сковород СЭ-0,45 (СЭ-0,45-0,1) и СЭ-0,22 (СЭ-0,22-01), предназначенные для использования функциональных емкостей.

Эти сковороды являются аппаратами с непосредственным обогревом. Техническая характеристика сковород приведена в табл. 9.5.

Сковороды электрические секционные модулированные СЭСМ-0,2 и СЭСМ-0,5. Данные сковороды одинаковы по конструкции и отличаются друг от друга только размерами и потребляемой мощностью.

Сковорода СЭСМ-0,2 (рис. 9.3, а, б) имеет загрузочную чашу прямоугольной формы с носиком для слива жира. Ее откидная крышка может удерживаться в любом положении с помощью двух пружин. Электронагреватель открытого типа расположен под загрузочной чашей. Тумбы закрыты листами, образуя вспомо-

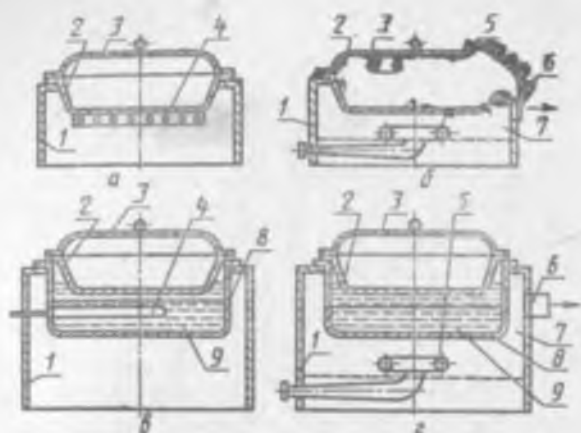


Рис. 9.2. Принципиальные схемы устройства сковород:

а — с непосредственным обогревом электрическая; *б* — с непосредственным обогревом газовая; *в* — с косвенным обогревом электрическая; *г* — с косвенным обогревом газовая; 1 — станина; 2 — загрузочная чаша; 3 — крышка; 4 — электронагревательный элемент; 5 — газовая горелка; 6 — патрубок для отвода продуктов сгорания; 7 — камера сгорания; 8 — корпус; 9 — рубашка с промежуточным теплоносителем

гательные столы. Механизм опрокидывания, который удерживает сковороду в любом положении от 0 до 90 °С, размещен в правой тумбе (маховичок с рукояткой выведен на переднюю ее облицовку). Электропанель расположена в левой тумбе. Сковорода снабжена терморегулятором ТР-4К, который предназначен для автоматического поддержания заданной температуры на рабочей поверхности. Лимб терморегулятора выведен на передний облицовочный лист чаши, а термобаллон смонтирован на ее обратной стороне. На лицевой панели левой тумбы находятся две кнопки (для включения и выключения сковороды) и две сигнальные лампы.

Сковорода электрическая СЭ-0,45. Сковорода (рис. 9.4) представляет собой установленную на ферме прямоугольную чашу, облицованную со всех сторон стальными листами. Между чашей и облицовками проложена теплоизоляция. Под подом чаши размещаются кассеты с электронагревателями. Температура жарочной поверхности регулируется автоматически с помощью датчика-реле температуры. Для слива содержи-

ТАБЛИЦА 9.5

Техническая характеристика скворода

Показатель	Единица измерения	СЭСМ-00,2	СЭСМ-0,5	СЭ-0,22 (СЭ-0,22-01)	СЭ-0,45 (СЭ-0,45-01)	СГСМ-0,5	АТЭ-1,1
Площадь турбиной поверхности	м ²	0,2	0,45	0,22	0,45	0,5	1,1
Полезная вместимость чаши	л	30	90	25	90	90	300
Номинальная мощность	кВт	6,0	12,0	5,0	11,5	—	45,5
Расход газа	м ³ /ч	—	—	—	—	2,85	—
Напряжение	В	—	3 ~ 220 или	3N ~ 380	—	—	380
Продолжительность разогрева до рабочей температуры	ч	0,3	0,41	0,6	0,6	0,5	0,1
Габариты:							
длина	мм	1050	1470	500	1200	1470	1910
ширина	мм	840	840	800	800	840	1490
высота	мм	890	860	330 (850) ¹	430 (850) ¹	—	—
Масса	кг	185	275	100 (130) ¹	220 (250) ¹	—	—

¹ При установке на индивидуальной подставке.

мого чаши имеется механизм опрокидывания, состоящий из мотора, редуктора и винтовой передачи. Сверху чаша закрывается крышкой. Механизм подъема крышки заблокирован с выключателем, позволяющим выключать электродвигатель для опрокидывания чаши сковороды только при открытой крышке. Справа от чаши размещается отсек с электроаппаратурой. На лицевую панель отсека выведены кнопки опрокидывания и возвращения чаши в горизонтальное положение, ручка датчика-реле температуры и лампа. Сверху отсек закрыт столом.

Принципиальная электрическая схема сковороды СЭ-0,45 приведена на рис. 9.5.

При подключении сковороды к сети напряжение подается на обмотку магнитного пускателя *K1* через контакт *B* датчика-реле температуры Т-32 и контакт концевого выключателя *S4* горизонтального положения чаши сковороды. Пускатель *K1* срабатывает и своими контактами подключает девять электронагревателей *E1...E9* и лампу *H*, сигнализирующую о включении нагрева.

При достижении заданной температуры контакт *B* датчика-реле температуры размыкается, отключая

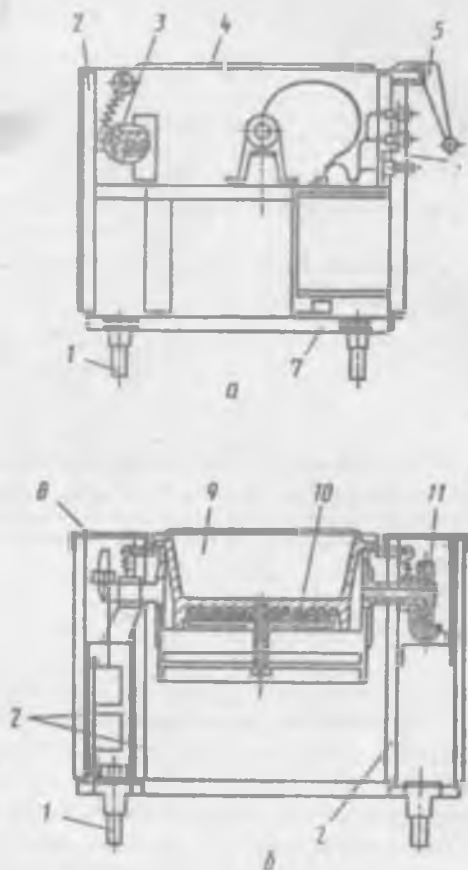


Рис. 9.3. Сковорода электрическая секционная модулированная СЭСМ-0,2:

a — поперечный разрез; *б* — продольный разрез: 1 — ножки; 2 — облицовка; 3 — датчик (термобаллон с терморегулятором ТР-4К); 4 — крышка; 5 — ручка крышки; 6 — пульт управления; 7 — рама; 8 — стол; 9 — чугунная чаша; 10 — спирали нагревателя; 11 — механизм опрокидывания

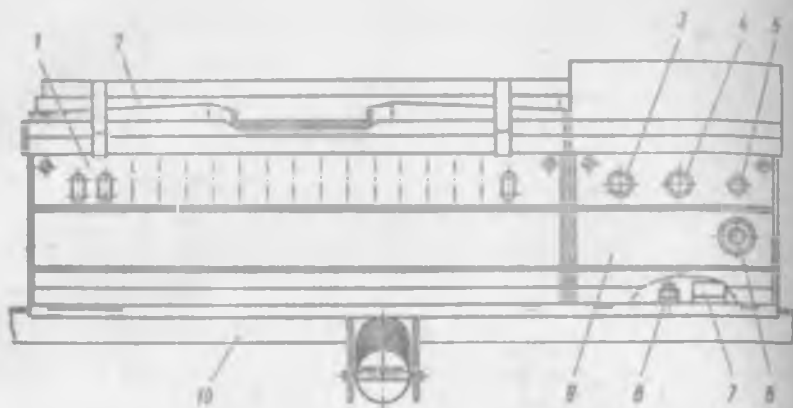


Рис. 9.4. Сковорода электрическая СЭ-0,45:

1 — облицовка; 2 — крышка; 3 — кнопка опрокидывания чаши; 4 — кнопка возвращения чаши; 5 — сигнальная лампа; 6 — датчик реле температуры; 7 — блок зажимов; 8 — заземляющий зажим; 9 — отсек с электроаппаратурой; 10 — ферма

магнитный пускатель и, следовательно, тэны от сети.

Механизм опрокидывания чаши сковороды приводится в действие электродвигателем *М*. Опрокидывание можно осуществлять только при отключенных электронагревателях, когда обмотка пускателя *К1* выключена. Кроме того, опрокидывание чаши возможно только при открытой крышке (концевой выключатель *S5* должен быть замкнут). Для опрокидывания чаши нажимают на кнопку *S1* («Пуск») в цепи пускателя *K2*, при этом размыкающими контактами кнопки *S1* разрывается цепь питания пускателя *K3*. Магнитный пускатель *K2* срабатывает и своими контактами включает двигатель *М* механизма опрокидывания.

После поворота чаши цепь питания пускателя *K2* разрывается контактом концевого выключателя *S5*, который фиксирует крайнее положение повернутой чаши.

Для возврата чаши в горизонтальное положение нажимают на кнопку *S2*. При этом замыкается цепь пускателя *K3* и размыкается цепь пускателя *K2*. Пускатель *K3* срабатывает и своими контактами подключает двигатель поворотного механизма *М*, меняя между собой местами фазы *А* и *С*, чем осуществляется реверс двигателя. Чаша возвращается в исходное положение, которое фиксируется концевым выключателем *S4*. При

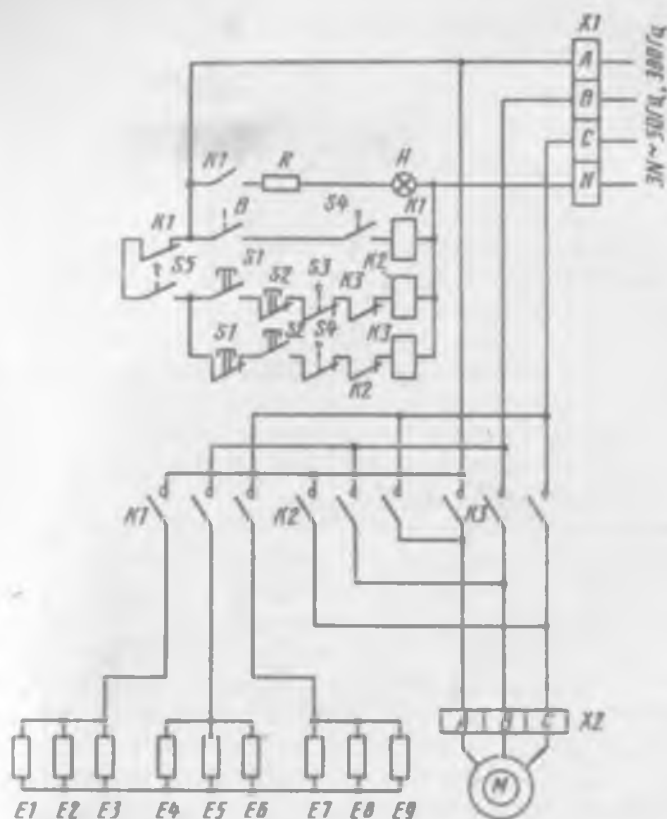


Рис. 9.5. Электрическая схема сковороды СЭ-0,45

этом контакт $S4$ размыкается, разрывается цепь питания пускателя $K3$, и двигатель M отключается.

Сковорода электрическая СЭ-0,22. Конструкция сковороды СЭ-0,22 отличается от конструкции сковороды СЭ-0,45 только устройством механизма опрокидывания, который состоит из рукоятки, храпового колеса и собачки. С помощью храпового колеса и собачки обеспечивается остановка чаши в нужном положении.

Сковороды СЭ-0,45 и СЭ-0,22 устанавливаются на общую ферму совместно с другими аппаратами и рассчитаны для использования функциональных емкостей. Сковороды СЭ-0,45-01 и СЭ-0,22-01 отличаются от сковород СЭ-0,45 и СЭ-0,22 наличием индивидуальных подставок.

Аппарат тепловой электрический АТЭ-1,1. Аппарат (рис. 9.6, а, б) предназначен для пассерования сырья на

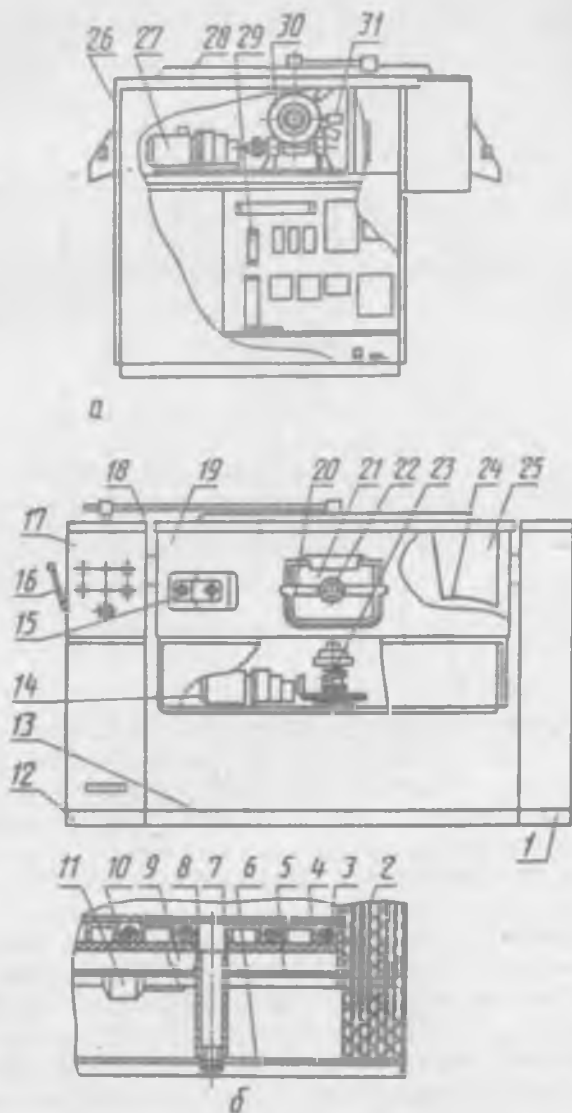


Рис. 9.6. Аппарат тепловой электрический АТЭ-1,1:

а — разрез; *б* — схема устройства нагревателя: 1, 12 — тумбы; 2 — тепло-
вая изоляция; 3 — нагревательная спираль; 4, 5, 6 — металлические
листы; 7, 8 — втулки; 9 — керамический ролик; 10 — асбестовый лист;
11 — колодка электрической сети; 13 — рама; 14 — привод мешалки; 15 —
датчик-реле температуры; 16 — ручка подъема и опускания крышки;
17 — пульт управления; 18 — кронштейн крышки; 19 — облицовочный
лист; 20 — накладка дверцы; 21 — дверца; 22 — рукоятка дверцы; 23 —
вал привода мешалки; 24 — лопасть мешалки; 25 — чаша; 26 — панель;
27 — электропривод для опрокидывания чаши; 28 — крышка чаши; 29 —
электроаппаратура; 30 — червячная пара редуктора; 31 — концевой вы-
ключатель

заготовочных предприятиях общественного питания. Он представляет собой чашу круглой формы, закрытую облицовочными листами, между которыми проложена тепловая изоляция. Обогрев чаши осуществляется закрытым электрическим нагревателем.

Внутри чаши расположена мешалка, приводимая во вращение электроприводом. Сверху чаша закрывается крышкой, подъем и опускание которой производятся рукояткой с помощью специального механизма. Чаша цапфами закрепляется в подшипниках опорных тумб. В левой тумбе расположены панель с электроаппаратурой и электроприводом с червячным редуктором для опрокидывания чаши при разгрузке. Угол наклона чаши ограничивается концевыми выключателями.

Температурный режим регулируется с помощью датчика-реле температуры. Порядок работы аппарата следующий: устанавливают датчики-реле температуры на отметку, соответствующую режиму обработки продукта, фиксируют ручку переключателя мешалки и устанавливают реле времени на время, необходимое для тепловой обработки продукта. Продукт загружают через 5—10 мин после включения нагрева. По окончании процесса тепловой обработки чашу аппарата опрокидывают для выгрузки готового продукта, затем ее возвращают в исходное положение.

Сковорода газовая секционная модулированная СГСМ-0,5. Сковорода (рис. 9.7) состоит из рабочей чаши прямоугольной формы, теплоизолированной и облицованной стальными листами, которые покрыты светлой эмалью.

Обогревается чаша непосредственно от камеры сгорания, расположенной под ней, в которой установлены многосопловая горелка с трубчатой насадкой и вторичные керамические излучатели. В левой тумбе смонтированы газопровод, блок автоматики безопасности и регулирования 2АРБ-1, блок пьезоэлектрического зажигания, терморегулятор ТР-4К. Чувствительный элемент терморегулятора крепится к задней стенке чаши, а лимб выведен на панель левой тумбы. В остальном устройство сковороды аналогично устройству сковороды СЭСМ-0,5.

Технико-экономические и эксплуатационные показатели сковород. К основным эксплуатационным показателям сковород относятся: равномерность температурного поля, продолжительность выхода жарочной по-

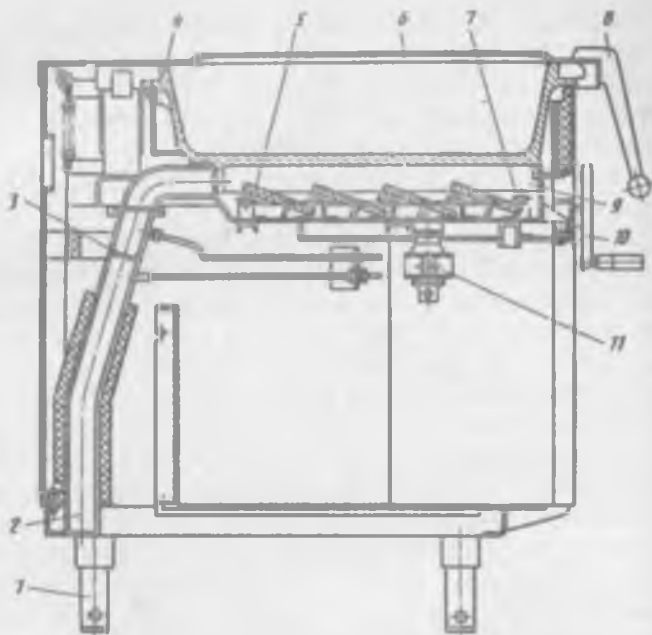


Рис. 9.7 Сковорода газовая секционная модулированная СГСМ-0,5:

1 — ножки; 2 — газоход; 3 — шиббер в газоходе; 4 — чаша; 5 — керамические излучатели; 6 — крышка; 7 — трубчатая насадка горелки; 8 — рукоятка крышки; 9 — камера сгорания; 10 — маховик поворотного механизма; 11 — край газовой горелки

верхности на стационарный режим, удельный расход жира, удельный расход электроэнергии, производительность и весовое напряжение жарочной поверхности.

На данные показатели оказывает существенное влияние коэффициент загрузки жарочной поверхности штучными изделиями или продуктами, обжариваемыми насыпной массой.

Неравномерность температурного поля жарочной поверхности сковороды определяют в стационарном режиме по уравнению

$$\Delta t' = t_{\max} - t_{\min}, \quad (9.1)$$

где $\Delta t'$ — разность температур между точками поверхности, °С; $t_{\max}$ — максимальная температура жарочной поверхности, °С; $t_{\min}$ — минимальная температура жарочной поверхности, °С.

На рис. 9.8 приведена изотерма сковороды СНЭ-0,2 при потребляемой мощности $P=2,5$ кВт, где четко визуализируется неравномерность температурного поля: максимальная температура в центре рабочей поверхности 291°C , а минимальная температура на ее периферии — 215°C , поэтому $\Delta t' = 291 - 215 = 76^{\circ}\text{C}$.



Рис. 9.8. Изотерма жарочной поверхности электрической сковороды СНЭ-0,2

Выявлено влияние неравномерности температурного поля жарочной поверхности на удельный расход жира (табл. 9.6).

Анализ данных убедительно демонстрирует, что с увеличением $\Delta t'$ возрастают удельные расходы жира на жарку. Аналогично замером расхода электроэнергии на процесс жарки установлено, что на противне ($\Delta t' = 185^{\circ}\text{C}$) удельный расход электроэнергии на 35 %

ТАБЛИЦА 9.6

Влияние неравномерности температурного поля ($\Delta t'$) на удельные расходы жира

Тип сковороды (аппарата)	$\Delta t',$ $^{\circ}\text{C}$	Удельный расход жира		
		печень, г/кг	картофель, г/кг	котлеты, г/шт.
Электросковорода с тэнами, залитыми в дно	50	65,0	23,0	2,2
Электросковорода СНЭ-0,2	120	76,5	28,0	2,6
Электросковорода с косвенным обогре- вом СКЭ-0,3	22	64,0	26,0	2,4
Противень, устанавливаемый на по- верхность электро- плиты	185	93,0	48,0	3,1

выше, чем на сковороде с косвенным обогревом ($\Delta t' = 22^\circ\text{C}$).

Продолжительность нагрева сковороды до стационарного состояния — это промежуток времени, за который нагревается сковорода до рабочей температуры. Как правило, для этого сковороду включают на высшую ступень нагрева, а затем на нижнюю ступень нагрева, при которой устанавливается температура, необходимая для технологического процесса.

На рис. 9.9 приведен график выхода рабочей поверхности электросковороды СНЭ-0,2 на стационарный режим, работы на меньшей ступени нагрева и изменение температуры в различных точках на поверхности. Из данных графика следует, что в различных точках поверхности сковороды температура различна (что иллюстрирует понятие неравномерности температурного поля $\Delta t'$). Сковорода, в которую залито растительное масло слоем 8 мм, выходит на стационарный режим за 40 мин, температура жира в этот момент равна 190°C , переключение сковороды на среднюю ступень нагрева позволяет создать температурный режим на ее поверхности, удовлетворяющий требованиям процесса жарки.

Производительность сковороды определяют по уравнению

$$G = 3600g'/\tau, \quad (9.2)$$

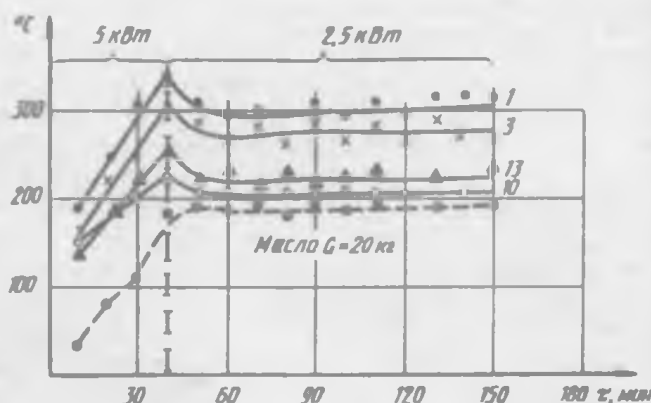


Рис. 9.9. Изменение температуры жарочной поверхности СНЭ-0,2:

1, 3, 13, 10 — точки замера температур на жарочной поверхности

где G — производительность сковороды, кг/ч; a — количество изделий, обжариваемых за один цикл, шт.; g — масса одного изделия, кг; t — продолжительность одного цикла, с. Если изделия обжаривают насыпной массой, то

$$G = 3600g'/t, \quad (9.3)$$

где g' — масса изделий, загружаемых в чашу за один цикл, кг. Коэффициент загрузки жарочной поверхности рассчитывают по формуле

$$\varphi_{ж.п} = \Sigma f_{изд.} / F_{ж.п}, \quad (9.4)$$

где $\varphi_{ж.п}$ — коэффициент загрузки жарочной поверхности (для штучных изделий $\varphi \leq 0,90 \dots 0,95$); $f_{изд.}$ — площадь, занимаемая изделием, m^2 .
Удельный расход жира будет равен

$$N = G_{ж.} / G_{изд.}, \quad (9.5)$$

где N — удельный расход жира, кг/кг; $G_{ж.}$ — масса жира на жарку изделий, кг; $G_{изд.}$ — масса изделий, обжаренных в процессе жарки, кг.

Удельный расход электроэнергии находят по формуле

$$P = P_1 / G_{изд.}, \quad (9.6)$$

где P — удельный расход электроэнергии, кВт·ч/кг; $G_{изд.}$ — масса изделий, обжаренных в процессе обработки, кг; P_1 — расход электроэнергии, кВт·ч.

Приведенные уравнения позволяют определить основные технико-экономические и эксплуатационные показатели работы электросковород и выбрать рациональные режимы их эксплуатации.

9.3. ФРИТЮРНИЦЫ

Фритюрницы — это специализированные жарочные аппараты, предназначенные для жарки кулинарных изделий в большом количестве жира.

На рис. 9.10, а, б приведены принципиальные схемы устройства фритюрниц с электрическим и газовым обогревом.

Основными узлами фритюрницы являются рабочая ванна, теплогенерирующее устройство (тэны или газо-

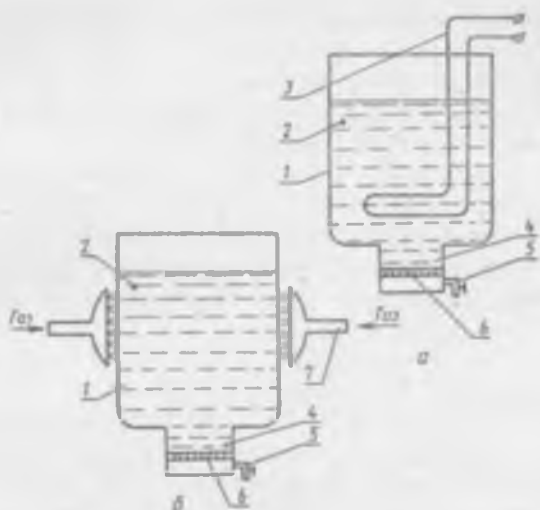


Рис. 9.10. Принципиальная схема устройства фритюрницы:

а — электрическая; *б* — газовая; *1* — ванна; *2* — рабочая зона жира; *3* — тэн; *4* — холодная зона жира; *5* — кран для слива жира; *6* — фильтр; *7* — газовая горелка

вые горелки), терморегулирующая аппаратура и каркас.

Особенности процесса жарки во фритюре. Независимо от вида обогрева жир в ванне фритюрницы должен нагреваться по двум зонам — рабочей и холодной. Температура жира в рабочей зоне не должна превышать 190°C , а в холодной зоне — 80°C . Разность температур по объему жира обеспечивает разность плотности жира в рабочей и холодной зонах, что способствует свободному опусканию в холодную зону мелких остатков продукта и взвесей в течение всего процесса жарки, предотвращая их обугливание в рабочей зоне жира. Это явление замедляет темп нежелательных изменений фритюрного жира.

Процесс жарки осуществляется при практически полном контакте всей поверхности продукта с нагретым жиром. При этом одновременно с теплообменом происходит процесс массообмена между продуктом и жиром. При жарке во фритюре создаются хорошие условия для теплообмена и обеспечивается равномерное образование корочки на всей поверхности продукта.

Однако в процессе жарки во фритюре в жир из

продукта выделяются влага и органические вещества, что приводит к ускорению процессов нежелательных химических изменений жира. Кроме того, нагретый жир, контактируя с кислородом воздуха, окисляется. Наиболее интенсивно процессы разложения жира происходят на участках его соприкосновения с теплопередающей поверхностью. Во фритюрницах, как и при эксплуатации сковород, имеет место влияние «бортовой полосы».

Применительно к работе фритюрниц рассмотрим подробнее понятие бортовой полосы. Как отмечалось ранее, бортовая полоса образуется у границы раздела «металл — жир — воздух». При нагреве жира во фритюрнице тэнами бортовая полоса образуется на вертикальных участках тэнов. В случае нагрева ванны с жиром внешним нагревателем (спиралью) бортовая полоса возникает на участках поверхностей ванн, температура которых выше температуры жира. Жир в ваннах фритюрниц можно нагревать тремя способами: погружение тэнов в жир; косвенный обогрев, когда нагрев жира осуществляется через промежуточный теплоноситель, находящийся в рубашке; непосредственный обогрев, когда к наружной поверхности ванны с жиром подводится тепловой поток (например, от электрического нагревателя, газовой горелки). Проведенные эксперименты определили температурные поля бортовых поверхностей ванн, тэнов и фритюрного жира (табл. 9.7).

ТАБЛИЦА 97

Влияние способа нагрева жира в ваннах фритюрниц на формирование температурных полей жира и поверхностей ванн и тэнов

Способ нагрева жира	Средняя температура, °С			
	поверхность ванны на разделе сред металл — жир — воздух	поверхность ванны без поверхности холодной зоны	тэн	жир
Тэны погружены в жир	165,3	166,7	254	171,5
Косвенный нагрев	171,7	174,5	—	166
Непосредственный нагрев	255	234,5	—	159,3

Анализ экспериментальных данных позволяет отметить, что при первом способе нагрева средняя температура поверхности тэнов превышает среднюю температуру жира на 80 °С, что значительно больше допустимого.

При втором способе (косвенный нагрев) средняя температура жира незначительно отличается от температуры поверхности ванн. При третьем способе (непосредственный нагрев) средняя температура значительно ниже средних температур поверхности (90...110 °С), что также превышает допустимые температурные перепады (между теплопередающей поверхностью и жиром).

При использовании данных способов нагрева исследованы изменения химических показателей жира «Белорусский» в зависимости от способа его нагрева в ваннах фритюрниц (табл. 9.8).

ТАБЛИЦА 9.8

Динамика химических показателей жира «Белорусский» в зависимости от способа его нагрева

Химические показатели	Продолжительность нагрева, ч	Способ нагрева		
		первый (тэны)	второй (косвенный)	третий (непосредственный)
Кислотное число, мг КОН	5	0,34	0,30	0,42
	10	0,52	0,40	0,60
	15	0,71	0,53	0,96
	20	0,84	0,75	1,16
	25	0,72	0,60	0,89
	30	0,52	0,42	0,65
Процент продуктов окисления	5	0,86	0,60	0,64
	10	0,91	0,67	0,71
	15	1,02	0,73	0,78
	20	1,19	0,81	0,88
	25	1,50	0,88	1,02
	30	1,65	1,02	1,19
Процент дикарбонильных соединений	5	1,91	1,38	1,62
	10	2,53	1,63	1,75
	15	3,02	1,75	2,10
	20	3,51	2,27	2,63
	25	4,40	2,63	3,02
	30	5,20	3,02	3,51

Примечание. Исходные показатели при $t=0$: кислотное число — 0,26; процент продуктов окисления — 0,57; процент дикарбонильных соединений — 1,27.

Анализ экспериментальных данных позволил выявить тенденцию изменений химических показателей жира в зависимости от способа нагрева. Кислотное число жира растет при всех способах нагрева, однако максимальный рост наблюдается при третьем способе. Это можно объяснить отрицательным влиянием бортовой полосы, так как ее средняя температура достигает 255°C , что способствует при наличии кислорода воздуха интенсивному разложению жира. Несколько медленнее окисляется жир в ванне, нагреваемой тэнами, и значительно меньше рост кислотного числа при косвенном способе нагрева. После 20 ч нагрева кислотное число уменьшается, что, по-видимому, объясняется интенсификацией полимеризационных процессов, о чем свидетельствует усиливающийся рост продуктов окисления и дикарбонильных соединений.

Изменение процентного содержания вторичных продуктов окисления в зависимости от продолжительности и способа нагрева проявляет следующую тенденцию. Максимальная величина этого показателя зарегистрирована в жире ванны, нагреваемой погружением тэнов, затем при нагреве внешним нагревателем и минимальная величина — при косвенном обогреве. Очевидно, тэн, находящийся в массе жира, создает наиболее жесткие условия нагрева (254°C), при этом интенсивно протекают полимеризационные и сополимеризационные процессы, что подтверждает и аналогичная зависимость процентного содержания дикарбонильных соединений. Отсюда возникает необходимость снижения температуры и снижения местных перегревов тэнов при их погружении в массу жира.

Таким образом, рациональным способом нагрева жира в ваннах, судя по изменениям химических показателей жира, является косвенный нагрев. Однако следует отметить, что этот способ нагрева целесообразно применять в аппаратах большой производительности (жарочные машины непрерывного действия). Для фритюрниц периодического действия наиболее рационально нагревать жир тэнами, погруженными в его массу.

Влияние конструкции тэнов на темп химических изменений жира. Конструкция тэнов и их расположение в ваннах значительно влияют на темп химических изменений фритюрного жира.

На рис. 9.11 приведена рентгенограмма блока тэнов фритюрницы ФНЭ-10, расположенных в одной гори-

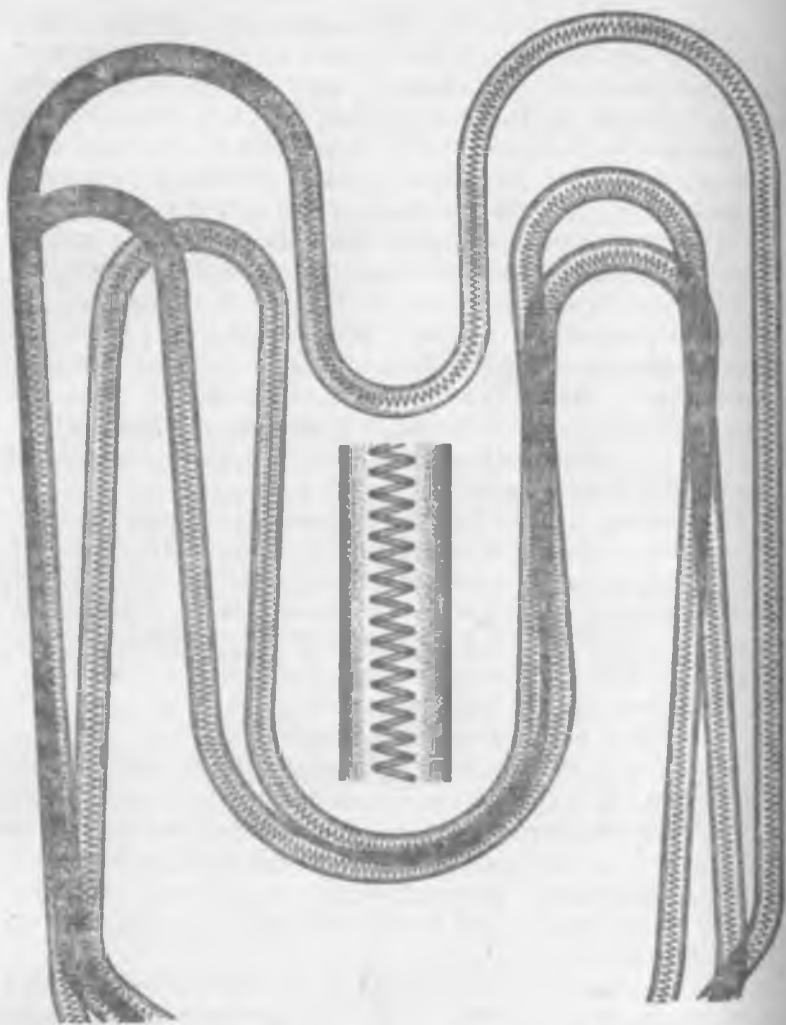


Рис. 9.11. Рентгенограмма блока тэнов фритюрницы ФНЭ-10

зонтальной плоскости, из которой видно, что отдельные части трубок тэнов соприкасаются или расположены на расстоянии 0,5...2 см друг от друга. Каждый из трех тэнов блока изогнут по одному шаблону, все тэны находятся в одной плоскости, в результате чего блок образует как бы «тепловую плиту». Поэтому в области расположения блока неизбежен перегрев жира, т. е. неравномерность нагрева всего объема жира.

На рис. 9.12, а, б приведена рентгенограмма блока тэнов фритюрницы FE-24 (производства Болгарии),

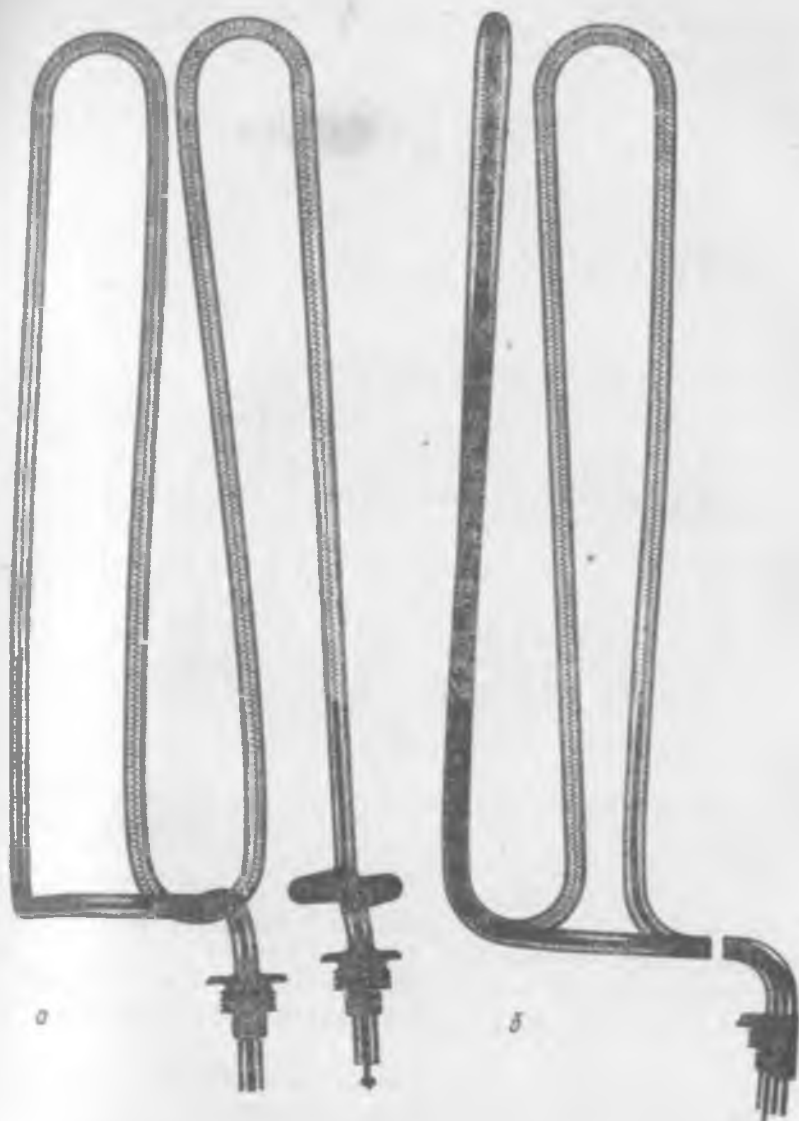


Рис. 9.12. Рентгенограмма блока тэнов фритюрницы FE-24 (производство Болгарии):

а — средний тэн (горизонтально расположен в ванне); б — боковые тэны (вертикально расположены по сторонам ванны)

расположенных в вертикальной и горизонтальной плоскостях, где отсутствует соприкосновение их трубок. Каждый из трех тэнов этой фритюрницы изогнут по шаблону и отличается по форме изгиба от тэнов ФНЭ-10. Так, два боковых тэна имеют части трубок, расположенные в вертикальной и горизонтальной плоскостях. Средний тэн расположен в горизонтальной плоскости и изогнут по отдельному шаблону, отличающемуся от первых двух шаблонов.

ТАБЛИЦА 9.9

Температура тэнов и жира в ваннах фритюрницы

Тип фритюрницы	Плоскость расположения тэнов в объеме жира	Средняя температура, °С					
		поверхность тэнов	жир на расстоянии (во все стороны) от блока, мм				жир в ванне
			1	2	3	4	
ФНЭ-10	Горизонтальная	264	259	257	244	215	185
ФЭСМ-20	Горизонтальная	272	261	258	247	220	187
FE-24	Вертикальная и горизонтальная	238	217	212	194	185	180

Проведенные исследования температурных полей поверхностей тэнов и жира трех фритюрниц (табл. 9.9) позволяют сделать следующие выводы:

расположение блока тэнов оказывает определяющее влияние на формирование температурного поля объема жира в ваннах;

расположение блока тэнов в одной плоскости приводит к тому, что трубки тэнов взаимно обогревают друг друга.

Эти явления способствуют значительному перегреву слоя жира, расположенного у поверхности тэнов, во фритюрницах ФЭСМ-20 и ФНЭ-10. При расположении тэнов в двух плоскостях (фритюрница FE-24) перегрев жира менее значителен. Иными словами, нагрев жира блоком тэнов, расположенных в двух плоскостях, способствует формированию равномерного температурного поля по всему его объему.

На рис. 9.13, а, б приведены рентгенограммы контактных участков тэнов фритюрниц FE-24 и ФЭСМ-20, на которых следует ожидать наличие бортовой полосы.

Анализ рентгенограмм показывает, что во фритюрнице ФЭСМ-20 активной зоной является часть вертикальных участков тэна, а во фритюрнице FE-24 вертикальная часть тэна является пассивной зоной. Значения температурных полей блоков тэнов вертикальных участков фритюрниц ФЭСМ-20 и FE-24 (по шесть трубок в том и другом случае) приведены в табл. 9.10.

ТАБЛИЦА 9.10

Температуры вертикальных участков тэнов фритюрниц ФЭСМ-20 и FE-24

(в °С)

Блок тэнов фритюрницы	Температура вертикального участка трубы тэна на расстоянии, мм									
	вниз от «зеркала жира»					вверх от «зеркала жира»				
	1	3	6	9	12	1	3	6	9	
ФЭСМ-20	269	275	281	279	279	265	266	260	255	
FE-24	174	173	188	163	170	165	159	130	104	

Анализируя данные табл. 9.10, следует отметить, что вертикальные участки тэнов фритюрниц ФЭСМ-20 нагреваются выше предельных температур нагрева жира примерно на 90 °С, вертикальные участки тэнов фритюрницы FE-24 нагреваются незначительно, точнее, они нагреваются от горячего жира. В результате во фритюрнице ФЭСМ-20 визуально наблюдается на этих участках тэнов пленка нагара (олифизировавшийся жир), толщина которой зависит от продолжительности работы тэнов, т. е. чем дольше работают тэны, тем больше разлагается на вертикальном участке жир и интенсивней происходит его порча в общей массе.

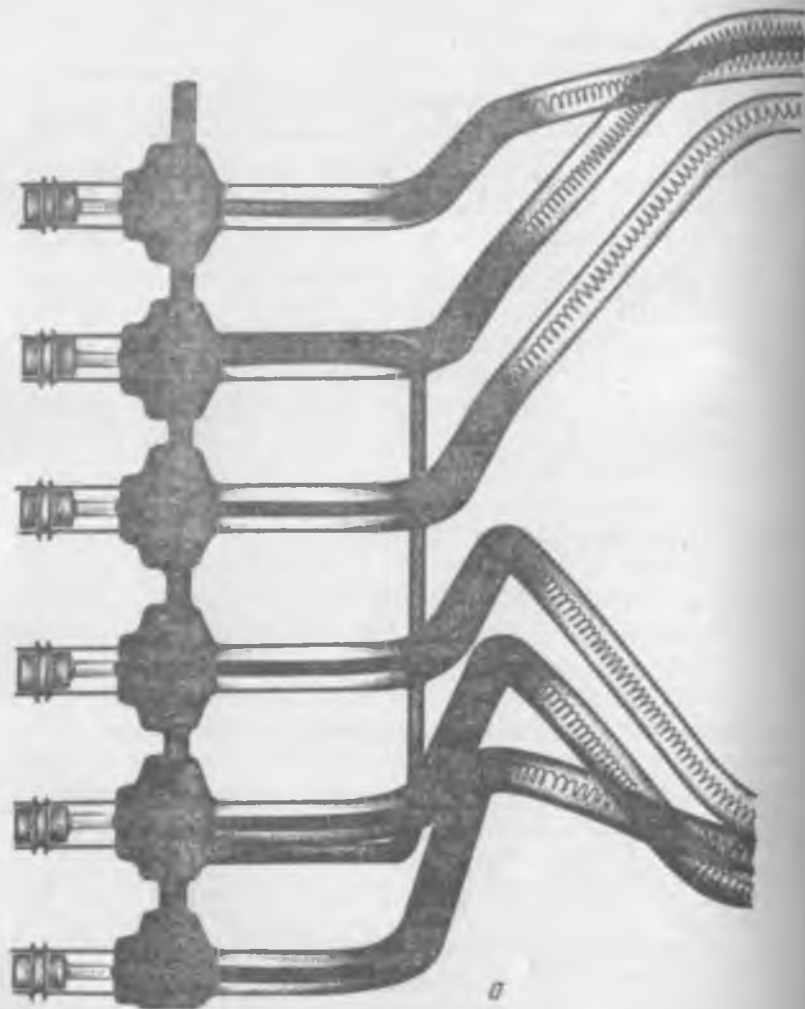
ТАБЛИЦА 9.11

Сравнительные данные по жарке пончиков во фритюрницах

Показатели	Единица измерения	ФНЭ-10	ФЭСМ-20	FE-24
Удельный расход жира	г/кг	112	122	100
Удельный расход электроэнергии	Вт·ч/кг	212	220	201
Органолептическая оценка пончиков	балл	3,9 ± 0,15	4,0 ± 0,07	4,3 ± 0,01

Сравнение конструктивных особенностей тэнов во фритюрницах изучено при экспериментальной жарке в них одинакового количества продукта (2000 пончиков). Жарка осуществлялась плавающим способом, широко применяемым на практике, при этом определялись удельные расходы жира и электроэнергии и проводилась органолептическая оценка качества продукта (табл. 9.11).

Из данных табл. 9.11 видно, что удельные расходы жира во фритюрницах FE-24 на 12...20 % ниже, чем во фритюрницах ФНЭ-10 и ФЭСМ-20, удельные расхо-



ды электроэнергии соответственно ниже на 6...10 %, качество готового продукта лучше.

На темп нежелательных изменений жира оказывает существенное влияние диаметр тэнов и их мощность. В исследуемых фритюрницах ФЭСМ-20 и ФНЭ-10 используются тэны диаметром 13,5 мм, в FE-24 — 8 мм. Отношение площади нагревателей к массе жира, а также тепловой поток, приходящийся на единицу массы нагреваемого жира в сравниваемых конструкциях фритюрниц, приведены в табл. 9.12.

Данные таблицы 9.12 показывают, что если отношение площади поверхности тэнов отличается в сравниваемых фритюрницах на 10...30 %, то тепловой поток, приходящийся на единицу массы жира, во фритюрницах ФНЭ-10 и ФЭСМ-20 больше, чем в FE-24, на 53...56 %.

В таблице 9.13 приведены результаты определения качества жира «Украинского» в процессе жарки пончиков в различных фритюрницах. Анализ данных убедительно подтверждает, что оптимальное расположение тэнов в ванне фритюрницы, отсутствие бортовой полосы на них способствует значительному снижению темпа нежелательных изменений жира.

Способы жарки во фритюрницах. Жарку изделий во фритюрницах можно организовать плавающим или погружным способом.

При плавающем способе изделие тонет на 30...50 с в жир, затем всплывает на поверхность фритюра и жарится

Рис. 9.13. Рентгенограмма блока тэнов (контактных участков):

а — фритюрницы ФЭСМ-20;
б — FE-24

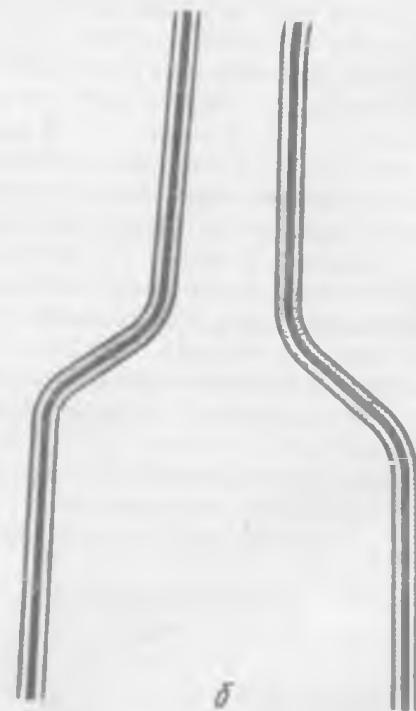


ТАБЛИЦА 9.12

Отношение площади тэна к массе жира и тепловой поток, приходящийся на единицу массы жира

Фритюрницы	F/G, м ² /кг	P/G ₁ , Вт/кг
ФНЭ-10	0,0146	390
ФЭСМ-20	0,0121	375
FE-24	0,0168	210

ТАБЛИЦА 9.13

Изменение качества жира «Украинского» в процессе жарки пончиков в различных фритюрницах

Кислотное число, мг КОН	ФНЭ-10	ФЭСМ-20	FE-24
Исходное	0,35	0,35	0,35
Через 3 ч жарки	0,56	0,60	0,40
Через 4 ч жарки	0,68	0,71	0,45
Через 6 ч жарки	0,91	0,90	0,52

в свободном плавающем состоянии. При этом обжарка изделия осуществляется с одной стороны, поэтому изделия переворачивают на другую сторону (штучные) или перемешивают (насыпные). При погружном способе изделия загружают в сетки, чтобы они не всплывали на поверхность, и обжаривают в объеме жира. В этом случае их переворачивание исключается. Сравнительные показатели погружного и плавающего способов жарки приведены в табл. 9.14.

Данные таблицы позволяют отметить, что погружной способ имеет следующие преимущества:

- увеличивается производительность труда персонала за счет исключения операции переворачивания изделия и более эффективного использования объема фритюра;
- сокращается расход жира на 12 % и электроэнергии на 10 %;

- улучшается качество готового продукта за счет равномерной его обжарки;

- увеличивается производительность фритюрницы на 10 %.

Технологические требования к конструкциям фритюрниц. Конструкции фритюрниц должны как можно полнее соответствовать следующим технологическим требованиям:

ТАБЛИЦА 9.14

Сравнительные данные по жарке пирожков
во фритюрнице плавающим и погружным способами

Показатели	Единица измерения	Способ жарки	
		плавающий	погружной
Количество пирожков	шт.	10 000	10 000
Количество циклов жарки	раз	167	150
Среднее количество пирожков в одной загрузке	шт.	60	70
Расход электроэнергии	кВт/ч	105	95
Удельный расход электроэнергии	Вт·ч/шт.	10,5	9,5
Расход жира на жарку	кг	68	59
Удельный расход жира	г/шт.	6,8	5,9
Продолжительность жарки	ч	14	12,5
Производительность аппарата	шт./ч	710	800
Органолептическая оценка	балл	4,3	4,9

жир в ванне должен быть нагрет по двум зонам — рабочей и холодной. Температура холодной зоны не должна превышать 80 °С. Это предотвращает термическое разложение в процессе жарки поступивших в нее из рабочей зоны кусочков остатков продуктов; температура жира в верхней рабочей зоне ванны не должна превышать 190...195 °С;

на бортовых поверхностях ванны, тэнах (на границе раздела сред жир — воздух) температура должна быть ниже температуры жира, что предотвращает образование бортовой полосы;

тэны при их расположении в ваннах фритюрниц следует компоновать в вертикальной и горизонтальной плоскостях;

активные части тэнов не должны иметь вертикальных участков на разделе сред жир — воздух;

в процессе жарки продуктов должен быть максимально использован (загружен) объем рабочей зоны, что достигается при погружном способе жарки;

контакт горячего жира и воздуха должен быть минимальным;

соотношение жира и продукта должно составлять 4 : 1, что способствует быстрой сменности жира и сохранению его качества;

ванны, нагреватели следует изготавливать из не-

ржавеющей стали, которая в условиях длительного нагрева обеспечивает наименьший темп химических превращений жира в сравнении с чугуном и алюминием.

Приведенные требования обуславливают то, что жарка продуктов во фритюре на предприятиях общественного питания должна быть организована только в специализированных аппаратах — фритюрницах.

Фритюрницы производятся периодического (с электрическим и газовым обогревом) и непрерывного действия. К аппаратам периодического действия с электрообогревом относятся: ФНЭ-10, ФЭСМ-20, ФЭ-20 (ФЭ-20-01), с газовым обогревом — ФГСМ-10.

Техническая характеристика фритюрниц представлена в табл. 9.15.

ТАБЛИЦА 9.15

Техническая характеристика фритюрниц периодического и непрерывного действия

Показатели	Единица измерения	ФЭСМ-20	ФЭ-20 (ФЭ-20-0.1)	ФНЭ-10	ФНЭ-5	ФГСМ-10	ФНЭ-10
Вместимость ванны	дм ³	20	20	10	8	10	40
Мощность	кВт	7,5	7,5	3,0	4	—	17
Количество тэнов	шт.	3	3	2	1	—	6
Расход газа	м ³ ·ч	—	—	—	—	0,2	—
Продолжительность разогрева до рабочей температуры	мин	20	14	25	25	15	25
Габариты:							
длина	мм	420	500	420	420	420	2080
ширина	мм	860	330 (850) ¹	570	630	840	450
высота	мм	860	330 (850) ¹	900	275	860	1125
Масса	кг	90	50 (75) ¹	52	25	100	210

¹ При установке на индивидуальную подставку

Фритюрница электрическая секционная модулированная ФЭСМ-20. Фритюрница (рис. 9.14) по конструкции бескаркасна. В ее верхней части размещены стол и жарочная ванна, дно которой имеет форму усеченной

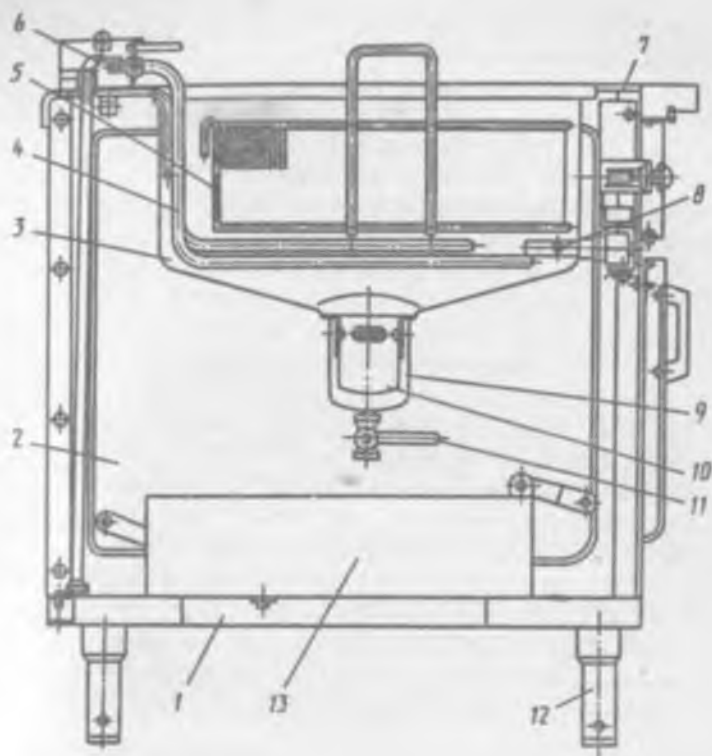


Рис. 9.14. Фритюрница электрическая секционная модулированная ФЭСМ-20:

1 — рама; 2 — облицовка; 3 — жарочная ванна; 4 — тэны; 5 — сетчатая корзина; 6 — тэнодержатель; 7 — стол; 8 — термобаллон терморегулятора; 9 — маслоотстойник; 10 — фильтр; 11 — кран; 12 — ножки; 13 — сливной бачок

пирамиды. Ко дну приварен маслоотстойник с фильтром. Такая форма дна создает в нижней части камеры под тэнами холодную зону. В нее опускаются мелкие частицы обжариваемого продукта, которые, как отмечалось ранее, благодаря относительно низкой температуре не обугливаются и не загрязняют жир.

Нагрев жира обеспечивается тэнами, погруженными непосредственно в его объем. Тэны закреплены в держателях, что позволяет при необходимости поднимать их из ванны. Подлежащие жарке продукты укладывают в сетчатую корзину из нержавеющей стали. Температура жира регулируется электроконтактным термометром ТР-200, термобаллон которого погружен в жир. Панель с электроаппаратурой размещается на нижней

внутренней части корпуса и крепится на петлях к боковой облицовке.

Для доступа к панели с электроаппаратурой и к сливному бачку предусмотрена дверца. Сигнальные лампы и пакетный выключатель выведены на переднюю облицовку.

Фритюрница электрическая ФНЭ-5. Фритюрница входит в комплект малогабаритного оборудования. В короб фритюрницы вставлена ванна круглой формы. На столе находятся съемный блок тэнов с терморегулятором. Блок можно снять с помощью штепсельного разъема. В ванне установлена съемная корзина, в которую помещают продукт для жарки. На дне ванны есть сетка для сбора и удаления частиц продукта.

Фритюрница электрическая ФЭ-20. Фритюрница (рис. 9.15) представляет собой жарочную ванну со столом, установленную на каркасе, к которому крепится облицовка. Нагрев жира осуществляется тремя тэнами, соединенными в блок. Подъем и фиксация в поднятом состоянии блока тэнов осуществляются с помощью специального рычага и фиксаторов. В передней части фритюрницы, под столом, расположен электроотсек, в котором находятся датчики-реле температуры и выключа-

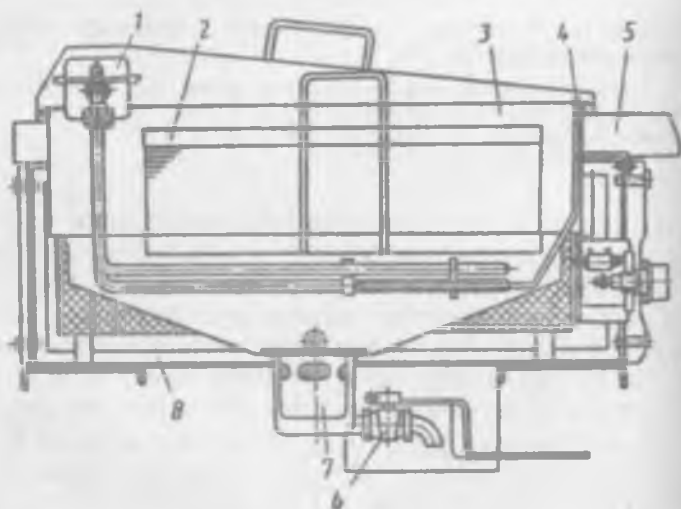


Рис. 9.15. Фритюрница электрическая ФЭ-20:

1 — блок электронагревателей; 2 — корзина; 3 — жарочная ванна; 4 — рычаг для подъема и фиксации тэнов; 5 — стол; 6 — сливной край; 7 — стакан; 8 — каркас

тели. Передняя стенка закрыта панелью, на которую выведена ручка выключателя и установлена сигнальная лампа.

Фритюрница снабжена корзиной для жарки продуктов, крышкой, двумя кронштейнами для подвешивания крышки во время процесса жарки и двумя датчиками-реле: один — предназначен для автоматического поддержания заданной температуры, второй — обеспечивает отключение тэнов при нагреве жира выше 190°C в случае выхода из строя первого датчика-реле температуры. Термобаллоны датчиков-реле температуры находятся в жарочной ванне и смонтированы на блоке тэнов.

Фритюрница ФЭ-20 устанавливается на общую ферму совместно с другими аппаратами, а фритюрница ФЭ-20-01 устанавливается на индивидуальную подставку.

Принципиальная электрическая схема фритюрницы ФЭ-20 приведена на рис. 9.16.

