БИБЛИОТЕКА МАСТЕРА ГАЗОВОГО ХОЗЯЙСТВА

А. С. ИССЕРЛИН

ГАЗОВОЕ ОТОПЛЕНИЕ

Издание 2-е,
переработанное и дополненное

Издательство «Недра»
Ленинградское отделение
Ленинград · 1971

УДК 662.69.004.14 : 628.81

Газовое отопление. *Иссерлин А. С.* Изд. 2-е, переработ. и доп. Л., Недра, 1971. 136 стр. (Библиотека мастера газового хозяйства.)

В брошюре освещаются вопросы использования газового топлива для отопления. Рассмотрены способы переоборудования отопительных печей и условия рационального и безопасного сжигания в них газа.

Описаны конструкции нетеплоемких газовых приборов местного отопления, квартирные системы и установки централизованного теплоснабжения на газовом топливе, а также правила эксплуатации этих приборов и установок. Приводятся основные технико-экономические показатели разных видов газового отопления помещений.

Книга предназначена для мастеров и бригадиров газовых эксплуатационных хозяйств, а также для инженерно-технических работников жилищной системы.

Таблиц 38, иллюстраций 50, библиография — 15 названий.

Редакционная коллегия.

С. А. Курюкин, И. Р. Лаперье, В. М. Лохматов, А. Н. Плотникова, В. Н. Рощина, Н. Л. Стаскевич, С. Н. Шепелев, Р. И. Эстеркин

3-19-1
83-70

ОТ ИЗДАТЕЛЬСТВА

С каждым годом увеличивается доля газа в топливном балансе Советского Союза, все больше промышленных, коммунально-бытовых и бытовых потребителей переводится на газ. Постоянно растет число людей, занятых обслуживанием газифицированных объектов.

Подготовка квалифицированных работников по монтажу, пуску, наладке, эксплуатации и ремонту в газовом хозяйстве является важнейшим условием эффективного и безопасного использования газового топлива. Между тем производственно-технической литературы для обучения, самостоятельной подготовки и повышения квалификации кадров массовых профессий выпускается недостаточно. В связи с этим Ленинградское отделение издательства «Недра» в 1963 г. предприняло издание серии «Библиотека мастера газового хозяйства», рассчитанной прежде всего на операторов, кочегаров, машинистов, слесарей, мастеров газового хозяйства. Книги «Библиотеки» необходимы также всему инженерно-техническому персоналу газовых хозяйств и предприятий.

«Библиотека» состоит из серии книг, посвященных газоснабжению и использованию газа. В частности, излагаются следующие вопросы: горючие газы и их свойства, основы газовой техники, городские системы распределения газа, газорегулировочные пункты и установки, контрольно-измерительные приборы в газовом хозяйстве, использование сжиженных газов, конструкции и работа газовых горелок различных типов, газоснабжение жилых, коммунально-бытовых зданий и промышленных предприятий, сжигание газа в котлах и промышленных печах, автоматика регулирования и безопасности котельных, использование газа в сельском хозяйстве, на транспорте и др.

В течение 1963—1970 гг. выпущено в свет 36 брошюр. Учитывая, что спрос на «Библиотеку» растет, издательство с 1965 г. начало переиздание отдельных выпусков.

Наряду с этим продолжается издание новых книг.

С замечаниями, отзывами и пожеланиями как по всей «Библиотеке», так и по отдельным выпускам просим обращаться по адресу: Ленинград, С-171, Фарфоровская ул., 12, Ленинградское отделение издательства «Недра».

По этому же адресу можно получить информацию о готовящихся к изданию книгах «Библиотеки».

Для приобретения книг «Библиотеки» надо до выхода их в свет направить заказ в магазины местных книготоргов или в магазин «Недра» Ленкниги по адресу: Ленинград, В-178, Средний пр., д. 61. По выходе из печати книги будут высланы почтой наложенным платежом.

ПРЕДИСЛОВИЕ

Добыча газового топлива возрастает с каждым годом. В 1970 г. уровень добычи составил 200 млрд. $м^3$. Это количество газа по своему тепловому эффекту почти равноценно всей современной добыче угля в Донецком, Подмосковном и Печорском бассейнах, вместе взятых.

В качестве общего положения можно указать, что мелкие потребители топлива целесообразно переводить на газ в первую очередь, так как число их велико, но вместе с тем квалифицированное сжигание твердого топлива у них затруднено. Это обстоятельство является одной из важнейших экономических предпосылок широкого внедрения газа для отопления жилых и общественных зданий.

Газ является наиболее чистым и удобным топливом, обеспечивающим широкие возможности регулирования и автоматизации его сжигания.

При использовании природного газа в силу легкости регулирования процесса его сжигания и возможности создания совершенных газогорелочных устройств к. п. д. сжигания газа при прочих равных условиях может быть получен более высоким, чем для каких-либо других видов топлива. Естественно, что и общий энергетический коэффициент использования топлива будет в этом случае выше.

Все это создает благоприятные перспективы для использования газа в отопительных установках. Количество газового топлива, используемого для отопления, возрастает ежегодно. Так, за последнее пятилетие оно удвоилось. Подобное явление наблюдается и в зарубежной практике. В наиболее развитых капиталистических странах непрерывно возрастает число потребителей, использующих газ для отопления.

Для отопления газовое топливо используют в различных установках: обычных или специальных котлах, комнатных печах, приборах квартирного или местного отопления. Несмотря на разные тепловые мощности, конструктивные особенности и режимы работы, газовое отопление во всех его разновидностях характеризуется рядом преимуществ: высоким коэффициентом полезного использования топлива, легкостью регулирования процесса горения, широкими возможностями автоматизации, отсутствием местных складов топлива и твердых отходов.

Бурное развитие газоснабжения городов нашей страны обеспечило перевод на новый вид топлива значительного количества крупных и мелких котельных. Однако около двух третей жилой площади отапливается комнатными печами, которых в стране насчитывается примерно 20 млн. Поэтому вопрос перевода комнатных печей с твердого топлива на газовое имеет большое значение.

В последнее время широкое применение находят нетеплоемкие отопительные приборы. Особенно перспективными в этом отношении являются системы лучистого отопления с газовыми горелками инфракрасного излучения.

При малоэтажной и неплотной жилой застройке применяются системы квартирного отопления различных типов, среди которых следует отдать предпочтение газовоздушным калориферам. Для систем централизованного теплоснабжения перспективны газовые контактные водонагреватели, имеющие наиболее высокий к. п. д.

Все перечисленные методы газового отопления нашли свое отражение в предлагаемой брошюре. Не все они отображены достаточно полно, так как по некоторым вопросам имеется обширная литература (например, по переводу отопительных котлов на газообразное топливо). Более подробно приведены не освещенные в литературе вопросы новых разработок приборов и систем газового отопления.

При применении газового топлива следует помнить о двух его основных недостатках: взрывоопасности газовоздушных смесей и токсичности (ядовитости) самого газа и особенно продуктов его неполного сгорания. Это определяет необходимость выполнения ряда требований при устройстве и эксплуатации установок газового отопления.

Одной из особенностей использования газового топлива для систем квартирного отопления или в приборах местного отопления является то, что обслуживание этих приборов осуществляется самим населением, т. е. людьми, не прошедшими специальной подготовки. Поэтому работники эксплуатационных контор газового хозяйства, для которых предназначена эта книга, должны постоянно разъяснять населению правила пользования газовыми приборами и правила техники безопасности.

Настоящее издание брошюры является вторым, переработанным и дополненным. В нем учтены новые конструкции отопительных приборов, работающих на газе, а также опыт эксплуатации отопительных агрегатов. Значительно расширен раздел, посвященный лучистому отоплению, и глава по системам центрального отопления на газовом топливе.

ГЛАВА I

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

ХАРАКТЕРИСТИКА РАЗЛИЧНЫХ СИСТЕМ ОТОПЛЕНИЯ

Системы отопления жилых и производственных зданий служат для поддержания в них положительных температур. Отопление должно обеспечивать заданные температуры внутреннего воздуха, установленные для данного вида помещений. Так, в жилых комнатах поддерживается температура 18—20° С, в больничных палатах — 20—22° С и т. д.

Все существующие системы отопления можно разделить на местные и центральные. В системах местного отопления тепло вырабатывается в самом отапливаемом помещении, в системах центрального отопления — в котельных, а затем оно распределяется по отапливаемым помещениям.

К современным системам местного и центрального отопления предъявляют определенные требования, которые сводят к следующему.

1. Отопительные установки должны иметь высокий к. п. д. и требовать минимальных затрат на обслуживание и ремонт.

2. Системы отопления должны отличаться простотой конструкции, надежностью и легкостью регулирования.

3. Нагревательные приборы и оборудование должны быть компактными, требовать минимальных расходов дефицитных материалов на их изготовление и иметь красивый внешний вид.

4. Система отопления должна обеспечивать независимость температурного режима отдельных помещений, обеспечивая индивидуальные запросы потребителей.

5. Температура наружных поверхностей нагревательных приборов и устройств должна быть не выше 95° С.

6. В отапливаемых помещениях должна поддерживаться равномерная температура и не должно быть резких потоков воздуха.

К системам местного отопления относятся печи и отопительные приборы малой теплоемкости (конвекторы, камины, инфракрасные излучатели). Квартирные системы отопления предназначены для одной квартиры или небольшого дома. Их оборудуют газовыми приборами небольшой теплопроизводительности.