Фритюрница подключается к сети выключателем S . Через контакты датчиков-реле температуры $B1$ и $B2$ напряжение поступает на электронагреватели $E1$, $E2$, $E3$, а также на лампу H , сигнализирующую о включении тэнов.

При достижении заданной температуры жира контакты датчиков-реле температуры размыкаются и отключают электронагреватели и сигнальную лампу. Двухпозиционное регулирование температуры фритюра осуществляется за счет дифференциала терморегулятора переключением его контактов, которое приводит к включению и отключению электронагревателей от сети.

Фритюрница газовая секционная модулированная ФГСМ-10. Конструкция фритюрницы (рис. 9.17, а, б) аналогична конструкции фритюрницы ФЭСМ-20. Жарочная ванна обогревается инжекционной пламенной многосопловой горелкой с насадкой, расположенной в камере сгорания таким образом, что обогревается только верхняя рабочая часть ванны.

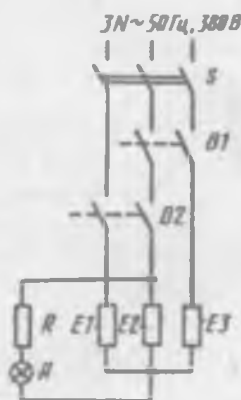


Рис. 9.16. Электрическая схема фритюрницы ФЭ-20

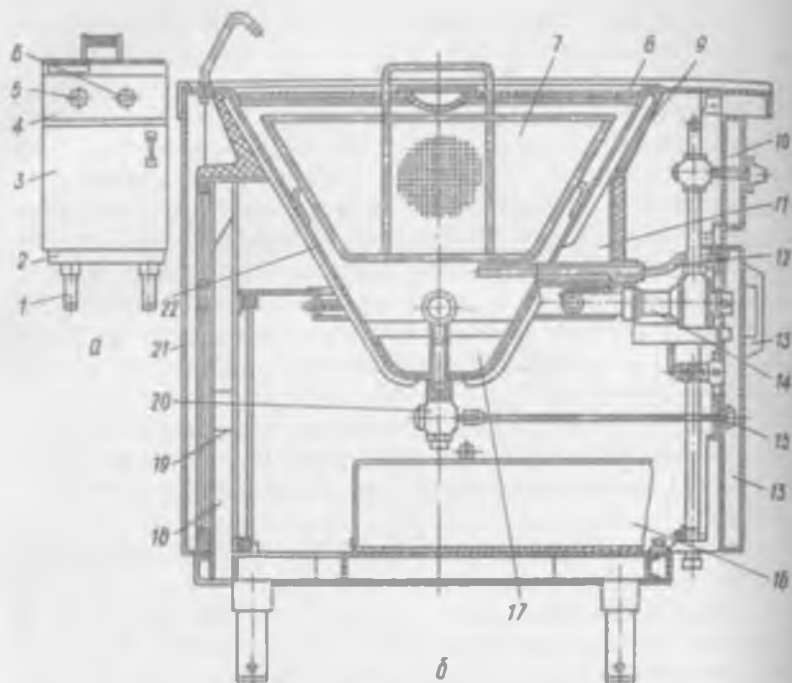


Рис. 9.17. Фритюрница газовая секционная модулированная ФГСМ-10:

а — внешний вид; *б* — разрез: 1 — ножка; 2 — рама; 3 — дверца шкафа; 4 — приборный отсек; 5 — лимб терморегулятора; 6 — ручка крана горелки; 7 — корзина; 8 — крышка; 9 — облицовка камеры сгорания; 10 — газовый кран; 11 — камера сгорания; 12 — термобаллон терморегулятора; 13 — ручка дверцы шкафа; 14 — газовая горелка; 15 — ручка крана для слива жира; 16 — бак для жира; 17 — маслоотстойник; 18 — газоход; 19 — шибер в газоходе; 20 — кран для слива жира; 21 — облицовка; 22 — рабочая ванна

Автоматика фритюрницы включает терморегулятор ТР-4К и блок газовой автоматики 2АРБ-1. Продукты сгорания газа отводятся в газоход.

Фритюрница непрерывного действия с непосредственным обогревом ФНЭ-40. Фритюрница состоит из жарочной ванны, шнека с электроприводом, загрузочного и разгрузочного устройства, смонтированных на сварном каркасе, который облицован стальными эмалированными листами с теплоизоляцией (рис. 9.18, *а*, *в*). В нижней части ванны, под перфорированным листом полуцилиндрической формы установлены тэны, над которыми расположен шнек с разгрузочной лопаткой, предназначенный для перемещения изделий в ванне и

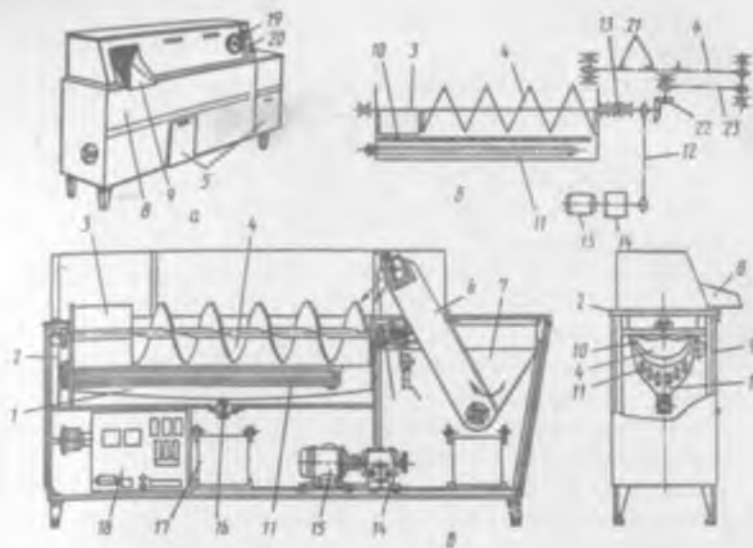


Рис. 9.18. Фритюрница непрерывного действия ФНЭ-40:

а — общий вид; б — кинематическая схема; в — разрез фритюрницы: 1 — жарочная ванна; 2 — каркас; 3 — разгрузочная лопатка; 4 — шнек; 5 — дверцы; 6 — цепной транспортер; 7 — бункер; 8 — разгрузочный лоток; 9 — панель; 10 — перфорированный лист; 11 — тэны; 12 — целная передача; 13 — муфта; 14 — редуктор; 15 — электродвигатель; 16 — сливной кран; 17 — бачок; 18 — щиток с электрической аппаратурой управления; 19 — электроконтактный термометр; 20 — переключатель; 21 — лопатка, захватывающая продукт; 22 — зубчатая передача; 23 — цепная передача

сбрасывания их на разгрузочный лоток. Кинематическая схема ФНЭ-40 приведена на рис. 9.18, б.

Температура жира в ванне поддерживается автоматически с помощью электроконтактного термометра ЭКТ-2. Кулинарные изделия из загрузочного бункера транспортером подаются в ванну, где, плавно перемещаясь при вращении шнека через слой горячего жира, равномерно прожариваются. Мелкие частицы продукта попадают на перфорированный лист, проходят через отверстия листа и оседают на дне ванны (холодная зона). В нижней части ванны имеется кран для слива и фильтрации жира после окончания работы фритюрницы.

Эффективность работы фритюрниц характеризуется коэффициентом загрузки зеркала жира, удельным расходом жира, удельным расходом электроэнергии (газа), производительностью.

9.4. ЖАРОЧНЫЕ И ПЕКАРНЫЕ ШКАФЫ

Технологические требования к конструкции жарочных и пекарных шкафов. Технологические цели процессов жарки и выпечки обуславливают основные технологические требования к конструкциям жарочных и пекарных шкафов. Суть этих требований заключается в следующем:

- температурное поле объемов шкафов должно быть равномерным. Разность температур между отдельными точками объема ($\Delta t'$) не должна превышать 40...50 °С;

- температура в объеме шкафа должна изменяться в течение одного цикла, что соответствует изменению свойств продуктов при жарке или выпечке и потреблению теплоты на их обработку;

- температура в объеме шкафа должна изменяться в пределах от 150 до 350 °С, что позволяет жарить и выпекать продукты с различными свойствами;

- поверхность пода шкафов должна быть строго горизонтальной и обеспечивать плотный контакт с противнями и инвентарем, в котором выпекается продукт;

- объемы шкафов должны иметь отверстия для выхода пара, выделившегося из продукта в процессе выпечки;

- для ряда изделий объемы шкафов должны увлажняться в процессе цикла выпечки.

В шкафах жарят крупные куски мяса, птицы, порционные мясные и рыбные изделия, запекают крупяные и овощные блюда, а также выпекают мучные мелкоштучные кондитерские изделия. 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 естественным движением рабочего тела (рис. 9.19, а, б) состоят из нескольких рабочих камер (секций). Каждая камера представляет собой двухстенный теплоизолированный металлический короб с дверцей.

Шкафы с принудительным движением теплоносителя имеют более 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

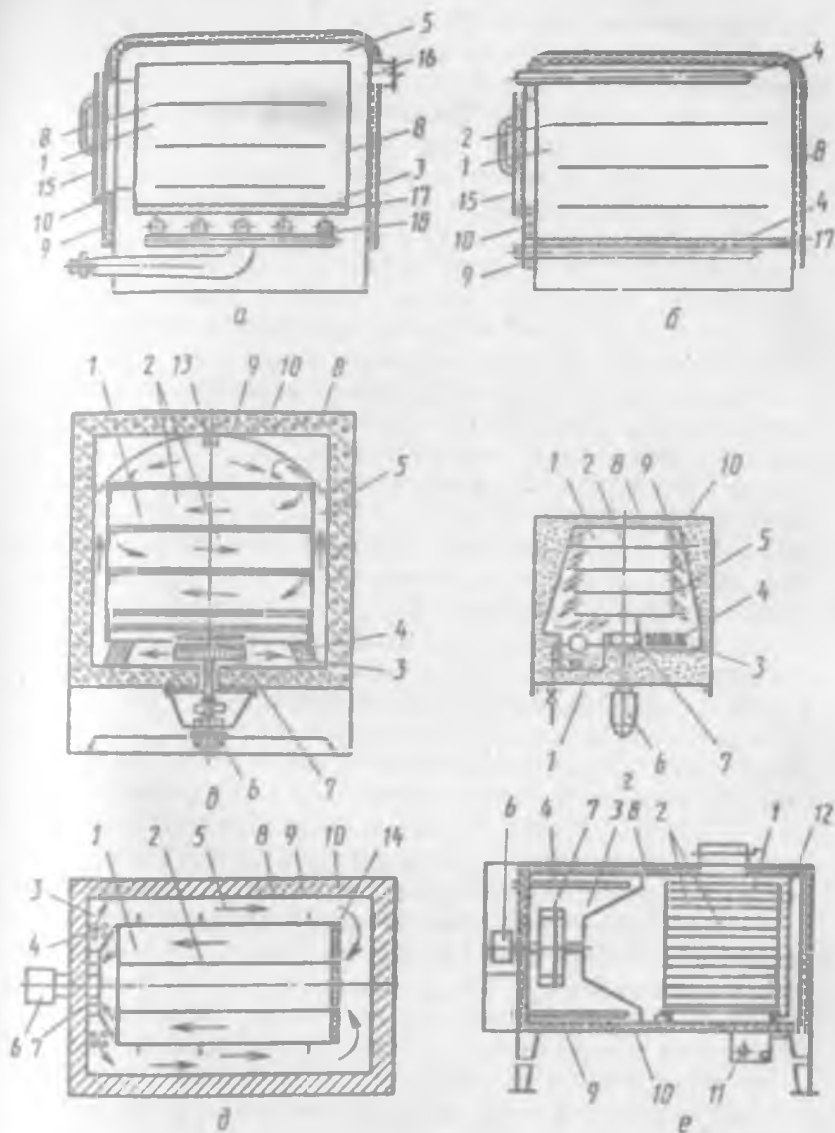


Рис. 9.19. Принципиальные схемы шкафов:

а, б — с естественным движением теплоносителя; в, г, д, е — соответственно с последовательным движением, параллельным, осевым, 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; 15 — дверца; 16 — патрубок дымохода; 17 — подовый лист; 18 — газовая горелка;

рабочей камере различают шкафы с последовательным, параллельным, смешанным и осевым движением теплоносителя (рис. 9.19, *в, г, д, е*).

Шкафы с принудительной циркуляцией теплоносителя универсальны. В них можно жарить, выпекать, разогревать и оттаивать замороженную 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.

Жарочные и пекарные шкафы выпускаются следующих типов: ШЖЭСМ-2К — жарочный шкаф электрический секционный модулированный; ШПЭСМ-3 — шкаф пекарный секционный модулированный; ШЖЭ-0,85 (ШЖЭ-0,85-01) и ШЖЭ-0,5 (ШЖЭ-0,51-01) ШЖЭ-1,36 — шкафы жарочные под функциональные емкости. Техническая характеристика этих шкафов представлена в таблице 9.16.

В эксплуатации еще находятся шкафы, снятые с производства: жарочный шкаф — ШК-2А, пекарный шкаф — ЭШ-3М. Кроме того, используются некоторые шкафы и печи зарубежного производства: пекарный шкаф двухкамерный «Нагема» (производства ГДР), пекарные шкафы конвекционные «Луко Рационал», «Метос КЛ-20», «Метос КЛ-201», конвекционные шкафы «Метос Финшеф», воздушно-циркуляционные печи «Юно», печи «Мидивектор» (производства Финляндии).

Шкаф жарочный электрический секционный модулированный ШЖЭСМ-2К. Шкаф (рис. 9.20) имеет две унифицированные секции (камеры). Каждая секция состоит из внутреннего и наружного коробов, пространство между которыми заполнено теплоизоляционным материалом и закрывается крышкой, шарнирно откидывающейся вниз. Нагрев секции обеспечивается тэнами, расположенными во внутреннем коробе по три сверху и снизу. Нижние тэны закрыты подовым листом. Секция снабжена двумя пакетными переключателями для ступенчатого регулирования мощности каждой группы тэнов и терморегулятором для автоматического поддержания в камере заданного температурного режима. Секции установлены на инвентарном шкафу-подставке с регулируемыми по высоте ножками.

В правой секции в специальном отсеке расположен

ТАБЛИЦА 9.16

Техническая характеристика пекарных и жарочных шкафов

Показатели	Единица измерения	ШЖЭСМ-2К	ШПЭСМ-3	ШК-2А	ЭШ-3М	ШЖЭ-0,85 (ШЖЭ-0,85-0,1)	ШЖЭ-0,51 (ШЖЭ-0,51-0,1)
Номинальная мощность	кВт	9,6	15,6	9,0	16,2	12,0	8,0
Напряжение сети	В	3 ~ 220 или 3N ~ 380					
Количество рабочих камер	шт.	2	3	2	3	5	3
Количество тэнов:							
общее	шт.	12	39	16	36	20	12
в одной камере	шт.	6	13	8	12	4	4
Максимальная температура в рабочих камерах	°С	350	280	350	280	350	260
Продолжительность разогрева до максимальной температуры	ч	0,83	1,0	1,66	1,2	0,55	0,55
Внутренние размеры камер:							
длина	мм	480	1000	550	860		
ширина	мм	670	760	700	1010		
высота	мм	360	180	300	180		
Габариты шкафа:							
длина	мм	830	1200	1010	1418	500	500
ширина	мм	800	1040	940	1110	800	800
высота	мм	1590	1630	1580	1510	980	980
Масса	кг	260	520	310	550	140 ¹ (160)	120 ¹ (140)

¹ При установке на индивидуальную подставку.

блок электроаппаратуры. На его лицевую панель выведены рукоятка поворота шиберной заслонки, с помощью которой открывают и закрывают отверстия для удаления паров, выделяющихся при тепловой обработке продуктов, лимб терморегулятора, две лампы, сигнализирующие о наличии напряжения на верхних и нижних тэнах, и рукоятки переключателей. Для охлажде-

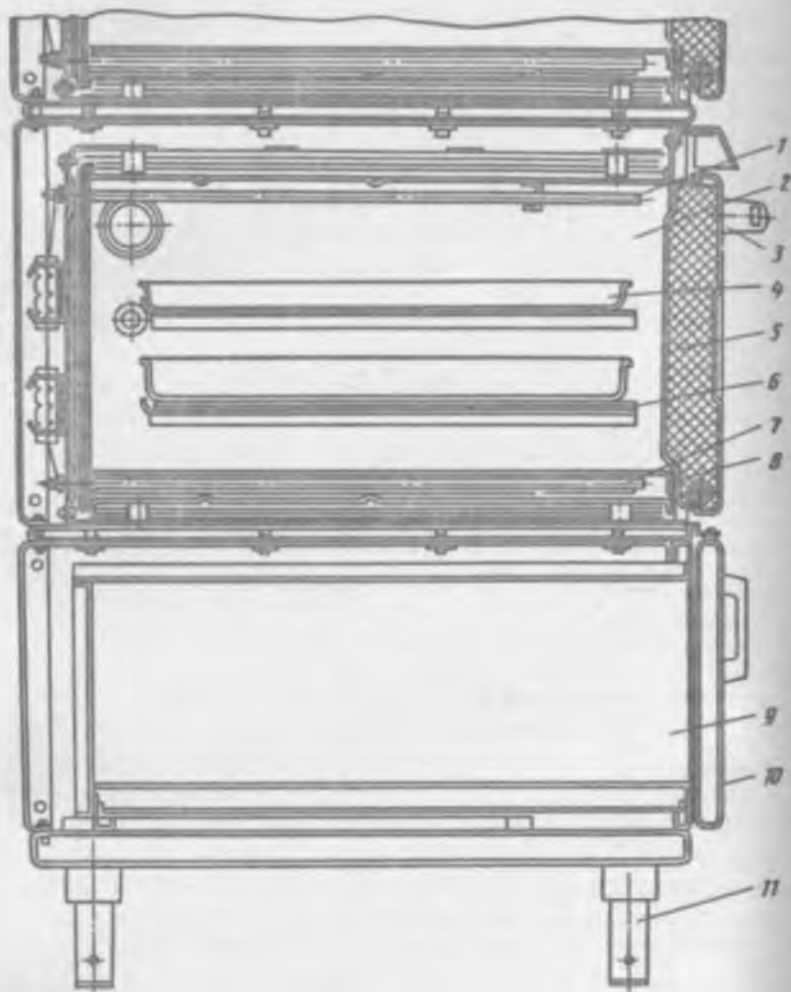


Рис. 9.20. Шкаф жарочный электрический секционный модульный ШЖЭСМ-2К (разрез без верхней секции):

1 — верхние тэны; 2 — жарочная камера; 3 — ручка; 4 — противовес; 5 — теплоизоляция (альфоль); 6 — решетка; 7 — нижние тэны; 8 — подовый лист; 9 — инвентарный шкаф-подставка; 10 — дверца шкафа-подставки; 11 — ножки, регулируемые по высоте

ния электроаппаратуры в нижней части лицевой панели предусмотрены отверстия.

Жарочно-кондитерский шкаф ШК-2А. Отличается от ШЖЭСМ-2К только тем, что изготовлен не в модульном исполнении.

Шкаф пекарный электрический секционный моду-

лированный ШПЭСМ-3. Шкаф представляет собой сварную конструкцию, состоящую из трех камер. В каждой камере по два блока нагревателей. Задние и боковые стороны шкафа облицованы стальными листами. Пространство между камерами и облицовкой заполнено теплоизоляционными материалами. В правой части шкафа находится отсек с тремя блоками управления (для каждой камеры). На лицевой панели блока сконструированы сигнальные лампы, показывающие наличие напряжения на верхних и нижних тэнах, а также выведены ручки двух пакетных переключателей, с помощью которых регулируют интенсивность нагрева, и лимб терморегулятора, автоматически поддерживающего в рабочей камере заданную температуру.

Шкаф пекарный ЗШ-ЗМ имеет аналогичную конструкцию, но изготовлен не в модулированном исполнении.

Шкаф «Нагема» внешне такой же, как секционно-модулированный ШЖЭСМ-2К, и состоит из двух расположенных одна над другой камер. Каждая камера снабжена самостоятельным нижним и верхним нагревом, а также автоматическим регулятором температуры. Для отвода из рабочей камеры испарений от процессов жарки и выпекания изделий она снабжена специальным вытяжным устройством.

Шкаф конвекционный «Метос Финшеф». Шкаф состоит из двух камер, под днищем которых расположены электронагреватели. Шкаф снабжен воздуходувкой, которая находится с правой стороны емкости шкафа. Боковые стенки шкафа выполнены из перфорированного металла. Через отверстие в боковых стенках в рабочую полость жарочных камер поступает нагретый воздух. Для выравнивания температурного поля в рабочем объеме воздуходувка меняет направление циркуляции воздуха через каждые 90 секунд.

Шкаф жарочный электрический ШЖЭ-0,85. Шкаф (рис. 9.21, а, б) состоит из рабочей секции, установленной на каркасе. Секция представляет собой теплоизоляционную жарочную камеру с панелью управления. Жарочная 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 жарочной камеры предусмотрено отверстие для отвода паровоздушной смеси,

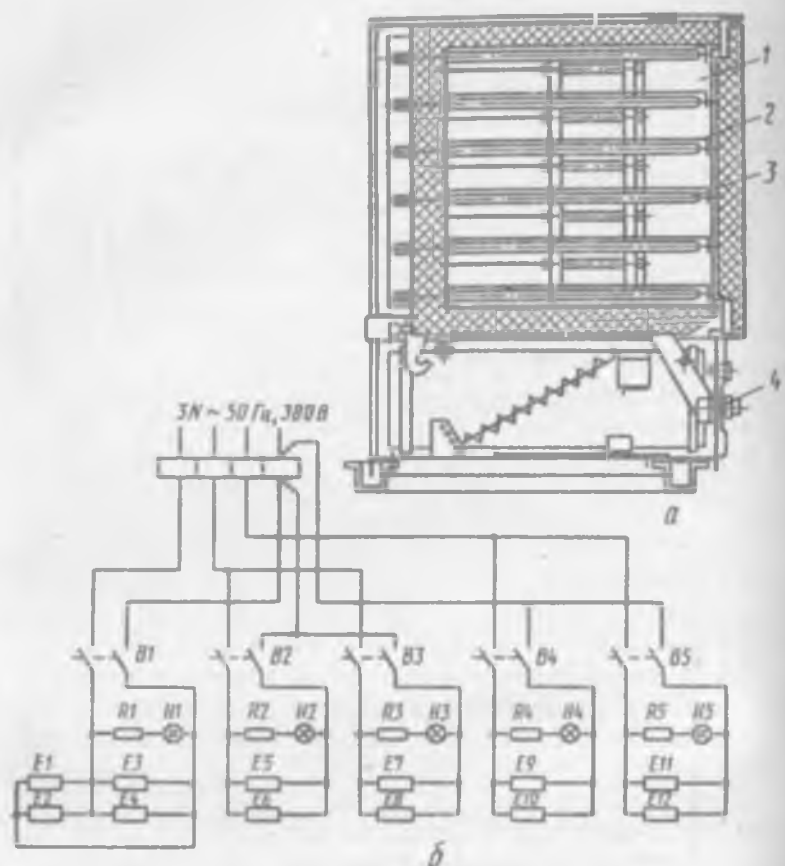


Рис. 9.21. Шкаф жарочный электрический ШЖЭ-0,85:

a — общий вид; 1 — жарочная камера; 2 — подовый лист; 3 — электронагреватель; 4 — датчик реле температуры; *б* — принципиальная электрическая схема

регулируемое заслонкой. Жарочная камера закрывается дверцей. В нижнем отсеке шкафа находятся датчики температуры, ручки которых выведены на панель управления, снабженную сигнальной арматурой.

Шкаф ШЖЭ-0,51 отличается от шкафа ШЖЭ-0,85 только тем, что жарочная камера в нем разделена на три отсека.

Шкафы ШЖЭ-0,85 и ШЖЭ-0,51 устанавливаются на общую ферму совместно с другими аппаратами, шкафы ШЖЭ 0,85-01, ШЖ-0,51-01 имеют индивидуальные подставки разборной конструкции.

Включение шкафа на необходимую температуру

производится поворотом ручек датчиков-реле температуры *B1, B2, B3, B4, B5* (рис. 9.20, б). При этом напряжение подается на электронагреватели *E1...E12* и зажигаются соответствующие сигнальные лампы. По достижении заданной температуры в отсеках контакты датчиков-реле температуры размыкаются, выключаются электронагреватели и гаснут сигнальные лампы, что свидетельствует о готовности шкафа к работе. Двухпозиционное регулирование температуры осуществляется за счет дифференциала терморегулятора Т-32 путем переключения его контактов.

Шкаф жарочный электрический ШЖЭ-1,36. Шкаф (рис. 9.22) специально создан для жарки, запекания и выпечки изделий в функциональных емкостях, устанавливаемых на стеллаже. Он состоит из рабочей теплоизолированной камеры, установленной на раме каркаса, и закрывающейся дверцы с накидным рычагом. Внутри камеры на равном расстоянии друг от друга установлены девять блоков с электронагревателями, монтажные концы которых выведены за пределы камеры и закрываются задней облицовкой. С правой стороны шкафа находится отсек, в верхней части которого расположена электроаппаратура с ручками управления, выходящими на панель, в нижней части — выдвижная электропанель с аппаратурой. Температурный режим в камере шкафа поддерживается на заданном уровне с помощью датчиков-реле температуры. Продукты при жарке не перемешивают и не переворачивают. В камере одновременно можно обрабатывать разные продукты, совместимые по обработке с примерно равным временем приготовления.

При работе с шкафом необходимо выполнить следующие операции:

поворотом ручки закрывают вентиляционную трубу; включают шкаф поворотом ручки реле времени на 15 мин, предварительно установив ручки датчиков-реле на температуру, необходимую для обработки данного продукта. При этом загораются сигнальные лампы «Верх» и «Низ». По истечении заданного времени сигнальные лампы гаснут и включается звуковой сигнал, который отключают нажатием кнопки «Звонок»;

открывают дверцу и вкатывают в камеру загруженный функциональными емкостями с полуфабрикатами стеллаж, закрывают дверцу и открывают вентиляционную трубу;

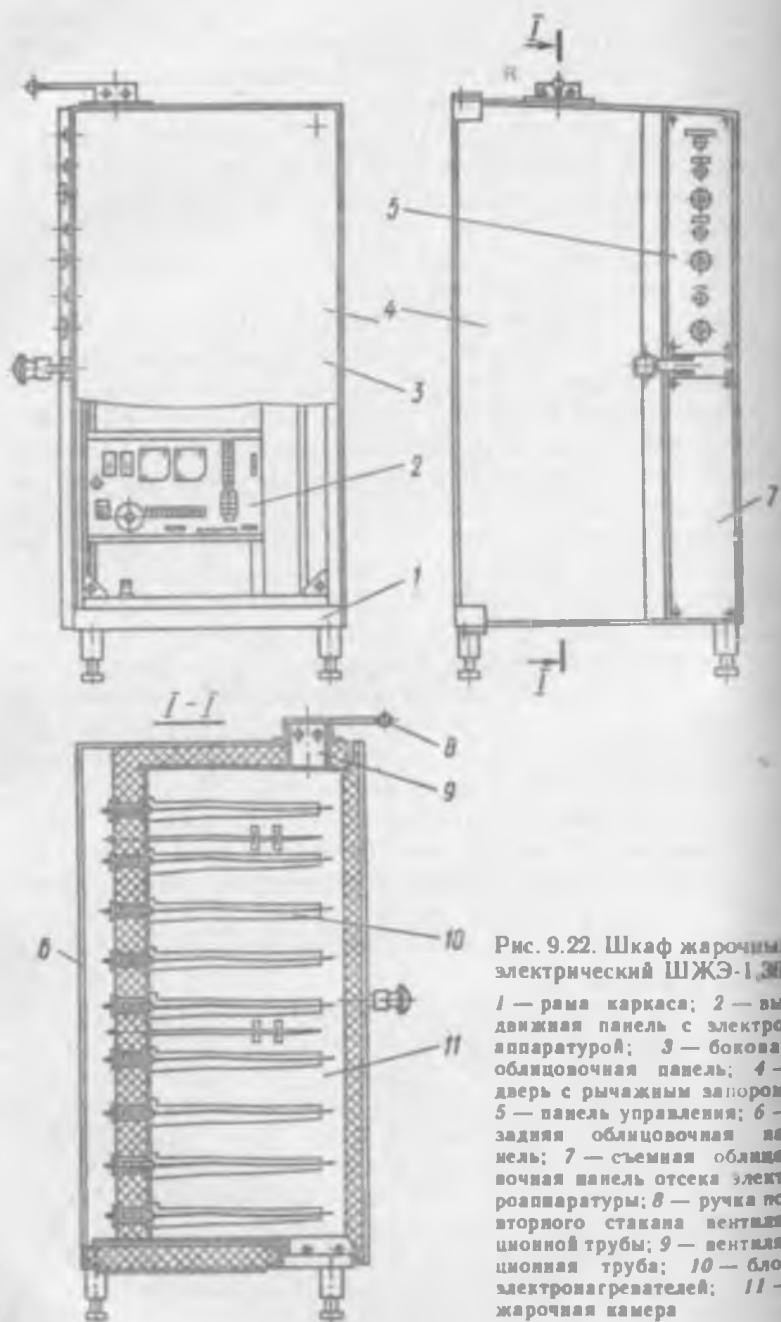


Рис. 9.22. Шкаф жарочный электрический ШЖЭ-1.3Э.

1 — рама каркаса; 2 — выдвижная панель с электроаппаратурой; 3 — боковая облицовочная панель; 4 — дверь с рычажным запором; 5 — панель управления; 6 — задняя облицовочная панель; 7 — съемная облицовочная панель отсека электроаппаратуры; 8 — ручка повторного стакана вентиляционной трубы; 9 — вентиляционная труба; 10 — блок электроннагревателей; 11 — жарочная камера

включают шкаф поворотом ручки реле времени, задавая продолжительность процесса жарки;

по истечении заданного времени сигнальные лампы гаснут и включается звуковой сигнал, который отключают нажатием кнопки «Звонок», открывают дверцу и выкатывают стеллаж с готовыми изделиями.

Техническая характеристика жарочного шкафа ШЖЭ-1,36 приведена ниже:

Производительность по мясным котлетам (масса 62 г) . . .	650
Площадь емкостей, м ²	1,36
Количество емкостей, устанавливаемых на стеллаж	
СП-125, шт.	
для жарки полуфабрикатов из мяса, рыбы, овощей	
(емкость Е1×65)	8
противень (010×20)	
противень (010×40) для выпечки	7
Продолжительность разогрева до 250 °С, мин	15
Номинальная мощность, кВт	18
Габариты, мм:	
длина	800
ширина	924
высота	1650
Масса, кг:	
без принадлежностей	260
с принадлежностями	375
Удельная энергоемкость, кВт/м ²	0,027
Удельная металлоемкость, кг/м ²	0,53
Число передвижных стеллажей СП-125, шт.	2

Печь хлебопекарная с электрообогревом КЭП-400.
 Печь (рис. 9.23) представляет собой шкаф, состоящий из металлического каркаса, облицованного листовой сталью. Рабочая камера печи изолирована от облицовочных листов теплоизоляционным материалом. Печь разделена на две половины: в левой половине помещены тэны, вентилятор, парогенератор, система управления и сигнализации, в правой половине — пекарная камера.

Левая половина печи имеет три отсека, каждый из которых прикрывается своей дверцей. К верхней дверце прикреплен терморегулятор. Внутри верхнего отсека находится вентилятор с электродвигателем.

В среднюю дверцу встроены реле времени, выключатели, сигнальные лампы и кнопка управления подачи воды в парогенератор. Внутри среднего отсека находится щит с электрооборудованием управления и сигнализации.

За нижней дверцей находится парогенератор, обо-

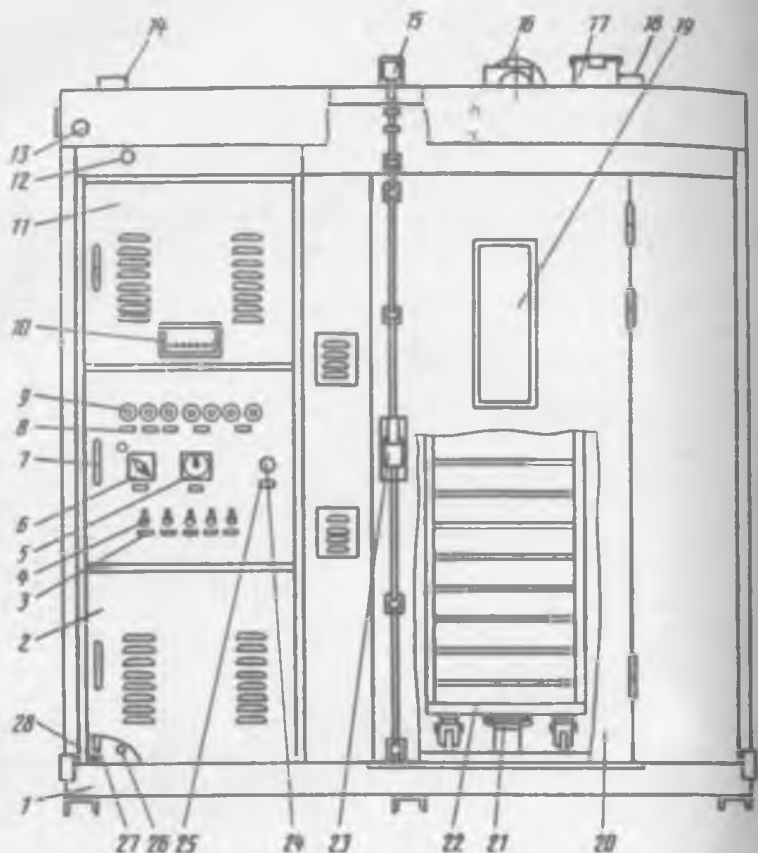


Рис. 9.23. Печь хлебопекарная с электронагревом КЭП-400:

1 — каркас печи; 2 — дверца нижняя; 3 — таблички выключателей; 4 — выключатели; 5 — реле времени; 6 — главный выключатель; 7 — дверца средняя; 8 — таблички сигнальной лампы; 9 — сигнальные лампы; 10 — терморегулятор; 11 — дверца верхняя; 12 — рукоятка шибера; 13 — сигнальная лампа красная; 14 — труба вентиляционная; 15 — конечный выключатель; 16 — механизм вращения стеллажей тележки; 17 — предохранительный клапан выпуска пара; 18 — труба вентиляционная; 19 — смотровое окно; 20 — дверь пекарной камеры; 21 — шарик центрирующий; 22 — стеллажная тележка; 23 — запорное устройство двухпекарной камеры; 24 — кнопка управления подачи воды в парогенератор; 25 — табличка; 26 — патрубок для отвода конденсата; 27 — патрубок для присоединения шланга питательной воды; 28 — клемма для заземления каркаса печи

греваемый тэнами, питательный патрубок и патрубок для отвода конденсата.

Пекарная камера, обогреваемая тэнами, закрывается дверцей, которая имеет электрическую блокировку. Поэтому запуск печи возможен только при закрытой

дверце. Выпечка кондитерских изделий осуществляется на листах-подидах, установленных на стеллажную тележку, которая после расстойки уложенных на листы тестовых заготовок вкатывается в пекарную камеру печи (расстойка организована в специальном расстоечном шкафу, обогреваемом двумя тэнами). В пекарной камере тележка фиксируется и центрируется снизу шариком, а сверху сцепляется с механизмом вращения тележки, который находится на потолке печи. Механизм приводит тележку во вращение во время выпечки изделий.

Пароувлажнение пекарной камеры осуществляется паром, получаемым в собственном парогенераторе, который состоит из чугунных теплонакопительных плит, нагреваемых тэнами. При нажатии на паровую кнопку открывается магнитный клапан на питательном патрубке, вода попадает на разогретые чугунные плиты парогенератора, испаряется и пар поступает в рабочую камеру. Удаляется пар открытием шиберов, причем скорость его удаления увеличивается вентилятором так, что даже небольшое открытие шиберов вызывает сильный выпуск пара.

Для наблюдения за процессом выпечки предназначено смотровое окно в двери камеры. Пекарная камера освещается двумя лампами, которые включаются одновременно с механизмом вращения и вентилятором.

Вентилятор интенсифицирует скорость движения нагретого воздуха в камере и тем самым интенсифицирует тепловой процесс.

Процесс выпечки автоматизирован. Продолжительность процесса устанавливается на реле времени. По истечении установленного времени подаются звуковой и световой сигналы (звенит звонок и загорается красная сигнальная лампа).

Техническая характеристика КЭП-400 приведена ниже:

Общая мощность, кВт	50,5
Мощность электродвигателя тележки, кВт	0,65
Напряжение, В	380
Продолжительность разогрева до рабочей температуры, мин	40
Габариты, мм:	
длина	1800
ширина	2270
высота	2470

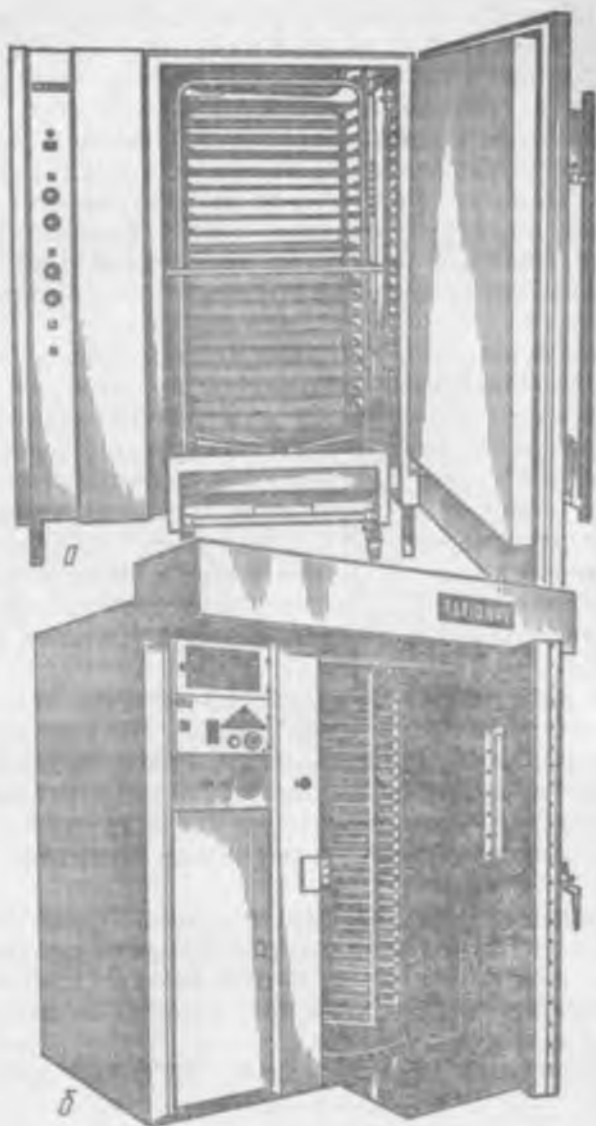


Рис. 9.24. Пекарные шкафы:
а — «Метос КЛ», б — «Луко Рационал»

Шкаф конвекционный «Луко Рационал». Шкаф (рис. 9.24, а) состоит из двух самостоятельных рабочих камер, обогреваемых тэнами. Камера снабжена воздухоувкой, вызывающей циркуляцию нагретого тэнами воздуха. Для автоматического регулирования темпера-

туры в камере установлен терморегулятор. Продолжительность выпечки задается таймером, зуммер которого сообщает, когда заданное время выпечки истекло. Камера имеет специальную паровую заслонку, с помощью которой в камеру можно подавать пар для увлажнения воздуха.

Для загрузки камеры изделиями предусмотрена вкатная тележка, снабженная направляющими для установки противней. Во время выпечки тележка вращается, что вместе с циркуляцией горячего воздуха обеспечивает равномерный нагрев кондитерских изделий.

Шкафы типа «Метос КЛ» принципиально устроены так же, как шкаф «Луко Рационал» (рис. 9.24, б).

Печь воздушно-циркуляционная «Юно». Печь имеет рабочую камеру, обогреваемую горячим воздухом, нагретым электронагревателями и подаваемым центробежным вентилятором через перфорированные воздухопроводы. Температура в камере регулируется ступенчато с помощью термостата. Печь оборудована парогенератором, вырабатывающим пар для увлажнения воздуха рабочей камеры.

Для загрузки камеры предусмотрена вкатная тележка, снабженная направляющими для установки противней.

Печь снабжена двумя сигнальными лампами: желтая показывает, что центробежный вентилятор работает, зеленая сигнализирует о включении нагревателей.

При помощи таймера устанавливается время тепловой обработки блюд и изделий. Печь снабжена селектором, при включении которого в положение «Лампа» загорается внутреннее освещение печи, при повороте его в положение «Душ» включается парогенератор. Влажность воздуха в печи регулируется заслонкой паровыводного отверстия.

Печи «Минивектор» и «Мидивектор». Конструкция этих печей аналогична конструкции печи «Юно».

9.5. ЖАРОЧНЫЕ АППАРАТЫ НЕПРЕРЫВНОГО ДЕЙСТВИЯ

Жаровня вращающаяся электрическая ЖВЭ-720. Аппарат (рис. 9.25) предназначен для выпечки блинчиков-полуфабрикатов прямоугольной формы, обжаренных с одной стороны. Жаровня может входить в поточную

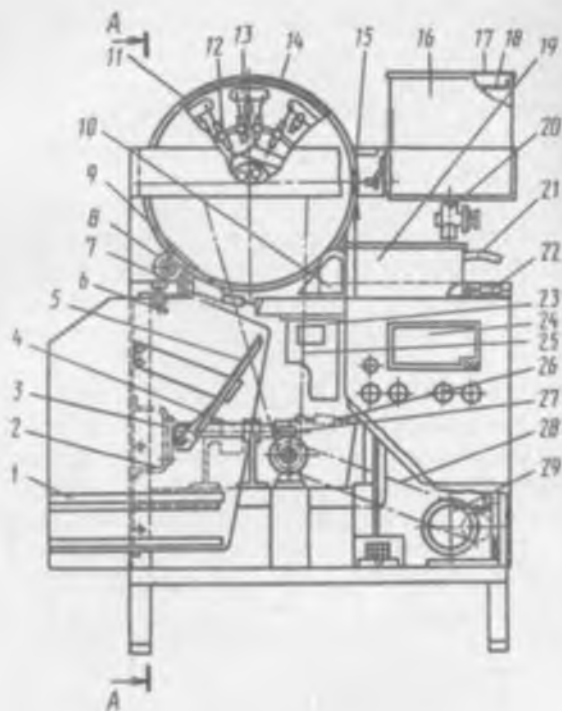


Рис. 9.25. Жаровня вращающаяся электрическая ЖВЭ-720:

1 — противовес; 2 — скоба; 3 — лапки корпуса подшипника; 4 — рейка зубчатая; 5 — отсекатель; 6 — ножи; 7 — скребковый нож; 8 — ролики; 9 — пружинное устройство; 10 — электроннагреватель; 11 — жарочный барабан; 12 — клеммники электроннагревателя; 13 — электроннагреватель; 14 — кассета; 15 — термоэлектрический термометр; 16 — бак для теста; 17 — крышка; 18 — сито; 19 — лоток; 20 — край; 21 — шланг; 22 — быстросъемный фиксатор; 23 — сборник; 24 — милливольтметр; 25, 28 — цепные передачи; 26 — пружина; 27 — кривошип; 29 — электродвигатель; 30 — двухступенчатый червячный редуктор; 31 — зубчатое колесо; 32 — звездочка; 33 — провод многожильный; 34 — переходный клеммник; 35 — стойка; 36, 37 — крышки съемные

линию по приготовлению блинчиков с различной начинкой или устанавливаться самостоятельно.

Жаровня состоит из рамы, полого чугунного жарочного барабана, обогреваемого кварцевыми электронагревателями, бачка и лотка для теста, отсекающего механизма и электродвигателя. Электронагреватели установлены внутри барабана на неподвижной кассете. Бачок для теста расположен на подставке, смонтированной на раме. Бачок снабжен ситом и закрыт крышкой. Лоток служит для формовки тестовой ленты и подачи ее к жарочному барабану. Лоток охлаждается проточной водой, что предотвращает запекание теста на нижней кромке лотка, примыкающей к жарочному барабану, который закрывается с двух торцевых сторон крышками с прорезями.

Снизу от барабана расположен скребковый нож, острая кромка которого отделяет готовую тестовую ленту. Отсекатель приводится в движение посредством реечной передачи, а жарочный барабан — посредством редуктора от электродвигателя.

Температура на поверхности барабана поддерживается автоматически с помощью термоэлектрического термометра, соприкасающегося с поверхностью, и милливольтметра.

Подготовленное тесто заливают в бачок для теста, через кран оно поступает на лоток, вплотную придвинутый к нагретому барабану.

Барабан, вращаясь непрерывно, захватывает своей цилиндрической поверхностью определенное количество теста. За время поворота барабана на 270° тесто пропекается, образуя сплошную блинную ленту. От поверхности барабана лента отделяется скребковым самозатачивающимся ножом, плотно прижатым к барабану. Когда отсекаТЕЛЬ находится в верхнем положении, он взаимодействует с отрезным ножом и лента нарезается на блинчики, которые укладываются затем на лотки колерованной стороной вверх. Выпекание происходит без смазывания жарочной поверхности пищевым жиром (за счет жира, содержащегося в тесте).

Жаровня ВЖШЭ-675 отличается от жаровни ЖВЭ-720 устройством нагревательных элементов, отсутствием автоматического регулирования заданной температуры барабана и некоторыми конструктивными элементами.

Нагрев жарочного барабана осуществляется тэна-

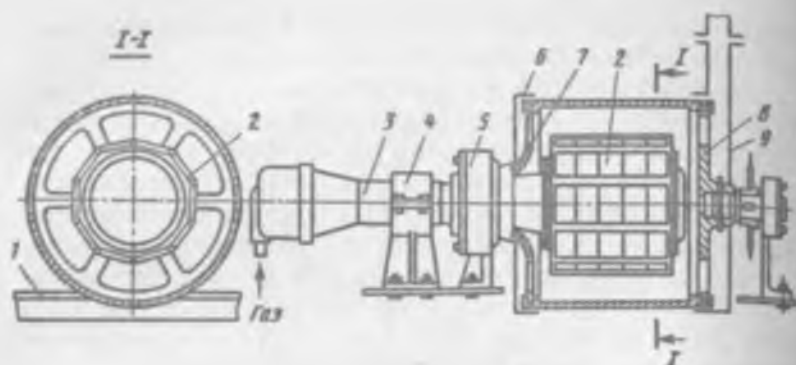


Рис. 9.26. Жарочный аппарат МБЛ-1:

1 — рама; 2 — фонарная беспламенная горелка; 3 — смесительная трубка горелки; 4 — держатель; 5 — подшипник; 6, 9 — крышки торцевые неподвижные; 7, 8 — крышки торцевые подвижные

ми, смонтированными на трубе, свободно пропущенной через полые цапфы барабана и опирающейся на подвижные подшипники. При вращении барабана блок нагревателей остается неподвижным.

Принцип работы жаровни аналогичен принципу работы ЖВЭ-720.

Жарочный аппарат МБЛ-1. Аппарат (рис. 9.26)

ТАБЛИЦА 9.17

Техническая характеристика жаровен

Показатель	Единица измерения	ВЖШЭ-675	ЖВЭ-720	МБЛ-1
Производительность при жарке блинчиков	шт.	675	720	750
Номинальная мощность	кВт	15,0	15,0	—
Мощность электродвигателя	кВт	0,4	0,4	0,27
Расход газа	м ³ /ч			
Количество нагревателей	шт.	15	9	—
Продолжительность разогрева до рабочей температуры	ч	0,3	0,3	
Частота вращения барабана	мин ⁻¹	1,9	0,3	
Габариты:				
длина	мм	960	1000	
ширина	мм	760	700	
высота	мм	1300	1300	
Масса	кг	240	250	

устанавливают в линиях по производству полуфабрикатов блинчиков с различными начинками. Он обогревается газовой горелкой с инфракрасным нагревом. Конструкция лотка позволяет при необходимости практически мгновенно прекращать подачу теста на жарочный барабан. На режущей кромке ножа укладчика предусмотрены иглообразные шипы, которые обеспечивают ровную укладку блинчиковых полуфабрикатов.

Технические характеристики ЖВЭ-720, ВЖШЭ-675, МБЛ-1 приведены в табл. 9.17.

9.6. ПРАВИЛА ЭКСПЛУАТАЦИИ АППАРАТОВ ДЛЯ ЖАРКИ И ВЫПЕЧКИ

При эксплуатации аппаратов для жарки и выпечки соблюдают следующую последовательность операций: осмотр аппаратов, включение их в работу, контроль за работой аппарата, выключение аппаратов.

Перед включением аппаратов необходимо выполнять ряд требований техники безопасности:

- проверить состояние защитной, предохранительной и указывающей арматуры;

- проверить надежность соединения корпуса электро-теплового аппарата с заземляющей шиной;

- выявить наличие тяги в газоходах газовых аппаратов (с помощью полоски тонкой бумаги);

- определить по запаху возможную утечку газа;

- проверить санитарное состояние рабочих камер аппаратов (ванн фритюрниц, чаш сковород, камер жарочно-пекарных шкафов);

- проверить работу механизма опрокидывания чаши (сковороды), механизма привода (у аппаратов непрерывного действия), надежность фиксации крышек в различных положениях.

При включении электрических аппаратов в камеру фритюрницы или чашу сковороды заливают необходимое количество жира и задают необходимые пределы температуры на терморегуляторе (на 25...30 °С выше требуемой по технологическому процессу температуры пищевого жира в рабочем объеме).

Электрические аппараты включают в работу нажатием кнопки «Вкл.», тумблером терморегулятора или пакетным переключателем. Если аппарат не имеет автоматического регулирования, его включают на полную мощность, а после разогрева переключают на темпе-

ратурный режим, необходимый для данного процесса.

При включении газового аппарата открывают кран на подводимом газопроводе и у переносного запальника, зажигают переносной запальник и вносят в камеру сгорания. Нажимают кнопку прибора автоматики, зажигают стационарный запальник, перекрывают подачу первичного воздуха и открывают кран горелки, далее по цвету пламени регулируют подачу воздуха.

При выполнении процессов жарки и выпечки контролируют:

- температуру жира в ваннах фритюрниц, воздуха в камерах шкафов;

- количество жира в сковородах и фритюрницах, периодически доливая новые порции свежего жира;

- полноту сжигания газа по цвету и характеру пламени;

- качество готовых изделий;

- работу механизма привода аппарата (непрерывного действия). При выключении аппаратов необходимо выполнить следующие мероприятия:

- электротепловые аппараты периодического действия отключить за 10...15 мин до окончания процесса тепловой обработки (сковороды, фритюрницы);

- разгрузить рабочие камеры;

- отключить аппарат непрерывного действия от электрической сети;

- слить и процедить жир из ванны фритюрницы;

- рабочие камеры промыть слабым раствором соды;

- рабочие поверхности сковород и тэны фритюрниц после мойки смазать жиром. Внешние поверхности протереть влажной тканью;

- дозаторы теста, жира, трубопроводы промыть горячей водой и просушить.

Дополнительная литература

Беляев М. И., Шильман Л. З. Совершенствование процессов тепловой обработки продуктов в общественном питании. М.: Экономика, 1975. 111 с.

Беляев М. И., Орябинская А. Н., Шкурупий Е. Н. и др. Влияние вибрации тэнов на динамику химических изменений жира «Белорусского». Изв. вузов СССР. Пищевая технология. 1976. № 5. С. 112—114.

Беляев М. И. Производство мучных кондитерских изделий. М.: Экономика, 1977. 135 с.

Беляев М. И., Орябинская А. Н., Орябинская Л. Г. Коэффициент теплоотдачи от тэнов к жиру при их вибрации и качество обжари-

ваемых продуктов.//Изв. вузов СССР. Пищевая технология. 1977. № 5 С. 126—127.

Беляев М. И. Тепловые процессы и качество продукции в общественном питании. М.: Экономика, 1979. 133 с.

Беляев М. И., Орябинская А. Н. Не все ли равно, как сконструированы и расположены тэны, если мощность их одинакова?//Общественное питание. 1979. № 1. С. 53—55.

Лисовенко А. Т. Процесс выпечки и тепловые режимы в современных хлебопекарных печах. М.: Пищевая промышленность, 1976. 213 с.

Мальский А. Н. Процесс обжаривания овощей и автоматизация обжарочных печей. М.: Пищевая промышленность, 1976. 160 с.

Осипова В. А. Экспериментальное исследование процессов теплообмена. 3-е изд., перераб. и доп. М.: Энергия, 1979. 317 с.

Шиф И. Г. Электрические рыбообжарочные печи. М.: Пищевая промышленность, 1974. 143 с.

**УНИВЕРСАЛЬНЫЕ ТЕПЛОВЫЕ АППАРАТЫ
(ПЛИТЫ)**

**10.1. КЛАССИФИКАЦИЯ ПЛИТ
И ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ,
ПРЕДЪЯВЛЯЕМЫЕ К НИМ**

Плиты относятся к универсальным тепловым аппаратам, с помощью которых осуществляют варку, жарку, а также вспомогательные процессы тепловой обработки продуктов при производстве кулинарной продукции.

Отмеченная универсальность плит предопределила их широкое применение на предприятиях общественного питания. Однако следует подчеркнуть, что проведение большинства технологических процессов на плитах требует значительно больших затрат энергии, чем в специализированных тепловых аппаратах. Например, варка костного бульона, осуществляемая в наплитном котле, установленном на поверхность электрической плиты, требует расхода электроэнергии на 15...20 % больше, чем варка бульона в электрическом котле. Удельные расходы теплоты при варке супов, жарке котлет и пирожков во фритюре на 7...15 % выше, чем в электрических пищеварочных котлах, электросковородах и электрических фритюрницах.

Приведенные данные свидетельствуют о предпочтительном оснащении предприятий специализированными аппаратами, а также о необходимости проведения жестких мер, направленных на экономию топлива при эксплуатации плит.

В зависимости от вида используемого топлива и энергии видоизменяются конструкции плит. Однако все плиты имеют общие конструктивные элементы: жароч-

ные поверхности и объемы жарочных и тепловых шкафов.

Жарочные поверхности твердотопливных плит представлены чугунными пластинами, плотно прилегающими друг к другу, электрических плит — закрытыми электрическими конфорками. Жарочная поверхность всех плит окаймлена бортовой поверхностью, являющейся вспомогательным элементом и служащей для установки наплитной посуды.

Пластины жарочных поверхностей газовых, твердотопливных, газифицированных и жидкотопливных плит укладываются на бортовые поверхности (при однорядном их расположении) или на бортовые поверхности и несущую чугунную (при двухрядном расположении) балку. Взаимосвязь жарочной, бортовой поверхности и несущей балки твердотопливных и газифицированных плит приведена на рис. 10.1.

Жарочные и тепловые шкафы представляют собой объемы, имеющие одну или две дверцы, на внутренних поверхностях которых приварены уголки для установки на них противней и функциональных емкостей. Основные рабочие элементы плит устанавливаются на каркасе. Шкафы плит имеют теплоизоляцию.

Газовые, газифицированные, твердотопливные плиты имеют внутренние и внешние газоходы для удаления продуктов сгорания топлива. Для утилизации уходящих газов плиты оснащаются встроенными и выносными водонагревателями.

По ГОСТ 12710—67 различают термины: кухонная плита и комбинированная кухонная плита. Под *комбинированной кухонной плитой* понимается кухонная плита со встроенными тепловыми аппаратами.



Рис. 10.1. Основные рабочие элементы твердотопливных плит и их взаимосвязь:

а — плитка жарочного настила; б — несущая балка; в — бортовая поверхность: 1 — бортовая поверхность; 2 — температурный зазор; 3 — плитки жарочной поверхности; 4 — несущая балка

Классификация плит. Плиты кухонные изготавливаются трех типов: на электрическом обогреве (I тип), газовом обогреве (II тип) и работающие на твердом топливе (III тип). Газовые плиты выпускаются в двух исполнениях: секционные с жарочным шкафом и без жарочного шкафа.

Плиты твердотопливные выпускаются в двух исполнениях: секционная с двумя жарочными шкафами и одним тепловым шкафом и секционная с двумя жарочными шкафами. На предприятиях используются плиты № 1, 21а, 21б и плиты типа ПСТ. Следует отметить, что первые три модификации плит в настоящее время промышленность не выпускает. Однако при отсутствии газа, электроэнергии в некоторых регионах — это основной вид теплового оборудования при оснащении предприятий.

Независимо от вида топлива, используемого в плитах, продолжительность разогрева жарочной поверхности и объема шкафа до максимальной температуры должна быть не более 60 мин.

Плиты электрические по конструктивному исполнению подразделяются на секционные модулированные и несекционные. Секционные модулированные плиты группируются на плиты, приготовление изделий на которых осуществляется в наплитной посуде, и на плиты, изделия на которых готовятся непосредственно на жарочной поверхности. К первой группе секционных модулированных плит относятся ПЭСМ-4, ПЭСМ-4Ш, ПЭСМ-4ШБ, ПЭСМ-2, ПЭСМ-2К, а ко второй группе — плиты ПЭСМ-1Н, ПЭСМ-2НШ.

Кроме того, имеется группа малогабаритных секционных модулированных плит (ПНЭН-0,2 и ПНЭК-2), которые используются на предприятиях общественного питания с барным (буфетным) методом обслуживания.

Для тепловой обработки полуфабрикатов в функциональных и других емкостях разработаны плиты ПЭ-0,51, ПЭ-51-01, ПЭ-0,17, ПЭ-0,17-01.

Находятся в эксплуатации несекционные плиты ЭП-7М, ЭП-8, ЭП-4, ЭП-2М, ЭПН-4, ЭПМ-3М, ЭПМ-5.

На предприятиях общественного питания также используются плиты на газовом обогреве. Промышленность в настоящее время выпускает только секционные модулированные газовые плиты ПГСМ-2 и ПГСМ-2Ш. На небольших предприятиях используются бытовые газовые плиты. Плиты бытовые различаются по конструк-

тивному оформлению, объему жарочного шкафа, наличию приборов автоматики и специальных приспособлений.

Технические требования к плитам. На плиты кухонные электрические с 1981 г. введен ГОСТ 19835—80. В соответствии с этим стандартом плиты должны изготавливаться: по количеству конфорок — 1-, 2-, 3-, 4-конфорочные; по способу эксплуатации — с конфорками для наплитной посуды, с конфорками для непосредственной жарки; по наличию жарочного шкафа — с жарочным шкафом и без него.

К электрическим плитам предъявляют следующие технические требования:

разность уровней рабочих поверхностей конфорок относительно друг друга и других частей рабочей поверхности плиты не должна быть более 1 мм;

шероховатость рабочей поверхности конфорки должна быть не грубее $R_a=6,3$ мкм;

конструкция плит должна обеспечивать возможность их регулирования по высоте для выравнивания их рабочих поверхностей при установке в технологические линии;

зазор между смежными конфорками плит должен быть не менее 2,5 мм;

разность температур в контролируемых точках рабочей поверхности конфорки при работе вхолостую при номинальной мощности должна быть не более 90 °С; разность температур воздуха в контролируемых точках рабочего пространства шкафа при работе вхолостую при номинальной мощности — не более 40 °С;

для обеспечения поддержания температуры воздуха в рабочем пространстве шкафа должен применяться датчик-реле температуры с диапазоном от 100 до 300 °С;

при наличии переключателя для регулирования мощности электронагревателей жарочного шкафа число ступеней регулирования должно быть не менее трех;

мощность конфорки должна регулироваться переключателем. Число ступеней переключателя должно быть не менее трех. Для определения продолжительности разогрева конфорок и шкафа их следует одновременно включать на номинальную мощность и разогревать вхолостую.