Центральное отопление делится на системы водяного, парового и воздушного отопления. Наибольшее распространение получили системы водяного отопления, в которых теплоносителем является

горячая вода, нагретая до 95° С и ниже для жилых и общественных зданий и до 150° С и ниже для производственных зданий. Горячая вода, циркулирующая в системе, передает тепло нагревательным приборам, а они, в свою очередь, воздуху отапливаемого помещения. Для отопления производственных помещений часто применяют системы парового отопления, в которых теплоносителем служит пар. В зависимости от давления пара их делят на системы низкого (от 0,05 до 0,7 *кГ/см*^{2}) и высокого давления (более 0,7 *кГ/см*^{2}). В нагревательных приборах пар конденсируется, отдавая тепло, а конденсат возвращается в котельную самотеком либо специальным насосом.

В системах воздушного отопления теплоносителем является нагретый воздух, который подают в отапливаемые помещения. Воздух нагревается в калориферах горячей водой, паром или продуктами сгорания газа. Воздушное отопление может легко сочетаться с вентиляцией помещений. Температура нагретого воздуха, подаваемого в помещения, не должна превышать 70° С.

Системы местного отопления обладают рядом преимуществ, к которым относятся: независимость режима отопления отдельных помещений; небольшая стоимость изготовления и монтажа приборов; вентиляция помещений в период работы приборов; возможность более гибкого регулирования температуры воздуха помещений. Однако эти системы имеют и целый ряд недостатков: возможность возникновения резких потоков холодного воздуха в помещении; необходимость значительного количества дымоходов в стенах для отвода продуктов горения; возможность попадания в помещение несгоревшего газа из-за неплотностей газопроводов и арматуры.

Системы центрального водяного отопления, получившие очень широкое распространение в жилых и общественных зданиях, обеспечивают наиболее равномерную температуру в помещениях и отсутствие холодных потоков воздуха. Это достигается тем, что нагревательные приборы размещаются у окон, т. е. в местах, где имеет место наибольшая инфильтрация (проникновение) холодного воздуха. Кроме того, водяное отопление допускает централизованное обслуживание и обеспечивает надежность, долговечность и безопасность работы.

Однако системы центрального водяного отопления не лишены и недостатков. Основным их недостатком является значительная металлоемкость, т. е. большие расходы металла на нагревательные приборы и трубы. Кроме того, нагревательные приборы этих систем труднее регулировать по индивидуальным запросам потребителей, так как требуется установка специальных регуляторов у каждого прибора.

Таким образом, все рассмотренные системы имеют свои преимущества и недостатки. Поэтому выбор той или иной системы отопления производят обычно после сопоставления всех их качеств с учетом местных конкретных условий.

ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИЕ РАСЧЕТЫ

Система отопления должна покрывать потери тепла помещениями через ограждающие конструкции. Теплопотери через стены, окна, двери, пол, потолок, т. е. через все ограждающие конструкции помещения, неизбежны, когда внутри помещения температура выше, чем наружного воздуха или смежных помещений. Величина этих потерь зависит от многих факторов, которые будут рассмотрены ниже.

В общем виде количество тепла, *ккал/ч*, передаваемого через плоскую стенку из более нагретого помещения,

$$Q = kF(t_в - t_н),$$

где k — коэффициент теплопередачи через стенку, *ккал/ч* · $м^2$ × × *град*; F — площадь стенки, $м^2$; $t_в$ — температура внутри помещения, °С; $t_н$ — температура наружного воздуха, °С.

Таким образом, теплопотери зависят от величины коэффициента теплопередачи, площади ограждающих конструкций, соприкасающихся с наружным воздухом, и разности температур воздуха внутри помещения и снаружи.

Коэффициент теплопередачи зависит от коэффициентов теплоотдачи внутренней и наружной поверхностей ограждения, а также от материала стенки и ее толщины. Чем толще стенка и чем меньше коэффициент теплопроводности материала, из которого она сделана, тем меньше она пропустит тепла.

Теплопотери помещения тем меньше, чем меньше площадь наружных ограждений. В многоэтажных зданиях для помещений средних этажей отсутствуют теплопотери через пол и потолок.

Внутри помещений должна поддерживаться температура воздуха, обеспечивающая хорошее самочувствие находящихся в них людей. Расчетная температура воздуха помещений строго регламентируется действующими Строительными нормами и правилами (СНиП). Ее величина зависит от назначения помещения. В табл. 1 приведены расчетные внутренние температуры для некоторых жилых, общественных и производственных помещений.

Расчетную температуру наружного воздуха для проектирования отопления, а также продолжительность отопительного сезона принимают в зависимости от климатических условий. В табл. 2 приведены значения этих величин для различных городов СССР (по СНиП).