Определенные требования к конструкциям, материалам и к эксплуатации газовых плит устанавливает стандарт СЭВ СТ СЭВ 760—77.

Элементы управления и регулировки должны быть расположены с лицевой стороны, легко доступны и удобны в эксплуатации и сконструированы таким образом, чтобы исключалось случайное изменение их положения.

Быстроизнашивающиеся детали и детали, подлежащие чистке, должны быть легко доступны для замены. Они должны обеспечивать простую разборку и сборку и одновременно исключать их неправильную установку. Установка и управление главным газовым краном должны быть предусмотрены с лицевой стороны. Оборудование должно исключать случайное прекращение подачи воздуха для сгорания топлива или отвода продуктов сгорания.

При комплектации плиты теплообменником в последнем не должно быть углов или карманов, в которых может накапливаться вода, возникающая при конденсации продуктов сгорания. В случае постоянного выделения конденсата последний должен отводиться из оборудования.

Отдельные детали при соединении газопровода с прибором должны быть жестко соединены и быть разъемными. Все соединения газопроводов должны быть герметичными. На герметичность соединений не должны влиять механические, тепловые и химические воздействия.

Регулировка сечения канала отвода продуктов сгорания не допускается. Оборудование без отвода продуктов сгорания исполнения А должно обеспечивать отвод продуктов сгорания в окружающую среду. Отвод продуктов сгорания в рабочую зону обслуживания не допускается. Оборудование с отводом продуктов сгорания в дымовую трубу исполнения В, за исключением оборудования, оснащенного горелками с принудительной подачей воздуха, должно иметь стабилизатор тяги. Дымовой патрубок должен плотно и надежно соединяться с дымовой трубой. Трубы дымохода должны обеспечивать оседание конденсата внутри трубы.

Горелка должна быть доступна для обслуживания. Регулировочная арматура подачи топлива должна фиксироваться в положении «Закрыто» и предохраняться от случайного открывания. У горелок одного типа и одинаковой тепловой мощности детали должны быть взаимозаменяемые.

Конструкция плит должна предусматривать воз-

возможность безопасного контроля зажигания и правильной работы горелок.

Конструкция горелок должна обеспечивать невозможность их загрязнения пищевыми продуктами в процессе эксплуатации.

Конструкция газовых кранов должна предусматривать открывание их поворотом ручки против часовой стрелки, а закрывание — по часовой стрелке.

Конструкция запальной горелки должна исключать возможность поступления газа в основную горелку, если она не работает. Если запальная горелка и основная горелка управляются единым краном, то конструкция последнего должна исключать возможность поступления газа в основную горелку при незажженной запальной горелке. Ручки кранов различных горелок для управления оборудованием должны отличаться формой, цветом или надписями. Ручки запальников должны отличаться от других ручек или иметь соответствующие надписи, если ручки запальников не совмещены с ручками управления.

Горелки с тепловой мощностью более 3,5 кВт должны оснащаться стационарной запальной горелкой или запальным устройством. На сменных соплах горелок должны быть указаны диаметры с точностью до сотых долей миллиметра.

10.2. ТВЕРДОТОПЛИВНЫЕ, ГАЗОВЫЕ И ГАЗИФИЦИРОВАННЫЕ ПЛИТЫ

Твердотопливная плита № 1. Плита (рис. 10.2) имеет площадь жарочного настила 4,5 м². Камера сгорания (топочная камера) футерована кирпичом. Если плита предназначена для сжигания не только дров, но и антрацита, то футеровку ее осуществляют огнеупорным (шамотным) кирпичом.

Топливо загружается через дверцу на колосниковую решетку, под которой расположена зольниковая камера с поддувной дверцей.

Продукты сгорания проходят под настилом, обогревая два жарочных шкафа и один тепловой, затем огибают шкафы и по нижнему газоходу направляются в газоход и дымовую трубу.

Топка плиты имеет разделительную стенку, определяющую две камеры сгорания, и две параллельные системы газоходов; сквозные шкафы снабжены двер-

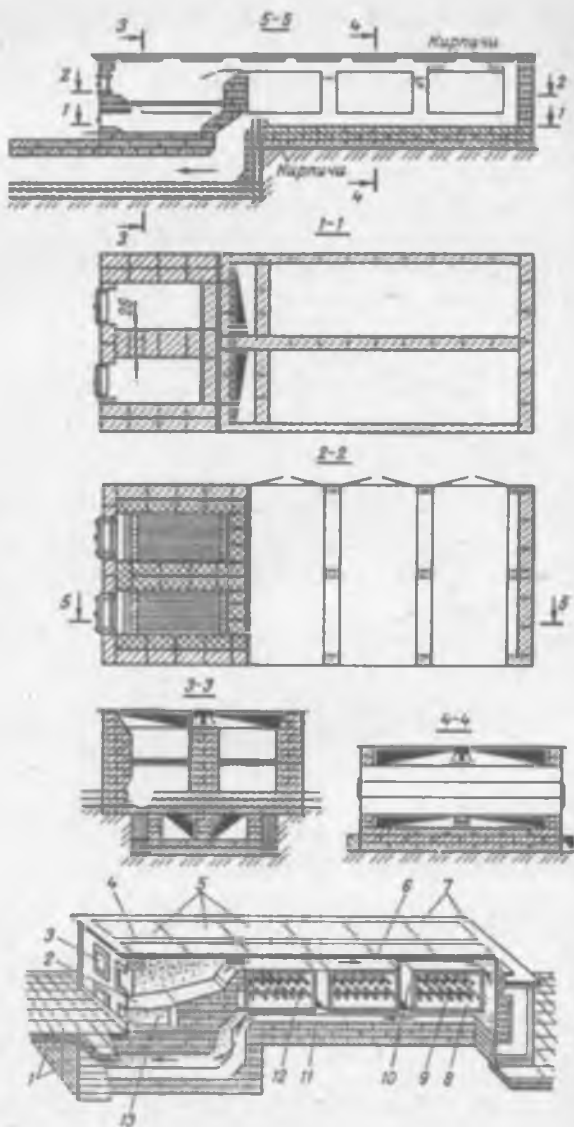


Рис. 10.2. Твердотопливная плита № 1:

1 — газоходы; 2 — колосниковая решетка; 3 — топка; 4 — центральная балка; 5 — плитка настила; 6 — верхний газоход; 7 — бортовая поверхность; 8 — под; 9 — тепловой шкаф; 10 — задвижка; 11 — нижний газоход; 12 — жарочные шкафы; 13 — зольник

цами по обе стороны плиты. Газоходы делают из кирпича. Чугунный настил, шкафы, камеры сгорания крепятся на стальном сварном каркасе. Настил состоит из ряда чугунных плит (пластин), прилегающих одна к другой посредством простроганных пазов (см. рис. 10.1). Плиту целесообразно устанавливать в горячем цехе торцом к стенке, за которой расположено подсобное помещение, при этом загрузку топлива и удаление золы и шлаков осуществляют из подсобного помещения, улучшая гигиенические условия работы горячего цеха.

При сжигании топлива с малым выходом летучих веществ (антрацита) наблюдается большая неравномерность температурного поля на поверхности настила. Часть жарочной поверхности, расположенная над колосниковой решеткой, вследствие интенсивной лучистой теплоотдачи от раскаленного слоя антрацита, нагревается до температуры выше 550°C , а температура противоположной от топки части, находящейся над тепловым шкафом, не превышает 250°C .

Для интенсификации теплоотдачи от продуктов сгорания к жарочной поверхности, противоположной от топки, и к нижней плоскости жарочных шкафов в плитах, предназначенных для сжигания антрацита, устанавливаются «порожки» из кирпича, уложенного на большую плоскость, благодаря чему увеличивается скорость движения продуктов сгорания и теплоотдача. Средняя температура в жарочных шкафах $300\ldots 350^{\circ}\text{C}$, в тепловых шкафах — $150\ldots 200^{\circ}\text{C}$, кпд плиты — 30 %.

Основными недостатками плиты № 1 являются низкий кпд, большая масса, значительная неравномерность температурного поля на жарочном настиле и в шкафах и отсутствие секционирования.

Последний недостаток приводит к большой потере теплоты настилом в окружающую среду при малой загрузке настила наплитной посудой.

Твердотопливная плита № 21а. Принцип устройства данной плиты аналогичен принципу устройства плиты № 1, но в ней отсутствует тепловой шкаф и плита имеет только одну систему газоходов и одну топку.

Твердотопливная плита № 21б. Эта плита имеет центральное расположение камеры сгорания. По обе стороны ее размещены жарочные шкафы, омываемые продуктами сгорания, движущимися к борову, через который они поступают в дымовую трубу.

Центральное расположение камеры сгорания уменьшает неравномерность температурного поля на жарочной поверхности, но приводит к необходимости загрузки топлива и выгрузки золы и шлаков непосредственно в помещение, в котором она установлена.

По условиям эксплуатации плиты прилегание ее к стене большей стороной, на которой расположена дверца камеры сгорания, невозможно. Это значительно ухудшает санитарно-гигиенические условия ее эксплуатации.

Твердотопливные плиты ПСТ-2,5, ПСТ-1,5. Плиты выпускаются промышленностью с площадью жарочной поверхности 2,5 и 1,5 м² по отдельным заказам. Плита ПСТ-1,5 не имеет теплового шкафа, а в остальном они аналогичны.

Плита ПСТ-2,5 (рис. 10.3) собирается на месте установки из панелей (передняя, задняя и боковые стенки плиты) с помощью болтов. Стенки газоходов выкладываются шамотным легковесным пористым кирпичом, благодаря чему масса плиты значительно меньше массы плиты № 1. По обе стороны от расположенной в центре камеры сгорания размещены жарочные шкафы, частично разделенные асбоцементными перегородками с верхними поворотными заслонками. Плита снабжена тепловым шкафом. С обоих торцов расположены секции водонагревателей, утилизирующих теплоту продуктов сгорания. Перед входом в газоход имеются ниж-

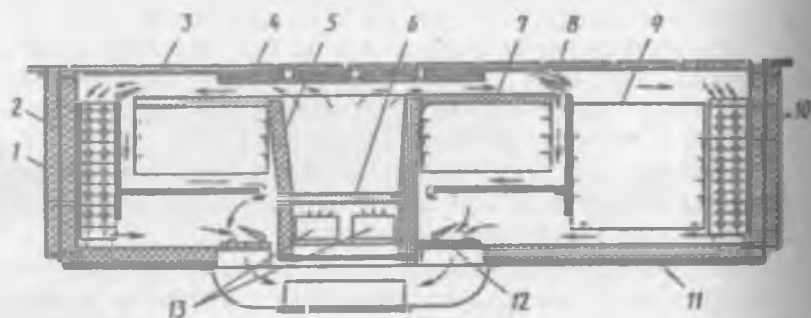


Рис. 10.3. Твердотопливная плита ПСТ-2,5:

1 — панель поперечная; 2 — теплоизоляция; 3 — чугунные плитки жарочной поверхности; 4 — скрепляющие чугунные пластины; 5 — топка; 6 — колосниковая решетка; 7 — жарочный шкаф; 8 — заслонка поворотная (регулирующая); 9 — тепловой шкаф; 10 — водонагреватель; 11 — нижняя панель (основание плиты); 12 — поворотная задвижка, перекрывающая выход продуктов сгорания в дымоотводящие люки; 13 — секционированный зольник

ние поворотные заслонки. Зольная камера разделена на две части перегородкой. Выключение работы левой или правой части плиты осуществляется путем перекрытия выхода продуктов сгорания в газопровод левой или правой нижними поворотными заслонками.

Перераспределение тепловой нагрузки между жарочными шкафами, а также водонагревателем и тепловым шкафом производят путем регулирования сечения для прохода продуктов сгорания верхними поворотными заслонками. Например, при их вертикальном положении работают только жарочные шкафы и находящаяся над ними часть жарочного настила. Разделение зольной коробки на две части дает возможность подводить воздух или под всю колосниковую решетку, или под одну половину, что обуславливает возможность сжигания антрацита на половине решетки и его экономии при неполной загрузке жарочного настила. Благодаря наличию секций водонагревателей кпд этих плит превышает 45 %. Нижние и верхние поворотные заслонки дают возможность секционировать плиту в широких пределах.

Недостатком плиты является центральное расположение камеры сгорания, ухудшающее ее санитарно-гигиенические показатели.

Плита газовая секционная ПГС-2МА. Плита (рис. 10.4) состоит из каркаса, сваренного из стальных уголков и профилей, на которых установлены чугунные настилы двух конфорок, жарочного шкафа и газогорелочного устройства. Каркас облицован стальными листами, покрытыми белой эмалью. Под облицовкой находится теплоизоляция. Под каждой конфоркой установлена односopловая газовая горелка производительностью 1,8 м³/ч по природному газу, теплота сгорания которого 35 600 мДж/м³.

Горелка шкафа находится под подовым листом. Нижний лист плиты, расположенный под горелкой шкафа, имеет прорези для поступления вторичного воздуха, перекрываемые заслонкой. Вторичный воздух поступает через окна передних стенок плиты. Газопровод расположен в верхней средней части плиты и разделен на три канала, обеспечивающих независимую вытяжку продуктов сгорания от каждой из трех горелок.

Газопровод плиты состоит из двух самостоятельных частей, расположенных по обе ее стороны.

Площадь жарочного настила составляет 0,9 м².

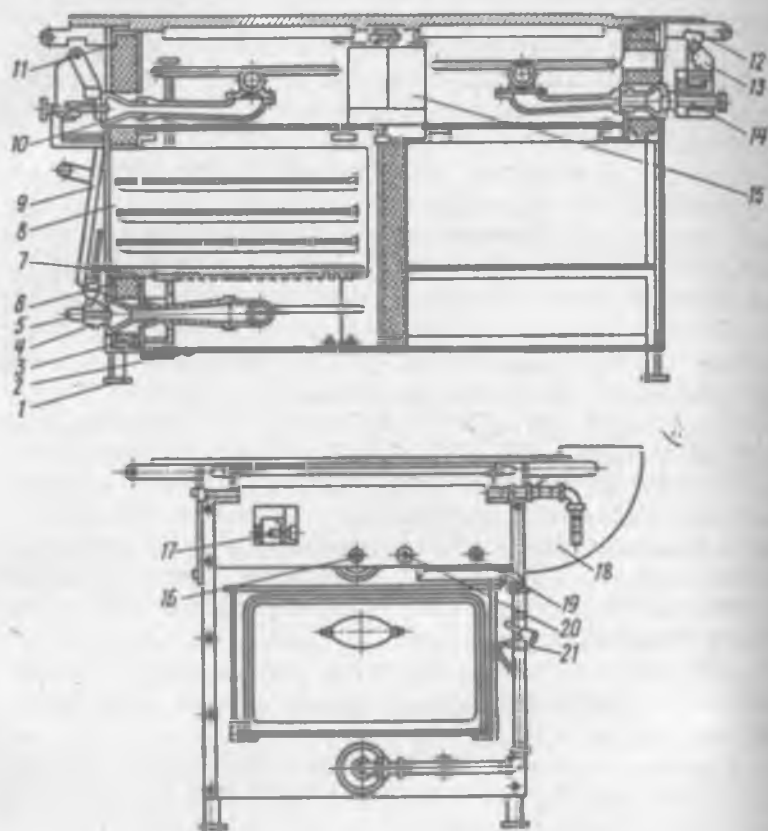


Рис. 10.4. Плита газовая секционная ПГС-2МА:

1 — ножка; 2 — зеркало; 3, 6, 11 — изоляция; 4 — регулятор первичного воздуха; 5 — запальник горелки шкафа; 7 — под жарочного шкафа; 8 — жарочный шкаф; 9 — дверца жарочного шкафа; 10 — горелка настила; 12 — жарочный настил; 13 — пусковая кнопка; 14, 19 — блоки автоматики безопасности; 15 — дымоход; 16 — регулятор первичного воздуха горелка жарочного настила; 17 — запальное окно; 18 — вытяжной патрубок; 20 — кран горелки жарочного шкафа; 21 — газопровод

Плита газовая секционная модулированная ПГСМ-2Ш. Плита (рис. 10.5, а, б) имеет две инжекционные колосниковые горелки, расположенные под настилом. От центральной трубы горелочной насадки отходят в обе стороны по пять трубок колосников с огневыми отверстиями, направленными на чугунный настил и на керамические вкладыши, являющиеся косвенными излучателями. Вкладыши нагреваются до температуры 600...800 °С и излучают теплоту на настил, увеличивая лучистую компоненту общего теплообмена, в ре-

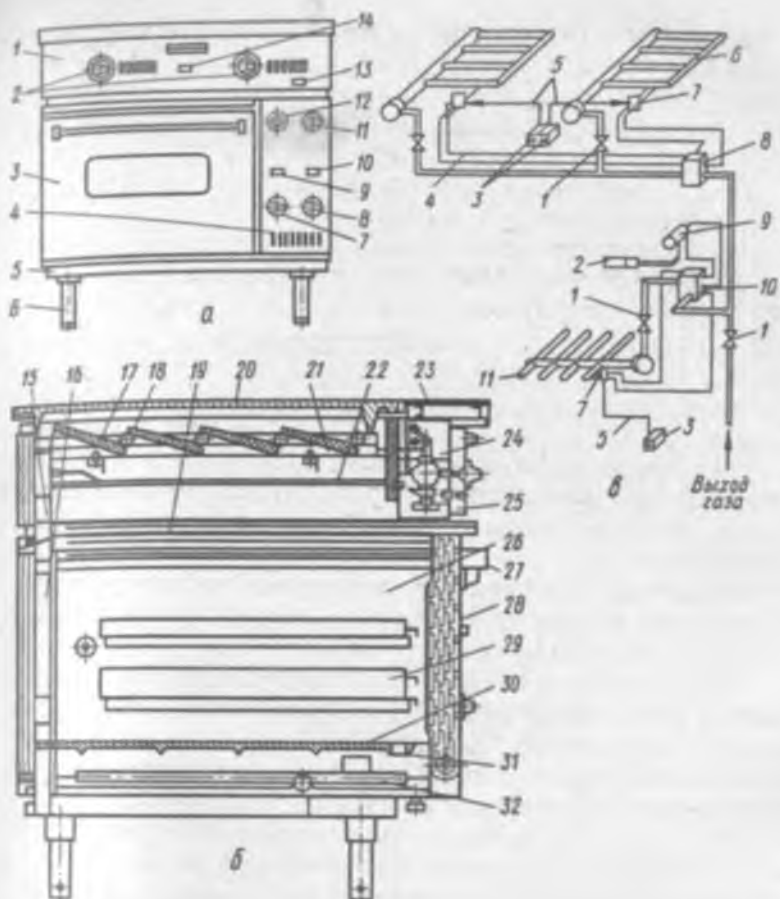


Рис. 10.5. Плита газовая секционная модулированная ПГСМ-2Ш:

а — вид спереди, *б* — разрез: 1 — приборный отсек; 2, 7, 8 — ручка газовых кранов; 3 — дверца шкафа; 4 — приборный отсек шкафа; 5 — корпус; 6 — ножка; 9, 14 — кнопка электрического зажигания; 10, 13 — пусковые кнопки приборов автоматики; 11 — ручка задвижки в дымоходе; 12 — терморегулятор; 15 — задвижка в дымоходе; 16 — дымоход; 17 — вкладыш керамический; 18, 32 — газовые горелки; 19 — поддон; 20 — настил (жарочная поверхность); 21 — камера сгорания конфорки; 22 — тяга поворота заслонки дымохода; 23 — борт; 24 — приборный отсек блока горелок; 25 — откидная дверца приборного отсека; 26 — камера шкафа; 27 — ручка дверцы; 28 — дверца шкафа; 29 — противовес; 30 — под шкафа; 31 — отверстие в поде шкафа; *в* — схема газоснабжения плиты: 1 — газовый кран; 2 — термобаллон; 3 — блоки термоэлектрического зажигания; 4 — импульсная трубка системы автоматики; 5 — электрокабель к блоку зажигания; 6 — горелка плиты; 7 — датчик пламени; 8 — стационарный запальник; 9 — клапан-отсекатель автоматики безопасности; 10 — терморегулятор; 11 — клапан-отсекатель автоматики регулирования; 11 — горелка шкафа

зультате чего существенно уменьшается температура уходящих продуктов сгорания и увеличивается равномерность температурного поля на настиле. Керамические плиты установлены наклонно и опираются на колосники.

Под камерами сгорания обеих горелок настила размещен выдвижной поддон для сбора пролитой жидкости. На передней панели поднастильных конфорок находится приборный отсек с дверцей и ручки газовых кранов. Сверху этот отсек закрыт листом. Жарочный шкаф имеет откидывающуюся дверцу. В нижней части короба (внутреннего) шкафа смонтирована инжекционная горелка, отделенная от рабочего объема шкафа листом.

Наружный короб изолирован альфолью. Продукты сгорания от горелки шкафа проходят по щелевым газопроходам, образованным наружным и внутренним коробами шкафа.

Продукты сгорания поднастильных горелок и горелок шкафа отводятся в общий дымоход, находящийся в задней части плиты.

Плита оборудована автоматикой 2АРБ, смонтированной в приборных отсеках поднастильных горелок и шкафа. Автоматика конфорки работает независимо от автоматики шкафа. Плита компактна и обладает высокими теплотехническими показателями.

При осуществлении технологического процесса можно регулировать тепловую мощность горелок путем поворота ручек горелочных пробковых кранов в интервале положений «Открыто» и «Закрыто».

Плиты бытовые газовые стационарные. Плиты бытовые ПГ-41-11-14; ПГ-4, кл. П-ОТВЖ; ПГ-4, кл. П-02ВЖ; ПГ-4 кл. 1 «а» (каркасная); ПТ-2, кл. 1 «а» (унифицированная); ПГ-3, кл. 1 «а» (унифицированная) различаются по конструктивному оформлению, объему жарочного шкафа и наличию приборов автоматики. Они состоят из следующих основных узлов: корпуса; откидного стола с крышкой или щитком, имеющим углубления в местах установки горелок для исключения попадания пролитой жидкости внутрь плиты; конфорочных горелок; жарочного (духового) шкафа, снабженного основной горелкой, а в некоторых конструкциях плит — и дополнительной (жарочной) горелкой; теплового (сушильного шкафа); газового коллектора с пробковыми кранами.

Жарочный шкаф снабжен откидной дверцей со смотровым стеклом и указателем температуры. Плиты повышенного класса, кроме того, оснащены устройствами, которые создают комфортные условия, облегчают их эксплуатацию, расширяют функциональные возможности и улучшают качество приготовленных изделий. К таким устройствам относятся дополнительные горелки для жарки, вертел для жарочного шкафа, конфорочные горелки различной тепловой мощности, лампочка и автоматика регулирования температуры в жарочном шкафу.

Газифицированные плиты. На газифицированных предприятиях общественного питания твердотопливные плиты переводят на работу с газом. При этом топочную дверцу заменяют установочной металлической плитой с отверстиями для горелок, подачи вторичного воздуха и смотровыми отверстиями. Дверцу зольника снимают, а проем замуровывают. К внутренней стороне

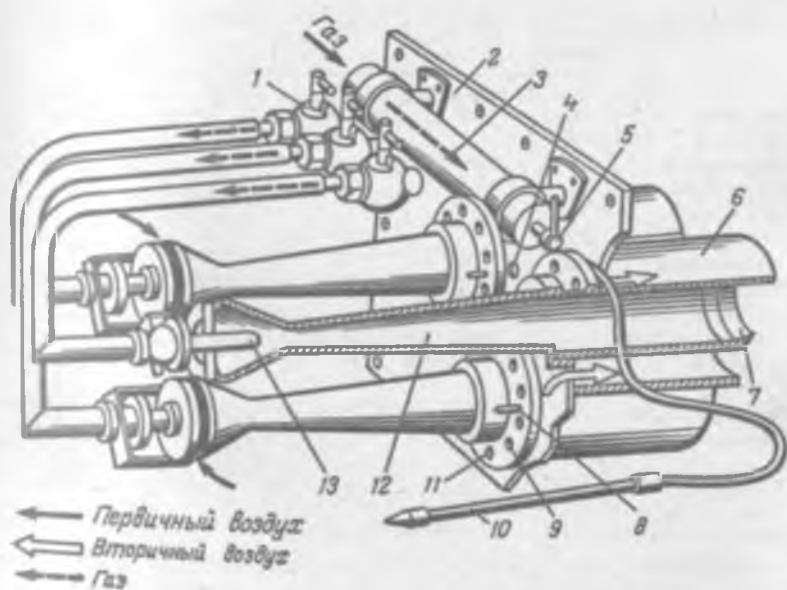


Рис. 10.6. Блок горелок для газифицированных плит:

- 1 — край горелки; 2 — установочная плата; 3 — рампа; 4 — смотровое отверстие; 5 — край запальника; 6 — кожух; 7 — одностручная насадка;
- 8 — рукоятка диска; 9 — выходные отверстия для вторичного воздуха;
- 10 — запальник; 11 — регулятор вторичного воздуха; 12 — смеситель;
- 13 — соплó горелки

установочной плиты приваривают трубы, которые служат опорами для горелок.

В газифицированных плитах обычно устанавливают комплект из трех горелок с кожухом для организованного подвода вторичного воздуха (рис. 10.6). Комплект горелок снабжают приборами автоматики, а на шибере дымохода делают несколько отверстий диаметром 10...20 мм для постоянной вентиляции топочной камеры и газопроводов. Техническая характеристика твердотопливных и газовых плит приведена в табл. 10.1, 10.2.

Для утилизации теплоты отходящих газов газовые, твердотопливные и газифицированные плиты снабжены водогрейными устройствами, которые работают по принципу емкостных водонагревателей.

Водогрейное устройство плит. Устройство (рис. 10.7, а) состоит из теплообменника, расположен-

ТАБЛИЦА 10.1

Техническая характеристика твердотопливных плит

Показатели	Единица измерения	№ 1	№ 21	ПСТ-2,5	ПСГ-1,5
Площадь жарочной поверхности	м ²	4,5	2,04	2,5	1,5
Количество шкафов:					
тепловых	шт.	1	—	1	—
жарочных	шт.	2	2	2	2
Общий расход условного топлива при $Q_{\text{г}} = 29,3$ МДж/кг	кг/ч	14,2	8,7	10,0	7,0
Размеры дымоотводящего патрубка	м	0,55 × 0,26	0,26 × 0,26	0,26 × 0,26	0,26 × 0,26
Производительность водонагревателя при температуре воды 70 °С	л/ч	—	—	150—200	150
Габариты:					
длина	мм	4000	2500	3200	2680
ширина	мм	1750	1200	№370	1330
высота	мм	800	800	850	850
Масса	кг	10 000	5000	1980	1700

Техническая характеристика газовых плит

Показатели	Единица измерения	ПГС-2МА	ПГСМ-2Ш	ПГСМ-2	ПГС-1МА
Жарочная поверхность	м ²	0,9	0,56	0,56	0,56
Количество горелок:					
под настилом	шт.	2	2	2	2
в шкафу	шт.	1	1	—	—
Тепловая мощность горелок:					
настила	кВт	17,8	19,3	19,3	17,8
шкафа	кВт	14,8	11,7	—	—
Номинальное давление газа перед горелками:					
природного	кПа	1,3	1,3	1,3	1,3
сжиженного	кПа	3	3	3	3
Продолжительность выхода плиты на стационарный режим при номинальной тепловой мощности горелки	мин	60	30	30	60
Средняя температура:					
на жарочной поверхности	°С	400	450	450	400
в жарочном шкафу	°С	350	350	—	—
Габариты:					
длина	мм	1750	840	840	1750
ширина	мм	1000	840	840	1000
высота	мм	860	860	860	860
Масса	кг	460	240	210	360

ного в топке твердотопливной плиты или в последнем газоходе, напорного бака (он же смесительный), вместимость которого равна 4—5-часовой производительности водонагревателя. Бак устанавливается на высоте не ниже 3 м от уровня пола для создания необходимого напора. Водонагреватель (теплообменник) соединен с напорным баком циркуляционными трубами.

Спускная труба, предназначенная для подачи хо-

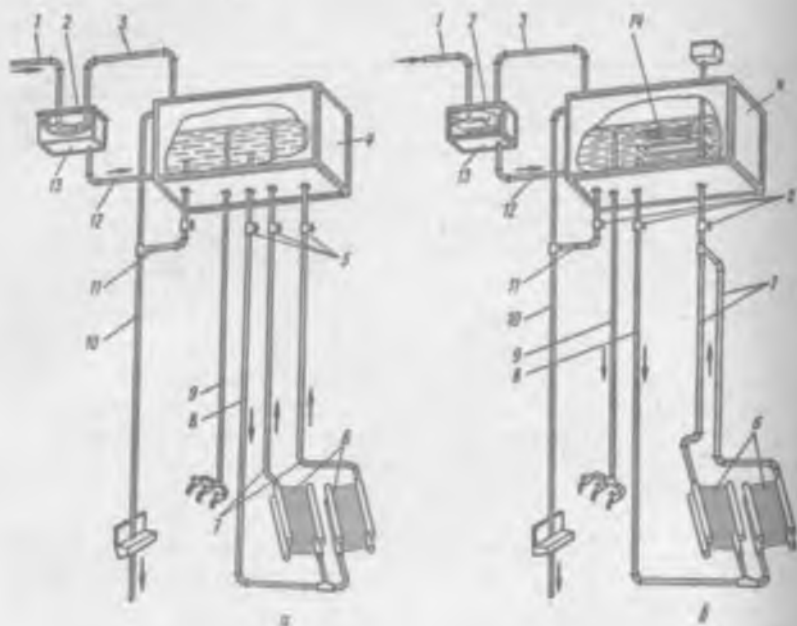


Рис. 10.7. Водогрейное устройство плит:

а — с непосредственным подогревом воды; **б** — с косвенным подогревом воды: 1 — труба от водопроводной сети; 2 — шаровой клапан; 3 — труба для отвода пара; 4 — напорный бак; 5 — краны; 6 — водонагреватель; 7 — циркуляционные трубы; 8 — труба подачи холодной воды в нагреватель; 9 — разбор горячей воды; 10 — сигнальная переливная труба предельного уровня; 11 — колено для слива воды; 12 — питательная труба; 13 — питательный бачок; 14 — змеевик в напорном баке

лодной воды в водонагреватель, вваривается в бак на высоте 30...50 мм от дна.

Подъемная циркуляционная труба, несущая горячую воду из верхней части теплообменника в напорный бак, устанавливается в баке так, чтобы ее верхняя кромка находилась на уровне $\frac{1}{2}$ или $\frac{1}{3}$ высоты бака. В качестве питающего устройства используется бачок с поплавковым клапаном для регулирования уровня воды. Труба разбора горячей воды вваривается на уровне подъемной циркуляционной трубы или выше на 50...100 мм. Напорный бак и питательный бачок соединены патрубком для удаления пара. Водонагреватель выполняется из труб диаметром 25...65 мм, расстояние между соседними витками должно быть не менее диаметра. При работе на жестких водах монтируют устройство с косвенным нагревом воды (рис. 10.7. б).

Выносной водонагреватель для утилизации теплоты

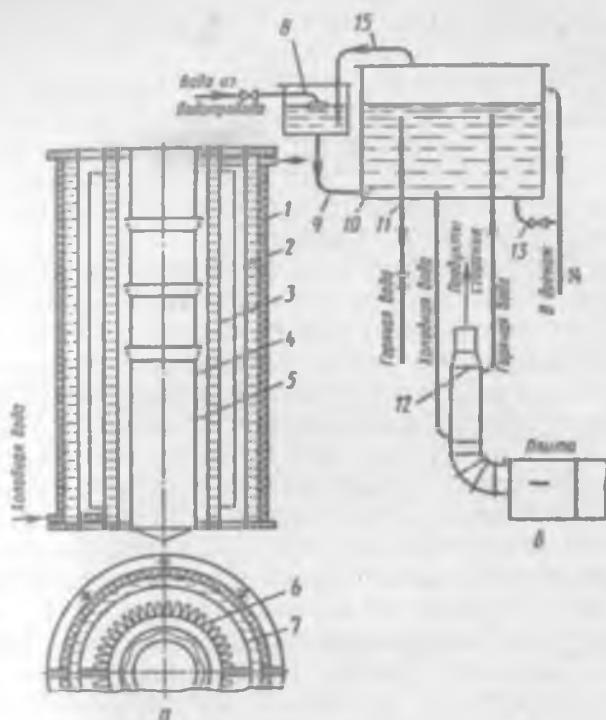


Рис. 10.8. Выносной водонагреватель для утилизации теплоты уходящих продуктов сгорания:

a — разрез; *б* — схема установки: 1, 2, 3, 4 — обечайки; 5 — турбулизирующая вставка; 6 — ребра; 7 — тепловая изоляция водонагревателя; 8 — питательный бачок; 9 — соединительный трубопровод; 10 — нижняя часть напорного бака; 11 — разборный трубопровод; 12 — водонагреватель; 13 — сливная труба; 14 — переливная труба; 15 — труба, отводящая образующиеся водяные пары

уходящих продуктов сгорания. Водонагреватель (рис. 10.8, *a*, *б*) монтируется в вертикальном газоходе газовых плит.

Для интенсификации теплообмена и повышения эффективности работы таких водонагревателей в газоходах монтируются турбулизирующие вставки в виде стакана с конусовидным дном и завихрителями в виде усеченного конуса. Наружная поверхность обечайки снабжается ребрами.

Продукты сгорания проходят по двум газоходам, а нагретая вода отводится из верхнего патрубка. Наружная поверхность водонагревателя покрывается слоем тепловой изоляции.

Плиты электрические секционные модулированные. Данные плиты (рис. 10.9) предназначены для приготовления блюд в наплитной посуде (ПЭСМ-2, ПЭСМ-2К, ПЭСМ-4, ПЭСМ-4Ш) и для непосредственной жарки на жарочной поверхности штучных кулинарных изделий (ПЭСМ-1Н, ПЭСМ-2НШ).

Жарочная поверхность, выполненная из круглых или прямоугольных конфорок, устанавливается на инвентарный шкаф-подставку или на жарочный шкаф. Рабочая поверхность конфорок нагревается заложенными в их днище спиралями. Температурный режим каждой конфорки регулируется переключателями, а у конфорок плит ПЭСМ-1Н и ПЭСМ-2НШ — автоматически терморегулятором. Плиты можно устанавливать в технологические линии с пристенным или островным расположением оборудования. Обслуживание и ремонт плит осуществляются только с фронтальной стороны. Шкафы имеют регулируемые по высоте ножки, поэтому жарочную поверхность можно устанавливать строго горизонтально и на одном уровне с рабочей поверхностью другого секционного модулированного оборудования при компоновке единой технологической линии.

Достаточная высота ножек (150 мм) обеспечивает удобство санитарной обработки наплитного пространства.

Использование модулированных размеров сокращает производственную площадь для обслуживания каждой плиты по сравнению с использованием аналогичного немодулированного оборудования и повышает производительность труда повара за счет уменьшения лишних передвижений.

Электрическая схема плиты ПЭСМ-4Ш изображена на рис. 10.10.

Она состоит из нагревательных элементов четырех конфорок $E1...E4$ и нагревательных элементов жарочного шкафа $E5...E10$. Температура нагрева конфорок регулируется с помощью пакетных переключателей $S1...S4$, которые обеспечивают трехступенчатую регулировку мощности. Температурный режим жарочного шкафа может регулироваться с помощью пакетных переключателей $S5, S6$, а также автоматически терморегулятором B (ТР4-К). Сигнальные лампы $H1, H2$ сигнализируют о включении жарочного шкафа. Все



Рис. 10.9. Плиты электрические секционные модулированные:

а — ПЭСМ-2НШ; б — ПЭСМ-4; в — ПЭСМ-4Ш;
г — ПЭСМ-1Н; д — ПЭСМ-2; е — ПЭСМ-2К

подключения к питающей сети осуществляются с помощью зажимов Х1...ХЗ.

Более современными являются плиты типа ПЭ-0,51 (ПЭ-0,51-01) и ПЭ-0,17 (ПЭ-0,17-0,1).

Плита электрическая секционная модулированная ПЭ-0,51, ПЭ-051-01. Плита ПЭ-0,51 (рис. 10.11) устанавливается на общую ферму совместно с другими аппаратами, а плита ПЭ-0,51-01 — на поставляемую с ней индивидуальную подставку. Плита ПЭ-0,51 имеет три прямоугольные конфорки, закрепляемые на каркасе с помощью регулировочных болтов, которые позволяют располагать рабочую поверхность конфорок в одной плоскости со столом плиты.

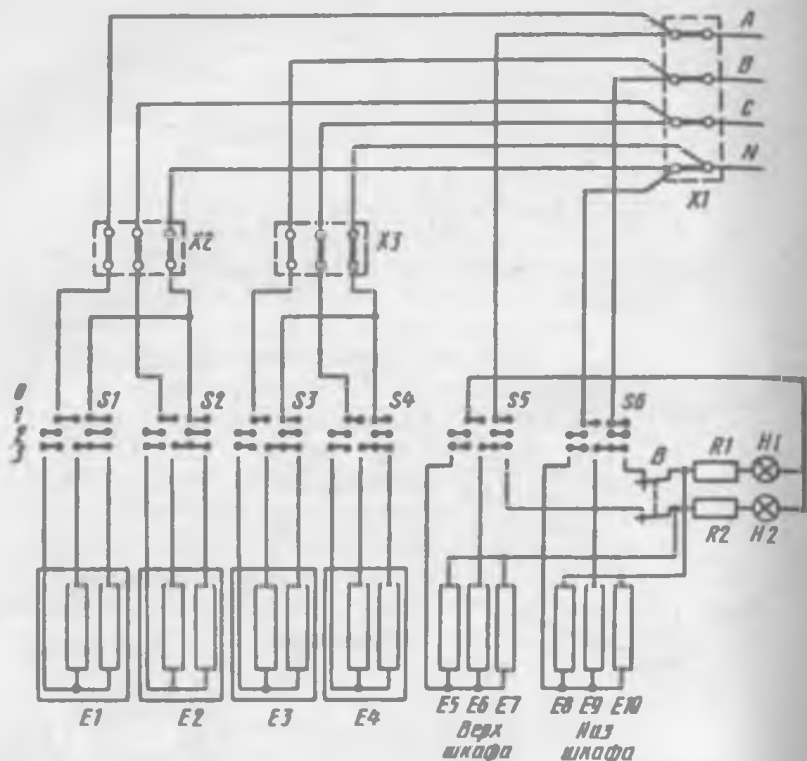


Рис. 10.10. Принципиальная электрическая схема ПЭСМ-4Ш

Каждая конфорка снабжена переключателем, с помощью которого осуществляется отключение и ступенчатое регулирование ее мощности на слабый, средний и сильный нагрев. Лицевая сторона плиты, где расположены переключатели, блок зажимов и электрокоммутационная проводка, закрыта панелью, а остальные три стороны — облицовками.

Подставка плиты ПЭ-0,51-01 представляет собой сборно-разборную конструкцию, состоящую из боковин, рамы, полки и стяжек. На правой боковине предусмотрен блок зажимов; закрываемый крышкой. Дополнительно подставка комплектуется ограждениями, которые крепятся с помощью кронштейнов к плите болтами в одной плоскости со столом.

Провода сети заводятся в окно нижней части плиты и подсоединяются к набору зажимов, а провод заземления — к заземляющему зажиму.

Электрическая схема плиты ПЭ-0,51 (рис. 10.12)

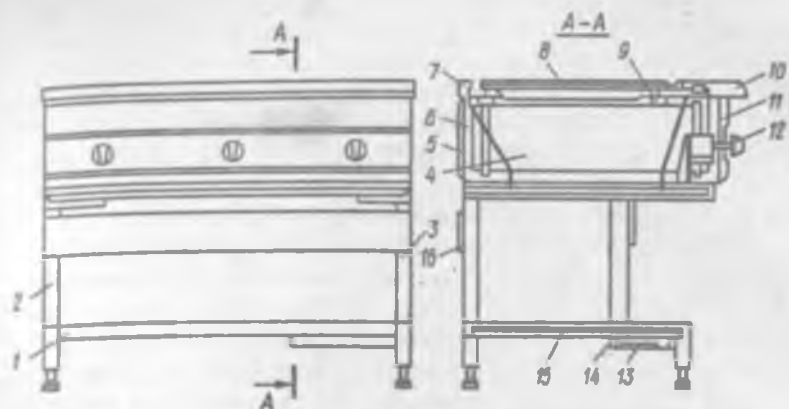


рис. 10.11. Плита электрическая секционная модулированная ПЭ-0,51:

1 — подка; 2, 3 — боковины; 4, 5 — облицовки; 6 — каркас; 7 — ограждение; 8 — конфорка; 9 — регулировочный болт; 10 — стол; 11 — панель управления; 12 — переключатель; 13 — блок зажимов; 14 — крышка; 15 — рама; 16 — стяжка

состоит из нагревательных элементов трех конфорок $E1...E3$ и пакетных переключателей $S1...S3$. Регулирование мощности осуществляется за счет изменения схемы соединения секций нагревательных элементов, что обеспечивает изменение мощности в соотношении 4:2:1. Подвод электроэнергии осуществляется через зажимы колодки $X1$.

Плита электрическая ПЭ-0,17 (ПЭ-0,17-01). Данная плита (рис. 10.13) аналогична по конструкции плите ПЭ-0,51, но в отличие от последней имеет только одну конфорку. Кроме того, в плоскости конфорки на большей ее стороне дополнительно установлен борт, который может располагаться как справа, так и слева от нее, не выступая за габариты плиты.

Ниже приводится описание конструкции плит, находящихся в эксплуатации, большинство из которых в настоящее время

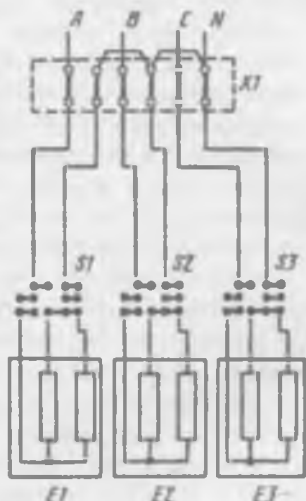


Рис. 10.12. Принципиальная электрическая схема плиты ПЭ-0,51



Рис. 10.13. Плита электрическая ПЭ-0,17

уже не выпускается промышленностью.

Плита электрическая ЭП-7М. Плита предназначена для приготовления кулинарных изделий на небольших предприятиях общественного питания.

Основной рабочей частью плиты является жарочный настил, состоящий из двух электроконфорок. В нижней части плиты расположен жарочный шкаф, обогреваемый в верхней и нижней частях трубчатыми электронагревателями. Регулировочные болты установлены на раме из уголковой стали.

Каркас плиты является несущей частью конструкции.

Облицовочные листы покрыты силикатной эмалью. Шкаф представляет собой двухстенную камеру с термоизоляцией между стенками. Под жарочным настилом установлен выдвижной поддон для сбора пролитой жидкости. На передней стенке плиты установлены переключатели, закрытые кожухами, и лимб терморегулятора шкафа. С их помощью можно регулировать нагрев каждой конфорки или шкафа в соотношении 4 : 2 : 1. Температура шкафа поддерживается терморегулятором, лимб которого устанавливается на требуемую температуру в пределах от 100 до 350 °С. Для выхода испарений, образующихся в шкафу во время работы, на дверце шкафа имеется заслонка. Управление нагревом верха и низа шкафа раздельное. Наличие двух выключателей шкафа и терморегулятора обеспечивает возможность регулирования температуры в различных пределах. Включение конфорок на максимальную мощность (сильный нагрев) рекомендуется только в момент разогрева конфорок или приготовления блюд, требующих высокой температуры на конфорках.

Электроплита устанавливается непосредственно на полу с соблюдением правил пожарной безопасности. При установке должен быть обеспечен свободный доступ к плите со всех сторон для осмотра и ремонта.

Электроплиты работают от трехфазной сети переменного тока. Распределительный щиток устанавливается в непосредственной близости от плиты. На нем

монтируется пусковая и соответствующая защитная аппаратура. От распределительного щитка провода подводятся к вводному щитку, расположенному внутри корпуса плиты. Кроме проводов, подводящих электроэнергию, должен быть проложен отдельный провод для заземления. Этот провод подключается к заземляющему болту на вводном щитке.

Плита электрическая ЭП-8. Плита предназначена для использования в горячих цехах небольших предприятий общественного питания. Основными рабочими элементами плиты являются жарочный настил, состоящий из одной конфорки, и жарочный шкаф, обогреваемый в верхней и нижней части трубчатыми электронагревателями.

Шкаф представляет собой двухстенную камеру с теплоизоляцией между стенками. Конфорка установлена в корпусе на регулировочных болтах. Облицовочные листы покрыты силикатной эмалью и являются несущей частью конструкции.

На передней части плиты установлены переключатели, закрытые кожухом, с помощью которых можно регулировать мощность конфорки или шкафа в соотношении 4 : 2 : 1. Под жарочным настилом установлен поддон для сбора пролитой жидкости. Для выхода испарений, образующихся в шкафу во время работы, на дверце шкафа имеется заслонка.

Плита электрическая ЭП-4. Основной рабочей частью плиты являются круглые конфорки, отлитые из чугуна, и жарочный шкаф. Плита с трех сторон обрамлена поручнем. Конфорки круглой формы имеют мощность 1 и 2,2 кВт и устанавливаются на каркасе на опорных регулировочных болтах. Под жарочным настилом находится жарочный шкаф (двухстенная камера с теплоизоляцией между стенками), обогреваемый сверху и снизу трубчатыми электронагревателями. Для выхода испарений, образующихся в шкафу во время работы, на дверце шкафа имеется заслонка. Каркас плиты по контуру закрыт облицовкой, покрытой стеклоэмалью. На каркасе плиты установлены переключатели, закрытые предохранительными кожухами. С помощью переключателей регулируется нагрев каждой конфорки или шкафа в соотношении 4 : 2 : 1. Полная мощность шкафа 2,8 кВт. Управление нагревом верха и низа шкафа — раздельное, трехступенчатое, как на конфорках.

Плита ЭП-4 устанавливается непосредственно на

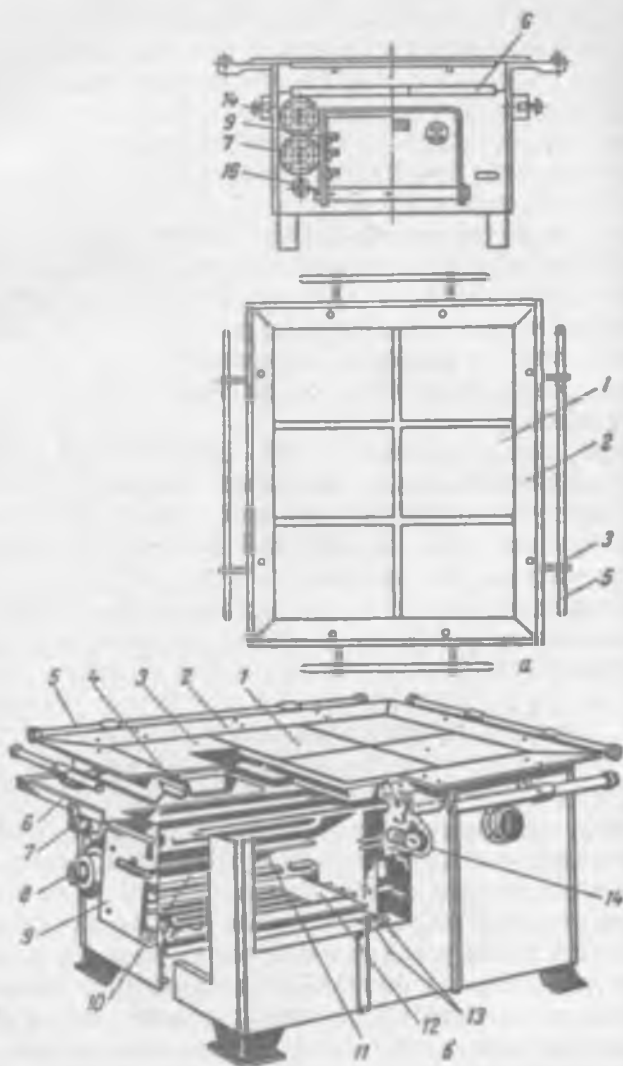
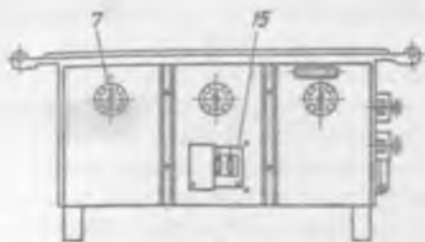


Рис. 10.14. Плита электрическая ЭП-2М:

а — проекции плиты; б — общий вид: 1 — конфорка; 2 — бортовая поверхность; 3 — кронштейны ручек; 4 — болты регулирования уровня конфорки; 5 — ручки; 6 — поддон; 7, 8 — переключатели шкафа; 9 — дверца шкафа; 10 — жарочный шкаф; 11, 13 — верхние и нижние тэны; 12 — подовый лист; 14 — переключатели конфорок; 15 — штекер вводный; 16 — терморегулятор



полу. При установке должен быть обеспечен свободный доступ к плите со всех сторон для осмотра и ремонта и соблюдены правила пожарной безопасности. На распределительном щитке, расположенном в непосредственной близости от плиты, монтируется общий для плиты пусковой прибор и соответствующие предохранители.

Плита электрическая ЭП-2М. Основными рабочими частями плиты (рис. 10.14) являются жарочная поверхность, состоящая из шести электроконфорок, и жарочный шкаф.

Конфорки смонтированы в корпусе плиты на опорных регулировочных болтах, установленных на балках каркаса. Под жарочным настилом находятся выдвижной поддон для сбора пролитой жидкости и жарочный шкаф. Шкаф представляет собой двухстенную камеру с теплоизоляцией между стенками. Он обогревается в верхней и нижней части трубчатыми электронагревателями. Для регулирования мощности конфорок и шкафа на каркасе плиты установлены переключатели, позволяющие получить соотношение мощности — 4 : 2 : 1. По всему периметру жарочной поверхности плиты смонтирована бортовая поверхность. Для безопасности работы у плиты вокруг нее устанавливаются металлические поручни на кронштейнах. Подключение электросети осуществляется через вводной щиток, расположенный внутри корпуса плиты.

Поддержание внутри шкафа температуры в пределах 100...350 °С осуществляется автоматически терморегулятором, встроенным в стенку шкафа. Для выхода испарений, образующихся при тепловой обработке продуктов, на дверце шкафа имеется заслонка.

Конфорки и шкаф рекомендуется включать на максимальную мощность только в момент разогрева плиты или при приготовлении блюд, требующих высокой тем-

пературы. Плита работает от трехфазной сети переменного тока.

Плита ЭП-2М устанавливается непосредственно на полу. При установке следует обеспечить свободный доступ к плите со всех сторон для осмотра и ремонта.

Плита электрическая передвижная ПЭП. Плита предназначена для приготовления в наплитной посуде первых блюд и гарниров, транспортирования их на небольшие расстояния и раздачи готовых блюд.

Сварной каркас плиты установлен на четыре обрешенных колеса, два из которых — поворотные. Снаружи каркас облицован листами, покрытыми белой силикатной эмалью и облицовочными планками с декоративным блестящим покрытием. Сверху на каркасе смонтирована электроконфорка мощностью 4,5 кВт, степень нагрева которой регулируется пакетным переключателем.

Перед началом технологического процесса на плиту устанавливают котел, перевозят ее в любую точку заготовочного цеха кухни, заполняют котел водой и нужными продуктами. Затем плиту перемещают к месту приготовления блюд и подключают к электросети переменного тока напряжением 380 В. После окончания процесса плиту отключают от электросети и отвозят к месту раздачи пищи, включая ее там на подогрев. По окончании раздачи пищи плиту вместе с кастрюлей перевозят в моечное отделение.

Плита электрическая мармитная ЭПМ-3М. Плита предназначена для разогрева и поддержания в горячем состоянии первых блюд. Основной рабочей частью плиты является чугунная конфорка, установленная в корпусе на опорных регулировочных винтах. Винты позволяют совмещать плоскость конфорки с бортовой поверхностью.

В корпусе установлены вводный щиток и пакетный переключатель. Регулирование мощности конфорки осуществляется пакетным переключателем, позволяющим получить разные степени нагрева конфорки. Соотношение мощности на трех ступенях 4:2:1. Стенки корпуса плиты являются несущими и покрыты силикатной эмалью. При использовании плиты для сохранения первых блюд в горячем состоянии включение на максимальную степень нагрева следует производить только в момент разогрева, т. е. в течение 20...30 мин. После этого необходимо переключить конфорки на

средний или слабый нагрев в зависимости от вместимости посуды и температурных условий.

Постоянная работа конфорки на максимальной мощности при подогреве пищи нецелесообразна, так как это приводит к излишнему расходу электроэнергии, ухудшению качества пищи и выпариванию жидкости.

Плита устанавливается непосредственно на полу и работает от трехфазной сети переменного тока.

Плита электрическая мармитная ЭПМ-5. Плита предназначена для подогрева в наплитных котлах готовых первых блюд при отпуске их в столовых самообслуживания.

Электромармит имеет вид открытого прилавка, в нижней части которого на каркасе установлены три электрические конфорки. Основанием прилавка служит рама, на которой смонтированы боковые облицовки. В верхней части прилавка на кронштейнах закреплена полка для установки тарелок во время выдачи и стол.

Конфорки включаются и выключаются пакетными переключателями. Каждая конфорка включается отдельно и нагрев ее может быть переведен на любую из трех ступеней: сильный, средний, слабый. Таким образом, мощность конфорок регулируется в соотношении 4 : 2 : 1. За средним пакетным переключателем закреплен вводный щиток, к которому подводятся от сети провода трехфазного переменного тока.

Мармит ЭПМ-5 работает от трехфазной сети переменного тока и устанавливается непосредственно на полу в линию с другим оборудованием.

Плита электрическая ЭПН-4. Плита предназначена для обжаривания кулинарных изделий непосредственно на поверхности конфорок.

Плита состоит из корпуса и чугунной конфорки, устанавливаемой на регулировочные болты корпуса. Чугунная конфорка является основной рабочей частью плиты. Корпус плиты представляет собой разъемную конструкцию из листовой стали, скрепляемую винтами.

Стенки корпуса покрыты мочевиноформальдегидной эмалью. Внутри корпуса установлены вводный щиток и пакетный переключатель. Пакетный переключатель позволяет регулировать мощность в соотношении 4 : 2 : 1. По периметру рабочей части конфорки расположена канавка для сбора излишнего масла при обжаривании изделий, заканчивающаяся отверстиями для стока масла.

Техническая характеристика плит электрических

Показатели	Единица измерения	ПЭСМ-4Ш	ПЭСМ-4	ПЭСМ-2	ПЭСМ-2К	ПЭСМ-2НШ
Площадь жарочной поверхности	м ²	0,48	0,48	0,24	0,12	0,48
Количество конфорок	шт.	4	4	2	2	2
Объем жарочного шкафа	м ³	0,1	—	—	—	0,1
Мощность:						
общая	кВт	18,8	14	7	3,8	12
шкафа	кВт	4,8	—	—	—	4,8
Размеры конфорок:						
длина	мм	417	417	417	280	417
ширина	мм	295	295	295		610
Размеры плиты:						
длина	мм	840	840	420	420	840
ширина	мм	840	840	840	840	840
высота	мм	860	860	860	860	860
Масса	кг	260	210	110	95	265

Примечание. Высота плит ПЭСМ-0,51-01 и ПЭСМ-0,17-0,1 составляет 850 мм.

Техническая характеристика электрических плит приведена в табл. 10.3.

10.4. ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИЕ И ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ РАБОТЫ ПЛИТ

Работу плит характеризуют следующие показатели: тепловое напряжение жарочной поверхности и объема шкафа, теплосъем жарочной поверхности, неравномерность распределения температуры на жарочной поверхности и в жарочном шкафу, средняя установившаяся температура жарочной поверхности и в жарочном шкафу, кпд, удельный расход энергоносителя, удельные металло- и энергоемкость, продолжительность разогрева до рабочей температуры, надежность.

Тепловое напряжение жарочной поверхности плиты выражается отношением расхода теплоты ($BQ_{\text{ж}}$) к площади жарочной поверхности ($F_{\text{жп}}$), используемой в течение 1 ч, и определяется по уравнению

ТАБЛИЦА 10.3

ПЭСМ-1Н	ПЭ-0,51	ПЭ-0,17	ЭП-2М	ЭП-7М	ЭП-8	ПНЭК-2К
0,24	0,51	0,17	0,9	0,3	0,15	0,052
1	2	1	6	2	1	2
—	—	—	0,115	0,11	0,06	—
3,6	12	4	25,5	9,8	5,5	2,4
—	—	—	4,5	2,8	2,0	—
417			370	370	370	180
610			405	405	405	
420	1000	500	1730	1090	600	420
840	800	800	1430	835	635	630
860	330	330	810	800	810	275
115	140	50	390	145	90	25

$$T_{\text{ж}} = (BQ_{\text{н}}) / (F_{\text{ж}} \cdot 3600). \quad (10.1)$$

Тепловое напряжение рабочей камеры шкафа представляет отношение расхода теплоты к объему шкафа, используемого в течение часа:

$$T_{\text{м}} = (BQ_{\text{н}}) / (V \cdot 3600). \quad (10.2)$$

Соответственно для электрических плит эти показатели определяются из выражений:

$$T_{\text{ж}} = P_{\text{ж}}^{\text{но}} / F_{\text{ж}}; \quad (10.3)$$

$$T_{\text{м}} = P_{\text{м}}^{\text{об}} / V_{\text{м}}, \quad (10.4)$$

где $P_{\text{ж}}^{\text{но}}$ — мощность конфорки, Вт; $P_{\text{м}}^{\text{об}}$ — мощность тэнов шкафа, Вт; B — часовой расход топлива, кг/ч; $F_{\text{ж}}$ — площадь жарочной поверхности, м^2 ; V — объем рабочей камеры шкафа, м^3 ; $Q_{\text{н}}$ — низшая теплота сгорания топлива, Дж/кг.

Средняя установившаяся температура

тура на жарочной поверхности $t_{ж}^{cp}$ и средняя установленная температура в жарочном шкафу $t_{ш}^{cp}$ определяются экспериментально.

Теплосъем жарочной поверхности плиты представляет собой отношение количества полезно используемой теплоты к 1 м^2 рабочей поверхности в течение 1 ч

$$Д_{ж} = Q_1 / (F_{жт} \cdot 3600). \quad (10.5)$$

Энергетический показатель — это отношение теплового напряжения $T_{ж}$ данного рабочего элемента плиты к максимальной рабочей температуре t_{max}^{cp} . Соответственно он определяется для жарочной поверхности

$$Э_{ж} = T_{ж} / t_{max}^{cp} \quad (10.6)$$

для жарочного шкафа

$$Э_{ш} = T_{ш} / t_{max}^{cp}. \quad (10.7)$$

Согласно техническим требованиям средняя максимальная рабочая температура жарочной поверхности плиты должна быть в пределах $400...450 \text{ }^{\circ}\text{C}$, в жарочном шкафу — $300...350 \text{ }^{\circ}\text{C}$.