К основным теплопотерям ограждающими конструкциями помещений, определяемым расчетом, делают надбавки на страны света, ветер, высоту отдельных помещений и т. д. Так, если вертикальные наружные ограждения здания обращены на север, восток, северо-восток, то величина добавочных теплопотерь к основным составляет 10%.

Таким образом, пользуясь приведенными выше данными, можно подсчитать теплопотери отдельными помещениями или всем зданием в целом и, зная их, подобрать необходимые по теплопроизво-

Таблица 1

Расчетные температуры воздуха в отапливаемых помещениях

Помещения	Расчетная температура $t_в$, °С	Помещения	Расчетная температура $t_в$, °С
Жилые здания		*Магазины*	
Комнаты	18	Торговые залы:	
Кухня	15	продовольственный	12
Ванная	25	промтоварный	15
Лестничная клетка	16	Кладовые	10
Лечебные заведения		*Учреждения*	
Палата для взрослых	20	Кабинеты, комнаты, библиотеки	18
Комната для детей	22	Коридоры, приемные, залы заседаний	16
Кабинеты:			
процедурные	20	*Производственные помещения*	
операционные	25		
Учебные заведения		Тепловыделения незначительные *	
		при легкой работе	18—2
Классы, кабинеты, аудитории	16	при тяжелой работе	14—1
Гимнастический зал	15	Тепловыделения значительные	
Библиотека, канцелярия, чертежные	18	при легкой работе	18—2
		при тяжелой работе	14—1
Клубы, кинотеатры, театры			
Раздевалки, сцена	18		
Зрительный зал	16		
Курительные, буфеты	15		
Вестибюль	12		

* Незначительными считаются тепловыделения от людей, машин и т. п. в количестве до 20 *ккал/м³·ч*.

дительности нагревательные приборы. Однако такой расчет требует довольно длительной работы.

Для приближенных расчетов величин теплопотерь зданий любого назначения существует формула:

$$Q_т = q_0 (t_в - t_н) V n,$$

где $Q_т$ — теплопотери зданием, *ккал/ч*; q_0 — удельная тепловая характеристика, *ккал/ч · м³ · град*; V — объем здания, *м³* (по на

Таблица 2

Расчетные температуры наружного воздуха для проектирования отопления

Города	Продолжительность отопительного сезона, сутки	Расчетная температура $t_н$, °С	Города	Продолжительность отопительного сезона, сутки	Расчетная температура $t_н$, °С
Актюбинск	206	—29	Краснодар	149	—17
Архангельск	254	—32	Куйбышев	208	—29
Астрахань	171	—22	Курск	200	—25
Ашхабад	111	—11	Ленинград	223	—24
Баку	110	—3	Минск	206	—22
Батуми	75	0	Москва	212	—26
Брянск	196	—23	Саратов	196	—28
Верхоянск	281	—63	Свердловск	233	—32
Владивосток	205	—24	Сочи	88	—2
Волгоград	178	—25	Сухуми	77	—1
Воронеж	195	—25	Одесса	160	—15
Горький	217	—28	Рига	212	—19
Днепропетровск	176	—21	Петрозаводск	237	—26
Ереван	151	—18	Таллин	224	—21
Иркутск	243	—35	Хабаровск	220	—33
Казань	217	—29	Харьков	218	—23
Калининград	194	—18	Уфа	190	—31
Киев	191	—21	Челябинск	222	—32
Кишинев	167	—16	Чита	243	—38

ружному обмеру); a — коэффициент, учитывающий изменение удельной тепловой характеристики зданий в зависимости от расчетной температуры наружного воздуха.

Удельная тепловая характеристика здания q_0 — это количество тепла, теряемое 1 $м^3$ здания в час при разности температур 1° С.

Основным фактором, влияющим на удельную тепловую характеристику, является кубатура, так как чем больше кубатура здания, тем меньше квадратных метров поверхности ограждений приходится на 1 $м^3$ объема здания, а следовательно, меньше его удельная тепловая характеристика. В табл. 3 приведены значения удельных тепловых характеристик для некоторых видов зданий (подсчитанные при температуре 30° С), а в табл. 4 даны значения коэффициента, учитывающего изменение удельной тепловой характеристики в зависимости от расчетной температуры наружного воздуха.