Температурный перепад на поверхности определяется как разность максимальной и минимальной температуры при установившемся режиме

$$\Delta t'_{max} = t_{ж}^{max} - t_{ж}^{min}. \quad (10.8)$$

Аналогично температурный перепад определяется для жарочного шкафа

$$\Delta t'_{ш} = t_{ш}^{max} - t_{ш}^{min}. \quad (10.9)$$

Удельная металлоемкость рассчитывается по формуле

$$m_{м} = M_{пл} / F_{ж}, \quad (10.10)$$

где $M_{пл}$ — масса плиты, кг; $F_{ж}$ — площадь жарочной поверхности, м^2 .

Как отмечалось в 10.1, основным видом плит, исполь-

зуемых на предприятиях общественного питания, являются электрические плиты, поэтому рассмотрим влияние эксплуатационных факторов на эффективность работы и срок службы электрических плит.

К числу эксплуатационных факторов, которые влияют на эффективность работы плиты и срок службы конфорок, относят соответствие формы и размеров дна наплитной посуды форме и размерам рабочей поверхности плиты, а также соответствие температурного режима конфорки требованиям технологического процесса.

Наплитная посуда должна иметь ровное дно, соответствующее форме и размерам рабочей поверхности плиты. В противном случае часть теплоты будет отдаваться конфоркой непосредственно окружающей среде.

Исследованиями установлено, что использование наплитной посуды с искривленным дном приводит к увеличению времени тепловой обработки продуктов, их местному пригоранию, ухудшению качества готовых изделий и снижению КПД плиты.

Влияние эксплуатационных факторов на работу конфорок электроплит, в частности правильное и неправильное использование их рабочей поверхности, представлено на рис. 10.15, а, б. Если площадь дна посуды меньше площади поверхности конфорки, то расход энергии увеличивается за счет увеличения потерь теплоты в окружающую среду. Если площадь дна посуды превышает площадь поверхности конфорки, то наряду с повышением расхода энергии увеличивается и время тепловой обработки продукта. При неровном (вогнутом или выпуклом) дне посуды также наблюдается излишний расход энергии.

Условный коэффициент теплоотдачи в контактном слое определяется главным образом характером контакта соприкасающихся поверхностей. С этой точки зрения всю наплитную посуду в зависимости от формы поверхности ее дна можно подразделить на две группы: с вогнутым и с выпуклым дном.

При использовании наплитной посуды первой группы контактирование поверхностей осуществляется по кольцу, определяемому наружными размерами дна посуды, во внутренней части которого остается разделительный слой замкнутого воздушного пространства — воздушная подушка. Теплоотдача в этом случае будет осуществляться теплопроводностью между контакти-

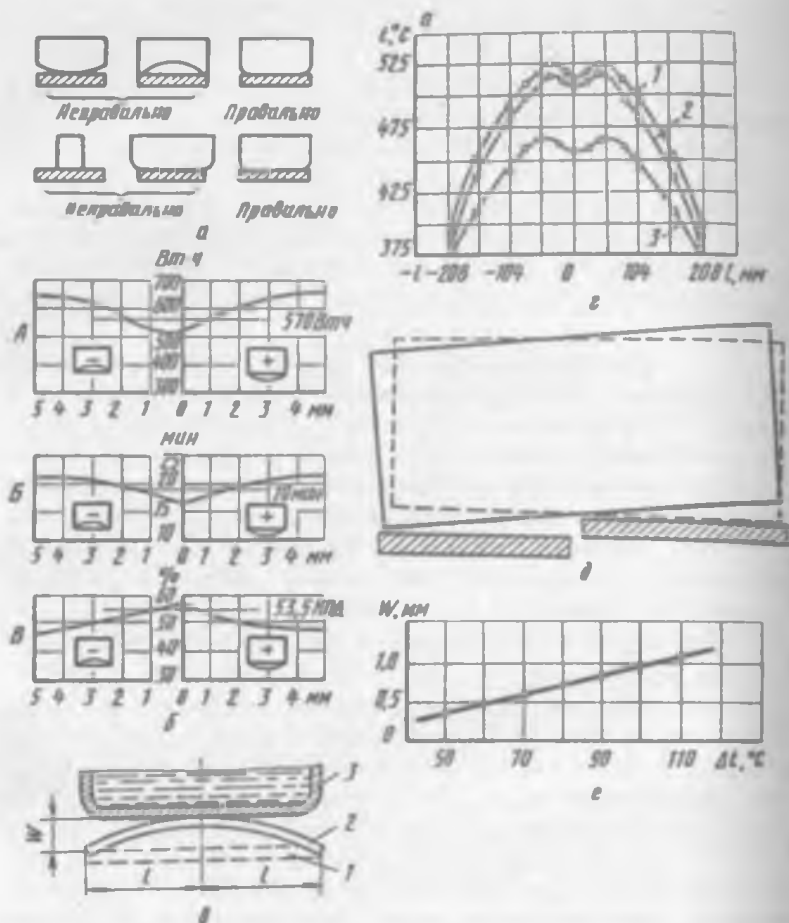


Рис. 10.15. Влияние эксплуатационных факторов на работу конфорок электроплит:

а — различные сочетания формы и размеров наплитной посуды на рабочей поверхности конфорки; **б** — влияние кривизны дна посуды: **А** — на перерасход электроэнергии; **Б** — на время нагрева воды; **В** — на КПД конфорки; **в** — схема расположения наплитной посуды на поверхности конфорки; **г** — распределение температур на поверхности конфорок плиты ПЭСМ-4Ш: **1** — половина длины (ширины) конфорки; **2** — конфорка холодная; **3** — наплитная посуда; **д** — расположение наплитной посуды на двух конфорках, установленных на разных уровнях; **е** — зависимость прогиба (W) в центре рабочей поверхности конфорки плиты ПЭСМ-4Ш от неравномерного нагрева (Δt)

рующими частями дна сосуда и конфорки, лучеиспусканием жарочной поверхности конфорки и теплопроводностью слоя воздуха.

При использовании посуды второй группы, когда контактирование ее дна с жарочной поверхностью конфорки осуществляется через отдельные контактирующие точки (пятна) касания, процесс передачи теплоты содержимому посуды можно подразделить на два основных вида: передача теплоты контактным способом в зонах касания и передача теплоты конвекцией и лучеиспусканием свободной (неконтактирующей) частью поверхности.

Кривые, характеризующие зависимость перерасхода электроэнергии для конфорки диаметром 180 мм, мощностью 1,2 кВт от величины кривизны дна посуды вместимостью 2,5 л, представлены на рис. 10.15, г. При прогибе посуды, равном 4 мм, перерасход электроэнергии составляет до 35 %, время закипания при этом прогибе увеличивается до 21 мин, а КПД конфорки уменьшается.

Обычная посуда с тонким дном, легко поддающаяся деформации, снижает эффективность работы электроплиты, а общий коэффициент теплопередачи в системе «конфорка — наплитная посуда» при нагреве воды и жира практически составляет не более 90...100 Вт/(м²·К).

Дно любого тонкостенного сосуда, каким бы ровным оно ни казалось, контактирует с рабочей поверхностью конфорки через отдельные точки касания. Чем больше площадь точек касания приближается к площади дна посуды, тем эффективнее теплообмен в системе «конфорка — наплитная посуда». На площадь «точек» касания значительное влияние оказывают санитарное состояние рабочей поверхности плиты и относительное расположение конфорок в вертикальной плоскости при установке наплитной посуды одновременно на две конфорки (рис. 10.15, д).

Температурный режим рабочей поверхности конфорки при работе ее с наплитной посудой зависит от многих факторов: удельной мощности конфорки, состояния рабочей поверхности конфорки и дна наплитной посуды, величины зоны контакта этих поверхностей, коэффициента загрузки рабочей поверхности, количества и физических свойств нагреваемой среды и т. д.

Температура по рабочей поверхности конфорки распределяется неравномерно (см. рис. 10.15, е): в цент-

ральной части она значительно выше, чем на краях. Это объясняется тем, что периферические участки конфорки часть теплоты отдают боковыми (нерабочими) поверхностями в окружающую среду.

Неравномерный нагрев корпуса конфорки приводит к неодинаковому его расширению на различных участках и, как следствие, к неравномерной деформации. Максимальный прогиб конфорки происходит в ее центре.

В результате прогиба (вспучивания) центральной части конфорки уменьшается контакт между дном наплитной посуды и жарочной поверхностью и ухудшаются условия теплообмена (рис. 10.15, а). Это приводит к снижению КПД плиты, увеличению потерь теплоты в окружающую среду и времени тепловой обработки продуктов. Кроме того, многократное повторение прогиба конфорки приводит к усталости материала и образованию трещин в центральной ее части.

В значительной мере процесс образования трещин ускоряет работа конфорки на полную мощность без наплитной посуды (холостой ход) и проливание жидкости на рабочую поверхность. Пролитая жидкость интенсивно испаряется, поверхность в этом месте резко охлаждается и возникающие термоупругие деформации могут привести к разрыву металла и образованию в теле конфорки трещины. Жидкость, попадая в трещину, вызывает замыкание и перегорание спирали, и происходит преждевременный выход конфорки из строя.

10.5. ОСНОВНЫЕ ПРАВИЛА ЭКСПЛУАТАЦИИ ПЛИТ

Газовые, газифицированные и твердотопливные плиты. Перед включением плит проветривают помещение и проверяют тягу в газоходе с помощью полоски тонкой бумаги. Затем вентилируют плиту в течение 5 мин, для чего открывают все регуляторы воздуха и дверцы жарочных шкафов. По истечении этого срока регуляторы воздуха закрывают и открывают кран на подводящем газопроводе.

Для розжига горелок зажигают переносной запальник, кладут его устьем от себя, подносят к устью зажженную спичку и постепенно открывают кран запальника. С помощью переносного запальника зажигают стационарный запальник, для чего открывают кран запаль-

ника горелок закрытых конфорок или жарочных шкафов плит.

При розжиге стационарным запальником горелок или жарочных шкафов следует убедиться в том, что пламя загорелось у всех их отверстий. Если газ почему-либо не загорелся, закрывают краны горелок и стационарного запальника, вентилируют камеру сгорания в течение 4—5 мин и повторяют розжиг. При использовании только верхних горелок плиты следят за тем, чтобы краны горелок жарочных шкафов были закрыты, так как возможно скопление газа в жарочных шкафах и воспламенение его от пламени верхних горелок.

Перед розжигом горелок жарочных шкафов у последних открывают дверцы и проветривают шкафы в течение 5 мин. У плит, имеющих автоматику регулирования теплового режима, перед розжигом горелок жарочных шкафов на щите управления включают тумблер, а затем с помощью рукоятки устанавливают стрелку терморегулятора на заданную температуру.

После розжига горелок необходимо отрегулировать процесс горения с помощью регулятора воздуха. Во время работы нельзя оставлять плиту без присмотра. Обнаруженный проскок пламени нужно немедленно ликвидировать.

Для розжига горелок с автоматикой АРБ нажимают на пусковую кнопку клапана-отсекателя автоматики АБ. При этом газ начинает поступать к запальнику. Затем нажатием на кнопку блока пьезоэлектрического зажигания осуществляют воспламенение газа, выходящего из запальника. Розжиг двух запальников обязателен и в том случае, когда предполагается работа на одной части плиты. Кнопку клапана-отсекателя не отпускают в течение 30...40 с с начала воспламенения газа на запальниках. После отпускания кнопки подача газа к запальникам происходит автоматически, в чем убеждаются визуально. Для розжига основных горелок конфорок ручку соответствующего газового крана поворачивают в положение «Открыто». При достижении конфорками необходимой температуры ручку крана устанавливают в промежуточное положение — между «Закрыто» и «Открыто», т. е. снижают расход газа горелкой в соответствии с требованиями технологического процесса.

После окончания работы закрывают краны горелок плиты и запорный пробочный кран на подводящей га-

зовой трубе. Не реже 1 раза в месяц горелки и корпус плиты промывают слабым содовым раствором. Во время профилактического ремонта плит краны смазывают.

В плитах, имеющих водонагреватель, последний следует периодически, но не реже 1 раза в год очищать от накипи.

Время от времени необходимо замерять величину тяги в дымоходе. Проскакивание пламени в смеситель во время работы газовых плит наблюдается при засорении крана или сопла, при чрезмерном нагреве горелки и недостаточном давлении газа. При засорении крана его надо разобрать, удалить старую смазку, затем вновь смазать кран, собрать его и установить на место. Сопло рекомендуется прочищать деревянной палочкой. Если пламя горелки неравномерное, а язычки пламени имеют различную высоту, следует снять и прочистить горелку.

Если гаснет пламя у горелок настила или ухудшается процесс горения при включении горелок жарочных шкафов, это свидетельствует о наличии неплотностей между асбоцементными панелями в камере горения, которые необходимо устранить с помощью жароупорной смазки (размоченный асбест, огнеупорная глина).

Если плохо притерта пробка крана, то при его включении пламя горелки или запальника не гаснет. Для устранения этого дефекта кран следует разобрать, затем притереть пробку, смазать кран и собрать его.

Пробки газовых кранов туго проворачиваются при недостатке или плохом качестве смазки, а также в том случае, если сильно затянута натяжная гайка. Для ослабления последней надо отпустить контргайку и натяжную гайку, отрегулировать их натяжение и застопорить.

Перед включением в работу твердотопливных плит проверяют тягу и состояние топочной арматуры.

Дрова закладывают равномерно по всей поверхности колосниковой решетки до уровня первого шкафа. Процесс горения регулируют подачей воздуха через поддувало и шибером. Топочные дверцы во время работы держат закрытыми, так как воздух охлаждает топку и снижает ее КПД.

При эксплуатации секционных плит необходимо помнить о возможности отключения ее отдельных элементов — шкафов, водонагревателей.

Жарочная поверхность плит должна быть ровной, гладкой и находиться на одном уровне с бортовой по-

верхностью. Плиты настила не должны иметь трещин.

Плиты следует периодически очищать от золы и сажи, которые, оседая на поверхности шкафов и в нижнем газоходе, уменьшают теплопередачу и увеличивают сопротивление движению газов, в результате чего уменьшается тяга и плита начинает дымить.

Важное значение имеет обмуровка плиты, обеспечивающая правильную ее работу и равномерность нагрева рабочих элементов. Повреждения обмуровки сокращают срок службы плиты, ведут к перерасходу топлива, поэтому их следует немедленно устранять.

Электрические плиты. Перед эксплуатацией плиты необходимо ознакомиться с элементами ее управления, надписями и знаками на панелях, а также с инструкцией по эксплуатации. Лица, обслуживающие плиты, должны пройти специальное обучение (техминимум и инструктаж по правилам техники безопасности).

На месте установки плиты должны быть вывешены Инструкция по технике безопасности и Памятка по обращению с изделием. В процессе эксплуатации необходимо выполнять следующие требования:

- следить за исправностью электропроводки и заземляющего устройства;

- при замыкании электропроводки на корпус немедленно отключать плиту от сети и включать ее вновь только после устранения всех неисправностей;

- следить за дверью рабочей камеры шкафа: в открытом положении она должна фиксироваться в горизонтальной плоскости, в закрытом — плотно прилегать к краям дверного проема.

Перед выключением плиты ее необходимо обесточить. Подъем блока конфорок (в модульных электроплитах) следует осуществлять только при отключенном напряжении, убедившись, что положение упора надежно зафиксировано.

Категорически запрещается включать плиту в электрическую сеть без заземления; оставлять включенную плиту без присмотра; оставлять включенными на длительное время шкаф и конфорки незагруженными, работать с плитой при отсутствии поддона под блоком конфорок и подового листа в рабочей камере жарочного шкафа; оставлять плиту под напряжением при ее санитарной обработке и ремонте.

Перед началом работы необходимо убедиться в наличии заземления. Осмотреть переключатели конфорок

и жарочного шкафа и установить их в положение «0». Лимб терморегулятора жарочного шкафа следует установить на отметку «300» и проверить наличие поддона под блоком конфорок и подового листа в камере жарочного шкафа. Для разогрева конфорок до рабочей температуры необходимо установить ручки переключателей в положение «3» (сильный нагрев).

После разогрева конфорок до требуемой температуры ручки переключателей устанавливают в положение «2» (средний нагрев) или «1» (слабый нагрев) согласно требованиям технологического режима и помещают на конфорки наплитную посуду с обрабатываемым продуктом. Выключают конфорки за несколько минут до окончания работы. При эксплуатации плит особое внимание нужно уделять жарочной поверхности, которая должна быть ровной, гладкой, без трещин и находиться на одном уровне с бортовой поверхностью. Надо также следить за тем, чтобы на нагретые конфорки не попадала жидкость, так как при этом они могут потрескаться. Кроме того, испаряясь с поддона, жидкость увлажняет электроизоляцию конфорок. Во избежание этого посуду необходимо заполнять не более чем на 80 % объема и вытирать поддон в случае попадания в него жидкости.

Для разогрева рабочей камеры жарочного шкафа ручки переключателей верхних и нижних нагревателей устанавливают в положение «3» (при этом должны загораться сигнальные лампы).

После разогрева шкафа лимб терморегулятора устанавливают на отметку, соответствующую требуемой температуре, а после погасания сигнальных ламп осуществляют загрузку рабочей камеры продуктом. По мере необходимости, обусловленной технологическим процессом, верхние и нижние нагреватели переключают на пониженную мощность или отключают.

Отвод водяных паров из рабочей камеры жарочного шкафа осуществляют через специальное отверстие, открываемое соответствующей ручкой на панели управления.

Открывание дверцы рабочей камеры при загрузке и выгрузке продуктов должно производиться в максимально короткий срок для обеспечения наименьших потерь теплоты. После окончания работы на электроплите необходимо отключить конфорки и шкаф.

II.1. НАЗНАЧЕНИЕ И КЛАССИФИКАЦИЯ ВОДОГРЕЙНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Кипяток и горячая вода с температурой 85...95 °С используются на предприятиях общественного питания на различные технологические и санитарно-технические нужды. Ежедневно, в зависимости от мощности предприятия, расходуется от 400 до 2700 л кипятка и горячей воды.

Кипяток используется при приготовлении гарниров, заварке чая, кофе, варке овощей, сосисок, пельменей и т. д. Применение кипятка в технологических процессах позволяет сократить продолжительность процесса доведения изделий до кулинарной готовности и полнее сохранить биологически ценные вещества в продуктах. Например, при варке картофеля в холодной воде в нем разрушается 35 % аскорбиновой кислоты, а при варке в кипятке — всего лишь 7 %.

Помимо технологических целей кипяток используется для стерилизации кухонной и столовой посуды, столовых приборов, инвентаря, тары и др.

Горячая вода требуется при выполнении таких технологических операций, как бланширование, ошпаривание, тепловая обработка овощей и картофеля, при варке каш, гарниров и др. Кроме того, горячая вода используется для мойки продуктов, кухонной и столовой посуды, полов и т. д.

Большие потребности предприятий общественного питания в горячей воде и кипятке вызвали необходимость широкого внедрения на них различных видов водогрейного оборудования.

Водогрейное оборудование классифицируется по следующим признакам:

по виду получаемого конечного продукта (получение горячей воды, кипятка, совместно горячей воды и кипятка) — кипятильники и водонагреватели;

по принципу действия — аппараты периодического и непрерывного действия;

по виду энергоносителя — твердотопливные, газовые, электрические, паровые аппараты;

по степени автоматизации — автоматизированные, полуавтоматизированные и неавтоматизированные аппараты;

по специфическим условиям эксплуатации — судовое оборудование, оборудование для вагонов-ресторанов.

Водогрейное оборудование является одним из энергоемких видов тепловых аппаратов, поэтому повышение эффективности его работы, снижение расходов топливно-энергетических ресурсов по предприятию в целом в большей мере зависят от конструктивных особенностей используемого оборудования, рациональных режимов работы на нем и правил эксплуатации.

11.2. КИПЯТИЛЬНИКИ

Кипятильники периодического действия. Прототипом этих аппаратов является самовар, поэтому иногда их называют кипятильниками самоварного типа. Промышленность серийно выпускает кипятильник наливной на твердом топливе КН-60М, который эксплуатируется в автономных условиях организации питания (полевые станы и др.).

Работа на кипятильнике КН-60М включает следующие последовательные операции: набор воды, доведение ее до температуры кипения, прекращение нагрева и разбор кипятка.

Кипятильник (рис. 11.1) представляет собой цилиндр из оцинкованного стального листа толщиной 0,8 мм, в нижней части которого размещена топка. Над колосниковой решеткой находится камера сгорания, экранированная водонесущей обечайкой так, что боковые поверхности и свод камеры омываются водой и служат радиационными поверхностями нагрева. От верхней части свода камеры отходит цилиндрический конвективный газопровод, заканчивающийся патрубком для

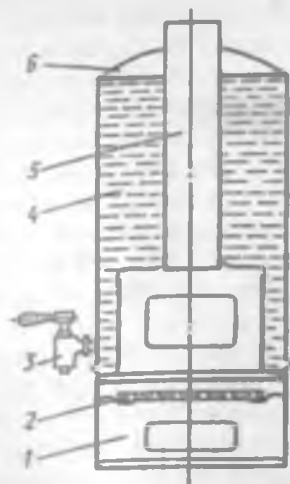


Рис. 11.1. Кипятильник наливной КН-60М:

1 — зольник; 2 — колосниковая решетка; 3 — кран отбора кипятка; 4 — водонагреватель; 5 — жаровая труба; 6 — крышка

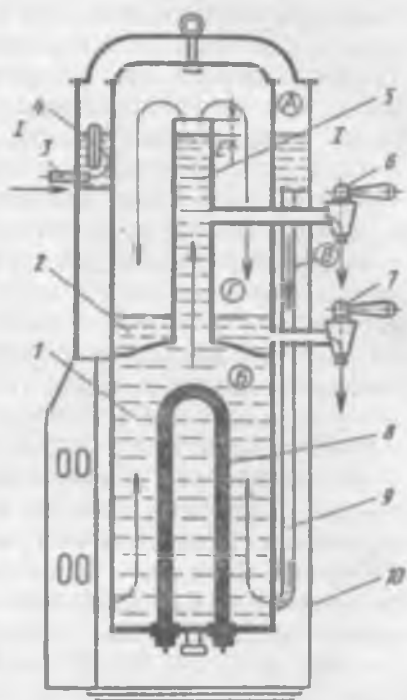


Рис. 11.2. Принципиальная схема устройства кипятыльника:

1 — кипятыльный резервуар; 2 — сборник кипятка; 3 — подводящий водопровод; 4 — шар-поплавок; 5 — переходная труба; 6 — кран отбора горячей воды; 7 — кран отбора кипятка; 8 — теплогенерирующее устройство; 9 — питательная труба; 10 — корпус

отвода продуктов сгорания. Сверху сосуд закрывается крышкой.

Кипятыльники непрерывного действия. Общим для этой группы аппаратов является принцип работы, основанный на законе сообщающихся сосудов. Рассмотрим на упрощенной схеме кипятыльника (рис. 11.2) процессы, происходящие при нагреве и кипячении воды.

На рис. 11.2 сосуд А и сосуд В соединены трубкой В, т. е. сосуды А и В являются сообщающимися. При работе кипятыльника в сосуде А всегда будет холодная вода, в сосуде В — кипяток, отбираемый из вспомогательного сосуда Г или из верхней части сосуда В, и горячая вода. Следовательно, для того, чтобы

получить горячую воду или кипяток в сосуде *Б*, необходимо к воде подвести определенное количество теплоты (электроэнергия, газ, твердое топливо, пар). При включении теплогенерирующего устройства от теплопередающих поверхностей (тэнов, стенок топок, поверхностей паровых нагревателей) происходит передача теплоты. При этом слой воды, прилегающий к теплопередающей поверхности, нагревается и имеет температуру значительно выше средней температуры воды. Этот слой воды также имеет меньшую плотность, что и обеспечивает его подъем в вышележащий слой, имеющий большую плотность и меньшую температуру. С увеличением продолжительности подвода теплоты конвекция возрастает, вода в сосуде *Б* имеет уже температуру существенно выше температуры в сосуде *А*. С увеличением температуры возрастает коэффициент объемного расширения воды и ее уровень в сосуде *Б* начинает подниматься над уровнем в сосуде *А*, и часть воды переливается в сосуд *Г* (сборник кипятка). Поскольку эти сосуды соединены, то уровень воды немедленно выравняется за счет поступления холодной воды из водопровода. При увеличении конвекции с началом кипения воды на теплопередающих поверхностях образуется пар, который способствует турбулизации объема воды. Наступает момент, когда под влиянием объемного расширения воды, образующегося пара и интенсивной конвекции воды выталкивается порция воды в сборник кипятка (в первый момент некипяченой) через переливную трубу. При проектировании кипятильников особое внимание следует обращать на правильность выбора величины отрезка *Е* трубы над уровнем воды ($l-l_1$). Если этого отрезка не будет, то мы получим только горячую воду. Если он будет значительно выше, то кипяток не будет переливаться в сосуд *Г* (сборник кипятка).

Приведенный принцип устройства кипятильников и процессы, происходящие при их работе, реализованы во всех конструкциях, имеющих различные теплогенерирующие устройства.

На рис. 11.3 приведены принципиальные конструктивные схемы газового, твердотопливного, электрического и парового кипятильников. Кипятильники различаются между собой производительностью, размерами, конструкцией теплогенерирующих устройств. Все кипятильники имеют следующие основные части: питательную коробку, водонагреватель и сборник кипятка

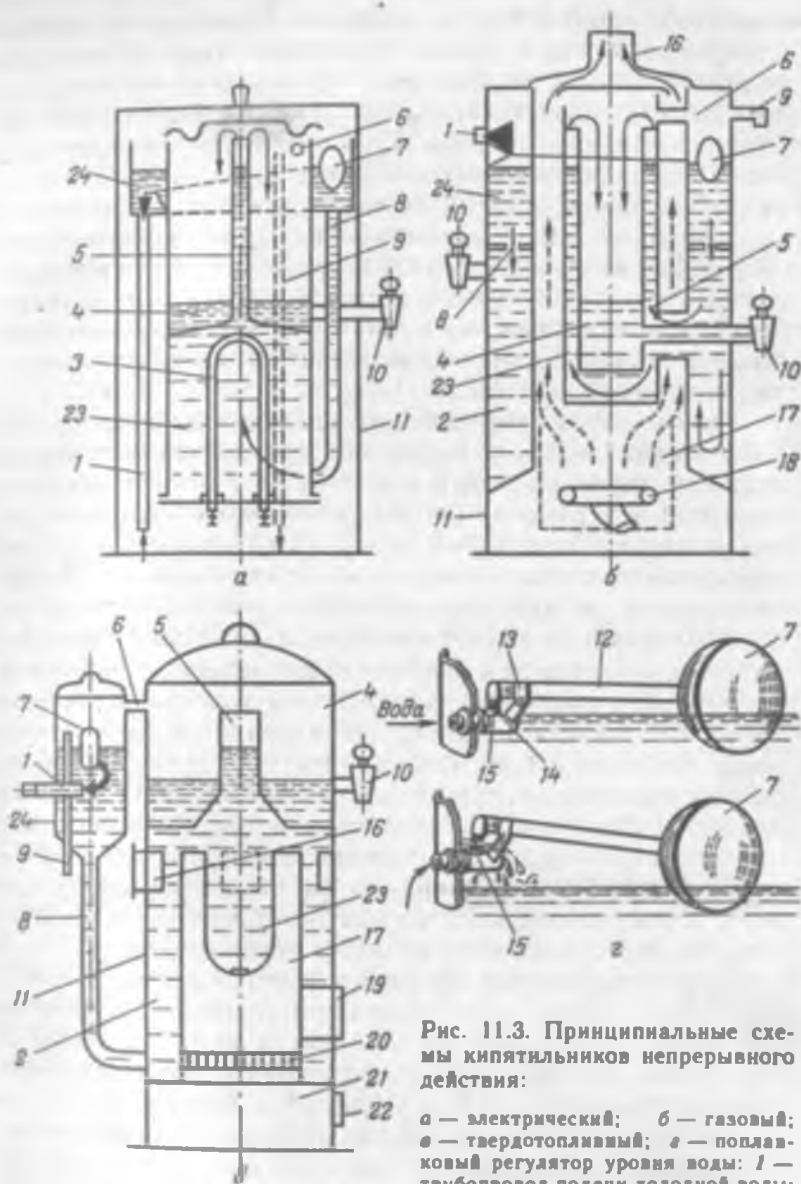


Рис. 11.3. Принципиальные схемы кипятыльников непрерывного действия:

а — электрический; б — газовый; в — твердотопливный; г — поплавковый регулятор уровня воды; 1 — трубопровод подачи холодной воды; 2 — водонагреватель; 3 — тэн; 4 — сборник кипятка; 5 — переливная труба; 6 — патрубок (отверстие), соединяющий сборник кипятка с питательной коробкой; 7 — поплавок питательного клапана; 8 — питательная труба (отверстие); 9 — сигнальная (переливная) труба; 10 — кран; 11 — корпус кипятыльника; 12 — рычаг поплавка; 13 — ось рычага; 14 — клапан (резиновая пробка); 15 — гнездо клапана; 16 — патрубок для отвода продуктов сгорания; 17 — камеры сгорания; 18 — газовая горелка; 19 — топочная дверца; 20 — колосниковая решетка; 21 — зольник; 22 — дверца зольника; 23 — кипятыльный резервуар; 24 — питательная коробка (бачок)

Кипятильники снабжены крышкой, которая крепится с помощью болта и гайки. В сборнике кипятка над переливной трубой установлен отражатель, направляющий капельки кипятка, выбрасываемые из переливной трубы, в сборник кипятка. В нижней части сборника кипятка установлен водоразборный кран, в верхней — патрубок, соединяющий сборник кипятка с питательной коробкой. Это необходимо на случай переполнения сборника кипятка. В питательной коробке устанавливается сигнальная трубка, верхний конец которой находится выше уровня воды, а нижний присоединяется к канализации. Техническая характеристика кипятильников приведена в табл. 11.1.

Кипятильник непрерывного действия электрический КНЭ-25 (КНЭ-50). Кипятильник (рис. 11.4) состоит из сварного металлического корпуса, внутри которого находится питательная коробка, водонагреватель и сборник кипятка. Воздушный зазор между корпусом и водонагревателем выполняет роль теплоизоляции. Водонагреватель и сборник кипятка выполнены в виде единого цилиндрического сосуда и отделены один от другого диафрагмой с вваренной в ее центре переливной трубой. Дно водонагревателя имеет фланец, на съемном диске которого монтируются три тэна. Для слива воды из водонагревателя и питательной коробки на фланце имеется заглушка с накидной гайкой. Над переливной трубой устанавливается отражатель, направляющий выбрасываемые порции воды в сборник кипятка. В верхней части сборника кипятка имеется отверстие, через которое кипяток при переполнении сборника кипятка переливается в питательную коробку.

При переполнении сборника кипятка и питательной коробки, в случае нарушения нормальной работы питательного клапана или неисправности автоматики регулирования, кипяток через питательную коробку по сливной (сигнальной) трубе удаляется в дренаж.

На корпусе кипятильника в отдельной коробке смонтирован блок пускового устройства и автоматики управления аппаратом. Контролируемые параметры — нижний уровень воды в питательной коробке, нижний и верхний уровни кипятка в сборнике кипятка.

Датчиками уровня служат электроды, установленные в следующих местах: на дне питательной коробки — электрод «сухого хода», который контролирует наличие воды, поступающей из водопровода в кипятильник,

Техническая характеристика кипятильников

Показатели	Единицы измерения	КНТ-200У	КНТ-200У	КНТ-200У	КНЗ-25	КНЗ-50	КНЗ-100	КНЗ-100Н	КН-100МН	КН-60М
Производительность	кг/ч	200	200	200	25	50	160	100	100	60 дм ³
Продолжительность разогрева	ч	0,33...0,5	0,25	0,25	0,17...0,25	0,17...0,25	0,33	0,33	0,33	1
Мощность	кВт	—	—	—	3	6	12	12	12	—
Расход твердого топлива с теплоотой сгорания $Q_{\text{т}}^{\text{т}} = 35,5 \text{ МДж/кг}$	кг/ч	5	—	—	—	—	—	—	—	3
Расход горючего газа с теплоотой сгорания $Q_{\text{г}}^{\text{г}} = 35,5 \text{ МДж/м}^3$	м ³ /ч	—	3	—	—	—	—	—	—	—
Объем сборки кипятка	дм ³	—	—	—	7,6	7,6	22	12	12	36
Кпд	%	70	85	—	90	90	90	92	90	36
Диаметр подводимой водопроводной трубы	мм	15	15	—	8	8	15	—	15	15
Диаметр водоразборного крана	мм	20	20	20	8	8	20	20	8	20
Количество горелок	шт.	—	1	—	—	—	—	—	—	—
Количество тенов	шт.	—	—	—	3	3	3	3	3	—
Напряжение в сети	В	—	—	—	220 или 3N~380	220 или 3N~380	220 или 3N~380	—	—	—
Габариты:										
длина	мм	540	525	525	427	427	524	500	420	420
ширина	мм	530	450	450	303	303	514	376	550	400
высота	мм	1350	1640	1640	622	702	1255	820	1000	1140
Масса	кг	58	70	70	16,4	17,2	43	38	44,5	25

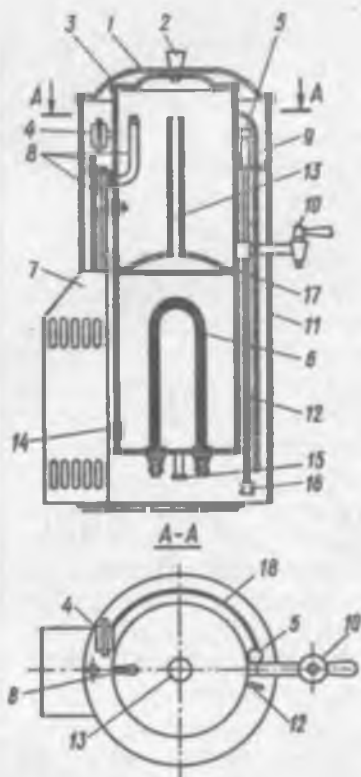


Рис. 11.4. Кипятильник непрерывного действия электрический КНЭ-25 (КНЭ-50):

1 — отражатель; 2 — гайка крышки; 3 — крышка; 4 — поплавок; 5 — клапан регулятора уровня воды; 6 — тэн; 7 — блок автоматического управления; 8 — электроды уровня; 9 — питательная коробка; 10 — кран разбора кипятка; 11 — диаграмма; 12 — сливная (сигнальная) труба; 13 — переливная труба; 14 — питательная труба; 15 — патрубок для промывки; 16 — трубопровод холодной воды; 17 — корпус; 18 — рычаг поплавка

в сборнике кипяток — электрод нижнего уровня, обеспечивающий включение электронагревателей после отбора кипятка, и электрод верхнего уровня, отключающий электронагреватели при заполнении объема сборника кипятка. Последний электрод защищен колпачком от попадания на него кипятка в

процессе заполнения сборника кипятка.

На корпусе кипятильника установлены сигнальные лампочки, оповещающие световым сигналом о наличии напряжения и работе электронагревательных элементов.

Автоматика обеспечивает защиту электрических тэнов от «сухого хода», т. е. невозможность включения тэнов при отсутствии или низком уровне воды в питательной коробке и кипятельном сосуде. Автоматика обеспечивает отключение тэнов при чрезмерном понижении уровня воды во время работы кипятильника.

Кроме автоматики защиты в кипятильниках применяется автоматика регулирования, обеспечивающая отключение тэнов при заполнении сборника кипятка до верхнего заданного предела при отсутствии его разбора, включении тэнов после разбора кипятка и понижении его уровня до нижнего заданного предела.

Кипятильник КНЭ-50 имеет аналогичную конструкцию и отличается от кипятильника КНЭ-25 только раз-



Электрическая схема кипятильника КНЭ-50 изображена на рис. 11.5. Напряжение в цепь управления подается при замыкании выключателя *S*. Затем получает питание понижающий трансформатор *T*, имеющий две вторичные обмотки. В цепь одной обмотки (75 В) включена автоматическая система контроля с электродными датчиками уровня, в цепь другой обмотки (6 В) введены сигнальные лампы. О наличии напряжения на тэнах свидетельствует световой сигнал красной лампы *Н1*. Электрод *Е4*, контролирующий наличие воды в питательной коробке и кипятильном сосуде, установлен

на дне питательной коробки. Электроды *E5* и *E6*, контролирующие уровень воды в сборнике кипятка, установлены соответственно на верхнем и нижнем уровнях сборника.

При наличии воды в питательной коробке между электродом *E4* и корпусом кипятильника возникает электролитический контакт, через который напряжение переменного тока поступает на диагональ мостовой схемы выпрямления, собранной на полупроводниковых диодах *V1—V4*. Выпрямленное напряжение подается на обмотку реле *K2*, которое срабатывает и замыкающим контактом *K2.1* включает магнитный пускатель *K1*. Магнитный пускатель срабатывает и своими силовыми контактами *K1.1...K1.3* подключает к сети три тэна *E1, E2, E3*, контакт *K1.4* включает зеленую лампу *H2*, сигнализирующую о режиме нагрева; размыкающий контакт *K1.5* отключает от сети электрод *E6*.

При достижении кипятком верхнего заданного уровня в сборнике кипятка образуется электролитический контакт между электродом *E5* и корпусом кипятильника, вследствие чего шунтируется вход выпрямителя и прекращается питание обмотки реле *K2*. Реле *K2* выключается и контактом *K2.1* отключает магнитный пускатель *K1*, который своими контактами *K1.1, K1.2, K1.3* отключает нагреватели, а замкнувшимся контактом *K1.5* подключает электрод *E6*.

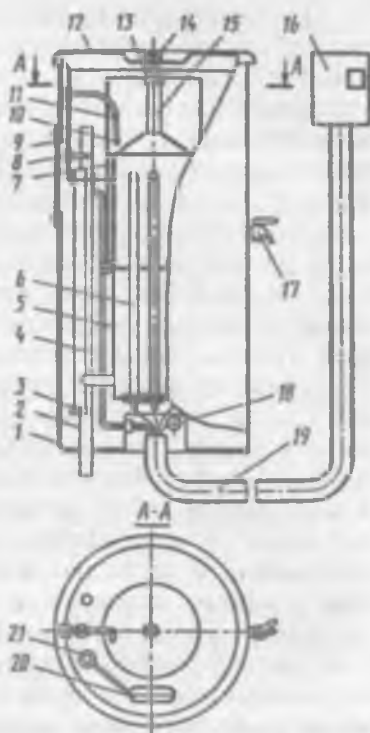
При разборе кипятка электрод *E5* оголяется, но шунт входа моста *V1...V4* остается за счет электрода *E6*. Когда уровень воды в сборнике кипятка понижается до нижнего заданного предела, оголяется электрод *E6*, снимается шунт с входа моста и схема приходит в рабочее положение.

Кипятильник непрерывного действия электрический КНЭ-100. Кипятильник изготавливается в напольном исполнении, имеет конструкцию, аналогичную конструкции кипятильника КНЭ-25, но отличается от него габаритами, большей производительностью, наличием постаментов для установки на полу и электрической схемой.

Кипятильник непрерывного действия электрический КНЭ-100М. Кипятильник (рис. 11.6) имеет конструкцию, аналогичную конструкции кипятильника КНЭ-25, но отличается от него габаритами, производительностью, мощностью нагревательных элементов и имеет устанавливаемое отдельно пускорегулирующее устрой-

Рис. 11.6. Кипятильник непрерывного действия электрический КНЭ-100М:

1 — корпус; 2 — сливной шланг; 3 — заглушка; 4 — трубка пита-
тельная; 5 — кипяtilный сосуд;
6 — электронагреватели трубчатые;
7 — сборник кипятка; 8 — электрод;
9 — питательная коробка; 10, 11 —
электрод; 12 — крышка; 13 — отра-
жатель; 14 — ручка; 15 — труба пере-
реливания; 16 — устройство пуско-
регулирующее; 17 — кран; 18 —
болт заземления; 19 — кабель;
20 — поплавок; 21 — питательный
клапан



ство. Этот кипяtilник устанавливается на цилиндрическую металличе-
скую подставку.

Кипяtilник непрерывного действия электрический КНЭ-100МН. Корпус кипяtilника (рис. 11.7) прямоугольной формы крепится к раме и состоит из кипяtilного сосуда и сборника кипятка. К корпусу крепятся панель управления и сливной кран.

В кипяtilном сосуде цилиндрической формы установлены горизонтально три тэна. Они снимаются и устанавливаются через боковой люк, имеющийся в стенке кипяtilного сосуда.

Сборник кипятка отделен от кипяtilного сосуда диафрагмой. Для перелива кипятка из кипяtilного сосуда в сборнике кипятка имеется переливная труба конусообразной формы. Отбор кипятка осуществляется через кран.

В кипяtilнике предусмотрен конусообразный отстойник с краном. Он предназначен для промывки кипяtilного сосуда от осадков накипи, а также слива в конце работы горячей воды и резкого охлаждения тэнов водопроводной водой (для уменьшения коррозии тэнов). Вода подводится к кипяtilнику через соленоидный клапан, что по сравнению с поплавковым устройством обеспечивает более стабильное поддержание уровня воды в переливной трубе.

Для управления работой кипятильника вместо электрической автоматики использовано гидравлическое устройство, состоящее из вертикальной обоймы и прямоугольного бачка, сообщающихся со сборником кипятка и кипятильным сосудом (в них размещены три шаровых поплавка с толкающими штангами), трех ртутных переключателей и соленоидного клапана. Устройство отключает тэны при достижении кипятком заданного верхнего уровня в сборнике, включает тэны после слива кипятка на $2/3$ объема, защищает их от «сухого хода», включает световую сигнализацию, поддерживает заданный уровень воды в переливной трубе.

Принцип работы гидравлического устройства заключается в следующем. Вода, нагретая тэнами, из кипятильного сосуда через переливную трубу перебрасывается в сборник кипятка. При этом уровень воды в переливной трубе и питательном бачке понижается, поплавок 5 опускается, срабатывает ртутный переключатель 2 и включается соленоидный клапан. Он обеспечивает заполнение водой сборника кипятка до заданного уровня. По мере заполнения сосуда кипятком поплавок 6 в обойме поднимается вверх, срабатывает переключатель 3 и тэны отключаются. После разбора кипятка из сборника поплавок 6, а затем 7 опускаются вниз, срабатывает переключатель 3 и тэны включаются.

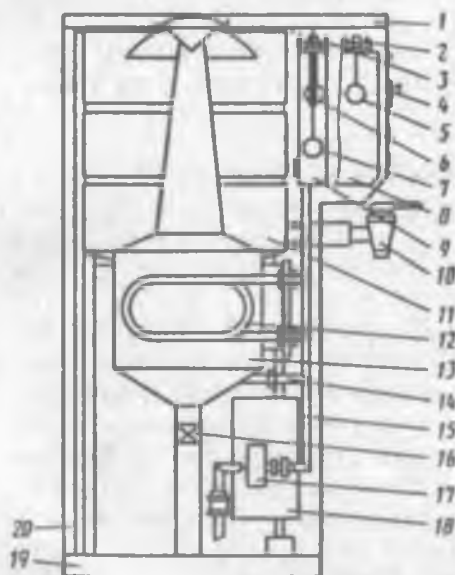


Рис. 11.7. Кипятильник непрерывного действия электрический КНЭ-100МН:

1 — крышка; 2, 3 — ртутные переключатели; 4 — тумблер; 5, 6, 7 — поплавки; 8 — питательный бачок; 9 — обойма; 10 — кран отбора кипятка; 11 — сборник кипятка; 12 — тэны; 13 — кипятильный сосуд; 14, 15 — трубы; 16 — кран; 17 — соленоидный клапан; 18 — электропанель; 19 — рама; 20 — облицовка

При отсутствии поступления воды в питательный бачок поплавков 5 опускается вниз на полную длину штока, а переключатель 2 отключает тэны от сети.

Анализ конструкции электрических кипятильников позволяет отметить их основной недостаток — в процессе работы возможно получить только кипяток. При этом затрачивается впустую электрическая энергия, отлагается накипь, увеличивается износ конструкции. Более экономичными являются кипятильники, где можно получать горячую воду и кипяток. К таким конструкциям относятся газовые, паровые и твердотопливные кипятильники.

Кипятильник непрерывного действия газовый КНГ-200У. Кипятильник служит для приготовления и одновременного или последовательного отпуска горячей воды и кипятка.

Он (рис. 11.8) состоит из постамент, водонагревателя, кипятильного резервуара, сборника кипятка, камеры сгорания и системы газоходов.

В постаменте расположена газовая инжекционная горелка, над которой находится цилиндрическая камера сгорания. Сводом камеры является дно кипятильного резервуара.

Водонагреватель представляет собой двухстенный цилиндр, межстенное пространство которого заполнено водой; внутренний объем образует камеру сгорания.

Верхняя часть полости водонагревателя является питательной коробкой. Коробка снабжена клапаном, регулирующим подачу воды, уровень которой поддерживается поплавком.

Внутри водонагревателя концентрично установлен кипятильный резервуар. Сборник кипятка представляет собой тонкостенный цилиндрический сосуд, вставленный с кольцевым зазором в 10 мм внутрь кипятильного резервуара. Зазор между стенками кипятильного резервуара и сборником кипятка образует переливную трубу. Сверху кипятильный резервуар закрывается крышкой. Стенки водонагревателя и кипятильного резервуара имеют U-образные ребра, значительно увеличивающие конвективную поверхность газохода.

В водонагревателе вода нагревается до 60...70 °С. Из водонагревателя через специальный кран горячая вода может отбираться на различные санитарно-технические нужды.

Перемещение продуктов сгорания топлива по всей

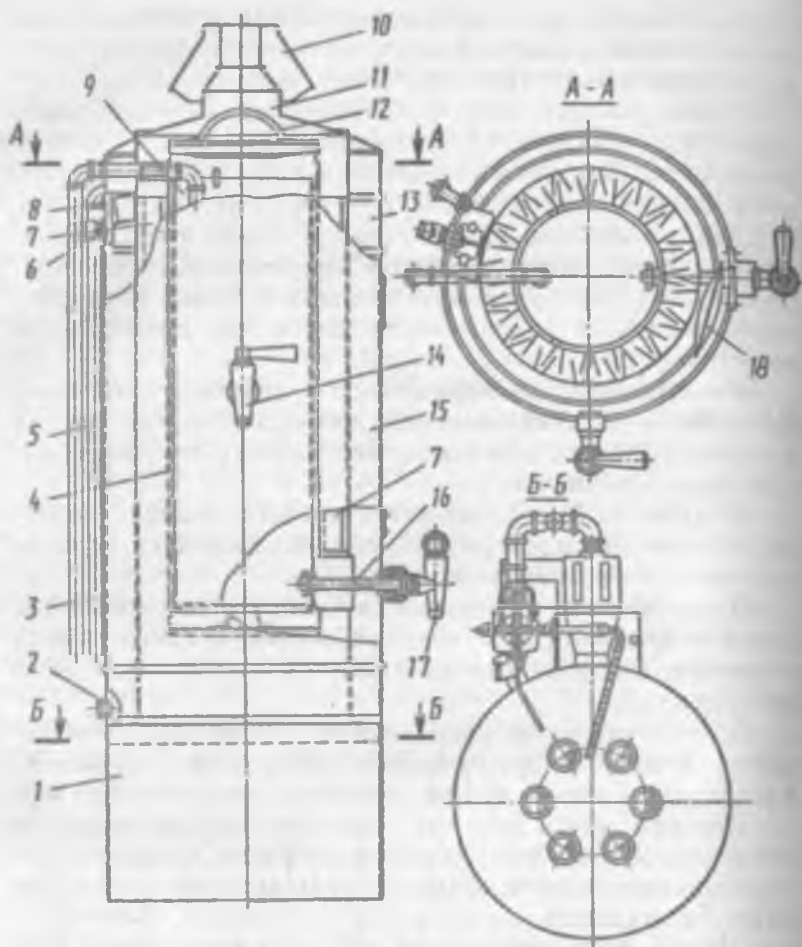


Рис. 11.8. Кипятильник непрерывного действия газовый КНГ-200У:

1 — постамент; 2 — патрубок выпуска воды; 3 — переливная труба; 4 — кипятильник-резервуар (переливная труба); 5 — трубопровод холодной воды; 6 — клапан; 7 — ребра; 8 — корпус; 9 — сборник кипятка; 10 — стабилизатор тяги; 11 — дымовой патрубок; 12 — крышка кипятильного резервуара; 13 — питательная коробка; 14 — кран разбора горячей воды; 15 — водонагреватель; 16 — патрубок отбора кипятка; 17 — кран разбора кипятка; 18 — поплавок

высоте аппарата и оребрение тепловоспринимающих поверхностей позволили уменьшить температуру уходящих продуктов сгорания до 200°C и повысить кпд аппарата до 85 %. Разбор горячей воды при температуре ниже 80°C резко снижает накипеобразование и увеличивает срок службы аппарата. Кипятильник снабжен автоматикой безопасности АБ.

Рис. 11.9. Кипятильник непрерывного действия твердотопливный КНТ-200У:

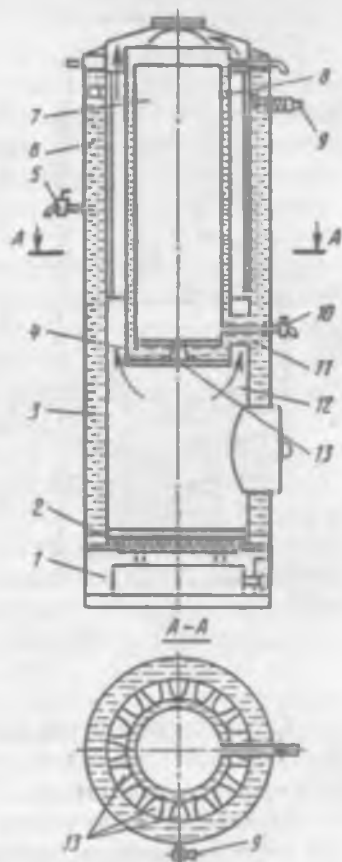
1 — постамент; 2 — колосниковая решетка; 3 — водонагреватель; 4 — кипящий резервуар; 5 — край отбора горячей воды; 6 — питательная корбка; 7 — сборник кипятка; 8 — кипящий резервуар (переливная труба); 9 — патрубок холодной воды с клапаном; 10 — край отбора кипятка; 11 — соединительный патрубок; 12 — топочная камера; 13 — ребра

Кипятильник непрерывного действия твердотопливный КНТ-200У. Конструкция кипятика аналогична конструкции кипятика КНГ-200У. Отличается он лишь теплогенерирующим устройством, рассчитанным на сжигание твердого топлива (рис. 11.9). По сравнению с газовыми кипятильниками твердотопливные имеют более низкий КПД (15 %) из-за наличия химического и физического недожога.

Кипятильник непрерывного действия электрический судовой КНДЭ-40. Этот кипятильник (рис. 11.10) относится к группе аппаратов, предназначенных для работы на судах. Состоит он из трех камер: верхней — для сбора кипятка, средней камеры для кипячения и нижней камеры для охлаждения воды. Камеры цилиндрической формы собраны в одно целое.

Кипятильник расширяется книзу и оканчивается опорной частью. Фланец опорной части кипятика крепится к палубе болтами. Такое крепление обеспечивает нормальную работу его в закрытом помещении при качке судна на углах крена до 45° и удовлетворяет требованиям вибростойкости и стойкости против ударных сотрясений.

Сверху кипятильник покрыт декоративным кожухом из нержавеющей полированной стали. Воздушное пространство между камерами и кожухом служит тепло-



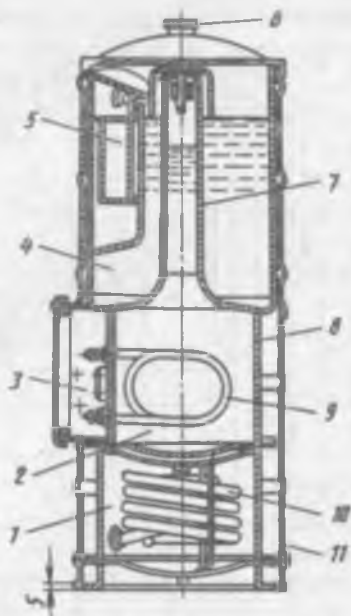


Рис. 11.10. Кипятильник непрерывного действия электрический судовой КНДЭ-40:

1, 2, 4 — нижняя, средняя и верхняя камеры; 3 — клеммная коробка; 5 — питательное устройство; 6 — крышка с предохранителем; 7 — перекидная труба; 8 — внутренняя стенка камеры; 9 — нагревательные элементы; 10 — змеевик охлаждения; 11 — кожух

изоляция, не допускающей нагрева кожуха выше 50°C .

Кипятильник закрыт крышкой. На крышке установлен предохранительный клапан, а под крышкой — отражатель кипятка.

В камере для сбора кипятка находятся питательный бачок с поплавковым устройством и патрубок для подсоединения к камере перекидной трубы.

С наружной стороны камеры установлены кран для слива кипятка и водомерное стекло, позволяющее контролировать количество кипятка в сборнике.

В камере получения кипятка расположена батарея из шести тэнов и перекидная труба. Нагревательные элементы собраны на одной панели. Клеммы электронагревательных элементов выведены из камеры в находящуюся снаружи клеммную колодку. Коробка закрывается крышкой. В клеммной коробке осуществлено подключение тэнов к кабелю электросети. Двойное дно камеры кипячения с воздушной прослойкой служит теплоизоляцией и ограждает нижний корпус с охлажденной водой от нагрева.

В нижней камере расположен трубчатый змеевик для охлаждения кипятка. С одной стороны змеевик соединен с трубой для подвода, а с другой стороны — с трубой для отвода холодной воды. Охлаждение кипятка происходит через стенки змеевика. В нижней части камеры охлаждения сделан кран для слива охлажденного кипятка. Камера охлаждения соединена с камерой сбора кипятка перепускной трубой. На трубе установлен запорный кран.

11.3. ВОДОНАГРЕВАТЕЛИ

Водонагреватели по принципу действия можно разделить на проточные и емкостные. В проточных водонагревателях нагреваемая вода непрерывно протекает через аппарат. Емкостные водонагреватели подают горячую воду к местам разбора по истечении времени, необходимого для нагревания воды до определенной температуры.

Водонагреватель электрический НЭ-1А. Водонагреватель используется для нагрева воды в посудомоечных машинах и как самостоятельный аппарат для непрерывного приготовления горячей воды с заданной температурой. Техническая характеристика электрических водонагревателей приведена в табл. 11.2.

Водонагреватель (рис. 11.11) представляет собой цилиндрический стальной резервуар, герметически закрываемый крышкой. Внутри резервуара на крышке смонтированы тэны. Резервуар установлен внутри предохранительного кожуха, выполненного из стали, покрытой снаружи светлой эмалью. Между кожухом и резервуаром проложена теплоизоляция (минеральная вата).

Для подачи в водонагреватель воды из водопроводной сети и разбора горячей воды резервуар снабжен

ТАБЛИЦА 11.2

Техническая характеристика электрических водонагревателей

Показатели	Единица измерения	Водонагреватели	
		НЭ-1А	НЭ-1Б
Производительность при температуре поступающей воды не ниже 7 °С	дм ³ /ч	160	80
Емкость резервуара	дм ³	33	25
Температура нагретой воды	°С	90—95	90—95
Мощность	кВт	18	12
Кпд	%	82,5	82,5
Ток	Трехфазный переменный		
Количество тэнов	шт.	9	6
Габариты:			
длина	мм	605	605
ширина	мм	385	385
высота	мм	675	600
Масса	кг	65	60

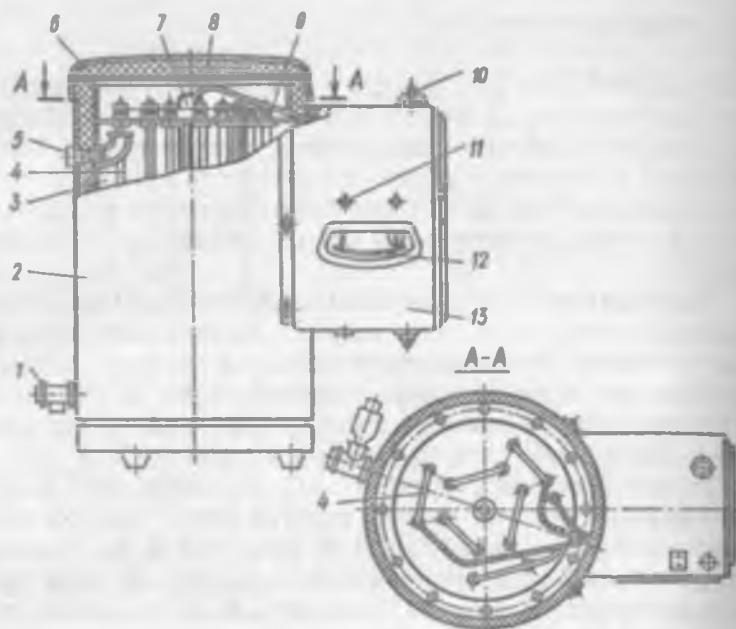


Рис. 11.11. Водонагреватель электрический НЭ-1А:

1 — патрубок для присоединения к водопроводу; 2 — кожух; 3 — водонагреватель; 4 — тэн; 5 — патрубок отбора горячей воды; 6 — съемная крышка; 7 — датчик термосигнализатора; 8 — теплоизоляция; 9 — крышка крепления тэнов; 10 — тэн; 11 — сигнальная лампочка; 12 — термосигнализатор; 13 — блок электроаппаратуры и автоматики

двумя патрубками, один из которых находится в его нижней части, другой — в верхней части.

На водонагревателе под съемным кожухом укреплен шкаф с пусковой аппаратурой и приборами автоматики. Автоматическое регулирование температуры воды осуществляется термосигнализатором ТС-100 и магнитным пускателем. Датчик термосигнализатора смонтирован на крышке вместе с тэнами, а его чувствительный патрон находится на верхней части водонагревателя.

Термосигнализатор имеет три стрелки — две задающие и одну указывающую. Задающие стрелки устанавливают на минимальную (желтую) и на максимальную (красную) температуру воды.

Запорная и регулирующая арматура установлена на трубопроводе холодной воды. Водонагреватель имеет защиту тэнов от «сухого хода». Во время работы аппа-

рата вода в резервуаре нагревается и поднимается в его верхнюю часть. Объем воды увеличивается, но давление ее не повышается, поскольку горячей воде открыт выход через трубопровод. Когда температура воды в верхней части резервуара достигает верхнего заданного предела, тэны отключаются, а подача холодной воды в водонагреватель прекращается. При разборе горячей воды температура в резервуаре снижается и по достижении температуры нижнего заданного предела тэны включаются.

Водонагреватель электрический НЭ-1Б. Водонагреватель имеет конструкцию, аналогичную конструкции водонагревателя НЭ-1А, но меньшей производительности, мощности и размеров, и предназначен для получения горячей воды.

Электрическая схема водонагревателя НЭ-1Б изображена на рис. 11.12. При замыкании цепи включателем *S1* и тумблером *S2* напряжение подается на понижающий трансформатор *T*. При достаточном уровне воды электрод *E7*, установленный в крышке резервуара, находится в воде, цепь реле *K3* замкнута, а его контакты *K3.1*, *K3.2* закрыты, т.е. питание подано на сигнальную лампу *H* и катушку магнитного пускателя *K*, который своими контактами *K* включает тэны *E1...E6* водонагревателя. В случае понижения уровня воды в резервуаре электрод *E7* окажется оголенным и реле *K3* выключится, а его контакты *K3.1* и *K3.2* соответственно отключают сигнальную лампу *H* и катушку магнитного пускателя *K*, который обесточит тэны.