Таблица 3

Удельные тепловые характеристики зданий

Помещения	Строительный объем зданий, тыс. $м^3$	Удельная тепловая характеристика q_0, $ккал/ч \cdot м^3 \cdot град$
Жилые здания	0,1	0,65
	0,5	0,60
	1,0	0,48
	3,0	0,42
	5,0	0,38
	10,0	0,33
Лечебные учреждения	5,0	0,40
	10,0	0,36
	15,0	0,32
Учебные заведения	5,0	0,39
	10,0	0,35
	Более 10,0	0,33
Клубы, кинотеатры	5,0	0,37
	10,0	0,33
	Более 10,0	0,30
Предприятия общественного питания	5,0	0,35
	10,0	0,33
	Более 10,0	0,30
Учреждения	5,0	0,43
	10,0	0,38
	15,0	0,35
	Более 15,0	0 32

Таблица 4

Значения коэффициента, учитывающего изменение удельной тепловой характеристики в зависимости от расчетной температуры наружного воздуха

Температура $t_н$, °С	Коэффициент a	Температура $t_н$, °С	Коэффициент a
—10	1,45	—35	0,95
—15	1,29	—40	0,90
—20	1,17	—45	0,85
—25	1,08	—50	0,82
—30	1 00		

СЖИГАНИЕ ГАЗОВОГО ТОПЛИВА В ОТОПИТЕЛЬНЫХ УСТАНОВКАХ

Отопление на газовом топливе может осуществляться:

1) переоборудованием комнатных печей или установкой специальных печей, сконструированных для работы на газовом топливе;

2) установкой местных газовых отопительных приборов;

3) устройством систем центрального отопления с котлами, специально сконструированными или переоборудованными для сжигания газового топлива;

4) устройством систем отопления с газовоздушными калориферами.

Во всех перечисленных случаях для осуществления процесса горения газа должны быть созданы определенные условия.

Во-первых, к горючему газу необходимо подвести достаточное количество воздуха и обеспечить хорошее их перемешивание. Для этой цели служат различные по конструкции газогорелочные устройства.

Газовоздушные смеси воспламеняются только в том случае, когда содержание в них газа находится в определенных пределах. При незначительных содержаниях газа в газовоздушной смеси тепла, выделившегося при горении, недостаточно для доведения соседних слоев смеси до температуры воспламенения. То же самое наблюдается и при слишком большом содержании газа в газовоздушной смеси. Недостаток кислорода воздуха, идущего на горение, приводит к понижению температурного уровня, в результате чего соседние слои смеси не нагреваются до температуры воспламенения. Этим двум крайним случаям, характерным для каждого газа, соответствуют нижний и верхний пределы воспламеняемости.

Так, смесь природного газа с воздухом может воспламеняться только в том случае, если газа в ней будет содержаться от 4,5 до 17%.

Практически с пределами воспламеняемости газов совпадают и пределы взрываемости (табл. 5). Если замкнутый объем будет заполнен газовоздушной смесью с содержанием газа в диапазоне между верхним и нижним пределами воспламеняемости, то при внесении огня смесь взорвется. Это может произойти в топке печи или котла, если производить розжиг, предварительно не провентилировав топку.

Допустим, что арматура на газопроводе и перед горелкой неплотная и пропускает газ в закрытом состоянии. Тогда газ через горелку попадет в топку, где он соединится с воздухом. В топке, таким образом, образуется взрывоопасная смесь. При зажигании горелки в топку будет внесен открытый огонь (запальник, зажженная спичка и т. д.) и моментально произойдет взрыв. Этого можно избежать, если предварительно провентилировать топку, что и полагается делать по инструкции перед включением горелки.

Таблица 5

Пределы воспламеняемости (взрываемости) и температуры воспламенения различных газов в воздухе

Газ	Пределы воспламеняемости (процент газа в смеси с воздухом)		Температура воспламенения, °С	
	Нижний	Верхний	От	До
Коксовый	5,6	31,0	~640	—
Водяной	6,2	72,0	560	625
Сланцевый	10,7	32,8	~700	—
Природный	4,5	17,0	530	800
Водород	4,0	74,2	530	590
Окись углерода	12,5	74,2	610	658
Метан	5,0	15,0	645	850
Пропан	2,4	9,5	530	588
Бутан	1,9	8,4	490	569
Ацетилен	2,5	80,0	335	500

Такое же явление может иметь место при утечках газа в помещениях с плохим воздухообменом. Предположим, что горючий газ вытекает в закрытое помещение через неплотное соединение. Тогда в определенный момент в помещении образуется смесь газа с воздухом выше нижнего предела воспламеняемости, и внесение в это помещение какого-либо источника зажигания (искра, зажженная спичка и т. д.) приведет к взрыву.

Температура воспламенения зависит от ряда факторов, в том числе от содержания горючего газа в газовоздушной смеси, давления, способа нагрева смеси и т. д., и поэтому не является точной величиной. В табл. 5 приведены значения температур воспламенения некоторых горючих газов в воздухе.

В практике применяются два способа воспламенения горючих смесей: самовоспламенение и вынужденное зажигание. При самовоспламенении весь объем горючей газовоздушной смеси постепенно доводится до температуры воспламенения, после чего смесь воспламеняется уже без внешнего теплового воздействия.