При нагревании воды до нижнего заданного предела температуры замыкается контакт *B1* термосигнализатора и включается реле *K1*, которое через замыкающий контакт *K1.1* подготовит цепь реле *K2*. При нагревании воды до верхнего заданного предела температуры замыкается контакт *B2* терморегулятора и включается реле *K2*, его контакт *K2.1* разомкнет цепь катушки магнитного пускателя *K*, который отключит тэны. Поскольку замыкающий контакт *K2.2* сблочкирует цепь питания катушки реле *K2*, при понижении температуры ниже верхнего предела выключение реле *K2* не произойдет.

При понижении температуры ниже нижнего заданного предела контакт *B1* размыкается, реле *K1* и *K2* отключаются и соответственно срабатывает магнит-

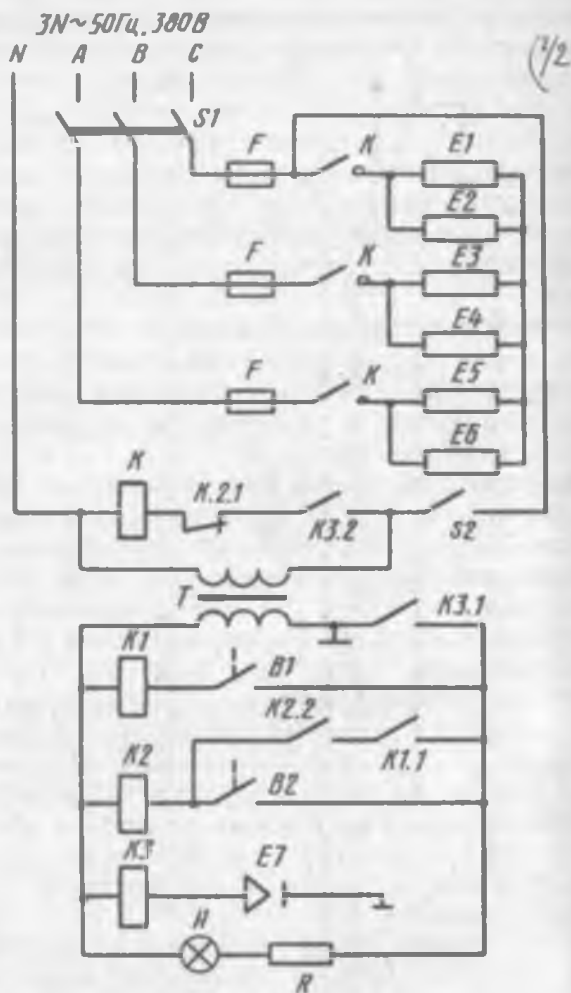


Рис. 11.12. Электрическая схема водонагревателя НЭ-1Б

ный пускатель K , который подключит тэны к электросети.

Водонагреватель газовый АГВ-80 (рис. 11.13, а). Водонагреватель состоит из вертикального цилиндрического рабочего резервуара и трубы газохода, внутри которого размещен турбулизатор. Над газоходом расположен стабилизатор тяги, который присоединяется к дымоходу. В крышку рабочего резервуара вмонтированы два патрубка, один из которых служит гиль-

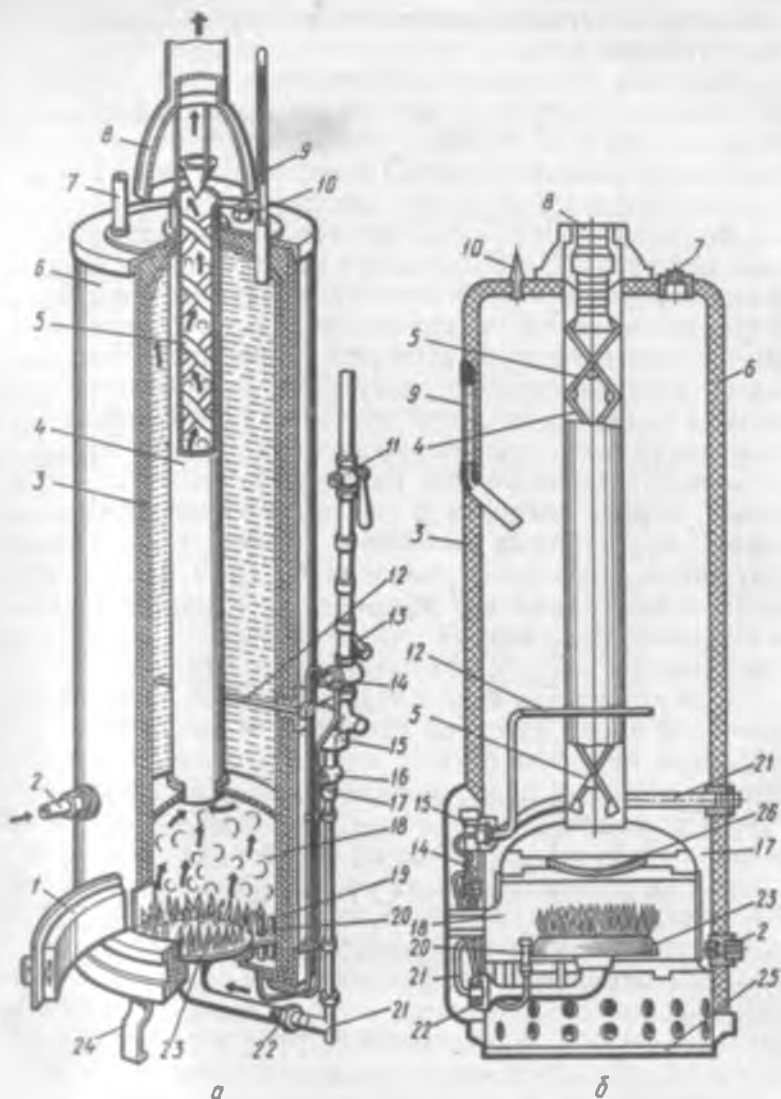


Рис. 11.13. Водонагреватели типа АГВ:

а — АГВ-80; *б* — АГВ-120: 1 — дверца камеры сгорания; 2 — патрубок для присоединения к водопроводной трубе; 3 — теплоизоляция; 4 — газосход; 5 — турбулизатор; 6 — кожух; 7 — патрубок для присоединения к системе горячего водоснабжения; 8 — стабилизатор тяги; 9 — термометр; 10 — предохранительный клапан; 11 — кран на подводящем газопроводе; 12 — датчик терморегулятора; 13 — сетчатый фильтр; 14 — электромагнитный клапан; 15 — терморегулятор; 16 — кран перед горелкой; 17 — резервуар для воды; 18 — камера сгорания; 19 — термopapa; 20 — стационарный запальник; 21 — газопровод к горелке; 22 — регулятор первичного воздуха; 23 — насадка горелки; 24 — ножка; 25 — опорное кольцо; 26 — экран

зой для установки термометра, другой — для разбора горячей воды.

Рабочий резервуар изготавливается из листовой оцинкованной стали и рассчитан на давление воды не более 600 кПа. Водонагреватель помещен в кожух, покрытый светлой эмалью. Пространство между кожухом и стенками резервуара заполнено теплоизоляцией.

Водонагреватель обогревается инжекционной пламенной горелкой с кольцевой многоструйной насадкой и снабжен автоматикой регулирования и безопасности. Автоматическое регулирование осуществляется дилатометрическим терморегулятором. Регулятор обеспечивает двухпозиционное регулирование температуры воды в пределах от 40 до 80 °С. Чувствительный элемент регулятора состоит из латунной трубки и стержня из инвара. Одним концом инваровый стержень посредством резьбы соединен с латунной трубкой. Свободный конец стержня нажимает на рычаг 8, который пружиной соединен с рычагом 9. Если температура воды ниже заданного предела, стержень нажимает на рычаг 8, который через рычаг 9 оказывает давление на клапан, открывая проход газу к горелке.

При повышении температуры латунная трубка удлиняется и тянет за собой стержень, в результате чего давление на рычаг 8 уменьшается и рычаг 9 под действием пружины перемещается влево. При достижении водой заданной температуры давление рычага 9 на клапан настолько ослабевает, что последний под действием пружины закрывается. Настройка регулятора на определенную температуру срабатывания осуществляется с помощью регулирующего винта.

Водонагреватель устанавливается на полу и подсоединяется к водопроводу трубой диаметром 40 мм. На подводящей водопроводной трубе устанавливается вентиль для отключения водонагревателя от водопроводной сети. Водонагреватель соединяется с газопроводом трубой диаметром 15 мм, а с дымоходом — патрубком диаметром не менее 100 мм.

Водонагреватель газовый АГВ-120. Водонагреватель (рис. 11.13, б) имеет устройство, аналогичное устройству водонагревателя АГВ-80, но отличается размерами и системой автоматики, представляющей собой электромагнитную систему безопасности и манометрический терморегулятор, смонтированные в едином блоке. Кроме того, водонагреватель АГВ-120 вместо

зой для установки термометра, другой — для разбора горячей воды.

Рабочий резервуар изготавливается из листовой оцинкованной стали и рассчитан на давление воды не более 600 кПа. Водонагреватель помещен в кожух, покрытый светлой эмалью. Пространство между кожухом и стенками резервуара заполнено теплоизоляцией.

Водонагреватель обогревается инжекционной пламенной горелкой с кольцевой многоструйной насадкой и снабжен автоматикой регулирования и безопасности. Автоматическое регулирование осуществляется дилатометрическим терморегулятором. Регулятор обеспечивает двухпозиционное регулирование температуры воды в пределах от 40 до 80 °С. Чувствительный элемент регулятора состоит из латунной трубки и стержня из инвара. Одним концом инваровый стержень посредством резьбы соединен с латунной трубкой. Свободный конец стержня нажимает на рычаг 8, который пружиной соединен с рычагом 9. Если температура воды ниже заданного предела, стержень нажимает на рычаг 8, который через рычаг 9 оказывает давление на клапан, открывая проход газу к горелке.

При повышении температуры латунная трубка удлиняется и тянет за собой стержень, в результате чего давление на рычаг 8 уменьшается и рычаг 9 под действием пружины перемещается влево. При достижении водой заданной температуры давление рычага 9 на клапан настолько ослабевает, что последний под действием пружины закрывается. Настройка регулятора на определенную температуру срабатывания осуществляется с помощью регулирующего винта.

Водонагреватель устанавливается на полу и подсоединяется к водопроводу трубой диаметром 40 мм. На подводящей водопроводной трубе устанавливается вентиль для отключения водонагревателя от водопроводной сети. Водонагреватель соединяется с газопроводом трубой диаметром 15 мм, а с дымоходом — патрубком диаметром не менее 100 мм.

Водонагреватель газовый АГВ-120. Водонагреватель (рис. 11.13, б) имеет устройство, аналогичное устройству водонагревателя АГВ-80, но отличается размерами и системой автоматики, представляющей собой электромагнитную систему безопасности и манометрический терморегулятор, смонтированные в едином блоке. Кроме того, водонагреватель АГВ-120 вместо

ножек опирается на кольцо с отверстиями для подачи и прохода вторичного воздуха к горелке и присоединяется к газопроводу патрубком диаметром 20 мм.

Техническая характеристика газовых водонагревателей приведена в табл. 11.3.

ТАБЛИЦА 11.3

Техническая характеристика газовых водонагревателей

Показатели	Единица измерения	АГВ-80	АГВ-120
Вместимость	дм ³	80	120
Продолжительность разогрева воды от 10 до 90 °С	ч	0,75	1,4
Диаметр подводящей водопроводной трубы	мм	40	40
Диаметр дымового патрубка	мм	100	100
Минимальное разрежение в дымоходе	Па	5	5
Количество горелок	шт.	1	1
Кпд	%	80	80
Размеры:			
диаметр	мм	400	460
высота	мм	1550	1600
Масса	кг	100	190

Газовый проточный водонагреватель. Водонагреватель предназначается для снабжения посудомоечных машин горячей водой с температурой до 95 °С или используется для горячего водоснабжения предприятий общественного питания.

Основными элементами водонагревателя являются пакет листоканальных панелей, теплогенерирующее устройство и сборный короб для отвода продуктов сгорания.

Схема панели представлена на рис. 11.14, а. Панель сваривается из двух листов нержавеющей стали толщиной 1 мм. На каждом листе выдавлены три прямоугольные канавки (выдавки) длиной 620 мм и шириной 35 мм. Глубина этих канавок 5 мм. Оба листа соединяются между собой и свариваются по периметру сплошным швом. Выдавки свариваются между собой точечной сваркой. При этом образуется панель с четырьмя каналами, объединенными верхним и нижним сборными каналами.

Глубина каналов, по которым протекает вода, составляет 10 мм, ширина — 30...40 мм.

В зависимости от производительности водонагревателя пакет монтируют из необходимого количества панелей, объединяемых входными и выходными водяными перфорированными коллекторами.

Схема узла соединения панелей в пакет показана на рис. 11.14, б.

Пакет панелей монтируется на несущем теплоизолированном кожухе водонагревателя, который облицован стальными листами. Между панелями образуются щелевые камеры сгорания. Под пакетом панелей в камере устанавливается газовая горелка с колосниками. Каждый колосник имеет огневые отверстия вдоль входного сечения каждой щелевой камеры.

Горелка имеет смеситель инжекционного многосоплового типа с периферийной подачей газа и закруткой газозвоздушной смеси. Водонагреватель снабжен автоматикой безопасности АБ и регулирования АРП. Продукты сгорания через верхний сборный короб отводятся в дымоход.

Водонагреватель может иметь горизонтальное исполнение (рис. 11.14, г) с торцевым отводом продуктов сгорания. Полезная тепловая мощность одной панели составляет 43 500 Вт. Масса одной панели 3 кг. Максимальная температура нагреваемой воды 95 °С. Расход газа на один колосник газовой горелки составляет 0,5 м³/ч.

Преимуществами этих водонагревателей являются компактность, малая металлоемкость, высокая степень унификации, надежность, способность длительно и устойчиво работать при высокой температуре нагреваемой воды.

Водонагреватель непрерывного действия автономный универсальный (рис. 11.15) предназначен для нагрева воды на предприятиях общественного питания, не имеющих централизованной системы горячего водоснабжения.

Водонагреватель состоит из трех основных частей: экранированной топки с зольником, пакета панелей с коллекторами и сборного короба для отвода продуктов сгорания.

В топке расположена съемная колосниковая решетка. Топка снабжена теплоизолированной дверцей,

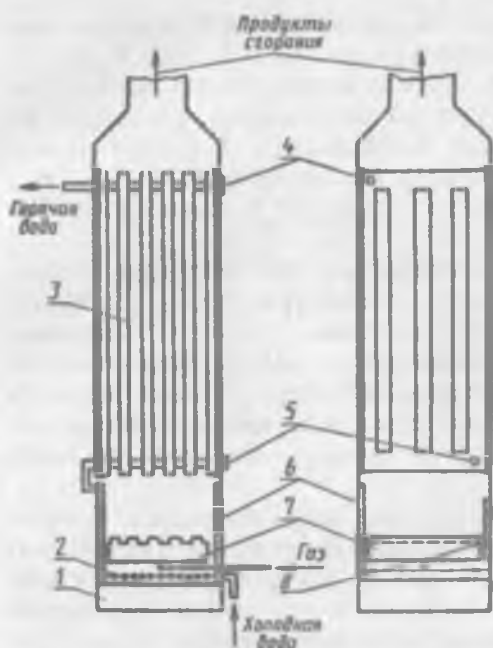


Рис. 11.15. Водонагреватель автономный универсальный:

1 — зольник; 2 — колосниковая решетка; 3 — пакет листоканальных панелей; 4 — верхний коллектор; 5 — нижний коллектор; 6 — водяной экран; 7 — горелка газовая; 8 — дверца камеры сгорания

а зольник — обычной дверцей. На дверце зольника имеются прорезы, закрываемые передвигающейся металлической пластиной, обеспечивающей регулирование подачи воздуха. Экран стенок топки выполнен в виде короба из нержавеющей стали, заполняемого при работе аппарата проточной водой. Для сбора золы и шлаков в зольнике предусмотрена выдвижная коробка.

Над топкой расположен пакет из шести листоканальных панелей, опирающийся на свод топки. Свод топки представляет собой торец панельного пакета с щелями для прохода продуктов сгорания (из топки по газоходам, образуемым панелями). Для подвода воды к панелям водонагревателя и отвода ее из них предусмотрены два коллектора. В нижний коллектор вода поступает из топочного экрана, а из верхнего горячая вода отводится к потребителям. Конструкция водонагревателя дает возможность легко его разобрать и заменить при необходимости какую-либо панель, что повышает ремонтпригодность аппарата.

При работе водонагревателя на газе колосниковая решетка снимается, а в камере сгорания монтируется горелка с колосниковой насадкой и многосопловым

смесительным устройством с периферийной подачей газа.

Панельный водонагреватель обеспечивает устойчивую работу при использовании в качестве топлива как газа, так и дров или угля. Максимальный кпд наблюдается при работе с полезной тепловой мощностью в диапазоне 12...20 кВт. Для получения на выходе из водонагревателя воды с температурой 80...90 °С давление воды перед водонагревателем должно быть не менее 160...180 кПа, в противном случае возможно локальное вскипание воды в экране, особенно при работе на угле.

Тепловая мощность водонагревателя 26...28 кВт, производительность при нагревании воды от 5 до 85 °С — 230 кг/ч, масса — 56 кг, кпд — до 75 %, габариты — 360 × 440 × 1300 мм.

Выносные водонагреватели рассмотрены в разделе «Варочно-жарочные аппараты (плиты)».

11.4. ТЕХНИКО-ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ РАБОТЫ КИПЯТИЛЬНИКОВ И ВОДОНАГРЕВАТЕЛЕЙ

Работа кипяtilьников и водонагревателей характеризуется нормальной теоретической и действительной (технической) производительностью, удельной производительностью, удельным расходом энергоносителя, коэффициентом полезного действия аппарата (кпд), напряжением поверхности нагрева, металлоемкостью.

Производительность кипяtilьников и водонагревателей, при прочих равных условиях, зависит от температуры воды, поступающей в нагревательное устройство, и от температуры ее закипания, которая, в свою очередь, зависит от барометрического давления. В связи с этим при определении производительности водогрейных устройств введены понятия: нормальный кипяток и нормальная производительность, одновременно являющаяся и теоретической производительностью.

Нормальным кипятком условно принято называть воду, нагретую от 10 до 100 °С; при этом на нагрев 1 л воды затрачивается 337 кДж теплоты.

В технических расчетах кипяtilьников принято пользоваться нормальным кипятком и нормальной производительностью, а при расчетах водонагревателей — стандартной производительностью. Под нор-

очаги электрохимической коррозии, являющиеся активными адсорбционными центрами кристаллизующейся накипи.

Если процесс накипеобразования не подавляет электрохимическую коррозию, то в этом случае вследствие увеличения продуктов коррозии накипь отслаивается от поверхности нагрева в виде тонких пластинок.

В том случае, когда процесс точечной коррозии подавляется накипеобразованием, образуется толстый слой накипи, ухудшающий процесс теплообмена, в частности теплоотдачу от тэна к воде.

На рис. 11.16 показаны профилограммы отложения накипи на поверхность тэнов при подавлении коррозии процессом накипеобразования и активным процессом коррозии. В первом (а) случае слой накипи достигает 15 мм на наиболее активном участке тэна, а во втором

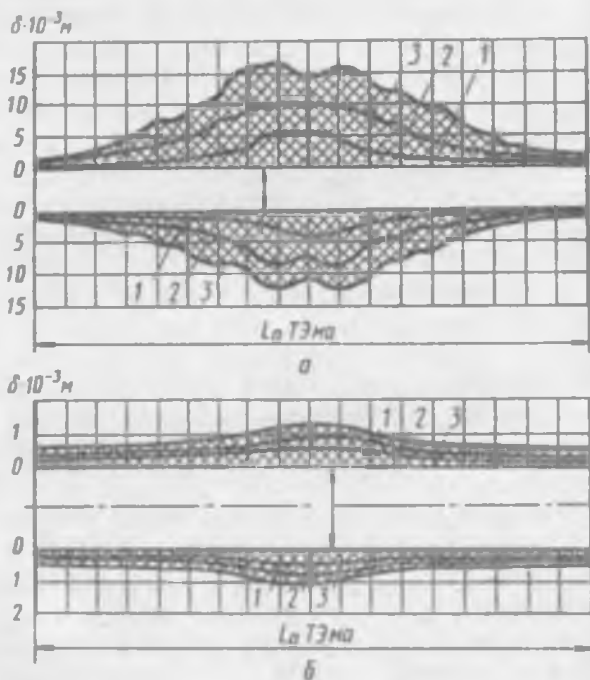


Рис. 11.16. Профилограммы отложения накипи на поверхности тэнов:

а — при подавлении коррозии накипью; б — при слабом подавлении коррозии накипью: 1 — $\tau = 1004$; 2 — $\tau = 5004$; 3 — $\tau = 10004$

(6) случае не превышает 1,5 мм. Отложение накипи ухудшает процесс теплообмена и снижает производительность кипятильников, что видно из графика на рис. 11.17. Приведенные на графике кривые производительности описываются уравнением типа

$$D_A = D_0 + a \tau^{-n}, \quad (11.8)$$

где D_0 — паспортная производительность кипятильника, л/ч; a — коэффициент пропорциональности, характеризующий материал тэна; n — показатель степени, характеризующий влияние накипи; τ — продолжительность работы тэнов, ч.

При толщине слоя накипи до 5 мм: $a = 11,1$; $n = 0,12$; свыше 5 мм: $a = 14,8$; $n = 0,27$.

Следует отметить, что показатели уравнения (11.8) справедливы для воды, общая жесткость которой не выше 4,5 мгэкв/л.

Снижение производительности обусловлено главным образом ухудшением условий теплообмена, характеризующегося коэффициентом снижения теплоотдачи, величину которого можно определить по формуле

$$K_{ст} = 1 - \alpha_n (\delta_n / \lambda_n), \quad (11.9)$$

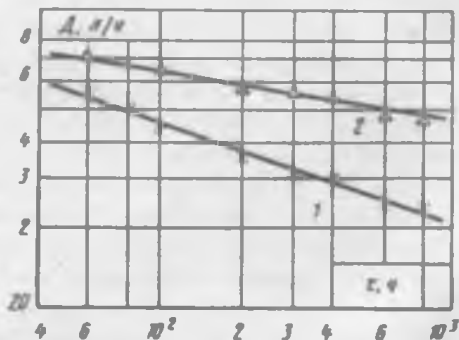
где α_n — коэффициент теплоотдачи от поверхности тэнов к воде при наличии накипи; δ_n — толщина накипи на тэнах; λ_n — теплопроводность накипи.

Для уменьшения накипеобразования используются химические и физические способы умягчения воды. Однако химические способы умягчения делают ее непригодной для приготовления кулинарной продукции.

К физическим относится магнитный и ультразвуковой способы умягчения, исключающие изменение химического состава воды и ее вкусовых качеств, но не

Рис. 11.17. Зависимость производительности кипятильников от продолжительности их работы:

1 — кипятильник с контрольными тэнами; 2 — кипятильник с тэнами, залитыми в пищевой алюминий



защищающие водонагревательные аппараты малых емкостей от засорения шламом. Кроме того, устройства для магнитной обработки воды быстро засоряются ферромагнитными окислами и механическими примесями, что резко снижает эффективность этого способа умягчения воды.

Ультразвуковые умягчители имеют высокую стоимость и большие размеры, что неприемлемо для аппаратов малой производительности.

11.6. ЭКСПЛУАТАЦИЯ КИПЯТИЛЬНИКОВ И ВОДОНАГРЕВАТЕЛЕЙ

Подготовка к работе. Перед включением в работу любого кипятильника проверяют:

открытие вентиля на подводящей водопроводной трубе и заполнение кипятильника водой;

по уровню воды в переливной трубе определяют правильность регулирования питательного клапана; наличие остатка воды в сборнике кипятка.

В электрических кипятильниках и водонагревателях в обязательном порядке проверяют соединение корпуса аппарата с заземляющей шиной. В водонагревателях, имеющих регулятор температуры, перед пуском их в работу задают необходимые пределы температуры горячей воды. В твердотопливных и газовых кипятильниках проверяют тягу с помощью полоски тонкой бумаги, предварительно открыв шибер на газоходе. Если бумага втягивается в топку, то тяга имеется и кипятильник можно включать в работу.

В газовых кипятильниках определяют утечку газа по запаху.

Включение в работу. В электрических кипятильниках включают тумблер на пусковом устройстве. Зажигание сигнальной лампы свидетельствует о наличии напряжения и включении тэнов.

В газовых кипятильниках открывают кран на подводящем газопроводе и у переносного запальника, зажигают переносной запальник и вносят в камеру сгорания. Нажимают кнопку прибора автоматики, зажигают стационарный запальник, прикрывают регулятор первичного воздуха и открывают кран горелки. По цвету пламени регулируют подачу воздуха.

В твердотопливных аппаратах в топку загружают дрова, разжигают и лишь после того, как они разгорят-

ся, порциями загружают уголь. Подачу воздуха в топку регулируют по цвету и характеру пламени с помощью дверцы зольника. По мере сгорания топлива в процессе работы твердотопливных кипятильников его добавляют равными порциями, не допуская оголения колосниковой решетки.

При работе кипятильников регулярно отбирают кипяток. При этом первые порции сливают, так как они могут быть некипяченными. Не следует допускать переполнения сборника кипятка, признаком чего служит появление струи горячей воды из сигнальной трубки. Если потребность в кипятке отпала, то необходимо прекратить нагрев неавтоматизированного кипятника или резко уменьшить количество подводимой к нему теплоты. Для этого у газовых кипятильников следует уменьшить подачу газа к горелке, у парового кипятника — уменьшить вентилем подачу пара к нагревателю, а у твердотопливного кипятника — прикрыть шибер на дымоходе и дверцу зольника.

В процессе работы кипятильников из сигнальной трубки возможно вытекание холодной воды. Это явление можно устранить, отрегулировав питательный клапан или заменив поплавков, если в нем образовалась течь, или резиновую пробку клапана. Иногда такого рода неисправность может наблюдаться при повышении давления воды в водопроводе. В этом случае вентиль на подводящем трубопроводе следует немного прикрыть.

При вытекании из водоразборного крана вместо кипятка теплой воды следует отрегулировать питательный клапан так, чтобы уровень воды в переливной трубе на 0,06...0,08 м был ниже кромки переливной трубы. Если питательный клапан отрегулирован правильно, то появление некипяченой воды в сборнике кипятка является следствием течи в стенках питательной коробки.

При работе кипятильников контролируют полноту сгорания газа и твердого топлива по цвету и характеру пламени, своевременный разбор кипятка и горячей воды, так как не следует допускать перелива нагретой воды через сигнальную трубу в дренаж. Кроме того, систематически прочищают отверстия колосниковой решетки от шлака для достаточного поступления воздуха.

После окончания работы отключают подачу энерго-

носителя, сливают кипяток из сборника кипятка и протирают наружную поверхность аппарата сухой ветошью.

Дополнительная литература

Беляев М. И., Богачев М. К., Положенцев Г. Н. Динамика коэффициента теплоотдачи от защищенных трубчатых электрических нагревателей к воде в кипятыльниках непрерывного действия//Известия вузов СССР. Пищевая технология. 1972. № 5. С. 156—157.

Беляев М. И., Белега Ж. В., Богачев М. К. Защита тэнов от накипи фторопластовой пленкой//Общественное питание. 1972. № 4. С. 50—51.

Беляев М. И., Богачев М. К. Исследование материалов, предназначенных для защиты тэнов, при работе в жестких водах//Бытовая электротехника. 1973. № 3 (16). С. 12—13.

Беляев М. И., Белега Ж. В., Богачев М. К. Исследование методов защиты тэнов от накипи в электрических кипятыльниках//Научные труды МИНХа им. Г. В. Плеханова. М., 1973. Вып. 1. С. 84—91.

Беляев М. И., Богачев М. К. Удлинение сроков службы электрических кипятыльников на предприятиях общественного питания//В кн.: Общественное питание/Межведомств. республ. научно-техн. сб. Киев: Техника, 1973. № 9. С. 180—184.

Беляев М. И., Богачев М. К., Белега Ж. В. Исследование защиты тэнов от накипи с помощью пленки ФТ-4 при их работе в электрокипятильниках//Научные труды МИНХа им. Г. В. Плеханова. М., 1974. Вып. 2. С. 50—53.

Беляев М. И., Белега Ж. В., Богачев М. К., Сафронова М. А. Повышение надежности и экономической эффективности электрокипятильников непрерывного действия//Общественное питание. 1977. № 4.

Богачев М. К., Беляев М. И., Белега Ж. В. Коррозия тэнов, защищенных различными материалами//Общественное питание. 1978. № 7.

Вышелесский А. Н., Тупицин В. А., Мельников А. А. Исследование поврежденности тэнов электрокипятильников в эксплуатационных условиях//Труды МИНХа им. Г. В. Плеханова. 1970. Вып. 80.

Вышелесский А. Н., Беляев М. И., Богачев М. К. Защита тэнов от накипи//Общественное питание. 1971. № 4. С. 47—49.

Гордон Л. И., Мачулина Л. П., Цветкова А. А. К вопросу об интенсификации теплообмена конвективных поверхностей нагрева тепловых аппаратов, работающих на твердом и газовом топливе: Сб. науч. тр. ВНИИторгмаша. 1962. № 8.

Гордон Л. И., Мачулина Л. П. Исследование теплообмена в конвективных газоходах кипятыльников и водонагревателей с турбулизаторами: Сб. науч. тр. ВНИИторгмаша. 1963. № 9.

12.1. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К КОНСТРУКЦИЯМ ВСПОМОГАТЕЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ И ЕГО КЛАССИФИКАЦИЯ

На предприятиях общественного питания используется оборудование, которое непосредственно не связано с процессом основной тепловой обработки продуктов. Это оборудование предназначается для поддержания в горячем состоянии продукции как непосредственно на предприятиях общественного питания, так и при транспортировке ее к местам реализации и называется вспомогательным тепловым оборудованием.

По своему назначению вспомогательное тепловое оборудование подразделяется:

- для кратковременного хранения готовой кулинарной продукции (тепловые шкафы, стойки);

- для кратковременного хранения и реализации продукции (стационарные мармиты, термостаты);

- для транспортировки, кратковременного хранения и реализации готовой продукции (передвижные мармиты);

- для реализации процессов опаливания птицы и шерстных субпродуктов.

Исходя из того что все эти аппараты работают при повышенных температурах, контактируют с пищевыми продуктами, а также являются составной частью технологической схемы производства и реализации продукции, к ним предъявляются следующие технологические требования, так материалы, из которых изготавливают оборудование, должны быть:

- термостойкими, не вступать в реакцию с пищевыми

продуктами; быть химически стойкими по отношению к дезинфицирующим и моющим средствам;

аппараты должны иметь хорошую теплоизоляцию, чтобы температура поверхности не превышала допустимых величин;

иметь рациональную энергоемкость, материало-емкость, габариты и эстетичный внешний вид;

обеспечивать рациональный температурный режим хранения продукции;

обеспечивать удобство загрузки и выгрузки готовой продукции;

сохранять исходное качество хранимых продуктов.

12.2. МАРМИТЫ

Мармиты устанавливаются при раздаче пищи в линиях самообслуживания или индивидуально.

Мармит стационарный для первых блюд МСЭСМ-3. Мармит (рис. 12.1) предназначен для кратковременного хранения в горячем состоянии первых блюд в наплитных котлах, а также для их реализации потребителям. Он состоит из сварной рамы, к которой крепятся каркас и два стола. Верхний стол имеет раздаточную полку, нижний стол — три круглые электроконфорки. Включение, отключение и регулирование мощности конфорок осуществляются четырехпозиционным переключателем панели управления. Мармит устанавливается на ножках, регулируемых по высоте. Наплитные котлы с первыми блюдами устанавливаются на конфорки. Мармит

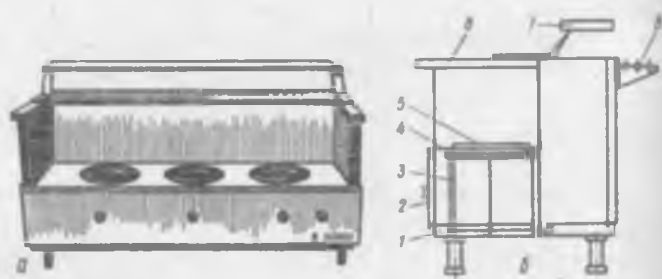


Рис. 12.1. Мармит стационарный для первых блюд МСЭСМ-3:

а — общий вид; б — поперечный разрез: 1 — рама; 2 — панель управления; 3 — каркас; 4 — стол нижний; 5 — электроконфорка; 6 — стол верхний; 7 — полка раздаточная; 8 — полка для подносов

может устанавливаться отдельно или в технологических линиях. Потребляемая мощность — 3,75 кВт, габариты — 1670×800×530 мм.

Мармит МСЭ-3К (ЭПМ-5) отличается от мармита МСЭСМ-3 размерами и отсутствием розетки на панели управления.

Прилавок-мармит для первых блюд ЛПС-11. Конструкция мармита (рис. 12.2) аналогична конструкции мармита МСЭСМ-3. Отличие заключается в том, что на нижней поверхности раздаточной полки смонтированы тэны с отражателями, позволяющие обогревать полку и верхний стол мармита, где устанавливаются готовые блюда. Прилавок-мармит ЛПС-11 имеет три конфорки. Мармиты ЛПС-11 используются только в составе линий самообслуживания.

Мармиты стационарные электрические секционные модулированные МСЭСМ-50 (МСЭСМ-50К, МСЭСМ-55, МСЭСМ-60, МСЭСМ-80, МСЭСМ-110). Мармиты предназначены для кратковременного хранения в горячем состоянии вторых блюд, гарниров, соусов и последующей реализации продукции на линиях раздачи.

Мармиты этих типов имеют аналогичную конструкцию и отличаются один от другого количеством, формой и суммарной вместимостью мармитниц, а также наличием или отсутствием полки для тарелок с готовыми блюдами и стола-полки для подносов, а также размерами и потребляемой мощностью.

Рабочие емкости мармитов (мармитницы), исполь-

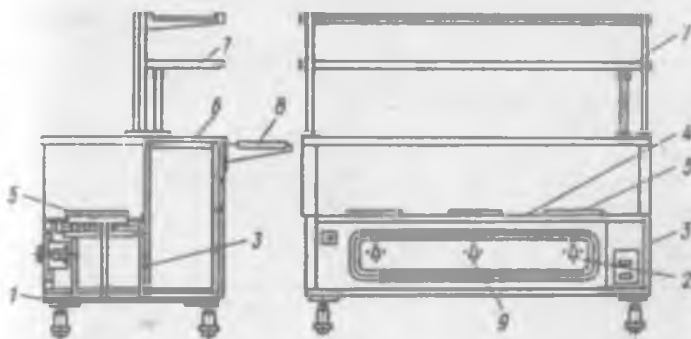


Рис. 12.2. Прилавок-мармит для первых блюд ЛПС-11:

- 1 — рама; 2 — панель управления; 3 — каркас; 4 — стол нижний;
5 — электроконфорка; 6 — стол верхний; 7 — раздаточная полка;
8 — полка для подносов; 9 — пакетный переключатель

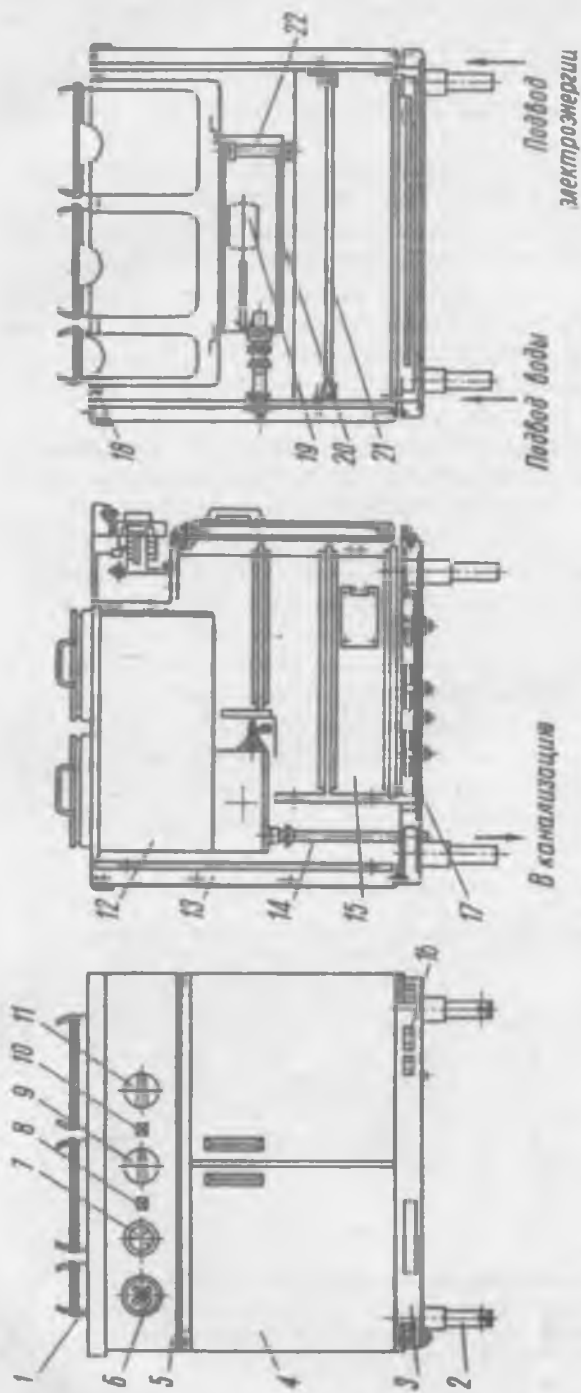


Рис. 12.3. Мармит стационарный электрический секционный модулированный МСЭСМ-50:

1 — мармитница; 2 — ножки; 3 — основание; 4 — дверца; 5 — панель управления; 6 — вентилятор; 7 — розетка У94-0; 8 — сигнальная лампа с красным светофильтром; 9 — выключатель пакетный ПВЗ-25; 10 — сигнальная лампа с зеленым светофильтром; 11 — переключатель ТПКП; 12 — стол-поддон; 13 — облицовка; 14 — труба санная; 15 — шкаф тельювой; 16 — болт заземления; 17 — трубчатый электронагреватель; 18 — вставка; 19 — устройство поплавковое; 20 — тит парогенератора; 21 — полки; 22 — труба пробка

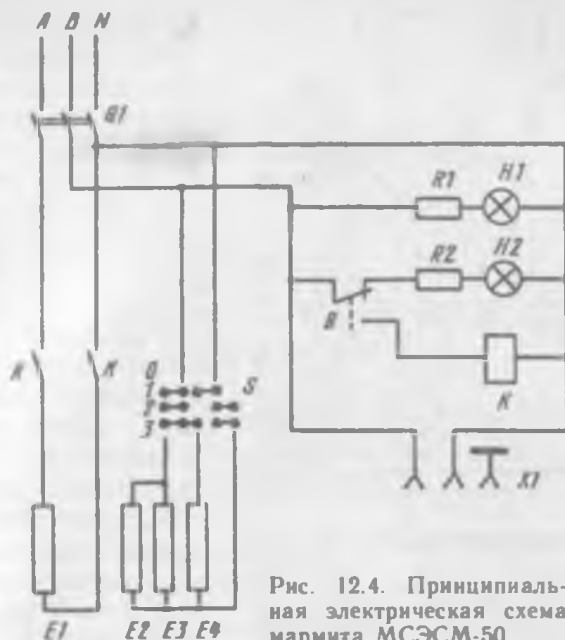


Рис. 12.4. Принципиальная электрическая схема мармита МСЭСМ-50

зубые для хранения готовой продукции на раздаче, выполняются в виде сосудов прямоугольной или цилиндрической формы различной вместимости в зависимости от типа мармита.

Мармит МСЭСМ-50 (рис. 12.3) представляет собой сварную раму, устанавливаемую на регулируемых по высоте ножках, к которой крепятся стальные облицовки. Последние сверху накрываются столом из нержавеющей стали. Вторые соусные блюда и гарниры сохраняются в горячем состоянии в мармитницах, для установки которых в столе имеется вставка с выштампованными гнездами. Обогреваются мармитницы паром, поступающим из парогенератора, который расположен под днищем стола-поддона. Вода в парогенераторе нагревается тэном. Уровень воды в парогенераторе регулируется поплавковым устройством, а защита тэна от сухого хода осуществляется с помощью реле давления РД-4.

Несоусные блюда хранятся на противнях в тепловом шкафу, смонтированном в средней части мармита, который закрывается двумя створчатыми дверцами. Обогрев шкафа обеспечивают три тэна, мощность нагрева которых регулируется переключателем. Мармит

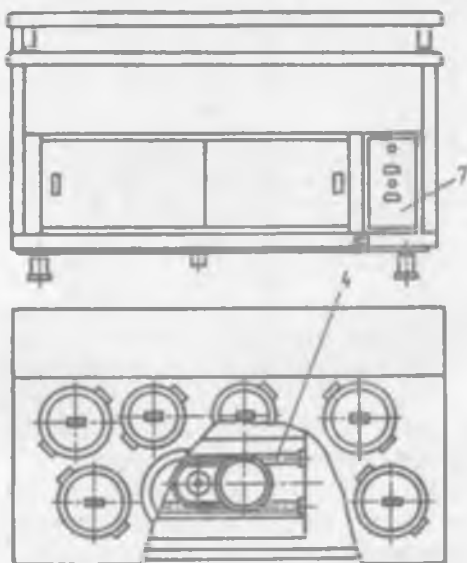
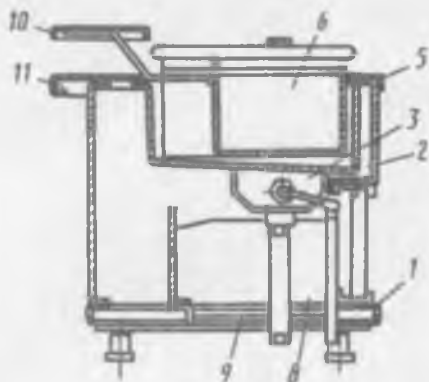


Рис. 12.5. Мармит стационарный электрический МСЭ-110К:

1 — рама; 2 — облицовочная панель; 3 — парогенератор; 4 — тэн; 5 — стол-поддон; 6 — мармитница; 7 — панель управления; 8 — тепловой шкаф; 9 — тэн шкафа; 10 — полка для тарелок с пищей; 11 — столик-полка для подносов

оснащен штепсельной розеткой для подключения к электросети тепловых аппаратов. Общая мощность мармита — 4,5 кВт, размеры — 840 × 840 × 860 мм. Электрическая схема мармита МСЭСМ-50 (рис. 12.4) работает следующим образом: при замыкании выключателя *Q1* напряжение подается на схему управления, о чем свидетельствует загорание сигнальной лампы *Н1*. При отсутствии воды в парогенераторе контакт реле давления *В* находится в верхнем по схеме положении и сигнальная лампа *Н2* сигнализирует о наличии сухого хода. При наличии воды в парогенераторе контактреле *В* находится в нижнем по схеме положении, магнитный пускатель *К* быстро срабатывает и своими контактами *К* подключает нагревательный элемент *Е1* к сети. Нагреватели *Е2...Е4* расположены в тепловом шкафу. Температурный режим шкафа регулируется вручную с помощью пакетного переключателя *С*, который обеспечивает трехступенчатое регулирование мощности. К разъему *Х1* можно подключать дополнительные электрические устройства.

Мармиты стационарные электрические МСЭ-110К,



Рис. 12.6. Мармит МСЭ-84:

1 — емкости; 2 — стол; 3 — панель управления; 4 — лампа сигнальная; 5 — ручка датчика-реле температуры; 6 — ферма или металлоконструкция линии раздачи

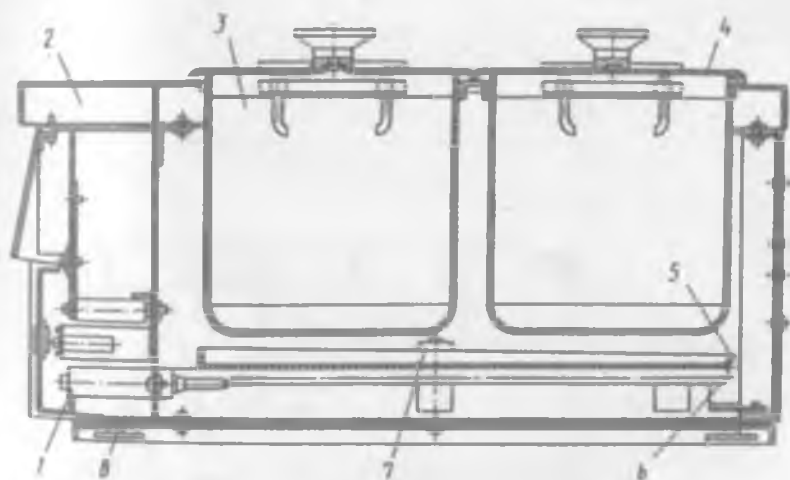
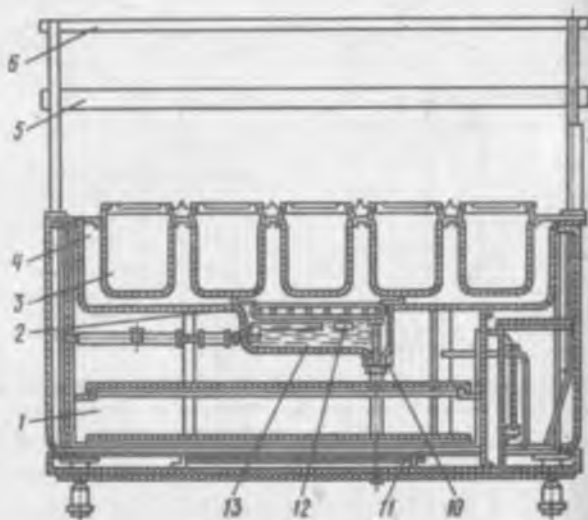
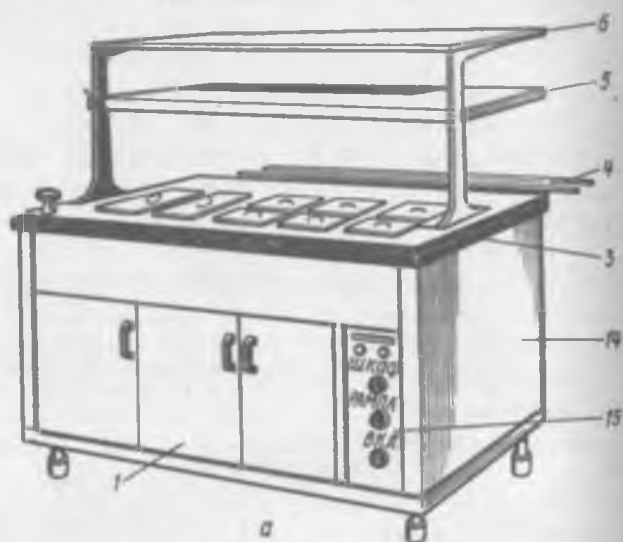


Рис. 12.7. Мармит настольный электрический МНЭ-45:

1 — терморегулятор; 2 — стол; 3 — мармитница; 4 — крышка мармитницы; 5 — поддон; 6 — тэн; 7 — основание; 8 — ножка

МСЭ-55, МСЭ-55К, МС-80, МСЭ-110 имеют конструкцию, аналогичную конструкции мармита МСЭСМ-50. Отличие заключается в размерах, наличии укрепленной на столе полки для тарелок с блюдами и стола-полки для подносов. Друг от друга данные мармиты отличаются количеством и вместимостью мармитниц, мощностью. На рис. 12.5 представлено принципиальное устройство мармита МСЭ-110К.



Мармит МСЭ-84 (МСЭ-84-01). Стационарный мармит, сконструированный в соответствии со стандартами СЭВ по модулю и функциональным емкостям, предназначен для кратковременного хранения в горячем состоянии первых, вторых блюд, соусов, гарниров. Мармит может устанавливаться в линиях самообслуживания, а также в технологических линиях.

Мармит МСЭ-84 (рис. 12.6) представляет собой поддон с парогенератором, имеющим электронагреватель. В стол поддона вставлено шесть прямоугольных емкостей с крышками. Температура поддерживается автоматически, с помощью терморегулятора. Предусмотрена защита тэнов от сухого хода.

Мармит МСЭ-84-01 дополнительно имеет индивидуальную подставку и раздаточную полку сборно-разборной конструкции. Потребляемая мощность 2,5 кВт.

Мармиты настольные электрические МНЭ-22, МНЭ-45. Они предназначены для сохранения в горячем состоянии первых и вторых блюд и устанавливаются на предприятиях с барным (буфетным) методом обслуживания. Корпус мармита имеет стол (рис. 12.7) с прямоугольными мармитницами, обогреваемыми воздухом от тэнов. Заданный температурный режим поддерживается датчиком-реле температуры. Отличаются мармиты вместимостью мармитниц, потребляемой мощностью, размерами.

Прилавки-мармиты для вторых блюд ЛПС-3,

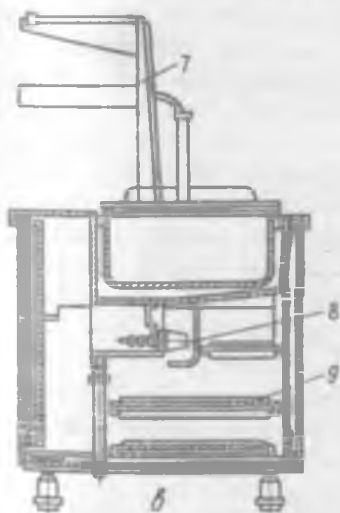


Рис. 12.8. Прилавок-мармит для вторых блюд ЛПС-3:

а — общий вид; *б, в* — разрез; 1 — тепловой шкаф; 2 — парогенератор; 3 — мармитница; 4 — паровой поддон; 5 — рампа; 6 — полка; 7 — стойка; 8 — реле давления; 9 — полка теплового шкафа; 10 — трубка переливания; 11 — тэн теплового шкафа; 12 — поплавковый регулятор уровня воды; 13 — тэн парогенератора; 14 — облицовочная панель; 15 — панель управления

ЛПС-3А, ЛПС-16, ЛПС-17. Мармиты предназначены для кратковременного хранения в горячем состоянии компонентов вторых блюд и устанавливаются в комплекте с оборудованием линий прилавок самообслуживания (ЛПС).

Прилавок-мармит ЛПС-3 (рис. 12.8) состоит из мармита, витрины, рамп и направляющих для подносов, укрепленных на кронштейнах. Со стороны посетителей крепятся направляющие для подносов. Прилавок мармит снабжен двухъярусной раздаточной полкой, а в ЛПС-16 и ЛПС-17 имеется двухъярусная витрина для выкладки хлебобулочных изделий и демонстрации блюд. Прилавки-мармиты со стороны обслуживающего персонала имеют панель управления, с которой осуществляется включение, отключение и регулирование мощности электронагревателей.

12.3. ТЕПЛОВЫЕ СТОЙКИ, ШКАФЫ И ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ ТЕПЛОВЫЕ АППАРАТЫ ЛИНИЙ САМООБСЛУЖИВАНИЯ, КОМПЛЕКТАЦИИ И РАЗДАЧИ ОБЕДОВ

Тепловые шкафы, стойки предназначены для поддержания в горячем состоянии первых, вторых и третьих блюд с последующей их реализацией через линию раздачи. По конструктивному исполнению они могут быть стационарными и передвижными.

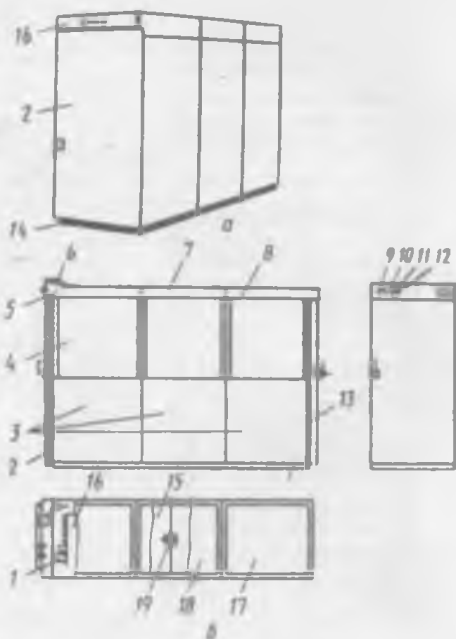
Шкаф тепловой сквозной ШТС-М. Шкаф (рис. 12.9) предназначен для поддержания в горячем состоянии первых, вторых и третьих блюд, которые устанавливаются на тележках-стеллажах. Он состоит из облицовок, закрепленных на раме, и двух дверей, через которые вкатываются тележки-стеллажи. Между облицовками на панелях из асбоцемента смонтированы тэны общей мощностью 7,7 кВт. Устанавливается шкаф таким образом, чтобы его пол был на уровне пола предприятия. Габариты шкафа 2700×750×1715 мм. Заданный температурный режим поддерживается автоматически в пределах 60...70 °С с помощью терморегулятора.

Шкафы тепловые ШТПЭ-1, ШТЭ-1, ШТЭ-1-01. Шкафы предназначены для кратковременного хранения в горячем состоянии вторых блюд и кулинарных изделий и используются в раздаточных линиях или как самостоятельное оборудование.

Шкаф ШТПЭ-1 представляет собой каркас, уста-

Рис. 12.9. Шкаф тепловой сквозной ШТС-М:

а — общий вид; *б* — проекция: 1 — панель с электроаппаратурой; 2, 13 — двери; 3 — блок облицовок; 4, 5, 7, 8 — облицовки; 6, 17, 18, 20 — крышки; 9 — термометр электроконтактный; 10 — лампа сигнальная; 11, 12 — кнопки выключения и включения тэнов; 14 — рама; 15 — панель абсорбентная; 16 — панель управления; 19 — лампа освещения рабочей камеры



новленный на четырех поворотных колесах. К каркасу монтируются облицовки. Сверху на облицовки крепится стол с углублением для противня. Внутри шкафа закреплены направляющие, по которым перемещаются рамки с противнями. Обогрев шкафа осуществляется двумя тэнами общей мощностью 1,26 кВт. Они закреплены в нижней части шкафа под съемными поддонами. Температурный режим регулируется автоматически с помощью терморегулятора Т-32 в пределах 50...110 °С. Площадь одновременно загружаемых противней 1,02 м², размеры шкафа — 400×600×1025 мм (рис. 12.10).

Шкаф ШТЭ-1 отличается от шкафа ШТПЭ-1 массой, высотой и возможностью установки на специальной подставке, а шкаф ШТЭ-1-01 (рис. 12.11) наличием подвижной подставки с набором зажимов.

Шкаф настольный электрический тепловой ШНЭТ-1,5. Шкаф (рис. 12.12) используется на специализированных предприятиях общественного питания с барным методом обслуживания и предназначается для поддержания в горячем состоянии отдельных компонентов вторых несоусных блюд и порционных кулинарных изделий. Он состоит из каркаса, на котором крепятся облицовки, образующие прямоугольный шкаф. В верх-

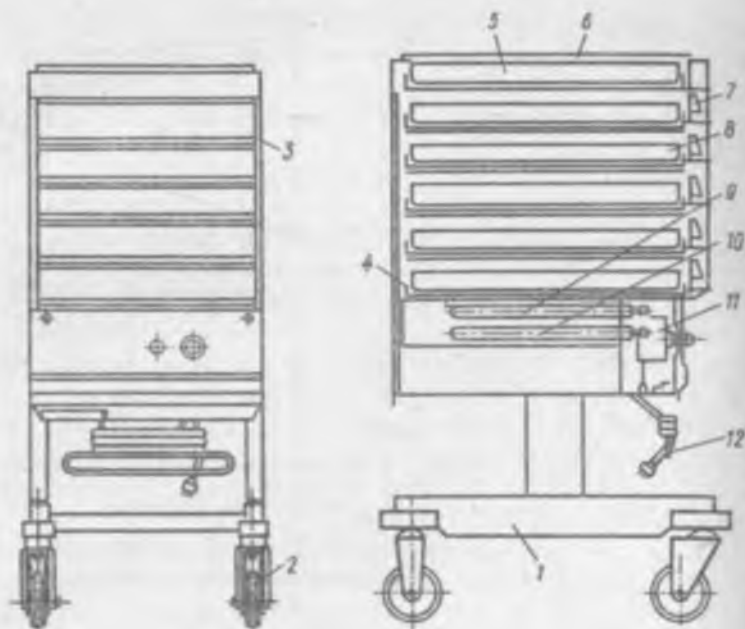


Рис. 12.10. Шкаф передвижной тепловой электрический ШТПЭ-1:

1 — каркас; 2 — колесо; 3 — облицовка; 4 — поддон; 5, 8 — противни; 6 — крышка; 7 — направляющие; 9, 10 — тэны; 11 — датчик-реле температуры Т-32; 12 — шнур с вилкой

ней части облицовки связаны крышкой. Внутри шкафа на боковых поверхностях закреплены направляющие, по которым перемещаются четыре выдвижных ящика с емкостями для хранения кулинарных изделий. Обогрев осуществляется горячим воздухом, нагреваемым тремя тэнами, расположенными в нижней части камеры шкафа. Температурный режим поддерживается автоматически на заданном уровне с помощью терморегулятора. Все органы управления смонтированы на лицевой панели в нижней части шкафа.

Тепловая раздаточная стойка СРТЭСМ. Стойка (рис. 12.13, а) предназначена для подогрева тарелок. Выпускается в секционном модульном исполнении, имеет стол и тепловой шкаф, разделенный на четыре отсека. В отсеках расположены полки для хранения тарелок. Шкаф обогревается четырьмя тэнами. Над шкафом предусмотрены две ниши для тарелок и панель управления.

Стойка-накопитель раздаточная СНР. Стойка



Рис. 12.11. Шкаф тепловой электрический ШТЭ-1-01

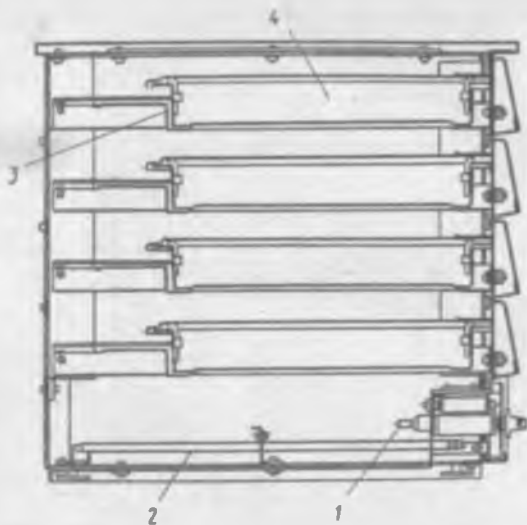


Рис. 12.12. Шкаф настольный электрический тепловой ШНЭТ-1,5:

1 — терморегулятор; 2 — тэн; 3 — ящик; 4 — емкость

(рис. 12.13, б) предназначена для накопления и раздачи обедов, скомплектованных на специальных подносах, а также для поддержания заданной температуры первых и вторых блюд. Стойки используют в линиях раздачи ЛКНО («Эффект»). Стойка СНР представляет собой сборно-разборный стеллаж, составленный из секций. Каждая секция имеет четыре полки, на каждой из них смонтированы восемь электроконфорок для подогрева блюд, установленных на металлические вставки специальных подносов. Мощность электроконфорок 0,08 кВт.

Мармиты электрические передвижные МЭП-6, МЭП-20, МЭП-35, МЭП-60. Мармиты (рис. 12.14, а, б, в) входят в комплект серийно выпускаемых механизированных раздаточных линий. Они представляют собой прямоугольный короб, собранный из стальных облицовок, закрепленных на раме. Сверху рама накрыта столом и опирается на два поворотных и два неповоротных обрешиненных колеса. В столе имеются гнезда для установки мармитниц, которые обогреваются воздушными тэнами, подключаемыми к сети кабелем с трехполюсной вилкой.

Назначение мармитов. Мармит МЭП-6 используется

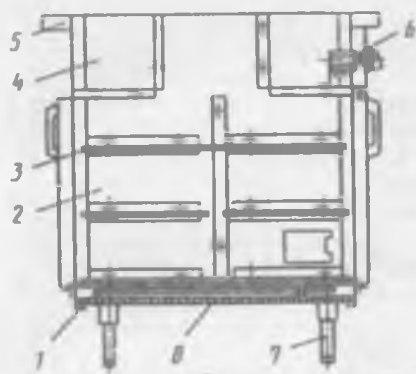
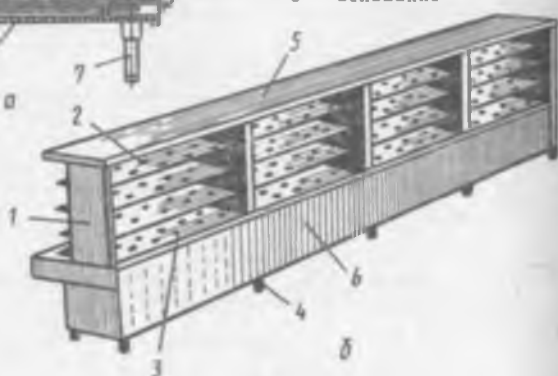


Рис. 12.13. Стойки тепловые раздаточные:

а — СРТЭСМ: 1 — тэнны; 2 — тепловой шкаф; 3 — полки; 4 — ниши; 5 — стол; 6 — переключатели; 7 — ножки; 8 — рама; б — стойка-накопитель СНР (общий вид): 1 — боковая панель секции; 2 — полки; 3 — конфорки; 4 — ножки; 5 — крышка; 6 — основание



для сохранения в горячем состоянии вторых несоусных блюд или мяса к первым блюдам. Он снабжен тепловым шкафом, в котором размещаются четыре запасные мармитницы — противни высотой 60 мм, вместимостью 6 дм³ каждая. Пятая основная мармитница расположена в столе корпуса.

МЭП-20 предназначен для сохранения в горячем состоянии сложных гарниров, состоящих из двух компонентов. Мармит имеет две мармитницы вместимостью 10 дм³ каждая.

МЭП-35 используется для подогрева вторых блюд с соусами или простых гарниров и имеет одну мармитницу вместимостью 35 дм³.

Конструкции мармитов МЭП-6, МЭП-20 и МЭП-35 унифицированы, что обеспечивает взаимозаменяемость мармитниц.

Мармит МЭП-60 предназначен для порционирования первых блюд и имеет одну мармитницу вместимостью 60 дм³.

Мармит передвижной МП-28. Мармит (рис. 12.14, а) сконструирован в соответствии со стандартами СЭВ по модулю и функциональным емкостям. Он предназначен для сохранения в горячем состоянии и транспорти-

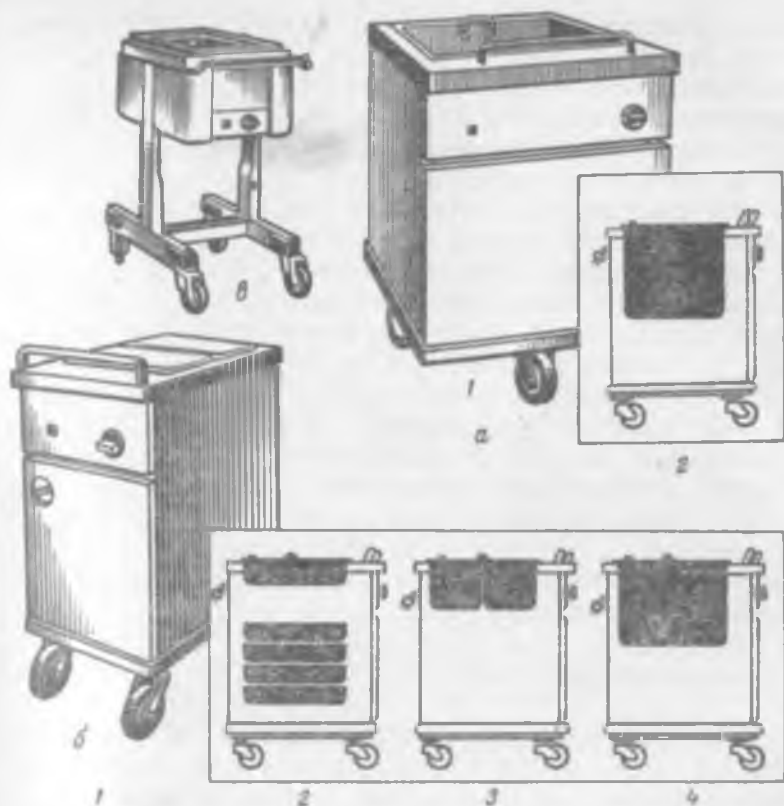


Рис. 12.14. Мармиты электрические передвижные:

а — мармит МЭП-60: 1 — общий вид; 2 — схема; б — мармиты для вторых блюд: 1 — общий вид; 2 — схема МЭП-2; 3 — МЭП-20; 4 — МЭП-35, в — мармит передвижной МП-28

ровки к линиям раздачи первых, вторых соусных блюд и гарниров, а также для отпуска их потребителям. Мармит имеет каркас, установленный на четырех поворотных колесах. На каркас крепятся облицовки, которые сверху закрыты столом, имеющим отверстия под емкость, закрывающуюся крышкой. Обогрев емкости осуществляется тэном, расположенным под ней. Мармит снабжен датчиком-реле температуры Т-32 и сигнальной лампой, указывающей на работу тэнов.

Эксплуатация мармитов. При работе на электромармитах для первых блюд соблюдают правила эксплуатации, аналогичные правилам работы на электроплитах. Перед началом работы на мармитах для вторых

блюд проверяют надежность их заземления, состояние пускорегулирующей аппаратуры и санитарное состояние аппаратов. Работу реле давления проверяют путем предварительного закрывания вентиля для воды и включения аппарата в сеть. При этом через некоторое время должна загораться сигнальная лампа «Нет воды». Наполняют парогенератор водой и проверяют работу поплавкового клапана. Затем включают тэны парогенератора, теплового шкафа и через 40 мин, т. е. когда мармит будет доведен до рабочего состояния, заполняют мармитницы. Время хранения блюд в мармитницах не должно превышать 2 ч.

По окончании работы мармиты выключают из сети и при вынутом поплачковом устройстве тщательно промывают поддон, парогенератор и мармитницы. Затем поплачковое устройство устанавливают на место, парогенератор заполняют водой, наружные поверхности протирают салфеткой, слегка смоченной мыльным раствором, а хромированные и полированные детали — сухой салфеткой.

12.4. ОПАЛОЧНЫЕ ГОРНЫ

Устройства для опаливания птицы и дичи УОП-1, УОП-2 (рис. 12.15) предназначены для опаливания тушек птицы, дичи на предприятиях общественного питания и состоят из рамы, в верхней части кожуха имеется отверстие для подключения устройства к вытяжной вентиляции. К крышке кожуха вдоль оси вентиляционного отверстия крепится поворотный диск с крюками для фиксации тушек.

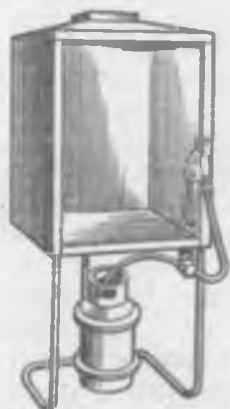


Рис. 12.15. Устройство УОП для опаливания птицы и дичи

Для сбора побочных продуктов опаливания предусмотрен выдвижной поддон. На правой стороне корпуса имеются кронштейны для фиксации опалочной горелки, выполненной в виде пистолета. Горелка с помощью гибкого шланга соединяется с блоком газовой автоматики безопасности. Горелка состоит из коллектора с шестью сопловыми отверстиями, предназначенными для подачи газа, инжестирующего воздух

через центральное отверстие смесителя. Смеситель выполнен в виде трубы, на конце которой приварен сетчатый стабилизатор пламени. В ручке горелки смонтировано запорное устройство, состоящее из пружинного клапана, штока с уплотнением и рычага. Для защиты руки от воздействия открытого пламени на передней стороне ручки укреплен отражатель. Устройство УОП-1 подключается к системе централизованного газоснабжения, а УОП-2 комплектуется баллоном со сжиженным газом и редуктором. Техническая характеристика опалочных горнов приведена ниже:

	УОП-1	УОП-2
Производительность при массе тушек 1,5 кг, шт./ч	40	60
Тепловая мощность, Вт	11 100	11 100
Давление газа, Па	637...1764	1960...3528

Номенклатура и комплектность островных
и пристенных ферм и устанавливаемых на них МВО

Шифр	Обозначение и количество составных элементов ферм					Шифр и количество МВО	
	стойка	опора	рама В-1200 мм	рама В-1000 мм	стойка	МВО 1,2	МВО 1,6
ФО-1,2	2	—	1	—	—	2	—
ФП-1,2	1	—	1	—	1	1	—
ФО-1,6	2	—	—	1	—	—	2
ФП-1,6	1	—	—	1	1	—	1
ФО-2,4	2	1	2	—	—	4	—
ФП-2,4	1	1	2	—	1	2	—
ФО-2,8	2	1	1	1	—	2	2
ФП-2,8	1	1	1	1	1	1	1
ФО-3,2	2	1	—	2	—	—	4
ФП-3,2	1	1	—	2	1	—	—
ФО-3,6	2	2	3	—	—	6	—
ФП-3,6	1	2	3	—	—	3	—
ФО-4,0	2	2	2	1	—	4	2
ФП-4,0	1	2	2	1	1	2	1
ФО-4,4	2	2	1	2	—	2	4
ФП-4,4	1	2	1	2	1	1	2
ФО-4,8	2	2	—	3	—	—	6
ФП-4,8	1	2	—	3	1	—	3
ФО-5,2	2	3	3	1	—	6	1
ФО-5,6	2	3	2	2	—	4	4
ФП-5,6	1	3	2	2	2	2	2

устанавливаются плиты электрические ПЭ-0,17 и ПЭ-0,51, шкафы жарочные электрические ШЖЭ-0,85, ШЖЭ-0,51, фритюрница электрическая ФЭ-20; вставки В-300, В-400 и В-500, аппарат пароварочный АПЭ-0,23А, сковороды электрические СЭ-0,22, СЭ-0,45 и мармит стационарный электрический МСЭ-84.

Пристенно без фермы устанавливаются плиты электрические ПЭ-0,17-01 и ПЭ-0,51-01, шкафы жарочные электрические ПЖЭ-0,85-01 и ШЖЭ-0,51-01, устройство электрическое варочное УЭВ-60, фритюрница электрическая ФЭ-20-01, вставки В-400-01 и В-500-01, столы производственные СП-1200, СПМ-1500 и СПММ-1500, котлы пищеварочные электрические КЭ-100, КЭ-160 и КЭ-250, аппарат пароварочный АПЭ-0,23А-01, сково-

роды электрические СЭ-0,22-01 и СЭ-0,45-01, мармит стационарный электрический МСЭ-84-01. При этом местные вентиляционные отсосы (МВО) крепятся к стене.

Набор оборудования, устанавливаемого на фермах, осуществляется следующим образом:

определяется номенклатура оборудования для выполнения технологического процесса по разработанным технологическим схемам;

осуществляется его условная расстановка;

исходя из полученного размера по фронту оборудования подбирается ферма согласно данным табл. 13.1. Разница в размерах между оборудованием и ближайшим размером фермы дополняется подбором вставок В-300, В-400, В-500 (табл. 13.2). При этом МВО должны соответствовать размерам выбранных типов ферм.

ТАБЛИЦА 13.2

Технические характеристики вставок
к тепловому технологическому оборудованию

Вставки	Габариты, мм	Масса, кг
В-500	500 × 800 × 330	30
В-500-01	500 × 800 × 850	50
В-400	400 × 800 × 330	25
В-400-01	400 × 800 × 850	40
В-300	300 × 800 × 330	25

Жарочные шкафы и пароварочные аппараты рекомендуется устанавливать на краю фермы и не более двух вместе, так как из-за ограниченного фронта обслуживания оборудования затруднена работа с ним.

Следует учитывать, что фритюрницы ФЭ-20, сковороды СЭ-0,22 и СЭ-0,45 в нижней части имеют выступы (рис. 13.3, 13.4), поэтому их следует располагать на ферме таким образом, чтобы выступающие части не попали на стык рам ферм. Сковороду СЭ-0,22 не рекомендуется устанавливать с краю ферм, так как рукоятка опрокидывания будет мешать работе. Если же сковорода попадает правой стороной на участок, близкий к стыку ферм, то при ее размещении расстояние от стыка до края сковороды должно быть не менее 60 мм.

Котлы КЭ-250 (рис. 13.5), КЭ-160, КЭ-100 должны отстоять от стены по левому торцу на 100...150 мм в

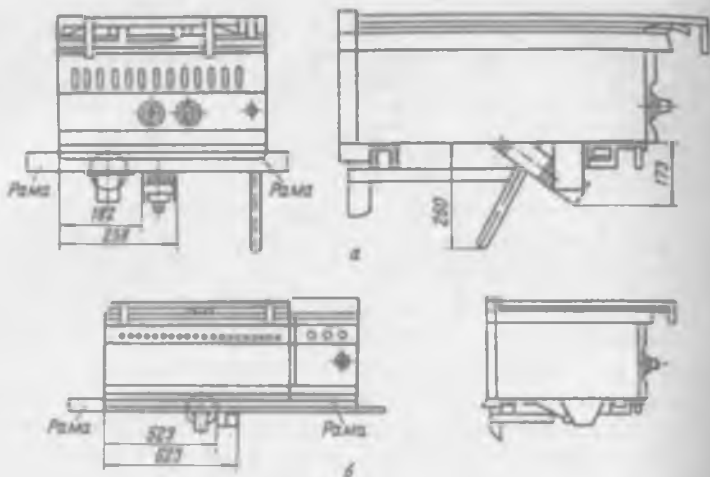


Рис. 13.3. Схема расположения на ферме сковороды электрической СЭ-0,22 (а) и СЭ-0,45 (б)

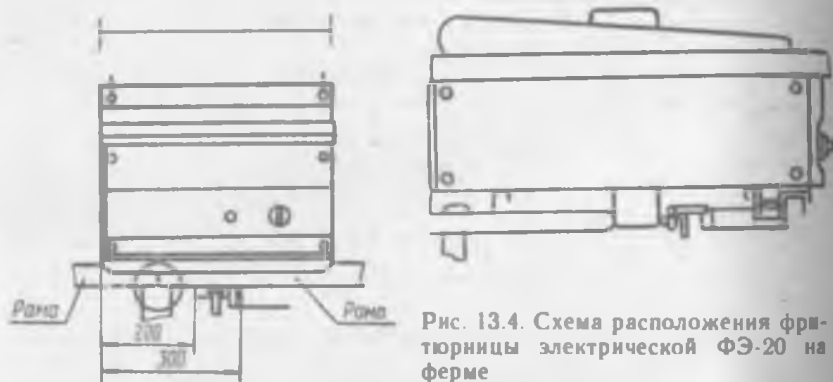


Рис. 13.4. Схема расположения фритюрницы электрической ФЭ-20 на ферме

связи с использованием в работе тележки ТП-80К. Это требование относится только к котлам, граничащим со стеной помещения по левому торцу.

Оборудование, размещаемое островным способом, рекомендуется устанавливать на ферме с использованием изделий только навесного исполнения.

В целях обеспечения нормальной работы на оборудовании рекомендуется: для сковород СЭ-0,22, СЭ-0,45 устанавливать вставку с левой стороны, а фритюрницы и сковороды отделять от плит вставкой; все виды оборудования отделять вставкой от жарочного и пароварочного шкафов;

при установке плит ПЭ-0,51 и ПЭ-0,51-01 (рис. 13.6, а,

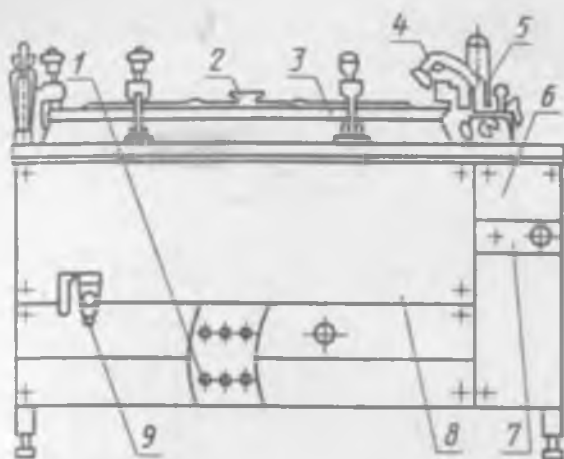


Рис. 13.5. Котел электрический КЭ-250:

1 — электронагреватели; 2 — клапаны избыточного давления пара в варочном сосуде; 3 — крышка; 4 — кран; 5 — мановакуумметр; 6 — панель управления; 7 — переключатель; 8 — облицовка; 9 — сливной кран

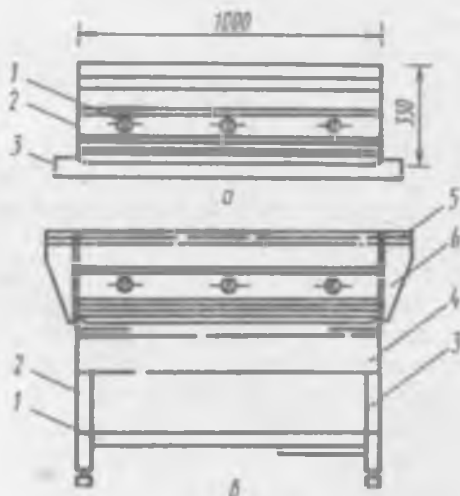


Рис. 13.6. Плиты электрические:

а — ПЭ-0,51: 1 — переключатель; 2 — панель; 3 — ферма; б — ПЭ-0,51-01: 1 — полка, 2, 3 — боковины, 4 — стяжка, 5 — ограждение; 6 — кронштейн

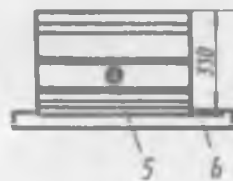
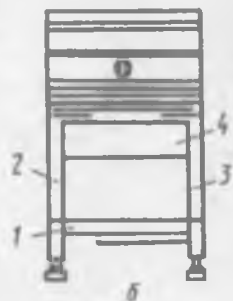
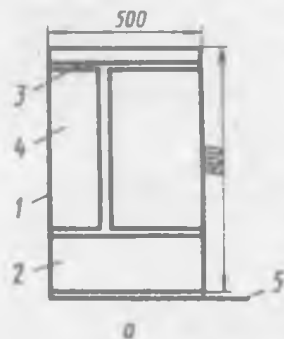


Рис. 13.7. Плиты электрические:

а — ПЭ-0,17: 1 — конфорка; 2 — стол; 3 — ограждение; 4 — борт; 5 — переключатель; 6 — ферма; б — ПЭ-0,17-01: 1 — полка; 2, 3 — боковины; 4 — стяжка



б), если она граничит с бортом фермы, желательно также отделить плиту от борта фермы вставкой;

при установке плит ПЭ-0,17 и ПЭ-0,17-01 (рис. 13.7, а, б) необходимо учитывать, что они ограждены с одной боковой стороны. В случае необходимости борт плиты переставляется слева направо;

при автономной установке плиты ПЭ-0,17-01 с противоположной стороны следует располагать вставку В-400-01 или В-500-01.

При пристенной установке оборудования без ферм, когда отсосы крепятся к стене, их размеры определяются длиной технологической линии. Эта длина набирается отсосами МВО-1,2, МВО-1,6 и МВО-0,5-01. Если в состав набора входит отсос МВО-0,5-01, то с него необходимо снять боковые облицовки и ими закрыть торцы замыкающих отсосов. Если отсос МВО-0,5-01 не входит в состав набора, то необходимо дополнительно изготовить боковые облицовки.

При установке шкафов ШЖЭ-0,85 и ШЖЭ-0,51 на ферме необходимо для каждого из них предусмотреть дополнительно отсос МВО-0,5 (рис. 13.8).

Для аппарата АПЭ-0,23А (рис. 13.9, а) короб для вытяжки входит в комплект принадлежностей, а для аппарата АПЭ-0,23А-01 (рис. 13.9, б) он не требуется.

В тех случаях, когда при островном расположении невозможно осуществить установку ферм с навесным

комплексом оборудования, допускается устанавливать островным способом напольное оборудование. После установки отсосов боковые торцы закрываются облицовками.

Для установки оборудования на подставках (шифр 01), а также варочного устройства УЭВ-60 (рис. 13.10) необходимо предусмотреть их крепление к полу.

При установке оборудования на подставках пристенно предпочтительным является крепление его к стене.

Местные вентиляционные отсосы МВО-1,6; МВО-1,2, устанавливаемые на фермах, не имеют боковых перегородок, за счет чего при их соединении образуется общий воздуховод (отдельно для вытяжной и приточной вентиляции). Сечение воздухо-



Рис. 13.8. Установка отсоса МВО-0,5 над шкафами ШЖЭ-0,85 и ШЖЭ-0,51

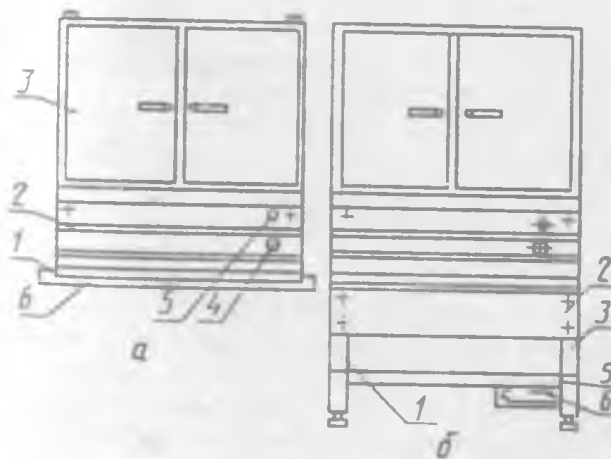


Рис. 13.9. Аппараты пароварочные:

а — АПЭ-0,23А: 1 — рама; 2 — панель с электроаппаратурой; 3 — дверь; 4 — ручка переключателя; 5 — сигнальная лампа; 6 — ферма; б — АПЭ-0,23А-0,1: 1, 3 — боковины; 2 — стяжка; 4 — зажимы заземления; 5 — полка; 6 — блок зажимов

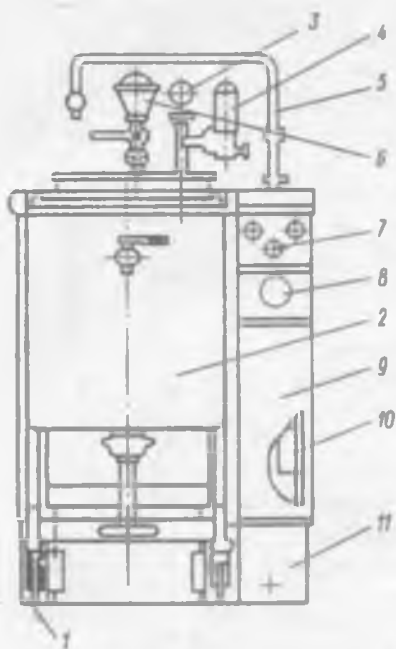


Рис. 13.10. Устройство варочное электрическое УЭВ-60:

1 — направляющая; 2 — котел передвижной; 3 — манометр; 4 — предохранительный клапан; 5 — кран; 6 — наливная воронка; 7 — сигнальная лампа; 8 — переключатель; 9 — панель; 10 — электроаппаратура; 11 — парогенератор

как новые линии самообслуживания комплектуются передвижными котлами КП-60.

13.2. ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВА ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ЕВС МО

По заявкам предприятий-доготовочных на заготовочных предприятиях комплектуются и пломбируются контейнеры (рис. 13.11, а — г), которые предназначены для транспортирования полуфабрикатов, готовых кулинарных и кондитерских изделий в функциональных емкостях. Эти контейнеры хранятся в охлаждаемом помещении экспедиции до отправки их заказчикам. Контейнеры передвижные КП-300, КП-300-01, КП-160 и КП-160-01 рассчитаны для радиального размещения на стандартных поддонах (800 × 1200 мм), используемых на автомобильном, железнодорожном и водном

вода вытяжной вентиляции составляет 0,12 м², приточной вентиляции — 0,065 м².

При техническом перевооружении предприятий общественного питания может осуществляться как частичная, так и полная замена технологического оборудования кухонь, так как новое оборудование в основном имеет меньшие размеры по длине в сравнении с аналогичным, находящимся в эксплуатации.

Поэтому набираемый пакет оборудования будет всегда меньше по длине и может быть установлен на то же место.

На тех предприятиях общественного питания, где будет осуществляться замена линий самообслуживания, должны быть установлены варочные устройства УЭВ-60, так

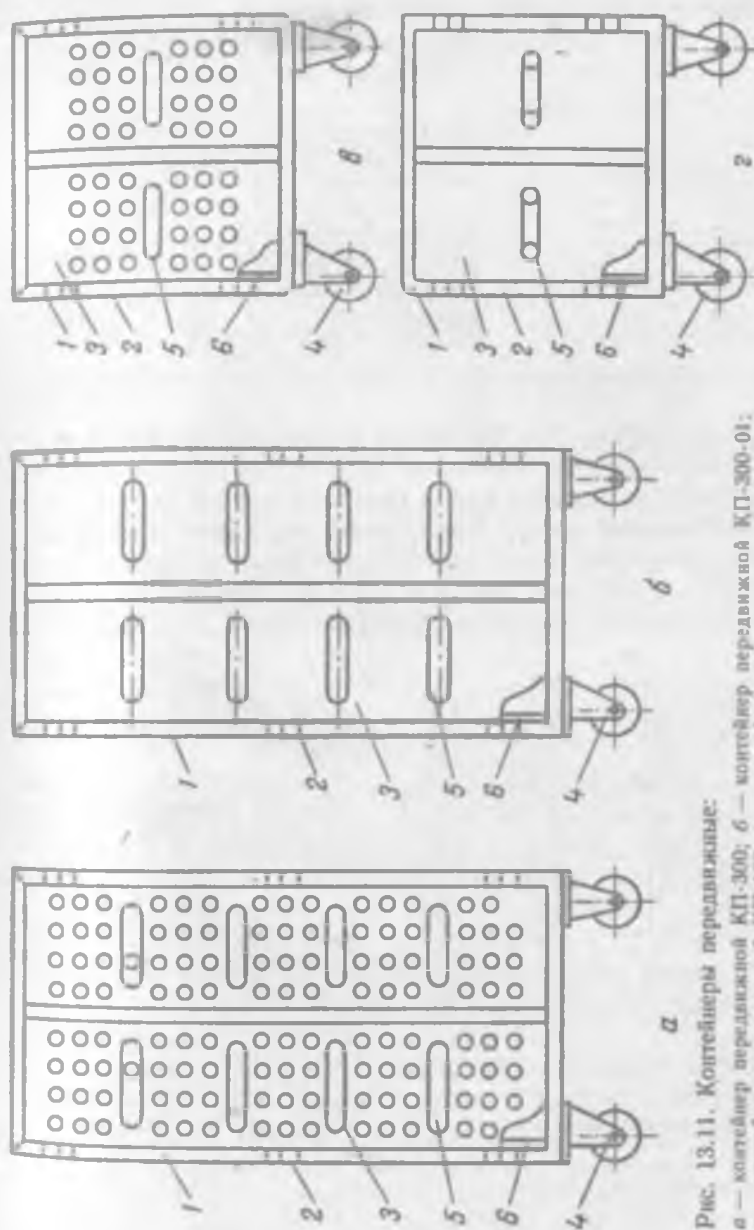


Рис. 13.11. Контейнеры передвижные:
 а — контейнер передвижной КП-300; б — контейнер передвижной КП-160; в — контейнер передвижной КП-160-01;
 1 — облицовка; 2 — дверь; 3 — каркас; 4 — колеса; 5 — моветт; 6 — направляющая

транспорте для внутренних и международных перевозок.

Количество и тип функциональных емкостей, используемых в контейнерах, указаны в табл. 13.3.

ТАБЛИЦА 13.3

Емкости		Количество емкостей в контейнерах	
Обозначение	Размеры, мм	КП-300	КП-160
E1×200K1	530×325×200	10	6
E1×150K1	530×325×150	14	8
E1×100K1	530×325×100	14	8
016×20	530×325×20	36	16
016×40	530×325×40	36	16

Контейнеры, доставленные универсальным или специализированным автотранспортом на доготовочные предприятия, выгружают и перемещают на склады или в холодильные камеры предприятия. Затем из контейнеров извлекают функциональные емкости с продуктами и полуфабрикатами высокой степени готовности, а также с готовыми блюдами, устанавливают на передвижные стеллажи (рис. 13.12) и транспортируют в горячий цех предприятия.

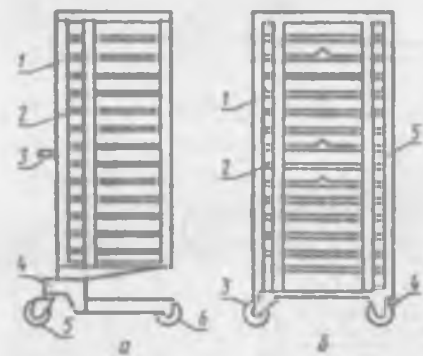


Рис. 13.12. Стеллажи передвижные:

а — стеллаж передвижной СП-125: 1 — каркас; 2 — направляющая; 3 — ручка; 4 — основание; 5 — колесо поворотное; 6 — колесо неповоротное; б — стеллаж передвижной СП-230: 1 — каркас; 2 — направляющая; 3 — колесо поворотное; 4 — колесо неповоротное; 5 — решетка

Продукция высокой степени готовности, находящаяся в функциональных емкостях, только разогревается в шкафах или на плитах и на раздачу подается в этих же емкостях, а полуфабрикаты проходят доготовку.

Функциональные емкости и контейнеры, освободившиеся от продуктов, вновь отправляются заготовочным предприятиям, где они разбираются, моются,

сушатся и снова направляются в цехи для загрузки их полуфабрикатами и продукцией высокой степени готовности.

Технологическая характеристика оборудования для перемещения функциональных емкостей представлена в табл. 13.4.

ТАБЛИЦА 13.4

Техническая характеристика оборудования для перемещения функциональных емкостей

Тип оборудования	Наименование оборудования	Грузоподъемность, кг	Габариты, мм	Масса, кг
КП-300	Контейнер передвижной	300	800×600×700	80
КП-300-01	То же	300	800×600×700	85
КП-160	То же	160	800×600×900	57
КП-160-01	То же	160	800×600×900	60
СП-230	Стеллаж передвижной	230	734×605×1500	38
СП-125	То же	125	690×400×1500	36
ТП-80	Тележка с подъемной платформой (высота подъема 120...1000 мм)	80	874×400×1250	46
ТП-80К	Тележка подъемная (высота подъема 950...1600 мм)	80	874×406×1250	46

На организационно-технологических планах горячих цехов должны быть обозначены границы участков: местонахождения передвижного оборудования; приготовления первых блюд; приготовления гарниров, сладких блюд и напитков; приготовления вторых блюд (рис. 13.13). Участок приготовления первых блюд включает рабочие места по подготовке продуктов к варке и раздаче, варки первых блюд и розлива их в мармиты.

Рабочее место по подготовке продуктов к варке и раздаче может включать в себя секцию-стол со встроенной моечной ванной и секцию-стол с охлаждаемым шкафом, грузовую тележку.

Необходимо учитывать, что к рабочим местам подготовки варки первых блюд подвозят на тележках или стеллажах в функциональных емкостях или на плитной посуде различные продукты, а готовые блюда

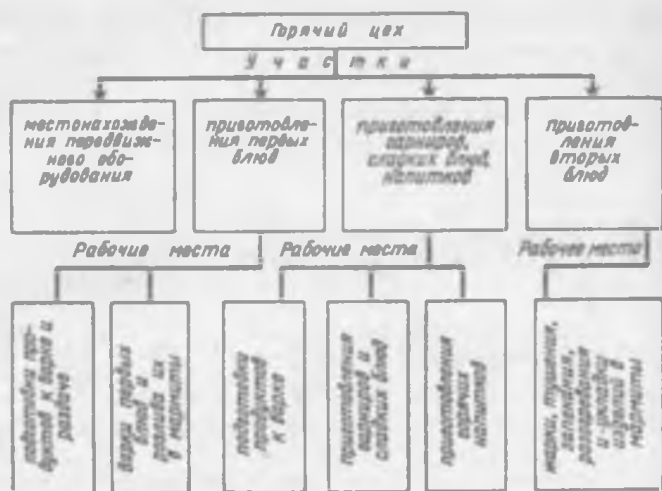


Рис. 13.13. Производственная структура горячего цеха

в передвижных котлах или мармитах транспортируют на линии комплектации или раздачи. Поэтому проходы к рабочим местам должны быть достаточно широкими, чтобы по ним можно было провозить данное оборудование.

Рабочее место варки первых блюд и розлива их в мармиты включает в себя котлы пищеварочные, устройства варочные электрические.

Приготовленные в стационарных котлах бульоны переливают в передвижной котел, который затем перевозится и устанавливается в варочное устройство. Здесь в нем варится первое блюдо. После приготовления блюда передвижной котел отсоединяется от парогенератора варочного устройства и направляется на раздачу.

Рабочие места по подготовке продуктов и полуфабрикатов к приготовлению первых и вторых блюд могут быть объединены или организованы отдельно. Участки по приготовлению первых и вторых блюд должны располагаться смежно или быть взаимно увязаны.

Участок приготовления вторых блюд включает рабочие места для тушения, жарки, запекания и укладки изделий в мармиты и оборудуется электрическими сковородами и жарочными шкафами.

Количество единиц оборудования на рабочих местах

и численность обслуживающего персонала зависят от мощности предприятия.

При приготовлении вторых блюд в функциональных емкостях на тележках или стеллажах к сковородам и шкафам подвозятся жир, мелкокусковые полуфабрикаты (гуляш, бефстроганов, поджарка, рагу и др.). Порожние емкости устанавливаются на тележку. Функциональные емкости с полуфабрикатами устанавливаются на вставку, которые затем выкладываются на сковороду.

Подкатывается мармит, готовые продукты выгружаются, после чего мармит с готовыми изделиями перекачивается на линию комплектации или раздачи. При приготовлении жареных изделий включается и разогревается шкаф; к нему подвозятся на стеллажах функциональные емкости с полуфабрикатами. Доставленные к жарочному шкафу в функциональных емкостях полуфабрикаты доводятся до готовности.

Готовые продукты вместе с функциональными емкостями извлекаются из шкафа и устанавливаются в передвижные тепловые шкафы, в которых они транспортируются на раздачу.

Участок приготовления гарниров, сладких блюд и напитков имеет рабочие места по подготовке продуктов к варке, по приготовлению гарниров, сладких блюд и горячих напитков.

Рабочее место подготовки продуктов к варке и затариванию оборудуется секцией-столом с моечной ванной, секцией-столом с малой механизацией.

Рабочее место по приготовлению гарниров и сладких блюд оборудуется котлами пищеварочными, ванной передвижной, машиной для приготовления картофельного пюре. Варка гарниров осуществляется в перфорированных функциональных вкладышах, которые устанавливаются в кассеты, а кассеты помещают в пищеварочные котлы КЭ-100, КЭ-160, КЭ-250.

Для загрузки и выгрузки кассет с перфорированными вкладышами используются тележки (рис. 13.14). Перфорированные вкладыши с готовыми продуктами устанавливают в функциональные емкости и доставляют на раздачу в стеллажах или в передвижных мармитах (рис. 13.15).

Рабочее место приготовления напитков оборудуется плитами, кипятильниками, производственными столами,

Количество единиц оборудования и их тип определя-

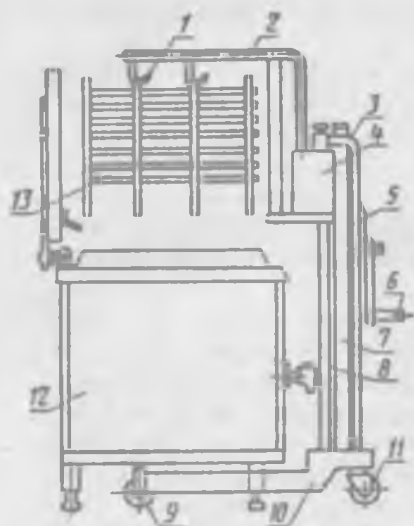


Рис. 13.14. Тележка подъемная ТП-80К.

1 — захваты; 2 — пульт; 3 — поручни; 4 — каретка; 5 — редуктор; 6 — рукоятка; 7 — каркас; 8 — направляющая; 9 — колесо; 10 — рама; 11 — тормозное устройство; 12 — котел электрический; 13 — кассета К-М1

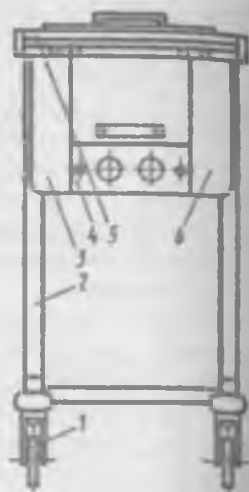


Рис. 13.15. Мармит передвижной МП-28:

1 — колесо; 2 — каркас; 3, 6 — облицовки; 4 — панель управления; 5 — стол

ется мощностью предприятия и источником энерго-снабжения.

Кроме основных участков и рабочих мест на организационно-технологических планах могут предусматриваться отделения (участки) по приготовлению диетических блюд.

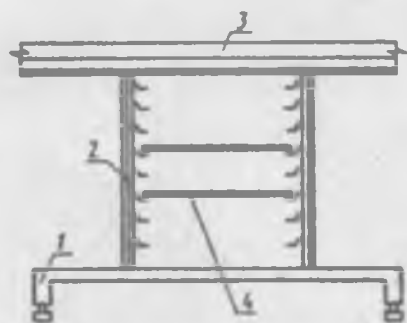


Рис. 13.16. Стол производственный СП-1200:

1 — каркас; 2 — стойка; 3 — стол; 4 — решетка

Как и основные участки, диетические отделения (участки) включают рабочие места варки первых диетических блюд и разлива их в мармиты; приготовления гарниров, сладких блюд и напитков; жарки, тушения, припускания, запека-

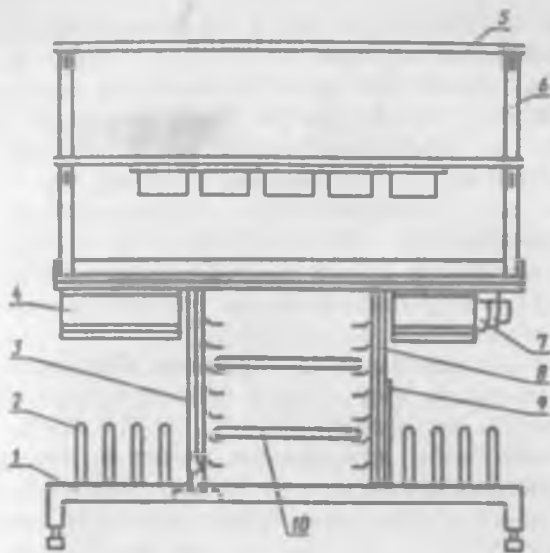


Рис. 13.17. Стол производственный СПММ-1500:

1 — каркас; 2, 6 — стойки; 3, 8 — боковины; 4 — выдвижной ящик; 5 — полка; 7 — ящик; 9 — крышка; 10 — решетка

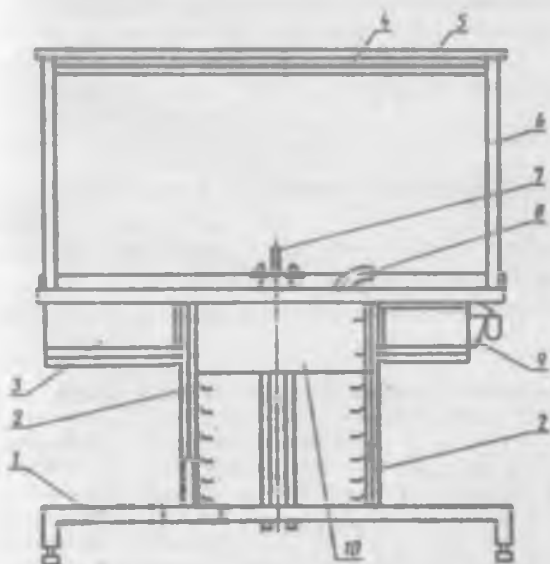


Рис. 13.18. Стол производственный СПМ-1500:

1 — каркас; 2, 6 — стойки; 3 — выдвижной ящик; 4 — тумба; 5 — полка; 7 — смеситель; 8 — щетка; 9 — ящик; 10 — облицовка

ния изделий и укладки их в мармиты; приготовления и порционирования холодных блюд и закусок.

Рабочее место по приготовлению и порционированию холодных блюд и закусок оборудуется холодильным шкафом, секцией-столом со встроенной моечной ванной, секцией-столом с охлаждаемым шкафом, горкой и емкостью для салатной массы, секцией-столом с малой механизацией.

Рабочее место варки первых диетических блюд и розлива их в мармиты оборудуется одним или несколькими котлами.

Рабочее место по приготовлению гарниров, сладких блюд и напитков оборудуется котлами пищеварочными небольшой вместимости.

Рабочее место для жарки, тушения, припускания, запекания изделий и укладки их в мармиты оборудуется универсальным приводом, электрической сковородой, плитой.

Готовая продукция доставляется на раздачу в стел-

ТАБЛИЦА 13.5

Количество функциональных емкостей,
устанавливаемых в стеллажах передвижных

Обозначение емкости	СП-230	СП-125
	Количество емкостей	
E1 × 200K1	10	4
E1 × 150K1	14	7
E1 × 100K1	14	7
016 × 20	30	14
016 × 40	30	14

Техническая характеристика производственных столов

Производственные столы	Функциональный объем, м ³	Площадь полок для хранения, м ²		Вместимость функциональных емкостей, м	
		инвентаря	разделочных досок	кухонного инвентаря	специй
СПММ-1500	0,21	1,0	0,56	0,3	0,01
СПМ-1500	0,14	1,06	—	0,3	—
СП-1200	0,21	0,36	—	—	—

лажах, передвижных мармитах, тепловых шкафах и подъемных тележках. Лифты, применяемые на предприятиях общественного питания, должны быть приспособлены для перевозки стеллажей и контейнеров. Проектом должно быть предусмотрено место установки стеллажей и других видов передвижного оборудования.

В номенклатуру оборудования, отвечающего стандартам СЭВ, включены столы. Люберецкое СКБ разработало несколько видов столов сборно-разборной конструкции. Все они имеют функциональные объемы, на направляющие которых вставляются функциональные емкости.

Стол СПМ-1500 предназначен для подготовки полуфабрикатов к холодной и тепловой обработке, мытья и нарезки зелени, а также хранения кухонного инвентаря и функциональных емкостей.

Стеллажи передвижные СП-125 и СП-230 предназначены для внутрицехового и междцехового транспортирования функциональных емкостей с полуфабрикатами, готовыми кулинарными и кондитерскими изделиями на заготовочных, доготовочных и предприятиях, работающих на сырье.

Они используются также для осуществления процессов тепловой обработки и хранения продуктов.

Функциональные емкости, которые устанавливаются в стеллажах и производственных столах (рис. 13.16, 13.17, 13.18), приведены в табл. 13.5.

Техническая характеристика производственных столов приведена в табл. 13.6.

В моечных отделениях должен быть предусмотрен участок для санитарной обработки функциональных емкостей и передвижного оборудования. Место для

ТАБЛИЦА 13.6

Электрические характеристики		Габариты, мм	Масса, кг
мощность, кВт	фазность, напряжение		
1	1/220	1500×800×850 (1600)	125
—	—	1500×800×850 (1600)	110
—	—	1200×800×850 (900)	65

мойки передвижного оборудования должно иметь лоток или трап, а также поливочный кран со шлангом.

Участки и рабочие места в горячих цехах должны быть выделены и обозначены на организационно-технологических планах с целью эффективной организации трудовых процессов и экономного использования производственной площади.

Размещение рабочих мест должно обеспечивать прямоточность, непрерывность, параллельность и ритмичность выполняемых производственных процессов, возможность многоаппаратного обслуживания, совмещения профилей и функций за счет соблюдения последовательности технологических операций по приготовлению однородной группы блюд, компоновки взаимосвязанного оборудования в специализированные технологические линии.

Линейная расстановка оборудования дает возможность экономить производственные площади, исключает возвратные движения полуфабрикатов, продуктов и готовых блюд, обеспечивает последовательность и удобную взаимосвязь различных технологических процессов, позволяет лучше соблюдать требования санитарии и гигиены, сокращает количество движений и затраты рабочего времени на выполнение работы, облегчает возможность совмещать профессии и функции.

Направление технологических линий должно быть преимущественно перпендикулярно раздаточным линиям.

Лучшая организация производственных процессов может быть при использовании оборудования, унифицированного с функциональными емкостями.

Применение этого оборудования обеспечивает кратчайшие пути движения предметов труда, минимальное количество операций по перемещению, погрузке и разгрузке за счет использования функциональных емкостей и передвижного оборудования. Планировка рабочих мест дает возможность поддерживать зрительную связь между всеми работающими в цехе, а также позволяет эффективно обслуживать рабочие места.

13.3. ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ЛИНИЙ САМООБСЛУЖИВАНИЯ

Линии самообслуживания могут комплектоваться при проектировании в любом наборе, так как с 1986—

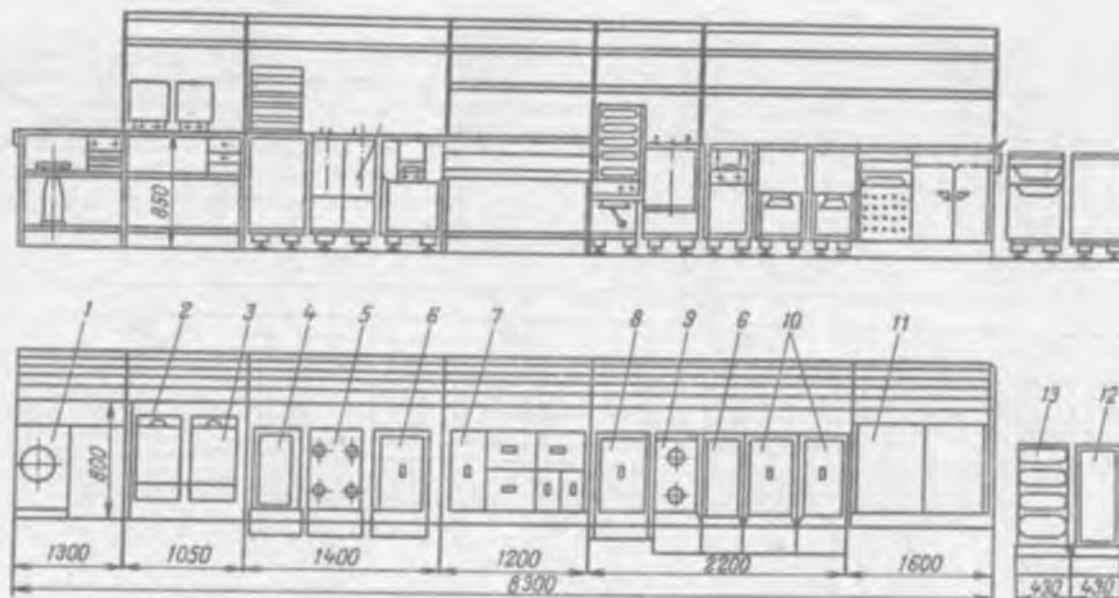


Рис. 13.20. Линия самообслуживания ЛС-Б:

1 — прилавок-касса ЛС-1; 2 — прилавок для горячих напитков ЛС-3; 3 — термостат электрический ТЭ-25; 4 — тележка с выжимным устройством ТВС-120-01; 5 — тележка с выжимным устройством ТВТ-240; 6 — мармит передвижной МП-28; 7 — мармит стационарный электрический МСЭ-84; 8 — шкаф тепловой передвижной ШТПЭ-1; 9 — тележка с выжимным устройством ТВТ-120; 10 — котел передвижной КП-60; 11 — прилавок-витрина холодильный ЛС-2; 12 — тележка для подносов ТВП-120; 13 — тележка для столовых приборов ТСП-900

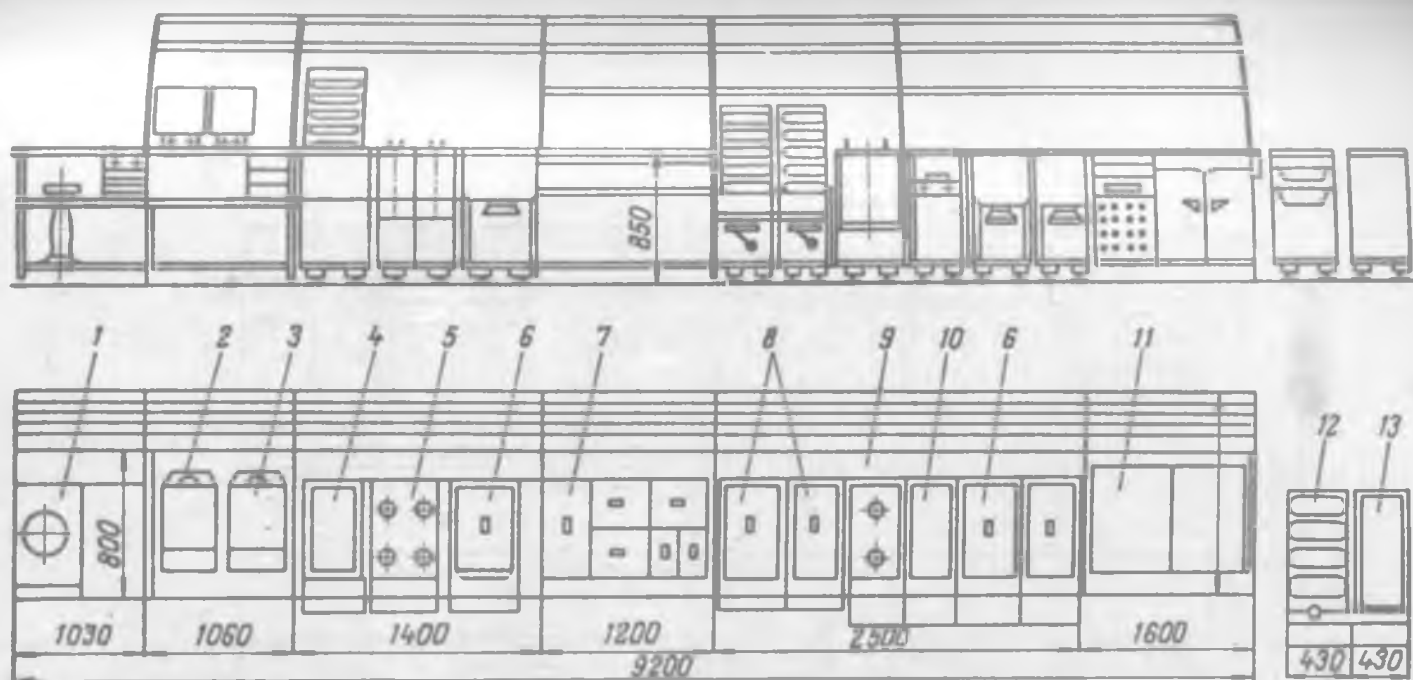


Рис. 13.21. Линия самообслуживания ЛС-В:

1 — прилавок-касса ЛС-1; 2 — прилавок для горячих напитков ЛС-3; 3 — термостат электрический ТЭ-25; 4 — тележка с выжимным устройством ТВС-120-01; 5 — тележка с выжимным устройством ТВТ-240; 6 — котел передвижной КП-60; 7 — мармит стационарный электрический МСЭ-84; 8 — шкаф тепловой передвижной ШТПЭ-1; 9 — тележка с выжимным устройством ТВТ-120; 10 — мармит передвижной МП-28; 11 — прилавок-витрина холодильный ЛС-2; 12 — тележка для столовых приборов ТСП-900; 13 — тележка для подносов ТРП-120

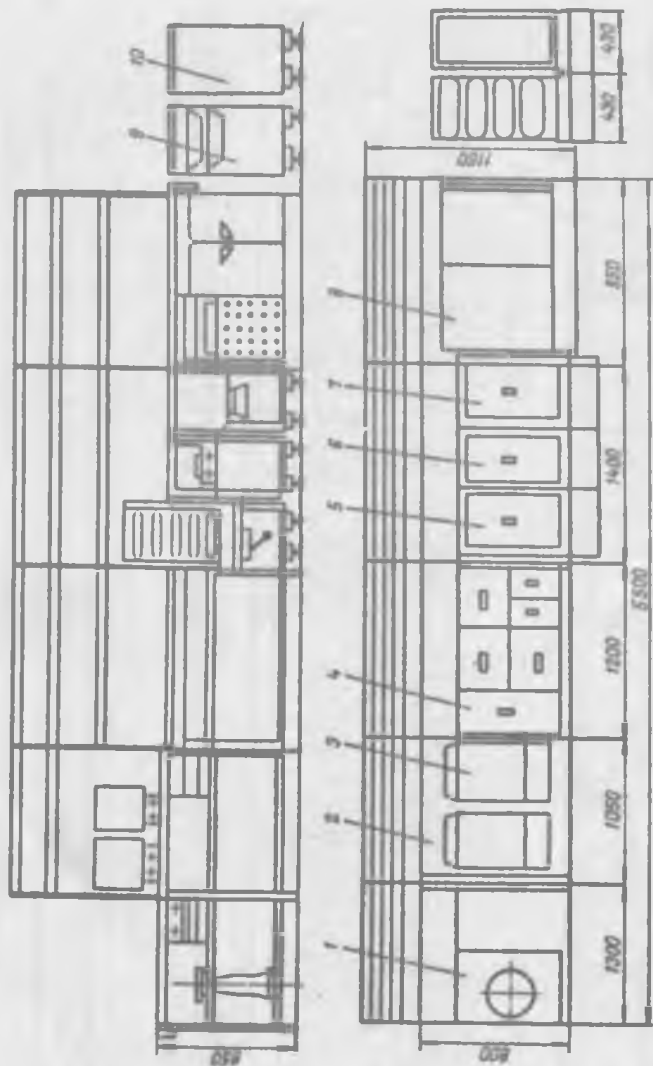


Рис. 13.22. Линия самообслуживания ЛС-Г:

1 — прилавок-касса ЛС-1; 2 — прилавок для горячих напитков ЛС-3; 3 — термостат электрический ТЭ-25; 4 — мармит стационарный электрический МСЭ-84; 5 — шкаф тепловой передвижной электрический ШПЭ-1; 6 — мармит передвижной МП-29; 7 — котел передвижной КП-60; 8 — прилавок-виррина холодильный ЛС-2; 9 — тележка для столовых приборов ТСП-900; 10 — тележка для посуды ФНП-120

1987 гг. промышленность поставляет прилавки-кассы, прилавков под термостаты, элементы для въезда передвижного оборудования, элементы для доукомплектования прилавка-мармита и прилавка-холодильника витринами и всех стационарных составляющих элементов линий направляющими для подносов.

Линии комплектования обедов могут собираться из передвижного оборудования (приложение 1), транспортера ТКО и стойки-накопителя СНР-6, которые имеют самостоятельную подставку.

Линии самообслуживания выпускаются четырех исполнений: ЛС-А (50 мест), ЛС-Б (50 мест), ЛС-В (75 мест) — для диетических столовых, ЛС-Г (50 мест). Общий вид этих линий показан на рис. 13.19, 13.20, 13.21 и 13.22.

Производительность линий может быть увеличена в 2—3 раза при раздаче обедов с предварительной оплатой или увеличении числа раздатчиц.

Линии выпускаются в правом исполнении. Для левого исполнения необходимо сделать их перекомпоновку в обратном порядке и осуществить перестановку кассы.

Техническая характеристика линий самообслуживания приводится в табл. 13.7, в табл. 13.8 приведен состав линий самообслуживания.

На предприятиях общественного питания для сохранения в горячем состоянии вторых блюд и кулинарных изделий, а также для раздачи их потребителям служат шкафы ШТЭ-1 и ШТПЭ-1 (рис. 13.23).

Прилавок-витрина холодильный ПВХС-1-315 (ЛС-2) (рис. 13.24) предназначен для демонстрации и кратко-

ТАБЛИЦА 13.7

Техническая характеристика линий самообслуживания

Линия	Вместимость емкостей, дм ³		Площадь противней тепловых шкафов, м ²	Электрические характеристики			Масса, кг
	первых блюд	вторых блюд		мощность, кВт	фазность	напряжение, В	
ЛС-А	68	84	2,04	5,89	3	380	950
ЛС-Б	108	112	2,04	6,52	3	380	1100
ЛС-В	108	144	3,06	7,15	3	380	1150
ЛС-Г	68	84	2,04	5,89	3	380	900

Состав линий самообслуживания

Тип оборудования	Наименование оборудования	ЛС А	ЛС Б	ЛС В	ЛС Г
ЛС-2	Прилавок-касса	1	1	1	1
	Прилавок-витрина холодильный	1	1	1	1
ЛС-3	Прилавок для горячих напитков	1	1	1	1
МСЭ-84	Мармит стационарный	1	1	1	1
ШТПЭ-1	Шкаф тепловой передвижной	2	2	3	1
МП-28	Мармит передвижной	1	2	1	2
КП-40	Котел передвижной	1	2	2	1
КП-60	Котел передвижной	—	—	1	—
ТСП-900	Тележка для столовых приборов	1	1	1	1
ТВП-120	Тележка для подносов	1	1	1	1
ТВТ-120	Тележка для тарелок диаметром 240 мм	2	2	2	—
ТВТ-240	Тележка для тарелок диаметром 200 мм	2	2	2	—
ТВС-120-01	Тележка для стаканов	1	1	1	—
ТЭ-25	Термостат	2	2	2	2

временного хранения холодных закусок, размещенных на охлаждаемой поверхности витрины, в охлаждаемом шкафу и на полках витрины.

Для кратковременного сохранения в горячем состоянии супов, соусов, соусных блюд и гарниров, а также для их раздачи потребителям предназначен мармит передвижной электрический МП-28.

Техническая характеристика холодильного и теплового раздаточного оборудования приведена в табл. 13.9.

Техническая характеристика тележек с выжимным устройством (рис. 13.25, а, б, в) приведена в табл. 13.10.