Широкое применение в технике нашел второй способ, при котором не требуется нагревать всю газовоздушную смесь до температуры воспламенения, а достаточно зажечь холодную смесь в одной точке объема каким-нибудь высокотемпературным источником (искра, накаленное тело, запальник и т. д.). В результате этого воспламенение передается на весь объем смеси распространением пламени с определенной пространственной скоростью.

Таким образом, процесс сжигания газового топлива состоит из смешения газа с воздухом, нагрева полученной смеси до темпера-

туры воспламенения, зажигания ее и протекания реакций горения, сопровождающихся выделением тепла.

Для полного сжигания газового топлива необходимо подать определенное теоретически необходимое количество воздуха. В процессе горения практически участвует больше воздуха, чем это необходимо. Коэффициент избытка α равен отношению действительного объема воздуха $V_в$, участвовавшего в горении, к теоретически необходимому V_0

$$a = \frac{V_в}{V_0}.$$

В горелках некоторых конструкций предварительно смешивается с газом только часть воздуха, необходимого для горения. Такая смесь будет, очевидно, характеризоваться коэффициентом избытка воздуха меньше единицы. Идущий на образование этой смеси воздух принято называть первичным, воздух же, подаваемый в топочное пространство дополнительно и независимо от потока газа, называется вторичным.

Коэффициент избытка воздуха на выходе из горелки $\alpha_г$ показывает, какое количество теоретически необходимого воздуха поступает непосредственно через смесительное устройство горелки. Так, если коэффициент избытка воздуха на выходе из горелки $\alpha_г = 1{,}10$, то это означает, что через горелку проходит первичного воздуха на 10% больше, чем необходимо теоретически. Если $\alpha_г = 0{,}60$, то через горелку проходит 60% воздуха, теоретически необходимого для горения (в этом случае правильнее было бы называть α коэффициентом недостатка воздуха).

В практике сжигания топлива часто приходится сталкиваться с нарушением устойчивой работы горелок, вызываемым либо отрывом пламени от насадка горелки, либо проскоком пламени в ее смесительную часть.

Пламя сохраняет устойчивость, т. е. остается неподвижным относительно насадка горелки в тех случаях, когда в зоне горения устанавливается равновесие между стремлением пламени продвинуться навстречу потоку газовоздушной смеси и стремлением потока отбросить пламя от горелки. Однако такое равновесие наблюдается в очень узком диапазоне скоростей выхода газовоздушной смеси из горелки.

Явление отрыва пламени возникает, когда скорость истечения газовоздушной смеси превосходит скорость распространения пламени и оно, отрываясь от горелки, полностью или частично гаснет. Пламя может отрываться при розжиге или выключении горелок, а во время работы из-за быстрого изменения нагрузки или чрезмерного увеличения разрежения в топке. Отрыв пламени может иметь место у всех типов горелок.

Отрыв пламени может привести к загазованию топки и газоходов, а при отсутствии тяги — к накоплению в помещении газа. Это может повлечь за собой взрыв в топочной камере, газоходах печи или котла, а также в помещении.

Явление проскока пламени (обратного удара) — это проникновение пламени внутрь горелки. Оно происходит в том случае, когда скорость истечения газовоздушной смеси из горелки меньше скорости распространения пламени. Чаще всего проскок происходит при неправильном зажигании и выключении горелки, а также при быстром снижении ее производительности. В результате проскока может произойти перегрев горелки или хлопок внутри ее, а также прекращение горения и загазование помещения. Проскок пламени может быть только у горелок с предварительным смешением газа и воздуха.

Существенное влияние на надежность работы многофакельных горелок частичного предварительного смешения (горелки с трубчатыми насадками и огневыми отверстиями небольшого диаметра) оказывает величина расстояния между отверстиями, при которой происходит надежное зажигание факелов друг от друга. В то же

Таблица 6

Значения максимальных и минимальных расстояний между осями горелочных отверстий для нормального распространения и горения пламени

Диаметр горелочного отверстия, *мм*	Тепловая нагрузка, *ккал/м²·ч·10⁶*	Максимальные расстояния, обеспечивающие беглость огня при зажигании, *мм*, при			Минимальные расстояния, обеспечивающие отсутствие слияния факелов, *мм*, при		
		$\alpha = 0{,}2$	$\alpha = 0{,}4$	$\alpha = 0{,}6$	$\alpha = 0{,}2$	$\alpha = 0{,}4$	$\alpha = 0{,}6$
1	8—16	6,5	4	—	6,5	4	—
2	2	9	7,5	5,5	8	7	5
	4—6	10	8,5	6	8	7	5
	8	12	8	5	9	7	5
	12—16	13	7,5	—	9	7	—
3	2—4	14	10,5	8	8,5	8	6
	6—8	16	12	7	10	9	6
	12—16	17	10	—	12	9	—
4	2	16	14	9	9	9	8
	4	18	15,5	11	12	11	8
	5	19	16,5	10	13	11,5	8
	8	20	17,5	8	14	12	8
	12—16	18	17	—	14	12	—
6	2—4	23	21,5	17,5	15	14,5	13
	6	26	22	18,5	17	15,5	13
	8—12	28	22,5	18,5	18	16	13
	16	30	22	16	18	16	13