Рис. 13.23. Шкаф тепловой ШТПЭ-1:

1 — колесо; 2 — крышка; 3 — датчик-реле температуры; 4 — сигнальная лампа; 5 — штепсельная вилка

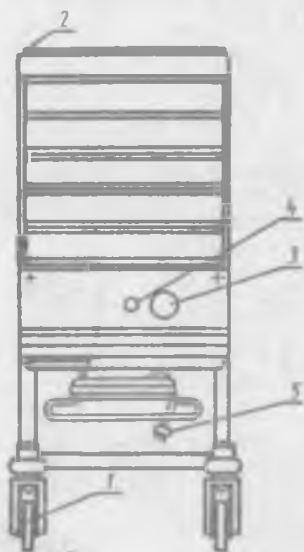


Рис. 13.24. Прила-
вок-витрина холо-
дильный ПВХС-
1-315 (ЛС-2):

1 — поддон; 2 —
съемная решетка; 3 —
панель терморегуля-
тора; 4 — терморегу-
лятор; 5 — переключатель; 6 — замок;
7 — дверь

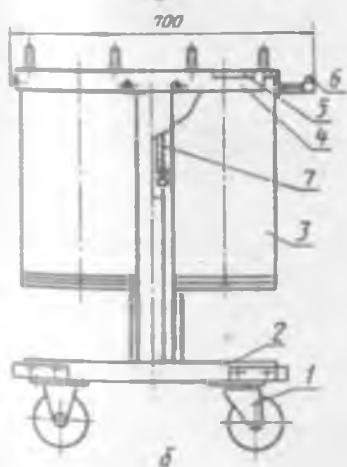
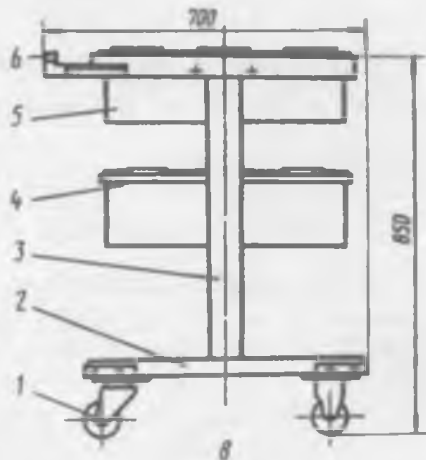
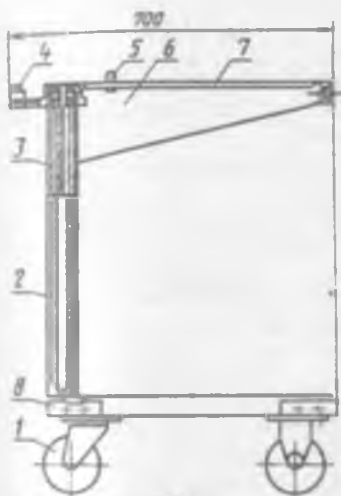
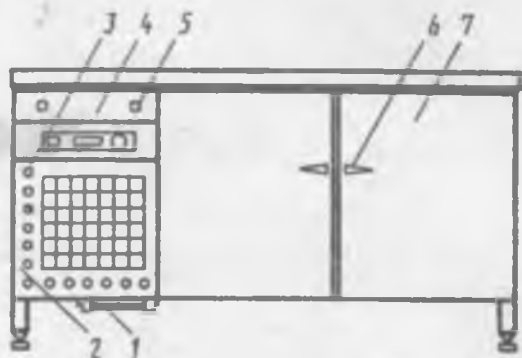


Рис. 13.25. Тележки с выжимным устройством:

а — тележка ТВП-120: 1 — колесо; 2 — стойка; 3 — пружина; 4 — ручка; 5 — ось; 6 — кронштейн; 7 — платформа; 8 — амортизатор; б — тележка ТВТ-240: 1 — колесо; 2 — рама; 3 — цилиндр; 4 — кронштейн; 5 — платформа; 6 — ручка; 7 — пружина; 8 — тележка для столовых приборов ТСТ-900: 1 — колесо; 2 — рама; 3 — стойка; 4 — кронштейн; 5 — емкость; 6 — ручка

Технические характеристики холодильного и теплового раздаточного

Тип оборудования	Наименование оборудования	Вместимость функциональных объемов
ПВХС-0,315	Прилавок-витрина холодильный	0,315 м³
МСЭ-84	Мармит стационарный	84 дм³
МСЭ-84-01	Мармит стационарный	84 дм³
МП-28	Мармит передвижной	28 дм³
ШТПЭ-1	Шкаф тепловой	1,02 м³
ТЭ-25	Термостат	26 дм³

ТАБЛИЦА 13 10

Технические характеристики тележек с выжимными устройствами

Тележки	Наименование перевозимых предметов	Единовременная загрузка, шт.	Габариты, мм	Масса, кг
ТВТ-240	Тарелки диаметром 200 мм	220	600 × 450 × 850	50
ТВМ-400	Миски	400	600 × 450 × 850	50
ТВБ-480	Баранчики	440	600 × 450 × 850	50
ТВТ-120	Тарелки диаметром 240 мм	120	600 × 400 × 850	35
ТВС-120	Стаканы	120	600 × 400 × 850	30
ТВС-120-01	Стаканы	120	600 × 500 × 850	30
ТВП-120	Подносы	120	600 × 400 × 850	30
ТВЗ-120	Салатники	120	600 × 400 × 850	30
ТСП-900	Столовые приборы	900	600 × 400 × 850	30

13.4. ТРЕБОВАНИЯ, ПРЕДЪЯВЛЯЕМЫЕ К УСТАНОВКЕ И ПОДКЛЮЧЕНИЮ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ

Учитывая то обстоятельство, что оборудование ЕВС МО включает передвижные изделия (стеллажи, контейнеры тележки с подъемной платформой, передвижные котлы, передвижной тепловой шкаф, передвижной мармит, тележки для посуды и приборов), к полу предприятий предъявляются определенные требования. В помещениях пол должен быть ровным, максимальные перепады между плитками на их стыке не должны превышать

ТАБЛИЦА 13.9

оборудования

Электрические характеристики			Габариты, мм	Масса, кг
мощность, кВт	фазность	напряжение, В		
0,47	3	380	1600 × 800 × 850	205
2,5	1	220	1200 × 800 × 330	80
2,5	1	220	1200 × 800 × 1050	120
0,63	1	220	600 × 400 × 850	40
1,26	1	220	600 × 400 × 1026	70
0,5	1	220	360 × 630 × 430	22

1 мм. Покрытие полов должно производиться метлахской плиткой или другим аналогичным материалом.

Переходы между помещениями и участки, примыкающие к лифтам, дебаркадерам, местам разгрузки, должны удовлетворять требованиям, перечисленным выше.

Применяемые на предприятиях общественного питания лифты должны обеспечивать возможность транспортирования в них контейнеров и стеллажей.

В качестве канализационных устройств используются лотки со съёмными решетками, установленными на одном уровне с полом. Канализационные лотки не должны также иметь перепады с уровнем пола более 2 мм. Они должны быть расположены перед технологическими линиями, в состав которых входят устройства варочные УЭВ-60 (рис. 13.26, а), котлы КЭ (рис. 13.26, б), пароварочный аппарат. Длина канализационного приемника должна соответствовать длине оборудования. Кроме того, в канализационных лотках должны быть установлены канализационные трапы диаметром не менее 50 мм.

Канализационное устройство состоит из рамы для установки решетки, самих решеток, канализационного лотка. Канализационный приемник должен иметь уклоны, необходимые для обеспечения направленного стока к трапу.

Материалы, применяемые для изготовления рамы решеток, должны быть коррозионно-стойкими или иметь антикоррозийное покрытие. Размер рамы устанавли-

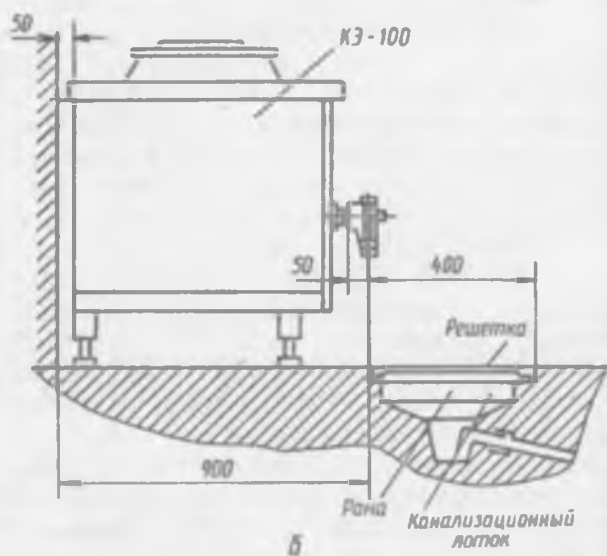
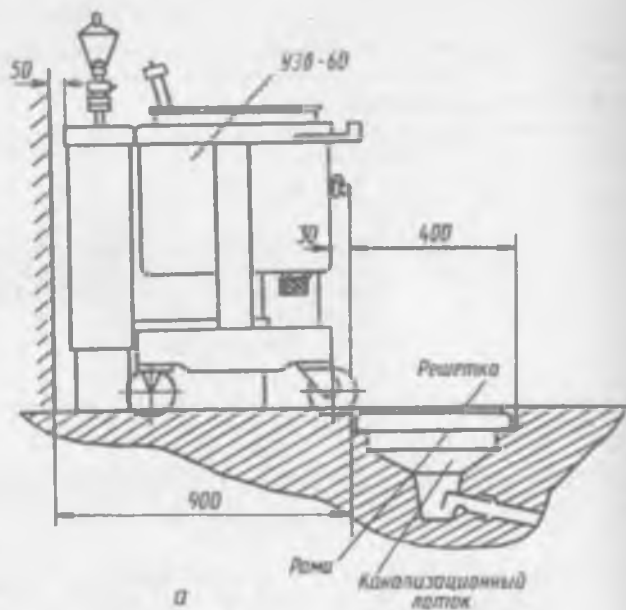


Рис. 13.26. Схема устройства канализационного лотка:
 а — перед устройством варочным УЗВ-60; б — перед котлом
 КЗ-100

вается проектировщиком в зависимости от длины технологической линии или изделий.

В зоне установки устройства варочного УЭВ-60 пол не должен иметь уклон, в противном случае вследствие образования уступа будет затруднен въезд передвижного котла на направляющие парогенератора.

На каждой стойке фермы имеются шесть зажимов заземления. Ферма, на которой установлено оборудование, должна быть заземлена на контакты заземления стойки от каждой трубы, подводящей энергопитание. Количество и диаметр труб для подвода энергопитания определяются для каждого конкретного варианта технологической линии в зависимости от количества электрооборудования, входящего в комплект, а также его расположения в линии. Трубы рекомендуется устанавливать вплотную друг к другу.

Для заземления промежуточных рам ферм верхний контакт заземления должен быть использован под перемычку. Для заземления оборудования, установленного на фермы, используются свободные контакты узла заземления. Под контакты заземления фермы и свободные контакты может быть подведено не более двух заземляющих проводов. Горизонтальные рамы связывают между собой заземляющими перемычками.

Для каждой единицы оборудования на электрическом распределительном пункте цеха устанавливается свой автоматический выключатель или группа плавких предохранителей, от которых провода в одной или нескольких трубах подводятся к стойке фермы.

Рекомендуется в одной трубе прокладывать провода для двух трехфазных или для трех однофазных аппаратов. Если ферма имеет большую длину и на ней устанавливается несколько единиц электротеплового оборудования, то провода в трубах подводят как к левой, так и к правой стойкам фермы. При этом к данной стойке подводятся провода ближе расположенного к ней оборудования.

Переходное сопротивление между составными частями фермы должно составлять не более 0,1 Ом. Для расчета длины провода к каждому энергопотребителю необходимо помнить, что длина прокладки провода, выступающего за трубы до переднего торца рамы, составляет 1100 мм.

Для подключения оборудования указывается местоположение точек ввода на оборудовании.

ПРИЛОЖЕНИЯ

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

Оборудование системы ЕВС МО

Наименование изделия	Условное обозначение и номер технических условий	Основные размеры, мм (длина, ширина, высота)	Габариты, мм (длина, ширина, высота)	Основные технологические параметры, масса изделия	Мощность, кВт	Напряжение, В	Количество вентилируемого воздуха, м³/ч	
							вытяжного	приточного

1. Тепловое оборудование

Устройство электрическое варочное УЭВ-60	Устройство варочное УЭВ-60 ТУ 27-51-3577—82	600 800 850	600 880 895	Номинальная вместимость варочного сосуда котла 60 л; продолжительность разогрева от 20 до 95 °С — 45 мин; 160 кг	9,45	380 с нулевым проводом или 220	650	400
Котел передвижной КП-60	Котел КП-60 ТУ 27-51-3583—82	400 600 850	430 680 895	Номинальная вместимость варочного сосуда 60 л; продолжительность хранения продукта на раздаче — 90 мин; 60 кг				
Котел пищеварочный электрический КЭ-100	Котел КЭ-100 ТУ 27-51-3606—82	800 800 850	800 920 1130	Номинальная вместимость варочного сосуда 100 л; продолжительность разогрева от 20 до 95 °С — 40 мин; производительность после разогрева по готовому продукту (рис и макаронные изделия) — 72 кг/ч; кассета КМ-1 — 1 шт.; вкладыш перфорированный М1×190 — 2 шт.; 160 кг	18,9	380 с нулевым проводом	550	400
Котел пищеварочный электрический КЭ-160	Котел КЭ-160 ТУ 27-51-3606—82	1200 800 850	1200 920 1130	Номинальная вместимость варочного сосуда 160 л; продолжительность разогрева от 20 до 95 °С — 50 мин; производительность после разогрева по готовому продукту (рис и макаронные изделия) — 144 кг/ч; кассета КМ-1 — 2 шт.; вкладыш перфорированный М1×190 — 4 шт.; 190 кг	24	380 с нулевым проводом	650	400

Наименование изделия	Условное обозначение и номер технических условий	Основные размеры, мм (длина, ширина, высота)	Габариты, мм (длина, ширина, высота)	Основные технологические параметры, масса изделия	Мощность, кВт	Напряжение, В	Количество вентилируемого воздуха, м³/ч	
							вытяжного	приточного
Котел пищеварочный электрический КЭ-250	Котел КЭ-250 ТУ 27-51-3606—82	1500 800 850	1500 920 1130	Номинальная вместимость варочного сосуда 250 л; продолжительность разогрева от 20 до 95 °С — 55 мин; производительность после разогрева по готовому продукту (рис и макаронные изделия) — 216 кг/ч; кассета КМ-1—3 шт.; вкладыш перфорированный М1×190 — 6 шт.; 220 кг	30	380 с нулевым проводом	750	400
Кассета КМ-1	Кассета КМ-1 ТУ 27-51-3588—82		540 346 486	Функциональный объем 0,08 м³; 5 кг				
Аппарат пароварочный электрический АПЭ-0,23А	Аппарат АПЭ-0,23А ТУ 27-51-3600—82		900 800 980	Объем рабочих камер 0,23 м³; производительность (по сырому картофелю) — 50 кг/ч; продолжительность разогрева камер от 20 до 95 °С — 18 мин; емкость Е1×65 — 2 шт.; противни — 8 шт.; кассета КМ-1 — 2 шт.; 160 кг	7,5	380 с нулевым проводом или 220	650	400
Аппарат пароварочный электрический АПЭ-0,23Б 01	Аппарат АПЭ-0,23Б 01 ТУ 27-51-3600—82		900 800 1500	Объем рабочих камер 0,23 м³; производительность (по сырому картофелю) — 50 кг/ч; продолжительность разогрева камер от 20 до 95 °С — 18 мин; емкость Е1×65 — 2 шт.; кассета КМ-1 — 2 шт.; противни — 8 шт.; 180 кг	7,5	380 с нулевым проводом или 220	650	400
Сковорода электрическая СЭ-0,22	Сковорода СЭ-0,22 ТУ 27-51-3590—82	500 800	500 885	Площадь пода чаши 0,22 м²; вместимость чаши — 25 дм³; продолжительность разогрева пода чаши до 250 °С — 35 мин; 100 кг	5	220	450	400
Сковорода электрическая СЭ-0,22-01	Сковорода СЭ-0,22-01 ТУ 27-51-3590—82	500 800 850	500 885 900	Площадь пода чаши 0,22 м²; вместимость чаши — 25 дм³; продолжительность разогрева пода чаши до 250 °С — 35 мин; 120 кг	5	220	450	400

Наименование изделия	Условное обозначение и номер технических условий	Основные размеры, мм (длина, ширина, высота)	Габариты, мм (длина, ширина, высота)	Основные технологические параметры, масса изделия	Мощность, кВт	Напряжение, В	Количество вентилируемого воздуха, м³/ч	
							вытяжного	приточного
Сковорода электрическая СЭ-0,45	Сковорода СЭ-0,45 ТУ 51-3590—82	1200 800 330	1200 885 500	Площадь пода чаши 0,45 м²; вместимость чаши — 90 дм³; продолжительность разогрева пода чаши до 250 °С — 25 мин; 220 кг	11,5	380 с нулевым проводом или 220	700	400
Сковорода электрическая СЭ-0,45-0,1	Сковорода СЭ-0,45-01 ТУ 27-51-3590—82	1200 800 850	1200 885 920	Площадь пода чаши 0,45 м²; вместимость чаши — 90 дм³; продолжительность разогрева пода чаши до 250 °С — 35 мин; 250 кг	11,5	380 с нулевым проводом или 220	700	400
Фритюрница электрическая ФЭ-20	Фритюрница ФЭ-20 ТУ 27-51-3576—82	500 800 300	500 800 530	Производительность (по сырому картофелю) 12 кг/ч; номинальное количество жира, заливаемого в жарочную ванну, — 20 л; продолжительность разогрева номинального количества жира — 14	7,5	380 с нулевым проводом	350	200
Фритюрница электрическая ФЭ-20-01	Фритюрница ФЭ-20-01 ТУ 27-51-2576—82	500 800 850	500 800 969	мин; рабочая температура жира в жарочной ванне — 170 °С; корзина — 1 шт.; 50 кг Производительность (по сырому картофелю) 12 кг/ч; номинальное количество жира, заливаемого в жарочную ванну, — 20 л; продолжительность разогрева номинального количества жира — 14 мин; рабочая температура жира в жарочной ванне — 170 °С; корзина — 1 шт.; 75 кг	7,5	380 с нулевым проводом или 220	350	200
Шкаф жарочный электрический ШЖЭ-0,51	Шкаф ШЖЭ-0,51 ТУ 27-51-3570—82	500 800 980	500 862 996	Площадь противней 0,51 м²; продолжительность разогрева шкафа до рабочей температуры — 35 мин; производительность по сырью: мяса — 18 кг/ч; рыбы — 27 кг/ч; емкость ЕД2Б×40 — 3 шт.; крюк — 1 шт.; 120 кг	8	380 с нулевым проводом или 220	400	—

Наименование изделия	Условное обозначение и номер технических условий	Основные размеры, мм (длина, ширина, высота)	Габариты, мм (длина, ширина, высота)	Основные технологические параметры, масса изделия	Мощность, кВт	Напряжение, В	Количество вентилируемого воздуха, м³/ч	
							вытяжного	приточного
Шкаф жарочный электрический ШЖЭ-0,51-01	Шкаф ШЖЭ-0,51-01 ТУ 27-51-3570—82	500 800 1500	500 862 1516	Площадь противней 0,51 м²; продолжительность разогрева шкафа до рабочей температуры — 35 мин; производительность по сырью: мяса — 18 кг/ч; рыбы — 27 кг/ч; емкость Е016×40 — 3 шт.; крюк — 1 шт.; 145 кг	8	380 с нулевым проводом или 220	400	—
Шкаф жарочный электрический ШЖЭ-0,85	Шкаф ШЖЭ-0,85 ТУ 27-51-3570—82	500 800 980	500 862 996	Площадь противней 0,85 м²; продолжительность разогрева шкафа до рабочей температуры — 35 мин; производительность по сырью: мяса — 30 кг/ч; рыбы — 45 кг/ч; емкость Е016×40 — 5 шт.; крюк — 1 шт.; 140 кг	12	380 с нулевым проводом или 220	500	—
Шкаф жарочный электрический ШЖЭ-0,85-01	Шкаф ШЖЭ-0,85-01	500	500	Площадь противней 0,85 м²; продолжительность разогрева шкафа до рабочей температуры — 35 мин; производительность по сырью: мяса — 30 кг/ч; рыбы — 45 кг/ч; емкость Е016×40 — 5 шт.; крюк — 1 шт.; 165 кг	12	380 с нулевым проводом или 220	500	—
Плита электрическая ПЭ-0,17	Плита ПЭ 0,17 ТУ 27-51-3568—82	500 800	500 800	Площадь рабочей поверхности конфорок 0,17 м²; продолжительность разогрева до рабочей температуры — 60 мин; 55 кг	4	220	250	200
Плита электрическая ПЭ-0,17-01	Плита ПЭ-0,17-01 ТУ 27-51-3568—82	500 800 850	500 800 850	Площадь рабочей поверхности конфорок 0,17 м²; продолжительность разогрева до рабочей температуры — 60 мин; 80 кг	4	220	250	200
Плита электрическая ПЭ-0,51	Плита ПЭ-0,51	1000 800 330	1000 800 330	Площадь рабочей поверхности конфорок 0,51 м²; продолжительность разогрева до рабочей температуры — 60 мин; 120 кг	12	380 с нулевым проводом или 220	750	400

Наименование изделия	Условное обозначение и номер технических условий	Основные размеры, мм (длина, ширина, высота)	Габариты, мм (длина, ширина, высота)	Основные технологические параметры, масса изделия	Мощность, кВт	Напряжение, В	Количество вентилируемого воздуха, м³/ч	
							вытяжного	приточного
Плита электрическая ПЭ-0,51-01	Плита ПЭ-0,51-01	1000 800 850	1000 800 850	Площадь рабочей поверхности конфорок 0,51 м²; продолжительность разогрева до рабочей температуры — 60 мин; 160 кг	12	380 с нулевым проводом или 220	750	400
Вставка В-300	Вставка В-300 ТУ 27-51-3569—82	300 800 330	300 800 330	Площадь рабочей поверхности 0,24 м²; 25 кг				
Вставка В-400	Вставка В-400 ТУ 27-51-3569—82	400 800 330	400 800 330	Площадь рабочей поверхности 0,32 м²; емкость $E_{1a} \times 100$ — 2 шт.; 25 кг				
Вставка В-400-01	Вставка В-400-01	400 800 850	400 800 850	Площадь рабочей поверхности 0,32 м²; емкость $E_{1a} \times 100$ — 2 шт.; 45 кг				
Вставка В-500	Вставка В-500 ТУ 27-51-3569—82	500	500	Площадь рабочей поверхности 0,4 м²; емкость $E_{1a} \times 100$ — 2 шт.; 30 кг				

Вставка В-500-01	Вставка В-500-01	500 800 850	500 800 850	Площадь рабочей поверхности 0,4 м²; емкость $E_{1a} \times 100$ — 2 шт.; 50 кг 10 кг				
Отсос местный вентиляционный МВО-0,5	Отсос МВО-0,5 ТУ 27-51-3603—82		490 745 370					
Отсос местный вентиляционный МВО-0,5-01	Отсос МВО-0,5-01 ТУ 27-51-3603—82		520 785 580	Количество фильтров 1 шт.; сопротивление фильтра при расходе воздуха 500 м³/ч — 7 кг/м²; жиросборники — 1 шт.; 30 кг				
Отсос местный вентиляционный МВО-1,2	Отсос МВО-1,2 ТУ 27-51-3603—82		1200 785 580	Количество фильтров 3 шт.; сопротивление фильтров при расходе воздуха 500 м³/ч — 7 кг/м²; жиросборники — 3 шт.; 75 кг				
Отсос местный вентиляционный МВО-1,6	Отсос МВО-1,6 ТУ 27-51-3603—82		1600 785 580	Количество фильтров 4 шт.; сопротивление фильтра при расходе воздуха 500 м³/ч — 7 кг/м²; жиросборники — 4 шт.; 100 кг				

II. Фермы

Ферма ФП-1,2	Ферма ФП-1,2 ТУ 27-51-3578—82	1200 840 2180	1320 840 2180	115 кг				

Наименование изделия	Условное обозначение и номер технических условий	Основные размеры, мм (длина, ширина, высота)	Габариты, мм (длина, ширина, высота)	Основные технологические параметры, масса изделия	Мощность, кВт	Напряжение, В	Количество вентилируемого воздуха, м³/ч	
							вытяжного	приточного
Ферма ФП-1,6	Ферма ФП-1,6 ТУ 27-51-3578—82	1600	1720	120 кг				
		840	840					
		2180	2180					
Ферма ФП-2,4	Ферма-2,4 ТУ 27-51-3578—82	2400	2520	155 кг				
		840	840					
		2180	2180					
Ферма ФП-2,8	Ферма ФП-2,8 ТУ 27-51-3578—82	2800	2920	160 кг				
		840	840					
		2180	2180					
Ферма ФП-3,2	Ферма ФП-3,2 ТУ 27-51-3578—82	3200	3320	165 кг				
		840	840					
		2180	2180					
Ферма ФП-3,6	Ферма-3,6 ТУ 27-52-3578—82	3600	3720	185 кг				
		840	840					
		2180	2180					
Ферма ФП-4,0	Ферма ФП-4,0 ТУ 27-51-3578—82	4000	4420	195 кг				
		840	840					
		2180	2180					
Ферма ФП-4,4	Ферма ФП-4,4 ТУ 27-51-3578—82	4400	4520	205 кг				
		840	840					
		2180	2180					

Ферма ФП-4,8	Ферма ФП-4,8 ТУ 27-51-3578—82	4800	4920	215 кг				
		840	840					
		2180	2180					
Ферма ФП-5,2	Ферма ФП-5,2 ТУ 27-51-3578—82	5200	5320	225 кг				
		840	840					
		2180	2180					
Ферма ФП-5,6	Ферма ФП-5,6 ТУ 27-51-3578—82	5600	5720	235 кг				
		840	840					
		2180	2180					
Ферма ФО-1,2	Ферма ФО-1,2 ТУ 27-51-3578—82	1200	1320	160 кг				
		1580	1580					
		2180	2180					
Ферма ФО-1,6	Ферма ФО-1,6 ТУ 27-51-3578—82	1600	1600	170 кг				
		1580	1580					
		2180	2180					
Ферма ФО-2,4	Ферма ФО-2,4 ТУ 27-51-3578—82	2400	2520	220 кг				
		1580	1580					
		2180	2180					
Ферма ФО-2,8	Ферма ФО-2,8 ТУ 27-51-3578—82	2800	2920	230 кг				
		1580	1580					
		2180	2180					
Ферма ФО-3,2	Ферма ФО-3,2 ТУ 27-51-3578—82	3200	3320	240 кг				
		1580	1580					
		2180	2180					
Ферма ФО-3,6	Ферма ФО-3,6 ТУ 27-51-3578—82	3600	3720	260 кг				
		1580	1580					
		2180	2180					
Ферма ФО-4,0	Ферма ФО-4,0 ТУ 27-52-3578—82	4000	4120	265 кг				
		1580	1580					
		2180	2180					

Наименование изделия	Условное обозначение и номер технических условий	Основные размеры, мм (длина, ширина, высота)	Габариты, мм (длина, ширина, высота)	Основные технологические параметры, масса изделия	Мощность, кВт	Напряжение, В	Количество вентилируемого воздуха, м³/ч	
							вытяжного	приточного
Ферма ФО-4,4	Ферма ФО-4,4 ТУ 27-51-3578—82	4400 1580 2180	4520 1580 2180	275 кг				
Ферма ФО-4,8	Ферма ФО-4,8 ТУ 27-51-3578—82	4800 1580 2180	4920 1580 2180	285 кг				
Ферма ФО-5,2	Ферма ФО-5,2 ТУ 27-51-3578—82	5200 1580 2180	5320 1580 2180	320 кг				
Ферма ФО-5,6	Ферма ФО-5,6 ТУ 27-51-3578—82	5600 1580 2180	5720 1580 2180	330 кг				
III. Вспомогательное оборудование								
Мармит стационарный электрический МСЭ-84	Мармит МСЭ-84 ТУ 27-51-3599—82	1200 800 330		Максимальная полная вместимость 84 дм³; продолжительность выхода мармита на рабочий режим — 25 мин; емкость Е1р×200К1 — 3 шт.; емкость Е3р×200К3 — 3 шт.; ем-	2,5	220	300	200
Мармит стационарный электрический МСЭ-84-01	Мармит МСЭ-84-01 ТУ 27-51-3599—82	1200 800 850		кость Е5р×150К5 — 2 шт.; 80 кг Максимальная полная вместимость 84 дм³; продолжительность выхода мармита на рабочий режим — 25 мин; емкость Е1р×200К1 — 3 шт.; емкость Е3р×200К3 — 3 шт.; емкость Е5р×150К5 — 2 шт.; 120 кг	2,5	220	300	200
Мармит передвижной МП-28	Мармит МП-28 ТУ 27-51-3589—82	400 600 850		Максимальная полная вместимость мармита 28 дм³; продолжительность разогрева мармита от 20 до 80 °С — 15 мин; емкость Е1р×100К1 — 1 шт.; 50 кг	0,63	220		
Шкаф тепловой ШТЭ-1	Шкаф ШТЭ-1 ТУ 27-51-3586—82	400 600 678		Площадь загружаемых противней 1,02 м²; продолжительность разогрева воздуха в шкафу от 20 до 80 °С — 15 мин; противень 01×40 — 6 шт.; 50 кг	1,26	220		
Шкаф тепловой ШТЭ-1-01	Шкаф ШТЭ-1-01 ТУ 27-51-3586—82	400 600 1025		Площадь загружаемых противней 1,02 м²; продолжительность разогрева воздуха в шкафу от 20 до 80 °С — 15 мин; противень 01×40 — 6 шт.; 70 кг	1,26	220		

Наименование изделия	Условное обозначение и номер технических условий	Основные размеры, мм (длина, ширина, высота)	Габариты, мм (длина, ширина, высота)	Основные технологические параметры, масса изделия	Мощность, кВт	Напряжение, В	Количество вентилируемого воздуха, м³/ч	
							вытяжного	приточного
Шкаф тепловой передвижной ШТПЭ-1	Шкаф ШТПЭ-1	400		Площадь загружаемых противней 1,02 м²; продолжительность разогрева воздуха в шкафу от 20 до 80 °С — 15 мин; противень 01 × 40 — 6 шт.; 70 кг	1,26	220		
Прилавок-витрина холодильный ПВХС-1-0,315 (ЛС-2)	Прилавок-витрина ПВХС-1-0,315 (ЛС-2) ТУ 27-51-3605—82	1600 800 850	1600 800 850	Полезный объем прилавка-витрины 0,32 м³, в том числе витрины — 0,02 м³; шкафа — 0,3 м³; температура воздуха: в шкафу — от 0 до 8 °С, на поверхности витрины — от 0 до 14 °С; номинальная холодопроизводительность холодильного агрегата — 815 Вт (700 ккал/ч); кассета КМ-1 — 2 шт.; решетка — 2 шт.; 205 кг	0,45	380 с нулевым проводом		
Линия самообслуживания ЛС-А	Линия ЛС-А ТУ 27-51-3610—82		8000 1160 1600	Максимальная вместимость емкостей для первых блюд 88 дм³; максимальная вместимость емкостей для вторых блюд 84 дм³; площадь противней для основного продукта — 2,04 м²; номинальный внутренний объем холодильного прилавка — 0,32 м³; 2140 кг	5,89	380 с нулевым проводом		
Линия самообслуживания ЛС-Б	Линия ЛС-Б ТУ 27-51-3610—82		8800 1160 1600	Максимальная вместимость емкостей для первых блюд 148 м³; максимальная вместимость емкостей для вторых блюд — 112 дм³; площадь противней для основного продукта — 2,04 м²; номинальный внутренний объем холодильного прилавка — 0,32 м³; 1400 кг	6,52	380 с нулевым проводом		
Линия самообслуживания ЛС-В	Линия ЛС-В ТУ 27-51-3610—82		9200 1160 1600	Максимальная вместимость емкостей для первых блюд 148 дм³; максимальная вместимость емкостей для	7,15	380 с нулевым проводом		

Наименование изделия	Условное обозначение и номер технических условий	Основные размеры, мм (длина, ширина, высота)	Габариты, мм (длина, ширина, высота)	Основные технологические параметры, масса изделия	Мощность, кВт	Напряжение, В	Количество вентилируемого воздуха, м³/ч	
							вытяжного	приточного
Линия самообслуживания ЛС-Г	Линия ЛС-Г ТУ 27-51-3610—82		6600 1160 1600	вторых блюд — 144 дм³; площадь противней для основного продукта — 3,06 м²; номинальный внутренний объем холодильного прилавка — 0,32 м³; 1500 кг Максимальная вместимость емкостей для первых блюд 88 дм³; максимальная вместимость емкостей для вторых блюд — 84 дм³; площадь противней для основного продукта — 2,04 м²; номинальный внутренний объем холодильного прилавка — 0,32 м³; 980 кг	5,89	380 с нулевым проходом		
Тележка с выжимным устройством ТВП-120	Тележка ТВП-120 ТУ 27-51-3580—82	400 600 850		Единовременная загрузка подносами 120 шт.; 30 кг				
Тележка для столовых приборов ТСП-900	Тележка ТСП-900 ТУ 27-51-3575—82	400 600 850		Единовременная загрузка столовыми приборами 900 шт.; емкости — 2 шт.; вкладыши — 6 шт.; 25 кг				
Тележка с выжимным устройством ТВТ-120	Тележка ТВТ-120 ТУ 27-51-3581—82	400 600 850		Единовременная загрузка тарелками диаметром 240 мм — 120 шт.; 350 кг				
Тележка с выжимным устройством ТВТ-240	Тележка ТВТ-240 ТУ 27-51-3581—82	400 600 850		Единовременная загрузка тарелками диаметром 200 мм — 220 шт.; 50 кг				
Тележка с выжимным устройством ТВМ-400	Тележка ТВМ-400 ТУ 27-51-3581—82	450 600 850		Единовременная загрузка суповыми мисками 400 шт.; 50 кг				
Тележка с выжимным устройством ТВВ-480	Тележка ТВВ-480 ТУ 27-51-3581—82	450 600 850		Единовременная загрузка баранчиками 440 шт.; 50 кг				
Тележка с выжимным устройством ТВС-120	Тележка ТВС-120 ТУ 27-51-3580—82	400 600 850		Единовременная загрузка стаканами 120 шт.; кассеты — 8 шт.; 8 кг				
Тележка с выжимным устройством ТВС-120-01	Тележка ТВС-120-01 ТУ 27-51-3580—82	400 600 850		Единовременная загрузка стаканами 120 шт.; емкости — 4 шт.; емкости — 1 шт.; 30 кг				
Тележка с выжимным устройством ТВЗ-120	Тележка ТВЗ-120 ТУ 27-51-3580—82	400 600 850		Единовременная загрузка салатниками 120 шт.; кассеты — 10 шт.; 30 кг				

Наименование изделия	Условное обозначение и номер технических условий	Основные размеры, мм (длина, ширина, высота)	Габариты, мм (длина, ширина, высота)	Основные технологические параметры, масса изделия	Мощность, кВт	Напряжение, В	Количество вентилируемого воздуха, м³/ч	
							вытяжного	приточного
Контейнер передвижной КП-160	Контейнер КП-160 ТУ 27-51-3579—82	800 600 900		Единовременная максимальная нагрузка 160 кг; 60 кг				
Контейнер передвижной КП-160-01	Контейнер КП-160-01 ТУ 27-51-3579—82	800 600 900		Единовременная максимальная нагрузка 160 кг; 60 кг				
Контейнер передвижной КП-160-02	Контейнер КП-160-02 ТУ 27-51-3579—82	800 600 900		Единовременная максимальная нагрузка 160 кг; 45 кг				
Контейнер передвижной КП-300	Контейнер КП-300 ТУ 27-51-3579—82	800 600 1700		Единовременная максимальная нагрузка 300 кг; 85 кг				
Контейнер передвижной КП-300-01	Контейнер КП-300-01 ТУ 27-51-3579—82	800 600 1700		Единовременная максимальная нагрузка 300 кг; 85 кг				
Стеллаж передвижной СП-125	Стеллаж СП-125 ТУ 27-51-3627—82		680 400 1500	Единовременная максимальная нагрузка 125 кг; 31 кг				
Стеллаж передвижной СП-230	Стеллаж СП-230 ТУ 27-51-3628—82		670 600 1500	Единовременная максимальная нагрузка 230 кг; 46 кг				

Стол производственный СП-1200 Стол СП 1200
ТУ 27-51-3584—82

1200
800
850

Площадь рабочей поверхности стеллажа 0,96 м²; функциональный объем — 0,21 м³; площадь полок для хранения кухонного инвентаря — 0,36 м²; 70 кг

Стол производственный СПМ-1500 Стол СПМ-1500
ТУ 27-51-3601—82

1500
800
1600

Площадь рабочей поверхности стола 1,2 м²; функциональный объем — 0,14 м³; площадь полок для хранения кухонного инвентаря: верхняя полка — 0,5 м²; нижняя полка — 0,56 м²; вместимость моечной ванны — 0,07 м³; емкость Е1а × 100 — 2 шт.; 114 кг

Стол производственный СПММ-1500 Стол СПММ-1500
ТУ 27-51-3602—82

1500
800
1600

Площадь рабочей поверхности стола 1,2 м²; функциональный объем — 0,21 м³; площадь полок для хранения кухонного инвентаря — 1,0 м²; площадь разделочных досок — 0,56 м²; мощность подключаемых средств

Наименование изделия	Условное обозначение и номер технических условий	Основные размеры, мм (длина, ширина, высота)	Габариты, мм (длина, ширина, высота)	Основные технологические параметры, масса изделия	Мощность, кВт	Напряжение, В	Количество вентиляруемого воздуха, м³/ч	
							вытяжного	приточного
				малой механизации — 1 кВт; емкость Е1аХХ100 — 2 шт.; емкость Е4Х100 — 5 шт.; 139 кг				
Тележка подъемная ТП-80К	Тележка ТП-80К ТУ 27-51-3629—82		1030 410 1250	Единовременная максимальная загрузка 80 кг; высота подъема каретки над полом при крайних ее положениях, мм: нижнем — 950; верхнем — 1600; 46 кг				
Тележка подъемная ТП-80	Тележка ТП-80 ТУ 27-51-3630—82		946 410 1250	Единовременная максимальная загрузка 80 кг; высота подъема платформы над полом при крайних ее положениях, мм: нижнем — 120; верхнем — 100; 44 кг				

IV. Емкости функциональные

Емкость функциональная Е1ХХ200К1	Емкость Е1ХХ200К1 ТУ 27-51-3582—82	530 325 200	Вместимость — 28 дм³
Емкость функциональная Е1Х150К1а	Емкость Е1аХ150К1а ТУ 27-51-3582—82	530 325 150	Вместимость — 22 дм³
Емкость функциональная Е1аХ100К1	Емкость Е1аХ100К1а ТУ 27-51-3582—82	530 325 100	Вместимость — 15 дм³
Емкость функциональная Е1Х100К1а	Емкость Е1Х100К1а ТУ 27-51-3582—82	530 325 100	Вместимость — 15 дм³
Емкость функциональная Е1Х65К1	Емкость Е1Х65К1 ТУ 27-51-3582—82	530 325 65	Вместимость — 9,7 дм³
Емкость функциональная перфорированная М1Х190	Емкость М1Х190 ТУ 27-51-3582—82	530 325 190	Вместимость — 26,6 дм³
Противень О1Х40	Противень О1Х40 ТУ 27-51-3582—82	530 325	Вместимость — 6 дм³
Емкость Е01БХ40	Емкость Е01БХ40 ТУ 27-51-3582—82	40 530 40 325	Вместимость — 6 дм³

Влажность некоторых пищевых продуктов

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

Продукт	Влаж- ность, %	Продукт	Влажность, %
Баранина жареная	32	Капуста белоочная:	
Мясо тощее	57	сырая	90
Дичь, птица домаш- няя	70	вареная	97
Бифтекс	43	кашечная	91
Колбасные изделия	72	Морковь, сырая	86...90
Кость	50	Овощи, зелень	65...95
Мясо сливочное	14...15,5	Фрукты свежие	82...92
Молоко коровье	87	Пшено	15
Сливки	75	Рис	10,5...13,5
Сметана	57...73	Крупа гречневая	10...14
Маргарин	16	Лепша	12,5...13,5
Картофель:		Макароны	12,5...13,5
сырой	75		
вареный	80		

Физические параметры дымовых газов

ПРИЛОЖЕНИЕ 3

t, °C	ρ кг/м ³	C_p кДж/(кг·К)	$\lambda \cdot 10^2$ Вт/(м·К)	$\mu \cdot 10^6$ Па·с	$\gamma \cdot 10^6$ м ² /с	Pr
0	1,295	1,042	2,28	15,768	12,20	0,72
100	0,950	1,067	3,15	20,374	21,54	0,69
200	0,748	1,095	4,01	24,471	32,80	0,67
300	0,617	1,021	4,84	28,206	45,81	0,65
400	0,525	1,151	5,70	31,654	60,38	0,64
500	0,457	1,185	6,56	34,819	76,30	0,60
600	0,405	1,212	7,42	37,828	93,61	0,62
700	0,363	1,238	8,26	40,650	112,1	0,61
800	0,329	1,263	9,15	43,336	131,8	0,60
900	0,301	1,288	10,01	45,864	152,5	0,59
1000	0,275	1,304	10,90	47,314	174,3	0,58
1100	0,257	1,322	11,74	50,656	197,1	0,57
1200	0,240	1,399	12,63	52,938	221,0	0,56

ПРИЛОЖЕНИЕ 4

Расчетные характеристики топлива

Топливо	Водяные па- ры V_{H_2O} м ³ /м ³ (кг)	Трехатомные газы V_{CO_2} м ³ /м ³ (кг)	Теплота сго- ния Q_R , Дж/м ³ (кг)	Теоретический расход воздуха $V_{\text{т.}}$ м ³ /м ³ (кг)	Полный объем дымовых газов $V_{\text{д.}}$ м ³ /м ³ (кг)	Азот V_{N_2} м ³ /м ³ (кг)	Сухие газы, $V_{\text{с.г.}}$ м ³ /м ³ (кг)
Природный газ:							
Дашавский	2,15	1,0	35,84	9,52	10,67	7,52	8,52
Бугурусланский	2,08	1,03	33,9	9,01	10,22	7,11	8,14
Мелитопольский	2,11	1,04	35,1	9,35	10,51	7,36	8,40
Щебелинский	2,22	1,07	37,5	9,98	11,19	7,9	8,97
Елшанский	2,13	1,08	36,3	9,57	10,69	7,48	8,56
Ставропольский	2,16	1,04	35,8	9,68	10,60	7,41	8,44
Ухтинский	2,03	1,02	33,3	8,83	9,99	6,94	7,96
Газлинский	2,18	1,04	36,8	9,91	10,92	7,7	8,74
Туймазинский	2,32	1,30	43,04	11,28	12,7	9,08	10,38
Жидкое							
Мазут:							
малосернистый	1,48	—	40,4	10,6	11,48	—	10
сернистый	1,47	—	39,6	10,5	11,45	—	9,98

Топливо	Водяные пары V_{H_2O} , м ³ /м ³ (кг)	Трехатомные газы V_{CO_2} , м ³ /м ³ (кг)	Теплота сгорания Q_d , Дж/м ³ (кг)	Теоретический расход воздуха $V_{\text{теор}}$, м ³ /м ³ (кг)	Полный объем дымовых газов $V_{\text{полн}}$, м ³ /м ³ (кг)	Азот V_{N_2} , м ³ /м ³ (кг)	Сухие газы, $V_{\text{сух}}$, м ³ /м ³ (кг)
Твердое топливо:							
уголь							
Донецкой марки Д	0,49	0,75	18,5	4,15	4,52	3,28	4,03
ЖР	0,34	1,44	23,3	7,21	7,48	5,7	7,14
АШ	0,3	1,33	20,9	6,63	6,93	5,25	6,63
Кузнецкий марки ДР	0,58	1,31	22,86	7,05	7,47	5,58	6,89
АР	0,39	1,39	26,04	7,47	7,89	5,91	7,5
Подмосковный марки Б	0,7	0,56	10,5	2,98	3,62	2,36	2,92
Казловский марки Г	0,57	0,99	20,8	5,52	5,93	4,37	5,36
Карагандинский марки ПЖ	0,58	1,31	22,2	7,05	7,47	5,58	6,89
Печорский марки ПЖ	0,47	1,25	24,8	6,55	6,9	5,18	6,43
Канско-Ачинский марки БР	0,61	0,79	15,42	4,18	4,71	3,31	4,1
дрова	0,95	0,57	10,2	2,81	3,75	2,23	2,8
торф кууской	0,99	0,58	10,7	3,01	3,87	2,39	2,88

Примечания. 1. Д — длиннопламенный, Г — газовый, Б — бурый, АР — антрацит редкий, АШ — антрацит штроб. 2. Характеристики продуктов сгорания даны при коэффициенте избытка воздуха $\alpha = 1$. Пересчет производится по формулам: $V_{\text{сух}} = V_{RO_2} + V_{N_2} + V_{H_2O} + (\alpha - 1) \cdot V_{\text{теор}}$; $V_{\text{полн}} = V_{\text{сух}} + (\alpha - 1) \cdot V_{\text{теор}}$, где $V_{\text{теор}}$ — объем водяных паров при теоретическом количестве воздуха, м³.

Теплофизические характеристики кремнийорганических жидкостей

Характеристика при $P = 0,1$ МПа	Темпе- ратура, К	Теплоноситель		
		ПФМС-4	Сополимер-5	ФМ-6
Плотность ρ , кг/м ³	293,7	1105,1	1028,1	978,4
	317,3	1091,8	1000,8	956,3
	390,4	1028,7	942,9	889,3
	455	982,9	887,1	833,1
	474	967,6	869,3	81,4
	493	952,4	—	—
	296	730,69	71,72	43,62
Динамический коэф- фициент вязкости $\eta \cdot 10^3$, Па·с	317,2	239,4	43,55	29,61
	368,2	37,01	16,54	13,95
	455,2	12,58	5,271	5,03
	474	10,6	4,342	4,123
	493	8,92	—	—
	296,8	1,228	2,613	2,563
	323,2	1,312	2,706	2,658
Изобарная теплоем- кость c_p , кДж/ (кг·К)	374,1	1,498	2,880	2,820
	452,3	1,769	3,140	3,015
	474,7	1,837	3,207	3,098
	493	1,406	—	—
	296,7	—	1277	1201
	324,4	—	1224	1117
	353,3	—	1168	1124
Теплопроводность $\lambda \cdot 10^4$, Вт/(м·К)	442,9	—	988	1006
	473,3	—	923	962
	—	563	573	633
	—	608	588	603
Температура, К:				
кипения				
вспышки				

ПРИЛОЖЕНИЕ 6

Проверочный тепловой расчет аппарата АП-3М
для приготовления и жарки пончиков

Цель расчета. Технологиами разработана новая рецептура теста для пончиков, отличающаяся от рецептуры, рекомендованной паспортными данными к аппарату АП-3М. Необходимо проверить расчетным путем соответствие параметров аппарата новому технологическому процессу.

Исходные данные. Производительность 580 шт./ч, или 26,1 кг/ч, масса выпеченного пончика — 45 г, вместимость жарочного бака — 10 л, рабочая температура масла в жарочном баке — 180 °С, время разогрева аппарата с жиром до рабочего состояния —

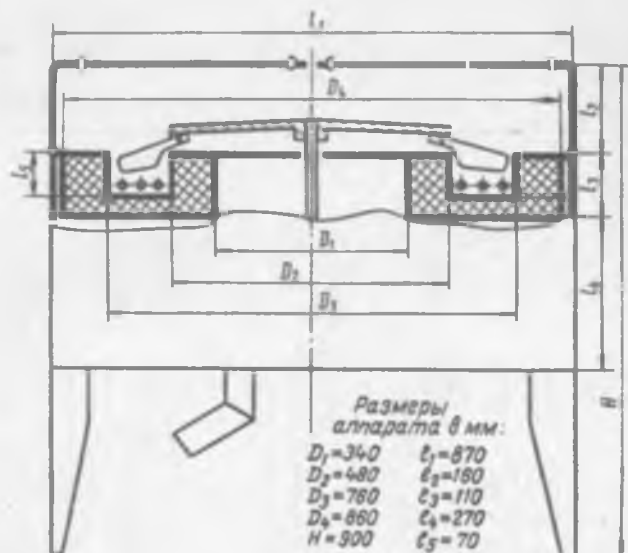


Рис. 1. Расчетная схема аппарата АП-3М

35 мин, расход масла на обжарку 1 кг готовых пончиков — 0,11 кг, время жарки пончика — 2—3 мин.

Предлагаемая рецептура для приготовления теста на 100 шт. пончиков:

Мука пшеничная 1 сорта	2,75 кг
Маргарин (в тесто)	0,15 кг
Сахар (в тесто)	0,30 кг
Дрожжи	0,08 кг
Соль	0,025 кг
Яйца	0,05 кг
Вода	1,8 кг

Итого... 5,155 кг

Расчетная схема аппарата представлена на рис. 1.

Решение. Потребное количество теплоты для нестационарного и стационарного режимов работы определяют по уравнениям теплового баланса для электро-теплового аппарата

$$Q' = Q'_1 + Q'_3 + Q'_6; \quad Q'' = Q'_1 + Q'_5.$$

1. Определение полезно используемой теплоты. При режиме разогрева аппарата полезно используемая теплота расходуется на нагрев пищевого жира,

находящегося в жарочном баке, и определяется по формуле

$$Q'_1 = G_{ж} c_{ж} (t_1 - t_0) (1/\tau),$$

где $G_{ж}$ — масса рафинированного подсолнечного масла, $G_{ж} = V_{ж\rho_{ж}}$, кг; $c_{ж}$ — средняя удельная теплоемкость пищевого жира в интервале температур 20...180 °С: $c_{ж} = 2,139$ кДж/(кг·К), кДж/(кг·К); t_1 — температура нагрева жира, равная температуре жарки ($t_1 = 180$ °С), °С; t_0 — начальная температура пищевого жира; °С; τ — время разогрева аппарата до стационарного режима ($\tau = 2100$ с), с.

$$Q'_1 = 10 \cdot 10^{-3} \cdot 903 \cdot 2,139 (180 - 20) \cdot (1/2100) = 1,472 \text{ кВт}.$$

При стационарном режиме полезно используемая теплота складывается из отдельных статей расхода и определяется по формуле

$$Q'_1 = Gc(t_2 - t_0) + 0,01 x C_r + 0,01 K G c_k (t_3 - t_2) + 0,01 m G c_{ж} (t_1 - t_0).$$

В этом выражении (см. 4.1) первое слагаемое — расход теплоты на нагрев продукта, второе — расход теплоты на испарение влаги из продукта, третье — расход теплоты на образование корочки на продукте, четвертое слагаемое — расход теплоты на нагрев пищевого жира, доливаемого в процессе работы; G — массовая производительность аппарата по сырью при производительности 580 шт./ч согласно рецептуре $G = 5,155 \cdot 580 = 29,9$ кг/ч $= 8,3 \cdot 10^{-3}$ кг/с; c — средняя удельная теплоемкость продукта (теста), определяемая по формуле

$$c = (m_1 c_1 + m_2 c_2 + m_3 c_3 + \dots + m_i c_i) / (m_1 + m_2 + m_3 + \dots + m_i) = (2,75 \cdot 1,035 + 0,15 \cdot 3,2 + 0,3 \cdot 1,26 + 0,08 \cdot 3,9 + 0,025 \cdot 0,88 + 0,05 \cdot 3,64 + 1,8 \cdot 4,19) / 5,155 = 2,28 \text{ кДж/(кг·К)};$$

t_2 — температура нагрева продукта, принимаемая равной 100 °С; t_0 — начальная температура теста после расстойки ($t_0 = 30$ °С); x — истинный процент ужарки ($x = 21$ %); r — скрытая теплота испарения при атмосферном давлении ($r = 2256$ кДж/кг); K — процентное содержание корки в продукте ($K = 20$ %); c_k — удельная теплоемкость корки, которую можно принять как удельную теплоемкость сухого вещества, равную

1,67 кДж/(кг·К); t_3 — средняя температура корки. Принимается как среднеарифметическая величина температур поверхности корки и слоя, граничащего с мякишем изделия ($t_3 = (180 + 100)/2 = 140$ °С; m — расход пищевого жира на обжаривание продукта ($m = 9,6$ %).

Подставляя имеющиеся данные в уравнение теплового баланса, получим

$$Q'_i = 8,3 \cdot 10^{-2} \{ 2,28 (100 - 30) + 0,01 \cdot 21 \cdot 2,256 + 0,01 \times \\ \times 20 \cdot 1,67 \cdot (140 - 100) + 0,01 \cdot 9,6 \cdot 2,139 \cdot (180 - 20) \} = \\ = 5,64 \text{ кВт.}$$

2. Определение потерь теплоты стенками аппарата в окружающую среду. Эти потери для нестационарного и стационарного режимов работы аппарата определяются по формуле

$$Q_5 = \sum_{i=1}^{i=n} \alpha_i F_i (t_{ni} - t_a).$$

Теплоотдающие поверхности аппарата условно разбивают на четыре зоны (согласно расчетной схеме аппарата):

горизонтальная остекленная поверхность откидывающихся крышек F_1 с температурой при стационарном режиме $t'_1 = 60$ °С, размеры — $0,87 \times 0,87$ м;

вертикальная поверхность откидывающихся крышек F_2 (сталь Х18Н9Т) с температурой при стационарном режиме $t'_2 = 60$ °С, высота — $0,16$ м;

вертикальная поверхность, ограждающая жарочный бак F_3 (сталь Х18Н9Т), с температурой при стационарном режиме $t'_3 = 50$ °С, высота — $0,11$ м;

вертикальная поверхность, ограждающая привод аппарата (Ст. 3, покрытая белой эмалью), с температурой при стационарном режиме $t'_4 = 40$ °С, высота — $0,27$ м.

Определяют площади теплоотдающих поверхностей:

$$F_1 = 0,87 \cdot 0,87 = 0,76 \text{ м}^2; \quad F_2 = 0,87 \cdot 0,16 \cdot 4 = 0,56 \text{ м}^2; \\ F_3 = 0,87 \cdot 0,11 \cdot 4 = 0,38 \text{ м}^2; \quad F_4 = 0,87 \cdot 0,27 \cdot 4 = 0,94 \text{ м}^2.$$

Находят средние расчетные температуры теплоотдающих поверхностей при нестационарном режиме:

$$t'_1 = (60 + 20)/2 = 40 \text{ °С}; \quad t'_2 = (60 + 20)/2 = 40 \text{ °С}; \\ t'_3 = (50 + 20)/2 = 35 \text{ °С}; \quad t'_4 = (40 + 20)/2 = 30 \text{ °С}.$$

При этом начальная температура ограждений принимается равной температуре воздуха в помещении: $t_n = t_a = 20^\circ\text{C}$.

Поскольку теплообмен между стенками аппарата и окружающей средой (воздухом) происходит при естественной конвекции (за счет свободного движения воздуха вследствие разности плотностей нагретых и холодных частиц), то для его расчета используют критериальное уравнение

$$Nu = c(Pr \cdot Gr)^n.$$

Величины c и n для отдельных областей изменения произведения $Pr \cdot Gr$ принимаются из табл. 4.4.

За определяющий геометрический размер поверхности принимают:

для горизонтальной остекленной поверхности — ширину $l_1 = 0,87$ м;

для вертикальных поверхностей — высоты ограждения: $l_2 = 0,16$ м, $l_3 = 0,11$ м, $l_4 = 0,27$ м.

Физические константы, входящие в критерии подобия, которые описывают процесс теплоотдачи, принимаются при средней расчетной температуре t_p пограничного слоя воздуха у теплоотдающей поверхности

$$t_{pi} = (t_i + t_a) / 2.$$

Средние расчетные температуры слоя воздуха:

для нестационарного режима

$$t'_{p1} = (t'_i + t_a) / 2 = (40 + 20) / 2 = 30^\circ\text{C}; \quad t'_{p2} = (40 +$$

$$+ 20) / 2 = 30^\circ\text{C}; \quad t'_{p3} = (35 + 20) / 2 = 27,5^\circ\text{C};$$

$$t'_{p4} = (30 + 20) / 2 = 25^\circ\text{C};$$

для стационарного режима

$$t''_{p1} = (t'_i + t_a) / 2 = (60 + 20) / 2 = 40^\circ\text{C};$$

$$t''_{p2} = (60 + 20) / 2 = 40^\circ\text{C};$$

$$t''_{p3} = (50 + 20) / 2 = 35^\circ\text{C}; \quad t''_{p4} = (40 + 20) / 2 = 30^\circ\text{C}.$$

Физические параметры воздуха при расчетных температурах приведены в табл. 1.

Нестационарный режим. Коэффициенты теплоотдачи конвекцией для горизонтальных остекленных поверхностей находят с помощью критерия Грасгофа. Критерий Грасгофа рассчитывают по формуле

ТАБЛИЦА 1

Физические параметры	Единица измере- ния	Температура, °С				
		25	27,5	30	35	40
Кинематический коэффициент вязкости $\nu \cdot 10^6$	м ² /с	15,53	15,77	16,0	16,48	16,96
Коэффициент теплопроводности $\lambda \cdot 10^2$	Вт/(м·К)	2,63	2,65	2,67	2,71	2,76
Критерий Пранд- тля Pr	—	0,702	0,702	0,701	0,700	0,699

$$Gr = 1 / (273 + t_{p1}) \cdot [g (t_1 - t_s) l_1^3 / \nu_{p1}^2] = 1 / (273 + 30) \times \\ \times (9,81 (40 - 20) \cdot 0,87^3 / (16 \cdot 10^{-6})^2) = 1,67 \cdot 10^9.$$

Произведение критериев Прандтля и Грасгофа будет равно

$$Pr_1 \cdot Gr_1 = 0,701 \cdot 1,67 \cdot 10^9 = 1,17 \cdot 10^9.$$

Значение коэффициента пропорциональности c и показателя степени n в критериальном уравнении естественной конвекции $Nu = c (Pr \cdot Gr)^n$ принимаем по табл. 4.4:

$$c = 0,135; \quad n = 1/3.$$

$$Nu_1 = 0,135 \cdot (1,17 \cdot 10^9)^{1/3} = 142.$$

Коэффициент теплоотдачи конвекцией определяется по формуле

$$\alpha_{k1} = Nu_1 \lambda_{p1} / l_1 = 142 \cdot 0,0267 / 0,87 = 4,36 \quad \text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}).$$

Аналогично определяют значения коэффициентов теплоотдачи конвекцией для вертикальных поверхностей. Результаты этих расчетов сводят в табл. 2.

Стационарный режим. Результаты расчетов коэффициентов теплоотдачи конвекцией для этого режима приведены в табл. 3.

Коэффициент теплоотдачи излучением определяют по формуле Стефана-Больцмана

$$\alpha_{\lambda} = \frac{\varepsilon c_0}{t_n - t_s} \left[\left(\frac{t_n + 273}{100} \right)^4 - \left(\frac{t_s + 273}{100} \right)^4 \right],$$

где c_0 — коэффициент излучения абсолютно черного тела, $c_0 = 5,7 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}^4)$; ε — степень черноты полного

ТАБЛИЦА 2

Расчеты коэффициентов теплоотдачи конвекцией для нестационарного режима работы аппарата

№ поверхности	Определяющий размер, м	Температура поверхности, °С	Расчетная температура воздуха, °С	Критерий Грасгофа	Произведение критериев	Показатель степени	Коэффициент пропорциональности, с	Критерий Нуссельта	Коэффициент теплоотдачи конвекцией, Вт/(м²·К)
1	0,87	40	30	$1,67 \cdot 10^9$	$1,17 \cdot 10^9$	1/3	0,135	142	4,36
2	0,16	40	30	$1,04 \cdot 10^7$	$7,26 \cdot 10^6$	1/4	0,54	28	4,67
3	0,11	35	27,5	$2,62 \cdot 10^6$	$1,84 \cdot 10^6$	1/4	0,54	20	4,82
4	0,27	30	25	$2,69 \cdot 10^7$	$1,89 \cdot 10^7$	1/4	0,54	36	3,50

ТАБЛИЦА 3

Расчеты коэффициентов теплоотдачи конвекцией для стационарного режима работы аппарата

№ поверхности	Определяющий размер, м	Температура поверхности, °С	Расчетная температура воздуха, °С	Критерий Грасгофа	Произведение критериев	Показатель степени	Коэффициент пропорциональности, с	Критерий Нуссельта	Коэффициент теплоотдачи конвекцией, Вт/(м²·К)
1	0,87	60	40	$2,87 \cdot 10^9$	$2 \cdot 10^9$	1/3	0,135	170	5,40
2	0,16	60	40	$1,78 \cdot 10^7$	$1,24 \cdot 10^7$	1/4	0,54	32	5,52
3	0,11	50	35	$4,68 \cdot 10^6$	$3,28 \cdot 10^6$	1/4	0,54	23	5,67
4	0,27	40	30	$4,98 \cdot 10^7$	$3,49 \cdot 10^7$	1/3	0,135	44	4,35

нормального излучения поверхности (для поверхностей, покрытых белой эмалью, — $\varepsilon=0,9$, из нержавеющей стали — $\varepsilon=0,43$, из стекла — $\varepsilon=0,937$).

Для нестационарного режима

$$\alpha_{a1} = \frac{0,937 \cdot 5,7}{40 - 20} \left[\left(\frac{40 + 273}{100} \right)^4 - \left(\frac{20 + 273}{100} \right)^4 \right] =$$

$$= 5,95 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{К)};$$

$$\alpha_{a2} = \frac{0,43 \cdot 5,7}{40 - 20} \left[\left(\frac{40 + 273}{100} \right)^4 - \left(\frac{20 + 273}{100} \right)^4 \right] =$$

$$= 2,73 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{К)};$$

$$\alpha_{13} = \frac{0,43 \cdot 5,7}{35 - 20} \left[\left(\frac{35 + 273}{100} \right)^4 - \left(\frac{20 + 273}{100} \right)^4 \right] =$$

$$= 2,7 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К});$$

$$\alpha_{14} = \frac{0,9 \cdot 5,7}{30 - 20} \left[\left(\frac{30 + 273}{100} \right)^4 - \left(\frac{20 + 273}{100} \right)^4 \right] =$$

$$= 5,43 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К});$$

для стационарного режима

$$\alpha_{11}'' = \frac{0,937 \cdot 5,7}{60 - 20} \left[\left(\frac{60 + 273}{100} \right)^4 - \left(\frac{20 + 273}{100} \right)^4 \right] =$$

$$= 6,58 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К});$$

$$\alpha_{12}'' = \frac{0,43 \cdot 5,7}{60 - 20} \left[\left(\frac{60 + 273}{100} \right)^4 - \left(\frac{20 + 273}{100} \right)^4 \right] =$$

$$= 3,04 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К});$$

$$\alpha_{13}'' = \frac{0,43 \cdot 5,7}{50 - 20} \left[\left(\frac{50 + 273}{100} \right)^4 - \left(\frac{20 + 273}{100} \right)^4 \right] =$$

$$= 3,0 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К});$$

$$\alpha_{14}'' = \frac{0,9 \cdot 5,7}{40 - 20} \left[\left(\frac{40 + 273}{100} \right)^4 - \left(\frac{20 + 273}{100} \right)^4 \right] =$$

$$= 5,71 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}).$$

Суммарные коэффициенты теплоотдачи от наружных поверхностей аппарата в окружающую среду будут равны:

для нестационарного режима

$$\alpha_1' = 4,36 + 5,95 = 10,31 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К});$$

$$\alpha_2' = 4,67 + 2,73 = 7,40 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К});$$

$$\alpha_3' = 4,82 + 2,70 = 7,52 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К});$$

$$\alpha_4' = 3,50 + 5,43 = 8,93 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К});$$

для стационарного режима

$$\alpha_1'' = 5,40 + 6,58 = 11,98 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К});$$

$$\alpha_2'' = 5,52 + 3,04 = 8,56 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К});$$

$$\alpha_3'' = 5,67 + 3,0 = 8,67 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К});$$

$$\alpha_4'' = 4,35 + 5,71 = 10,06 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}).$$

Потери теплоты наружными поверхностями аппарата в окружающую среду определяют по формулам:
для нестационарного режима

$$Q_5' = 10,31 \cdot 0,76 (40 - 20) + 7,4 \cdot 0,56 (40 - 20) + 7,52 \times \\ \times 0,38 (35 - 20) + 8,93 \cdot 0,94 (30 - 20) = 366 \text{ Вт};$$

для стационарного режима

$$Q_5' = 11,98 \cdot 0,76 (60 - 20) + 8,56 \cdot 0,56 (60 - 20) + 8,67 \times \\ \times 0,38 (50 - 20) + 10,06 \cdot 0,94 (40 - 20) = 844 \text{ Вт}.$$

При стационарном режиме работы аппарата с помощью вентилятора осуществляется отсос паров фритюра, влаги и воздуха из рабочей камеры в вытяжную систему помещения. В рабочую камеру поступает через вентиляционные отверстия аппарата воздух из окружающей среды помещения. Расход теплоты на нагрев вентиляционного воздуха можно определить по формуле

$$Q_6' = [W / (d_n - d_a)] \cdot c_p \Delta t,$$

где c_p — средняя весовая удельная теплоемкость воздуха, равная $1,01 \text{ кДж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$; Δt — разность температур влажного воздуха на выходе из рабочей камеры и поступающего воздуха ($\Delta t = 180 - 20 = 160^\circ \text{C}$); W — количество пара, образующегося при обжаривании пончиков за счет испарения из них влаги. В нашем примере истинный процент ужарки составляет 21 %, т. е. $W = 0,21 \cdot 8,3 \cdot 10^{-3} = 1,74 \cdot 10^{-3} \text{ кг/с}$; d_n , d_a — влагосодержание воздуха, выходящего из рабочей камеры, и воздуха помещения на 1 кг сухого воздуха. При температуре поступающего воздуха 20°C и его относительной влажности 70 % $d_a = 0,01 \text{ кг/кг}$, при температуре выходящего воздуха 180°C и относительной влажности 40 % $d_n = 0,418 \text{ кг/кг}$.

$$Q_6' = [1,74 \cdot 10^{-3} / (0,418 - 0,01)] \cdot 1,01 \cdot 160 = 0,69 \text{ кВт}.$$

Таким образом, суммарные потери теплоты аппаратом в окружающую среду при стационарном режиме составят

$$Q'_3 = 0,844 + 0,69 = 1,534 \text{ кВт.}$$

При эксплуатации аппарата возможны также тепловые потери за счет открывания крышек с целью его регулировки и устранения возможных неполадок (за-висание лопаток в верхнем положении, застревание пончика и др.).

3. **Определение потерь теплоты на разогрев конструкции аппарата.** Расчет расхода теплоты на разогрев конструкции ведется только для нестационарного режима работы аппарата. Расход теплоты на разогрев конструкции определяется следующим выражением:

$$Q'_6 = Q''_6 + Q'''_6,$$

где Q''_6 — теплота, расходуемая на нагревание металлических конструкций аппарата, кВт; Q'''_6 — теплота, расходуемая на нагревание изоляции, кВт.

$$Q''_6 = \sum_{i=1}^{i=n} G_i c_i (t_i - t_0) (1/\tau),$$

где G_i — масса элемента металлической конструкции (жарочный бак, диск, плита, лопатки и др.) рассчитывается по формуле

$$G_i = V_i \rho_i,$$

где V_i — объем элемента конструкции, м^3 ; ρ_i — плотность материала элемента, $\text{кг}/\text{м}^3$; c_i — теплоемкость материала элемента конструкции, $\text{кДж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$; t_i — средняя конечная температура нагрева элемента конструкции, $^{\circ}\text{C}$; τ — продолжительность разогрева аппарата, с.

$$Q'''_6 = G_n c_n (t_n - t_0) (1/\tau),$$

где G_n — масса изоляционной конструкции, определяемая так же, как и элемента металлоконструкции, кг; c_n — теплоемкость изоляции, $\text{кДж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$; t_n — средняя температура нагрева изоляции, определяемая как $t_n = (t_{nn} + t_{нар})/2$, $^{\circ}\text{C}$; t_{nn} — температура частей изоляции, касающихся жарочного бака, $^{\circ}\text{C}$; $t_{нар}$ — температура частей изоляции, касающихся облицовки аппарата, $^{\circ}\text{C}$;

$$t_n = (180 + 60)/2 = 120 \text{ }^{\circ}\text{C}.$$

Определяют массу отдельных элементов конструкции аппарата (согласно расчетной схеме):

жарочный бак (материал — листовая сталь Х18Н9Т толщиной 1,5 мм, $\rho = 7980 \text{ кг/м}^3$):

$$G = [\pi l_5 (D_2 + D_3) + \pi D_4^2/4] \delta \rho = [3,14 \cdot 0,07 (0,48 + 0,76) + 3,14 \cdot 0,86^2/4] \cdot 1,5 \cdot 10^{-3} \cdot 7980 = 10,2 \text{ кг};$$

диск (материал — сплав алюминиевый АЛ9 толщиной 10 мм, $\rho = 2700 \text{ кг/м}^3$):

$$G = (\pi D_2^2/4) \delta \rho = (3,14 \cdot 0,48^2/4) \cdot 0,01 \cdot 2700 = 4,9 \text{ кг}$$

изоляционная конструкция ($\rho = 770 \text{ кг/м}^3$)

$$G_{\text{и}} = \left[\frac{\pi (D_4^2 - D_1^2)}{4} \cdot l_3 - \frac{\pi (D_3^2 - D_2^2)}{4} \cdot l_5 \right] \rho =$$

$$= \left[\frac{3,14 (0,86^2 - 0,34^2)}{4} \cdot 0,11 - \frac{3,14 (0,76^2 - 0,48^2)}{4} \cdot 0,07 \right] \times$$

$$\times 770 = 26,8 \text{ кг}$$

ТАБЛИЦА 4

Расчеты теплотерь на разогрев конструкции аппарата

Название элемента конструкции	Масса, кг	Температура нагрева, °С	Удельная теплоемкость, кДж/(кг·К)	Расход теплоты, кВт
Жарочный бак	10,2	180	0,468	0,364
Диск	4,9	80	0,92	0,129
Плита	28,0	60	0,46	0,245
Стекло	3,6	60	0,67	0,046
Бак для масла	2,0	50	0,92	0,026
Лопатки	5,2	180	0,468	0,185
Крепления нагревателей	1,7	180	0,468	0,061
Наружное кольцо	7,1	60	0,468	0,063
Внутреннее кольцо	3,0	60	0,468	0,027
Облицовка	6,1	50	0,468	0,041
Корпус нагревателей	4	180	0,468	0,143
Горка переворота	0,8	180	0,468	0,028
Склиз выгрузки	1	180	0,468	0,036
Крышки	16	60	0,468	0,143
Другие элементы	80	40	0,5	0,381
Итого на разогрев металлострукции	173,6			1,918
Теплоизоляция	26,8	120	0,82	1,046
Итого на разогрев аппарата				2,964

ТАБЛИЦА 5

Сводные данные теплового расчета аппарата

Расход теплоты, кВт	Режим работы	
	разогрев	стационарный
Полезно используемая	1,472	5,64
Потери в окружающую среду	0,366	1,534
Потери на разогрев конструкции	2,964	—
Итого...	4,802	7,174

Аналогично проводят расчет массы других элементов конструкции аппарата. С учетом материала, из которого изготовлены отдельные элементы, рассчитывают теплотопотери на разогрев конструкции (табл. 4).

Результаты теплового расчета сводят в итоговую таблицу 5.

Итак, для предлагаемой рецептуры пончикового теста максимальную мощность аппарата целесообразно принять равной 7,2 кВт.

Серийно выпускаемый аппарат АП-3М для приготовления и жарки пончиков оснащен тремя тэнами общей мощностью 7,5 кВт. Проведенные расчеты показывают, что паспортная мощность удовлетворяет требованиям новой технологии.

ПРИЛОЖЕНИЕ 7

Расчет системы газоснабжения

Определить: параметры системы газоснабжения горячего цеха предприятия общественного питания (см. рис.5.3, а).

Исходные данные: теплота сгорания газа $Q_{\text{г}} = 36,2 \text{ МДж/м}^3$ при плотности $\rho = 0,73 \text{ кг/м}^3$ и давлении $P_{\text{г}} = 1300 \text{ Па}$.

Решение. Прежде чем приступить к расчету, составляют аксонометрическую схему газоснабжения (см. рис. 5.3, б).

По схеме определяют расчетные ветви трубопровода. В данном случае вся система состоит из двух расчетных ветвей, подводящих газ. Первая ветвь подводит газ к плите и вторая ветвь — к наиболее удаленному кипятильнику. Расчет каждой ветви производится

отдельно. Первую ветвь делят на расчетные участки I, II, III, IV. Деление начинают от самого удаленного аппарата. Расчетный участок I начинается от плиты и кончается у опуска к котлу, т. е. местом, где меняется количество газа, протекающего по газопроводу.

Расход газа на расчетном участке определяют по мощности установленных на нем аппаратов. Для участка I V_n — расход газа плитой, состоящей из двух секций ПГСМ-2Ш и ПГСМ-2: $V_n = 5,2 + 4 = 9,2 \text{ м}^3/\text{ч}$.

Коэффициент одновременности (K) для участка I целесообразно принять равным 1, так как на участке установлены две секции плиты, которые часто работают одновременно: $V_p = V_n$. Коэффициент одновременности работы аппаратов определяют на основе условий их эксплуатации и исходя из количества аппаратов, установленных в цехе, однако его не рекомендуется принимать менее 0,7.

Предварительно определяют диаметр трубопровода на этом участке. Как правило, он принимается равным диаметру коллектора аппарата, к которому подводится газ.

Для плиты, состоящей из двух секций ПГСМ-2Ш и ПГСМ-2, диаметр принимают равным 50 мм (данные берут из паспорта аппарата или каталога на соответствующее оборудование). На остальных участках по мере увеличения расхода газа размер диаметра увеличивают. При незначительных изменениях расхода газа и небольшой протяженности трубопровода диаметры для удобства монтажа не меняют.

В данном случае на расчетном участке I установлен самый большой потребитель газа, поэтому предварительно на всех участках диаметр можно принять равным 50 мм.

По выбранному диаметру и расчетному количеству газа V_p по табл. 3 для природного газа плотностью $0,7...0,8 \text{ кг}/\text{м}^3$ находим потерю давления на 1 м трубопровода и эквивалентную (условную) длину трубы при $\xi = 1$.

Расчет суммарного коэффициента местных сопротивлений для каждого участка трубопровода приведен в табл. 2.

Расчет потери давления на каждом участке трубопровода приведен в табл. 1.

Потеря давления на преодоление гидростатического напора на опуске $H = 10h = (p_{\text{воз}} - p_r)$:

ТАБЛИЦА 5

Сводные данные теплового расчета аппарата

Расход теплоты, кВт	Режим работы	
	разогрев	стационарный
Полезно используемая	1,472	5,64
Потери в окружающую среду	0,366	1,534
Потери на разогрев конструкции	2,964	—
Итого...	4,802	7,174

Аналогично проводят расчет массы других элементов конструкции аппарата. С учетом материала, из которого изготовлены отдельные элементы, рассчитывают теплотопотери на разогрев конструкции (табл. 4).

Результаты теплового расчета сводят в итоговую таблицу 5.

Итак, для предлагаемой рецептуры пончикового теста максимальную мощность аппарата целесообразно принять равной 7,2 кВт.

Серийно выпускаемый аппарат АП-3М для приготовления и жарки пончиков оснащен тремя тэнами общей мощностью 7,5 кВт. Проведенные расчеты показывают, что паспортная мощность удовлетворяет требованиям новой технологии.

ПРИЛОЖЕНИЕ 7

Расчет системы газоснабжения

Определить: параметры системы газоснабжения горячего цеха предприятия общественного питания (см. рис. 5.3, а).

Исходные данные: теплота сгорания газа $Q_p = 36,2$ МДж/м³ при плотности $\rho = 0,73$ кг/м³ и давлении $P_r = 1300$ Па.

Решение. Прежде чем приступить к расчету, составляют аксонометрическую схему газоснабжения (см. рис. 5.3, б).

По схеме определяют расчетные ветви трубопровода. В данном случае вся система состоит из двух расчетных ветвей, подводящих газ. Первая ветвь подводит газ к плите и вторая ветвь — к наиболее удаленному кипятильнику. Расчет каждой ветви производится

отдельно. Первую ветвь делят на расчетные участки I, II, III, IV. Деление начинают от самого удаленного аппарата. Расчетный участок I начинается от плиты и кончается у опуска к котлу, т. е. местом, где меняется количество газа, протекающего по газопроводу.

Расход газа на расчетном участке определяют по мощности установленных на нем аппаратов. Для участка I V_n — расход газа плитой, состоящей из двух секций ПГСМ-2Ш и ПГСМ-2: $V_n = 5,2 + 4 = 9,2 \text{ м}^3/\text{ч}$.

Коэффициент одновременности (K) для участка I целесообразно принять равным 1, так как на участке установлены две секции плиты, которые часто работают одновременно: $V_p = V_n$. Коэффициент одновременности работы аппаратов определяют на основе условий их эксплуатации и исходя из количества аппаратов, установленных в цехе, однако его не рекомендуется принимать менее 0,7.

Предварительно определяют диаметр трубопровода на этом участке. Как правило, он принимается равным диаметру коллектора аппарата, к которому подводится газ.

Для плиты, состоящей из двух секций ПГСМ-2Ш и ПГСМ-2, диаметр принимают равным 50 мм (данные берут из паспорта аппарата или каталога на соответствующее оборудование). На остальных участках по мере увеличения расхода газа размер диаметра увеличивают. При незначительных изменениях расхода газа и небольшой протяженности трубопровода диаметры для удобства монтажа не меняют.

В данном случае на расчетном участке I установлен самый большой потребитель газа, поэтому предварительно на всех участках диаметр можно принять равным 50 мм.

По выбранному диаметру и расчетному количеству газа V_p по табл. 3 для природного газа плотностью $0,7...0,8 \text{ кг/м}^3$ находим потерю давления на 1 м трубопровода и эквивалентную (условную) длину трубы при $\xi = 1$.

Расчет суммарного коэффициента местных сопротивлений для каждого участка трубопровода приведен в табл. 2.

Расчет потери давления на каждом участке трубопровода приведен в табл. 1.

Потеря давления на преодоление гидростатического напора на опуске $H = 10h = (p_{\text{воз}} - p_r)$:

№ участка	Длина участка I, м	Расход газа на расчетном участке V_n , $\text{м}^3/\text{ч}$	Коэффициент одновременности K	Расчетный расход газа V_p , $\text{м}^3/\text{ч}$	Диаметр трубопровода d, мм	Удельная потеря давления 1 м трубы H_0 , Па
I	11,8	9,2	1,0	9,2	50	0,44
II	1,5	12,1	0,95	11,5	50	0,62
III	1,5	14,9	0,87	13,0	50	0,75
IV	13,3	23,9	0,85	20,3	50	1,75
V	5,0	3,8	1,0	3,8	20	6,7
VI	1,5	7,6	0,95	7,25	32	1,85
VII	4,0	9,0	0,9	8,1	32	2,1

Наименование местного сопротивления	Коэффициент местного сопротивления φ	Количество местных					
		№ участка					
		I		II			
		n	$\Sigma \xi$	n	$\Sigma \xi$		
Угольник	0,36	5	1,8	—	—		
Тройник (на проходе)	1	1	1	1	1		
Тройник (на ответвлении)	1,5	—	—	—	—		
Кран ($D_y = 20$ мм и более)	2,5	1	2,5	—	—		
Сужение внезапное	0,35	—	—	—	—		
Сумма коэффициентов местных сопротивлений	—	—	5,3	—	1		

на опуске к плите $H_{оп\text{пл}} = 10(3,5 - 0,9)(1,29 - 0,73) = 15,1$ Па;

на опуске к кипятильнику $H_{оп\text{к}} = 10 \cdot 3,5(1,29 - 0,73) = 19,6$ Па.

Дополнительный напор, создаваемый в стояке, будет равен

$$H_{ст} = 10 \cdot 4,5(1,29 - 0,73) = 25,2 \text{ Па.}$$

Потери давления в трубах и арматуре по данным завода-изготовителя составляют

в плите — $H_{пл} = 100$ Па;

в кипятильнике — $H_{к} = 30$ Па.

Общие потери давления газа до горелки:

ТАБЛИЦА 1

Эквивалентная длина $l_0, \xi = 1 \text{ м}$	Сумма коэф- фициентов местных со- противлений $\sum \xi$	Эквивалентная длина $l_{\text{экв}} = \sum \xi l_0, \text{ м}$	Приведенная длина расчетно- го участка $l_{\text{пр}} = l + l_{\text{экв}}$	Потери давле- ния на расчет- ном участке $H =$ $= H_0 l_{\text{пр}}, \text{ Па}$
1,4	5,3	7,42	19,22	8,07
1,5	1,0	1,5	3,0	1,8
1,5	1,36	2,14	3,64	2,73
1,7	3,22	5,47	18,77	30,6
0,56	5,29	2,96	7,96	53,3
1,0	1,72	1,72	3,22	5,96
1,0	1,85	1,85	5,85	12,29

ТАБЛИЦА 2

сопротивлений и сумма коэффициентов местных сопротивлений									
№ участка									
III		IV		V		VI		VII	
п	$\sum \xi$	п	$\sum \xi$	п	$\sum \xi$	п	$\sum \xi$	п	$\sum \xi$
1	0,36	2	0,72	4	1,44	2	0,72	—	—
1	1	—	—	1	1	1	1	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	1	1,5
—	—	1	2,5	1	2,5	—	—	—	—
—	—	—	—	1	0,35	—	—	1	0,35
—	1,36	—	3,22	—	5,29	—	1,72	—	1

в плите — $H_{\text{пл}} + H_{\text{оп пл}} + H_I + H_{II} + H_{III} + H_{IV} - H_{\text{ст}} =$
 $= 100 + 15,1 + 8,07 + 1,8 + 2,73 + 30,6 - 25,2 =$
 $= 133,1 \text{ Па};$

в кипяильнике — $H_{\text{к}} + H_{\text{оп к}} + H_V + H_{VI} + H_{VII} -$
 $- H_{\text{ст}} = 30 + 19,6 + 53,3 + 5,96 + 12,29 + 30,6 - 25,2 =$
 $= 126,55 \text{ Па}.$

Расчет показал, что диаметры труб газопроводов выбраны правильно, так как потери давления газа до горелки самым мощным и самым удаленным аппаратом меньше допустимой величины $= 150 \text{ Па}$, но не намного, что свидетельствует о минимальной металлоемкости системы при заданной допустимой потере давления.

Таблица для расчета газопровода низкого давления

Условный проход трубы, мм	15	20	25	32	40	50	70
Потери дав- ления на 1 пог. м трубы, Па	Количество газа, проходящего через трубу, м ³ /ч (левая колонка) Условная длина прямолинейной трубы при $\epsilon=1$ (правая колонка)						

Природный газ ($\rho=0,7...0,8 \text{ кг/м}^3$)

0,10	0,045	0,017	0,15	0,055	0,39	0,15	1,18	0,44	2,06	0,76	4,13	1,1	9,13	1,6
0,12	0,054	0,020	0,18	0,18	0,066	0,47	0,18	1,43	0,54	0,81	4,57	1,2	9,00	1,6
0,15	0,067	0,025	0,22	0,081	0,88	0,22	1,77	0,65	2,59	0,84	5,19	1,2	10,2	1,7
0,20	0,09	0,033	0,30	0,11	0,78	0,29	2,10	0,72	3,05	0,88	6,11	1,3	12,0	1,8
0,25	0,11	0,041	0,37	0,14	0,97	0,36	2,38	0,75	3,45	0,91	6,93	1,3	13,6	1,8
0,30	0,13	0,048	0,44	0,17	1,10	0,43	2,64	0,77	3,82	0,93	7,70	1,3	15,2	1,9
0,35	0,16	0,059	0,52	0,19	1,36	0,50	2,90	0,78	4,19	0,95	8,42	1,4	16,6	1,9
0,44	0,20	0,074	0,64	0,24	1,54	0,54	3,27	0,81	4,74	0,97	9,54	1,4	18,8	2,0
0,50	0,22	0,081	0,79	0,29	1,66	0,55	3,53	0,82	5,12	1,0	10,3	1,4	20,3	2,0
0,62	0,27	0,099	0,92	0,34	1,88	0,57	4,02	0,84	5,82	1,0	11,7	1,5	23,0	2,1
0,69	0,31	0,12	1,02	0,38	1,98	0,58	4,25	0,86	6,16	1,0	12,4	1,5	24,4	2,2
0,75	0,33	0,13	1,08	0,41	2,08	0,58	4,46	0,87	6,46	1,0	13,0	1,5	25,6	2,2
0,81	0,36	0,14	1,13	0,42	2,18	0,59	4,67	0,89	6,76	1,1	13,6	1,5	26,8	2,2
0,87	0,39	0,15	1,18	0,42	2,27	0,60	4,88	0,90	7,06	1,1	14,2	1,6	28,0	2,2
1,00	0,44	0,16	1,29	0,43	2,47	0,61	5,28	0,91	7,65	1,1	15,4	1,6	30,3	2,2
1,50	0,67	0,25	1,63	0,46	3,10	0,64	6,66	0,96	9,54	1,2	19,4	1,7	38,2	2,4
2,00	0,84	0,31	1,91	0,48	3,66	0,67	7,85	1,00	11,4	1,2	22,9	1,7	45,1	2,5

2,50	0,96	0,32	2,16	0,49	4,16	0,69	8,92	1,00	12,9	1,2	26,0	1,8	51,2	2,6
3,60	1,06	0,33	2,40	0,51	4,62	0,71	9,81	1,10	14,3	1,3	28,9	1,8	56,9	2,6
3,50	1,16	0,34	2,63	0,52	5,06	0,72	10,8	1,10	15,7	1,3	31,6	1,9	62,2	2,7
4,00	1,25	0,34	2,83	0,53	5,44	0,74	11,7	1,10	16,9	1,3	34,0	1,9	67,0	2,7
4,50	1,34	0,35	3,03	0,53	5,82	0,75	12,5	1,10	18,1	1,4	36,4	2,0	71,7	2,8
5,00	1,42	0,36	3,22	0,55	6,19	0,77	13,3	1,10	19,2	1,4	38,7	2,0	76,2	2,8
5,50	1,50	0,36	3,40	0,55	6,54	0,77	14,0	1,20	20,3	1,4	40,9	2,0	80,6	2,9
6,60	1,58	0,36	3,67	0,56	6,86	0,78	14,7	1,20	21,3	1,4	42,9	2,1	84,5	2,9
7,50	1,79	0,37	4,06	0,57	7,80	0,81	16,7	1,20	24,2	1,5	48,8	2,1	96,1	2,9
8,75	1,96	0,38	4,43	0,59	8,52	0,83	18,4	1,20	26,5	1,5	53,3	2,2	105,0	3,0
10,0	2,11	0,39	4,78	0,60	9,20	0,84	19,7	1,30	28,6	1,5	57,5	2,2	113,0	3,1

Сжатый газ $p = 1,9 \dots 2,2$ кг/м³

0,10	0,045	0,041	0,15	0,14	0,39	0,36	0,96	0,86	2,79	1,3	5,50	1,8	1,8
0,12	0,054	0,050	0,18	0,17	0,47	0,43	1,06	0,89	3,10	1,3	6,10	1,8	1,8
0,15	0,067	0,062	0,22	0,20	0,56	0,50	1,21	0,92	3,52	1,3	6,93	1,9	1,9
0,20	0,09	0,083	0,30	0,27	0,66	0,52	1,42	0,95	4,15	1,4	8,20	2,0	2,0
0,25	0,11	0,101	0,37	0,34	0,76	0,54	1,62	0,99	4,71	1,4	9,28	2,0	2,0
0,30	0,18	0,104	0,44	0,40	0,84	0,55	1,79	1,0	5,23	1,5	10,3	2,1	2,1
0,35	0,16	0,107	0,48	0,41	0,92	0,56	1,96	1,0	5,71	1,5	11,3	2,1	2,1
0,44	0,21	0,11	0,54	0,42	1,07	0,59	2,24	0,87					
0,50	0,23	0,12	0,58	0,43	1,12	0,59	2,40	0,89	3,48	1,6	13,8	2,2	2,2
0,62	0,27	0,17	0,66	0,44	1,27	0,61	2,72	0,92	3,94	1,6	15,6	2,3	2,3
0,69	0,31	0,21	0,70	0,45	1,35	0,62	2,89	0,93	4,19	1,7	16,6	2,4	2,4
0,75	0,33	0,29	0,74	0,45	1,42	0,63	3,03	0,94	4,39	1,7	17,4	2,4	2,4
0,81	0,34	0,30	0,77	0,46	1,48	0,64	3,20	0,96	4,60	1,7	18,2	2,4	2,4
0,87	0,36	0,31	0,80	0,46	1,54	0,64	3,30	0,97	4,78	1,7	19,0	2,4	2,4
1,00	0,39	0,32	0,87	0,48	1,67	0,66	3,57	0,99	5,17	1,8	20,5	2,5	2,5

Насыщенный газ ($p=0.40\ldots 0.60$ кг/м³)

[illegible]

Условный опорная труба, мм	15	20	25	32	40	50	70
Потери да- вления на 1 метр по- треб. Пла	Количество газа, пропускаемого через трубу, м ³ /ч (зависит от количества) Условная длина прямостоящей трубы при $\lambda = 1$ (при давлении катодов)						

ными табл. 6.2 принимают S' равным 13 мм, а концевой участок насадки $l' = S = S^{\max} = 13$ мм.

Длина коллектора насадки по формуле (6.40) составит

$$L = (126 - 1) \cdot 13/2 + 2 \cdot 13 = 839 \text{ мм.}$$

Высота приливов у отверстий для выхода газовой смеси принимается равной $l = 2d_0 = 8$ мм.

Удельное тепловое напряжение отверстий для выхода газовой смеси определяется по формуле

$$R = 19800/1570 = 12,5 \text{ Вт/мм}^2.$$

Высота внутреннего конуса пламени определяется по формуле $H_{\text{внут}} = 0,116KRd_0^2 = 0,116 \cdot 1,14 \cdot 12,5 \cdot 16 = 26,4$ мм, где 1,14 — коэффициент K , выбранный по табл. 1.

ТАБЛИЦА 1

Значение коэффициента K

Газ	К при значениях коэффициента первичного воздуха			
	$\alpha = 0,3$	$\alpha = 0,4$	$\alpha = 0,5$	$\alpha = 0,6$
Сжиженный	—	2,29	1,74	1,46
Природный	1,63	1,35	1,14	0,95
Искусственный	1,12	0,95	0,71	0,56

Высоту наружного конуса пламени рассчитывают по формуле $H_{\text{внеш}} = 0,116cRd_0\sqrt{d_0} = 0,116 \cdot 6,95 \cdot 12,5 \cdot \sqrt{8} = 81$ мм, где 6,95 — коэффициент c , выбранный по табл. 2 в зависимости от расстояния между краями отверстий $S - d_0$. В данном примере $S - d_0 = 13 - 4 = 9$ мм.

ТАБЛИЦА 2

Расстояние между отверстиями для выхо- да газовой смеси ($s - d_0$), мм	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	14	16	18	20
Коэффициент c	11,4	10,4	9,46	8,7	8,7	6,5	7,22	6,95	6,7	6,42	6,3	6,0	5,85	5,79

Основные параметры кварцевых генераторов

Тип	Мощность, Вт	Напряжение, В	Частота тем-пература, К	Продолжитель-ность работы, ч	Диаметр трубки, мм	Длина генерато-ра, мм	Размер спирали, мм	
							диаметр	длина
НИК-127-500	500	127	2500	5000	10,75	250	1,3	190
КИ-220-1000-1	1000	220	2500	5000	10,75	375	1,3	300
КИ-220-1300	1300	220	2800	2500	10,75	305	1,3	240
КИ-380-3300	3300	380	2650	5000	10,75	250	1,5	673
КИ-380-4500	4500	380	2650	5000	10,75	1000	1,7	923
КИО-220-2500	2500	220	2650	2000	10,75	500/140	1,6	500
КИО-220-2500-2	2500	220	2650	2000	10,75	470/125	1,6	480
КИО-220-2500-3	2500	220	2650	2000	10,75	440/110	1,6	435
КИО-220-2500-4	2500	220	2650	5000	10,75	470/145	1,6	468
КИО-380-3500	3500	380	2650	2000	10,75	750/140	1,6	770
КИО-220-2500-5	2500	220	2650	5000	10,75	440/130	1,6	430

Примечание. Для генераторов типа КИО приведена общая длина трубки и длина отогнутых концов.

Основные характеристики газовых ИК-излучателей

Тип горелки	Тепловая на-грузка, Вт	Расход газа, м ³ /ч	Количе-ство стан-дартных элемен-тов	Рабочая тем-пература по-верхности, °С
ГИИЗ-0,2	7 400	0,8	16	720—920
ГИИ1-0,1	9 900	1	20	800—940
ГИИ12-0,1	23 400	2,36	50	750—920
ГИИ-14-01	21 800	2,50	50	900—950
ГИИ-13-1	2560—4650	0,1—0,18	10	720—900
ГИИ-13-2	4650—8100	0,18—0,32	20	720—900
КФ-39М	2 340	0,10—0,20	6	900—1000
КФ-44М	5 800	0,20—0,35	15	700—900
КФ-41М	11 630	0,30—0,40	50	800—950
КГ-3	5 800	0,5	12	900—920
КРГ-1 (2)	1280—1980	0,3—0,2	12	800—940
КРГ-3	5350—12 800	0,54—1,3	12	950—1200
Звездочка	1520—1630	0,06—0,11	6	700—900

Расчет тэна

Определить параметры тэнов котла пищеварочного электрического КЭ-160.

Исходные данные: мощность котла $P = 24$ кВт, номинальное напряжение сети $U = 380$ В, количество тэнов — 6, номинальное напряжение тэна 220 В.

Решение. Мощность одного тэна находят из выражения

$$P_1 = P/6 = 24\,000/6 = 4000 \text{ Вт.}$$

Удельная мощность на поверхности трубки тэна $W_t = 10 \text{ Вт/см}^2$.

Диаметр трубки тэна после опрессовки принимают равным $D = 13$ мм.

В соответствии с формулой длина активной части трубки тэна составит

$$L_a = P_1 / \pi D W_t = 4000 / 3,14 \cdot 1,3 \cdot 10 = 980 \text{ мм.}$$

Полная длина трубки после опрессовки будет равна $L = L_a + 2L_k = 980 + 2 \cdot 75 = 1130$ мм,

где L_k — длина контактного стержня трубки тэна, равная 75 мм.

Длина трубки тэна до опрессовки

$$L_{a,0} = L/\gamma = 1130/1,15 = 983 \text{ мм,}$$

где γ — коэффициент удлинения трубки тэна в результате опрессовки методом обсадки ($\gamma = 1,15$).

Ток, потребляемый одним тэном, будет равен

$$I = P_1 / U = 4000/220 = 18,18 \text{ А.}$$

Электрическое сопротивление проволоки тэна находят по формуле

$$R = U/I = 220/18,18 = 12,1 \text{ Ом.}$$

До опрессовки трубки тэна электрическое сопротивление проволоки внутри трубки равно

$$R_0 = R\alpha_r = 12,1 \cdot 1,3 = 15,7 \text{ Ом,}$$

где α_r — коэффициент изменения электрического сопротивления проволоки в результате опрессовки методом обсадки ($\alpha_r = 1,3$).

Нихромовую проволоку для проволоочной спирали берут диаметром $d=0,8$ мм с удельным сопротивлением $\rho=1,2$ Ом·мм²/м и определяют длину проволоки по формуле

$$l=0,785R_0d^2/\rho=0,785 \cdot 15,7 \cdot 0,8^2/1,2=6,57 \text{ м.}$$

Проволочную спираль навивают на стержень диаметром 4 мм. На основании практических данных установлено, что при навивке на стержень средний диаметр витка увеличивается примерно на 7 % ввиду пружинности проволоки. Поэтому длина одного витка спирали в среднем равна $l_s=\pi d_s \cdot 1,07$, где средний диаметр витка $d_s=4+0,8+4,8$ мм; $l_s=3,14 \cdot 4,8 \cdot 1,07=16,13$ мм.

Число витков спирали может быть определено по формуле

$$n=l \cdot 1000/l_s=6,57 \cdot 1000/16,13=408.$$

Расстояние между витками будет равно

$$a=(L_s \cdot 10 - nd)/n=(98 \cdot 10 - 408 \cdot 0,8)/408=1,6 \text{ мм.}$$

Коэффициент шага спирали или плотность навивки спирали может быть определен по формуле

$$k=(a+d)/d=(1,6+0,8)/0,8=3.$$

Шаг витка проволоочной спирали $h=kd=3 \cdot 0,8=2,4$ мм.

Наилучшим следует считать шаг, равный не менее чем двукратному диаметру проволоки, чему и соответствуют данные расчета.

Потребное количество проволоки для одного тэна с учетом необходимой навивки на концы контактного стержня из расчета 20 витков спирали на конец стержня будет равно

$$l_{\text{потр}}=l+(2 \cdot 20 \cdot l_s)/1000=6,57+(2 \cdot 20 \cdot 16,13)/1000=7,222 \text{ мм.}$$

Определяют температуру нагрева спирали.

Характеристики спирали

$$x=d/D_{\text{нн}}=0,8/10=0,08; \quad y=d/d_s=0,8/4,8=0,17;$$

$$z=D_{\text{нн}}/d_s=10/4,8=2,08,$$

где $d_s=d+d_{\text{ст}}=0,8+4=4,8$ мм; $D_{\text{нн}}=D-2\delta=13-2 \cdot 1,5=10$ мм; δ — толщина стенки трубки после опрессовки ($\delta=1,5$ мм).

По номограмме на рис. 6.22 в последовательности, указанной стрелкой, определяют перепад температур в изоляционном слое тэна на единицу теплового потока (коэффициент теплопроводности для периклаза равен $0,022 \text{ Вт}/(\text{см} \cdot \text{К})$):

$$\Delta t/q_l \approx 4,8 \text{ (см} \cdot \text{К)}/\text{Вт}.$$

Удельный тепловой поток на единицу длины тэна находят по формуле

$$q_l = P_1/L_2 = 4000/98/40,8 \text{ Вт}/\text{см}.$$

Перепад температур в изоляционном слое будет равен

$$\Delta t_{из} = \Delta t/q_l = 4,8 \cdot 40,8 = 196 \text{ }^\circ\text{C}.$$

Рабочую температуру спирали рассчитывают по выражению

$$t_1 = \Delta t_{из} + t_{\text{в}} = 196 + 126 = 322 \text{ }^\circ\text{C},$$

где $t_{\text{в}}$ — температура поверхности тэна (для кипящей воды при давлении в пароводяной рубашке котла 150 кПа равна $126 \text{ }^\circ\text{C}$).

Автоклав 250—251
 Автоклав газовый АГ-60 298, рис. 8.28
 Аппарат тепловой электрический АТЭ-1.1, 337—339, рис. 9.6
 Арматура конденсатопровода:
 — конденсатоотводчик сильфонного типа 141
 — — — поплавковый 142
 — — — обратный клапан 142, рис. 5.10
 — паропровода:
 — водоотделитель 138
 — компенсатор 138
 — редукционный клапан 139
 — пищеварочных котлов:
 — двойной предохранительный клапан 252
 — — клапан-турбинка 254
 — — конденсатоотводчик 254
 — — кран уровня 254
 — — манометр 251
 — — наполнительная воронка 253
 — — парозапорный вентиль 254
 — — продувочный кран 254
 Безотказность аппарата 77
 Беспламенные инжекционные горелки (см. Газовая горелка)
 Балласт топлива:
 — — внешний 48
 — — внутренний 48
 Взрывоопасность газа 63
 Вязной пищеварочный котел 255, рис. 8.8
 Внутренний газопровод:
 — арматура 131
 — устройство 130—131
 Водонагреватель автономный универсальный 445—447, рис. 11.15
 — газовый АГВ-80 440—442, рис. 11.13, а
 — — АГВ-120 442—443, рис. 11.13, б
 — — проточный 443—445, рис. 11.14
 — электрический НЭ-1А 437—439, рис. 11.11
 — — НЭ-1Б 439—440, рис. 11.12

Водогрейное устройство плит 396—398, рис. 10.7
 Время релаксации 12
 Газоход 166
 Газы:
 — попутные 54
 — сухие 54
 Газовая горелка 174
 — беспламенная инжекционная 180, рис. 6.12
 — — диффузионная 176, рис. 6.9, а
 — — инжекционная 176, рис. 6.9, б
 Газовая автоматика безопасности:
 — — dilatометрическая 266—268, рис. 8.13
 — — пневматическая 268—270, рис. 8.14
 — — — электромагнитная 262—264, рис. 8.11
 — — регулирования АРП-1 270—272, рис. 8.15
 — — — электромагнитного действия 265, рис. 8.12
 Газовый счетчик 133, рис. 5.4
 Газифицированные плиты 395—396
 Гидравлический удар 137
 Горение 49
 Горючая масса топлива 48
 Гриль электрический ГЭ-3 222, рис. 7.3
 — — ГЭ-4 222, рис. 7.4

Дипольная поляризация (см. Поляризация)
 Диффузионная газовая горелка (см. Газовая горелка)
 Долговечность аппарата 77

Жаровня ВЖШЭ-675 377—378
 — вращающаяся электрическая ЖВЭ-720 375—377, рис. 9.25
 Жарочный аппарат МБЛ-1 378—379, рис. 9.26
 Жарочно-кондитерский шнаф ШК-2А 366
 Живое сечение колосниковой решетки 166

Зольник 166

Инжекционная газовая горелка (см. Газовая горелка)

Индексация теплового оборудования 42—43

Индуктор 18

Индукционный нагрев (см. Нагрев)

Инфракрасный нагрев (см. Нагрев)

Калориметрическая температура сгорания газа 61

Кинематический коэффициент вязкости газа 58

Кипятильник наливной КН-60М, 422, рис. 11.1

— непрерывного действия, газовый КНГ-200У 433—434, рис. 11.8

— — — твердотопливный КНТ-200У 435

— — — электрический КНЭ-25 (КНЭ-50) 426—430, рис. 11.4

— — — — КНЭ-100 430

— — — — КНЭ-100М 430—431, рис. 11.6

— — — — КНЭ-100МН 431—433, рис. 11.7

— — — — судовой КНДЭ-40 435—436, рис. 11.10

Классификация варочного оборудования 237, табл. 8.1

— газовых горелок:

— — — по номинальному давлению газа 175

— — — по способу подачи воздуха 175

— объемных способов тепловой обработки продуктов 8, табл. 1.2

— плит 384—385

— пищеварочных котлов 241, рис. 8.4

— поверхностных способов тепловой обработки продуктов 4, табл. 1.1

— сковород 332

— теплоносителей 65, табл. 2.1

— теплового оборудования 40—41

— теплогенерирующих устройств 159, табл. 6.1

— СВЧ-аппаратов 229, рис. 7.7

— электронагревателей 196, рис. 6.17

Колосниковая решетка 166

Комбинированная кухонная плита 383

Конвейерная печь ПКЖ 224, рис. 7.5

Конденсация:

— капельная 281

— пленочная 281

Конструкторский расчет 98

Котел пищеварочный газовый опрокидывающийся КПП-60М 276, рис. 8.19

— — — секционный модулирован-

ный КППСМ-60 276—279, рис. 8.20

— — — — КППСМ-250 275—276, рис. 8.18

— — — стационарный с косвенным обогревом КПП-250 273—274, рис. 8.17

— — — с непосредственным обогревом 272—273, рис. 8.16

— — паровой КПП-100 279—281, рис. 8.21

— — — твердотопливный 260—262, рис. 8.10

— — — электрический КПЭ-100 283—284, рис. 8.22

— — — — КПЭ-60 288—290, рис. 8.25

— — — — секционный модулированный КПЭСМ-60 287, рис. 8.24

Кофеварка электрическая КВЭ-7 313—314, рис. 8.33

Коэффициент избытка воздуха 50

— использования теплового аппарата 95

— полезного действия теплового аппарата 96

— теплоотдачи конвекцией 114

— — лучеиспусканием 117

Критерий:

Грасгофа 115

— Прандтля 114

— Рейнольдса 114

Линия самообслуживания ЛС-А 491, рис. 13.19

— — — ЛС-Б 492, рис. 13.20

— — — ЛС-В 493, рис. 13.21

— — — ЛС-Г 494, рис. 13.22

Магнетрон 216—218

Микроструктурная поляризация (см. Поляризация)

Маринет МСЭ-3К (ЭПМ-5) 457

— МСЭ-84 (МСЭ-84-01) 463

— настольный электрический

МНЭ-22 (МНЭ-45) 463

— передвижной МП-28 468—469, рис. 12.14, а

— стационарный для первых блюд МСЭСМ-3 456—457, рис. 12.1

— — — электрический типа МСЭ 462

— — — секционный модулированный типа МСЭСМ 457—460

— электрический передвижной типа МЭП 467—468, рис. 12.14, а, б

Массовая скорость распространения пламени газа 59

Материалы:

— конструкционные 82

— теплоизоляционные 84, табл. 3.1

— электротехнические 88

Модификации уравнения теплового баланса для процесса варки 104—106

Многослойная факельная инжек-

пионная горелка с периферийной подачей газа 179, рис. 6.11

Нагрев:

— индукционный 18—20

— инфракрасный 9—12

Надежность аппарата 77

Наработка аппарата 77

Обжарочный агрегат ЖА-1 227, рис. 7.6

Органическая масса топлива 48

Основные части теплового аппарата:

— рабочая камера 81

— теплогемизирующее устройство 81

— корпус 81

— тепловая изоляция 81

— арматура 81

— контрольно-измерительные приборы 82

Отрыв пламени 60

Очажная однокотельная кухня ОПК-43 260

— — — ОПК-75 260

Пароварочный аппарат АПЭСМ-2

311—312, рис. 8.32

— — АПЭ-0,23А (АПЭ-0, 23А-01) 312—313

Паропровод 137

Печь воздушно-циркуляционная «Юно» 375

— «Минивектор» 375

— «Мидивектор» 375

— хлебопекарная с электрообогревом КЭП-400 371—373, рис. 9.23

— шашлычная ПШСМ-14 219—220, рис. 7.1

— — ШР-2 220, рис. 7.2

Пишеварочный котел 244

Плита газовая секционная

ПГС-2МА 391—392, рис. 10.4

— — — модулированная ПГСМ-2Ш 392—394, рис. 10.5

— электрическая ПЭ-0,17

(ПЭ-0,17-01) 403—404, рис. 10.13

— — ЭП-7М 404—405

— — ЭП-8 405

— — ЭП-4 405—407

— — ЭП-2М 407—408, рис. 10.14

— — ЭПН-4 409

— — передвижная ПЭП 408

— — мармитная ЭПМ-3М 406—409

— — — ЭПМ-5 409

— — секционная модулированная ПЭ-0,51 (ПЭ-0,51-01) 401—403, рис. 10.11

Плиты бытовые газовые стационарные 394—395

— электрические секционные модулированные 400, рис. 10.9

Поверочный расчет 98

Поверхностные теплообменники 88—94, рис. 3.1

Поляризация диэлектрика 12

— дипольная 12—13, рис. 1.4

— макроструктурная 13

Потери теплоты:

— на нагрев теплоносителей и их парообразование 112

— на разогрев конструкции 112

— наружными ограждениями теплового аппарата 111

— от механического недожога топлива 111

— от химической неполноты сгорания топлива 111

— с уходящими продуктами сгорания 110

Походная двухкотельная кухня КП-2-48 259

— — — КП-2-49 259

Правила эксплуатации газовых горелок 191

Предел воспламенения газа:

— — — верхний 58

— — — нижний 58

— взрывоопасности газа:

— — — верхний 59

— — — нижний 59

Прилавки-мармиты для вторых блюд ЛПС-3, ЛПС-3А, ЛПС-16, ЛПС-17 464

Прилавок-мармит для первых блюд ЛПС-11 457, рис. 12.2

Производительность теплового аппарата 95

Проскок пламени 60

Размещение оборудования островным способом 476—478

— — — пристенным способом 478—479

Расчет газовых горелок 184—191

— газопровода 134

— герметически закрытого электронагревателя 214—216

— закрытого электронагревателя 211—214

— количества полезно используемой теплоты на выпечку кондитерских изделий 107—110

— полезно используемой теплоты на процесс жарки изделий в жарочных аппаратах периодического и

непрерывного действия 106—107

— системы пароснабжения 143—150

— тепловой изоляции 84—88

— топок для сжигания твердого топлива 169

— электронагревательных элементов 210

Регулятор давления газа 128

Режимы тепловой обработки в

- СВЧ-поле 233—235, табл. 7.5—7.7
- Ремонтопригодность аппарата 77
- Сверхвысокочастотный (СВЧ) нагрев 12—16
- СВЧ-аппарат 229, рис. 7.8
- Сковорода газовая секционная модулированная СГСМ-0,5 339, рис. 9.7
- электрическая секционная модулированная СЭСМ-0,2 (СЭСМ-0,5) 332—333, рис. 9.3
- электрическая СЭ-0,45 333—337, рис. 9.4
- СЭ-0,22 337
- Скорость распространения пламени газа 59
- Солеиоды 18
- Сопротивления линейные 126
- местные 126
- Сосисковарка FE-11 316—317, рис. 8.35
- Состав линий самообслуживания 496, табл. 13.8
- Сохраняемость аппарата 77
- Стойка-накопитель раздаточная СНР 468, рис. 12, 13, б
- Стойка 130
- Структура горящего слоя топлива 168, рис. 6.5
- Сухая масса топлива 48
- Тара-оборудование 35
- Твердотопливная плита № 1 387—389, рис. 10.2
- № 21а 389
- № 21б 389—390
- ПСТ-2,5 390—391, рис. 10.3
- Температура воспламенения пламени газа 58
- Тепловая мощность топки 173
- Тепловая обработка продуктов 3
- Тепловая раздаточная стойка СРТЭСМ 466, рис. 12, 13, а
- Тепловой баланс аппарата 99
- Тепловой эквивалент 53
- Тепловое напряжение поверхности нагрева 97
- топки 173
- Теплоносители:
- вода 65
- водяной пар 65
- органические жидкости 68—70
- топочные газы 70
- Теплота сгорания сухого газа высшая 57
- — — низшая 57
- — — топлива высшая 48
- — — низшая 48
- Технологические параметры теплового аппарата 74—75
- Токи:
- проводимости 12
- смещения 12
- Топка 166
- Топливо 47
- Турбулизаторы 71
- Угол диэлектрических потерь 13
- Удельная металлоемкость аппарата 78, 97
- производительность 77, 97
- Удельный расход теплоты 96
- Унифицированная походная кухня КП-125 260
- Устройство для опаливания птицы и дичи УОП-1 (УОП-2) 470—471, рис. 12.15
- электрическое варочное УЭВ-60 290—294, рис. 8.26
- Ферма островная 473, рис. 13.2
- пристенная 473, рис. 13.1
- Формула:
- Жуковского 117
- Коха 117
- Стефана-Больцмана 117
- Форсунка 170, рис. 6.6
- Фритюрница газовая секционная модулированная ФГСМ-10 359—360, рис. 9.17
- непрерывного действия с непосредственным обогревом ФНЭ-40 360—361, рис. 9.18
- электрическая ФНЭ-5 358
- — ФЭ-20 358—359, рис. 9.15
- — секционная модулированная ФЭСМ-20 356, 358, рис. 9.14
- Функциональные емкости 36—40, рис. 1.11; 488, табл. 13.5
- Шкаф жарочный электрический ШЖЭ-0,85 367—368, рис. 9.21
- — — секционный модулированный ШЖЭСМ-2К 364—366, рис. 9.20
- конвекционный «Луко Рационал» 374—375
- «Метос ФиншеФ» 367
- «Нагема» 367
- настольный электрический тепловой ШНЭТ-1,5 465—466, рис. 12.12
- пекарный ЗШ-ЗМ 367
- — — электрический секционный модулированный ШПЭСМ-3 367
- тепловой сквозной ШТС-М 464, рис. 12.9
- тепловой ШТПЭ-1 464—465
- ШЖЭ-0,51 368—369
- Шкафы типа «Метос КЛ» 375
- Экспресс-кофеварка 314—316, рис. 8.34
- Электрический автоклав АЭ-1 294—298, рис. 8.27
- Электроконтактный нагрев 16—18
- Электронагреватели 197—202

СОДЕРЖАНИЕ

Глава 1. Общие сведения о тепловой обработке продуктов и тепловых аппаратах	3
1.1. Классификация способов тепловой обработки. Кондуктивный (поверхностный) нагрев	3
1.2. Объемные способы тепловой обработки продуктов . . .	7
1.3. Комбинированные способы тепловой обработки продуктов	21
1.4. Перспективные направления конструирования теплового оборудования	32
1.5. Классификация и индексация теплового оборудования	40
Глава 2. Топливо и теплоносители	45
2.1. Преимущество электроэнергии как источника теплоты	45
2.2. Краткая характеристика твердого и жидкого топлива	47
2.3. Природные и искусственные газы, их основные характеристики	53
2.4. Теплоносители	64
2.5. Основные направления экономии топливно-энергетических ресурсов при эксплуатации теплового оборудования	70
Глава 3. Общие принципы устройства тепловых аппаратов	74
3.1. Требования, предъявляемые к тепловым аппаратам	74
3.2. Значение стандартизации, нормализации и унификации в улучшении технико-эксплуатационных показателей работы тепловых аппаратов	79
3.3. Основные части тепловых аппаратов и материалы для их конструирования	80
3.4. Теплообменники, применяемые в тепловых аппаратах	88
3.5. Технико-экономические и эксплуатационные показатели работы тепловых аппаратов	94
Глава 4. Тепловой расчет аппарата	98
4.1. Задачи конструкторского и поверочного расчета теплового аппарата	98
4.2. Тепловой баланс аппарата и характеристика элементов, его составляющих	100
Определение полезно используемой теплоты	102
Определение потерь теплоты при работе аппаратов . . .	110
Коэффициенты теплоотдачи при лучистом и конвективном теплообмене. Критериальные уравнения для определения коэффициентов теплоотдачи	114

4.3. Определение площади поверхности теплообмена в тепловом аппарате	118
Глава 5. Схема газо-, паро- и электроснабжения предприятий общественного питания	126
5.1. Характеристика трубопроводов	126
5.2. Схема газоснабжения предприятий общественного питания	128
5.3. Схема пароснабжения предприятий общественного питания	135
5.4. Электроснабжение предприятий общественного питания	150
Глава 6. Теплогенерирующие устройства	159
6.1. Классификация теплогенерирующих устройств	159
6.2. Теплогенерирующие устройства, использующие тепло влажного насыщенного пара	160
6.3. Теплогенерирующие устройства, преобразующие химическую энергию сгорания топлива в тепловую	165
Топки	166
Газовые горелки	174
6.4. Теплогенерирующие устройства для превращения электрической энергии в тепловую	196
Глава 7. Аппараты с ИК- и СВЧ-нагревом	219
7.1. Аппараты с ИК-нагревом периодического действия	219
7.2. Аппараты с ИК-нагревом непрерывного действия	224
7.3. СВЧ-аппараты	229
Глава 8. Пищеварочное оборудование	236
8.1. Технологические требования к пищеварочным аппаратам	236
8.2. Классификация и устройство пищеварочных котлов	241
8.3. Твердотопливные пищеварочные котлы	254
8.4. Газовые пищеварочные котлы	262
8.5. Паровые пищеварочные котлы	279
8.6. Электрические пищеварочные котлы	282
8.7. Автоклавы	294
8.8. Показатели работы пищеварочных котлов. Особенности уравнения теплового баланса	298
8.9. Пароварочные аппараты	310
8.10. Кофеварки	313
8.11. Сосисковарки	316
8.12. Эксплуатация пищеварочного оборудования	317
Глава 9. Жарочно-пекарное оборудование	323
9.1. Технологическая сущность тепловых процессов	323
9.2. Сковороды	329
9.3. Фритюрницы	343
9.4. Жарочные и пекарные шкафы	362
9.5. Жарочные аппараты непрерывного действия	375
9.6. Правила эксплуатации аппаратов для жарки и выпечки	379
Глава 10. Универсальные тепловые аппараты (плиты)	382

10.1. Классификация плит и технические требования, предъявляемые к ним	382
10.2. Твердотопливные, газовые и газифицированные плиты	387
10.3. Электрические плиты	400
10.4. Теплотехнические и эксплуатационные показатели работы плит	410
10.5. Основные правила эксплуатации плит	416
Глава 11. Водогрейное оборудование	421
11.1. Назначение и классификация водогрейного оборудования	421
11.2. Кипятильники	422
11.3. Водонагреватели	437
11.4. Техничко-эксплуатационные показатели работы кипятильников и водонагревателей	447
11.5. Процессы накипеобразования и коррозии и их влияние на эффективность работы кипятильников	449
11.6. Эксплуатация кипятильников и водонагревателей	452
Глава 12. Вспомогательное оборудование	455
12.1. Технологические требования к конструкциям вспомогательного оборудования и его классификация	455
12.2. Мармиты	456
12.3. Тепловые стойки, шкафы и вспомогательные тепловые аппараты линий самообслуживания, комплектации и раздачи обедов	464
12.4. Опалочные горны	470
Глава 13. Единая система машин и оборудования на предприятиях общественного питания, использующих функциональные смкости	472
13.1. Характеристика оборудования	472
13.2. Особенности организации производства при использовании ЕВС МО	480
13.3. Особенности применения линий самообслуживания	490
13.4. Требования, предъявляемые к установке и подключению электрооборудования	498
Приложения	502
Предметный указатель	553

Оборудование предприятий общественного питания: В 3-х т. Т. 3: Беляев М. И. Тепловое оборудование: Учеб. для технол. фак. торг. вузов. — М.: Экономика, 1990. — 559 с. — ISBN 5—282—00430—5

В учебнике приводятся общие сведения о тепловых аппаратах, дается классификация теплового оборудования, используемого на предприятиях общественного питания. Подробно рассматриваются устройство, принципы действия и правила эксплуатации основных видов оборудования с электрическим, газовым, паровым и огневым обогревом. Излагаются способы тепловой обработки продуктов, позволяющие экономно расходовать сырье, топливо, электроэнергию.

О 3403040000—129
011(01)—90 113—89

ББК 36.99—5

Учебник

**ОБОРУДОВАНИЕ ПРЕДПРИЯТИЙ ОБЩЕСТВЕННОГО
ПИТАНИЯ. Т. 3.
ТЕПЛОВОЕ ОБОРУДОВАНИЕ**

Мл. редактор З. Л. СТАГИС
Худож. редактор В. П. РАФАЛЬСКИЙ
Техн. редактор Т. Г. АЗАНИЕВА
Корректор Э. И. ПАСКАЛОВА

ИБ № 3255

Сдано в набор 20.01.89. Подписано в печать 15.11.89. Формат 84×108¹/₃₂. Бумага тип. № 2. Гарнитура латинская. Печать высокая. Усл. печ. л. 29,40/29,40 усл. кр.-отт. Уч.-изд. л. 30,49. Тираж 38 000 экз. Зак. 70. Цена 1 р. 30 к. Изд. № 6402.

Издательство «Экономика», 121864. Москва, Г-69, Бережковская наб., 6.

Ленинградская типография № 2 головное предприятие ордена Трудового Красного Знамени Ленинградского объединения «Техническая книга» им. Евгении Соколовой при Государственном комитете СССР по печати.
198052, г. Ленинград, Л-52, Измайловский проспект, 29.