время уменьшение расстояния между отверстиями может привести к слиянию факелов, что затруднит подвод к ним вторичного воздуха. Следовательно, расстояния между газовыпускными отверстиями в горелке следует выбирать так, чтобы, с одной стороны, была обеспечена беглость огня, а с другой — отсутствовало слияние факелов.

В табл. 6 приведены значения максимальных и минимальных расстояний между отверстиями, при которых обеспечивается беглость огня и отсутствует слияние факелов. Таблица составлена по данным Ленинградского научно-исследовательского института Академии коммунального хозяйства (ЛНИИ АКХ) для природного и смешанного газов ($Q_н = 6000 \div 8500$ *ккал/м*³)*.

ПЕРЕСЧЕТ ГОРЕЛОК ПРИ ИЗМЕНЕНИИ ХАРАКТЕРИСТИК ГАЗА

В практике эксплуатации встречается необходимость переделки горелок в связи с изменением теплоты сгорания и удельного веса газового топлива. Работа горелок на газе с теплотой сгорания и удельным весом, отличающимися от расчетных, приводит к изменению тепловой нагрузки горелки и к ухудшению условий сгорания. Рассмотрим особенности пересчета горелок различных типов.

Инжекционные горелки низкого давления ($\alpha < 1{,}0$). Для сохранения неизменной тепловой нагрузки инжекционной горелки низкого давления при переходе на газовое топливо иного состава необходимо изменить диаметр газового сопла. Новый диаметр сопла, *мм*,

$$d_1 = d\sqrt{\frac{Q_н}{Q'_н}}\sqrt{\frac{p\gamma'_г}{p_1\gamma_г}},$$

где d — диаметр газового сопла при работе на газе первоначальной теплоты сгорания, *мм*; $Q_н$ и $Q'_н$ — расчетная и действительная теплота сгорания газа, *ккал/м*³; $\gamma_г$ и $\gamma'_г$ — расчетный и действительный удельный вес, *кГ/м*³; p — расчетное давление газа, *мм вод. ст.*; p_1 — давление газа при работе на газе иного состава, *мм вод. ст.*

Если позволяет располагаемое давление газа в сети, то для сохранения тепловой нагрузки горелки можно изменить давление газа перед горелкой (при сохранении конструктивных размеров) до величины

$$p_1 = p\frac{\gamma'_г}{\gamma_г}\left(\frac{Q_н}{Q'_н}\right)^2 [\textit{мм вод. ст.}].$$

Однако в этом случае необходимо проверочным расчетом убедиться, что диапазон устойчивой работы горелки не будет меньше установленной величины.

Для инжекционных горелок низкого давления, работающих с $\alpha \geqslant 1{,}0$, все расчеты должны вестись по формулам, приведенным в следующем разделе.

---

* Здесь и далее объемы природного и смешанного газов даны для нормальных физических условий — давления 760 *мм рт. ст.* и температуры 0° С.

Пример. Инжекционная горелка восьмисекционного котла ВНИИСТО-Мч рассчитана для сжигания природного газа с теплотой сгорания $Q_н = 8500$ *ккал/м³* и удельным весом $\gamma_г = 0{,}75$ *кГ/м³* при номинальном давлении $p = 130$ *мм вод. ст.*. Диаметр сопла горелки 3,8 *мм*.

Необходимо рассчитать, какое сопло следует установить в горелку при работе на сжиженном газе с теплотой сгорания $Q'_н = 22\,000$ *ккал/м³*, удельным весом $\gamma'_г = 2{,}0$ *кГ/м³* и номинальном давлении $p_1 = 300$ *мм вод. ст.*

В соответствии с приведенной выше формулой имеем:

$$d_1 = 3{,}8 \sqrt{\frac{8500}{22\,000} \sqrt{\frac{130 \cdot 2{,}0}{300 \cdot 0{,}75}}} = 2{,}5 \text{ мм}.$$

С другой стороны, если бы мы попытались, не изменяя диаметра сопла, сохранить тепловую нагрузку горелки при работе ее на сжиженном газе, то необходимо было бы поддерживать давление

$$p_1 = 130 \frac{2{,}0}{0{,}75} \left(\frac{8500}{22\,000}\right)^2 = 53 \text{ мм вод. ст.}$$

Проверка диапазона устойчивой работы горелки в этом случае показывает, что он значительно снижается. Если при работе с номинальным давлением 300 *мм вод. ст.* диапазон устойчивой работы $n = \sqrt{\frac{p_{min}}{p_{max}}} = \sqrt{20} : \sqrt{300} \approx 1 : 4$, то при работе с новым давлением $n = \sqrt{20} : \sqrt{53} \approx 1 : 1{,}6$.

Инжекционные горелки низкого и среднего давления ($\alpha \geqslant 1{,}0$). Для сохранения неизменной тепловой нагрузки инжекционной горелки низкого или среднего давления при переходе на газ иного состава необходимо определить новый диаметр газового сопла d_1, *мм*, при котором горелка будет подсасывать необходимое количество воздуха.

$$d_1 = d \sqrt{\frac{(1 + V_0\alpha)\left(1 + V_0\alpha \frac{\gamma_в}{\gamma_г}\right)}{(1 + V_0\alpha_1)\left(1 + V_0\alpha_1 \frac{\gamma'_в}{\gamma'_г}\right)}},$$

где V_0 — теоретическое количество воздуха, необходимого для горения, *м³/м³*; $\gamma_в$ — удельный вес инжектируемого воздуха, *кГ/м³*; α и α_1 — коэффициент избытка воздуха горелки.

Давление газа, *мм вод. ст.*, которое необходимо поддерживать при изменении диаметра,

$$p_1 = p \frac{\gamma'_г}{\gamma_г} \left(\frac{Q_н}{Q'_н}\right)^2 \left(\frac{d}{d_1}\right)^4.$$

Пример. Инжекционная горелка инфракрасного излучения типа 3433-00 Мосгазпроекта работает на природном газе с теплотой сгорания 8500 *ккал/м³*, удельным весом $\gamma_г = 0{,}75$ *кГ/м³*. Номинальное давление газа $p = 130$ *мм вод. ст.*, коэффициент избытка воздуха $\alpha = 1{,}03$, теоретически необходимое количество воздуха для полного сгорания газа $V_0 = 9{,}5$ *м³/м³*. Диаметр сопла, установленного в горелке, 1,8 *мм*.

Необходимо определить, какого диаметра сопло следует установить в горелку при работе ее на сжиженном газе с теплотой сгорания $Q'_н = 22\,000$ *ккал/м³*, удельным весом $\gamma'_г = 2{,}0$ *кГ/м³*, чтобы тепловая нагрузка и коэффициент избытка воздуха остались без изменений. Величина V_0 для сжиженного газа составляет 23,6 *м³/м³*.

Находим диаметр газового сопла:

$$d_1 = 1{,}8\sqrt{\frac{(1+9{,}5\cdot 1{,}03)\left(1+9{,}5\cdot 1{,}03\,\frac{1{,}25}{0{,}75}\right)}{(1+23{,}6\cdot 1{,}03)\left(1+23{,}6\cdot 1{,}03\,\frac{1{,}25}{2{,}0}\right)}} = 1{,}2\ мм.$$

Новое номинальное давление газа

$$p_1 = 130\,\frac{2{,}0}{0{,}75}\left(\frac{8500}{22\,000}\right)^2\left(\frac{1{,}8}{1{,}2}\right)^4 = 250\ мм\ вод.\ ст.$$

Полученные данные соответствуют паспортным характеристикам указанной горелки (см. гл. III).

Горелки с принудительной подачей воздуха ($\alpha \geqslant 1{,}0$). Для сохранения расчетной тепловой нагрузки горелки с принудительной подачей воздуха необходимо изменить площадь газовыпускных отверстий, однако отношение скорости газа и скорости воздуха должно оставаться постоянным. Новая площадь газовыпускных отверстий, $м^2$,

$$F_1 = F\,\frac{Q_н}{Q'_н} \text{ при } w_г = w'_г,$$

где F — площадь газовыпускных отверстий при сжигании газа первоначальной теплоты сгорания, $м^2$; F_1 — площадь газовыпускных отверстий при сжигании газа иного состава, $м^2$.

При кратковременном изменении состава газа и необходимости сохранения конструктивных размеров горелок давление газа и воздуха (для неизменной тепловой нагрузки) соответственно

$$p_1 = p\,\frac{\gamma'_г}{\gamma_г}\left(\frac{Q_н}{Q'_н}\right)^2;$$

$$H_1 = H\left(\frac{Q_н n_1}{Q'_н n}\right)^2,$$

где H_1 — давление воздуха при работе на газе иного состава, *мм вод. ст.*; H — расчетное давление воздуха, *мм вод. ст.*; n — кратность подачи воздуха при сжигании газа расчетной теплоты сгорания; n_1 — кратность подачи воздуха при сжигании газа иного состава.

Пример. Горелка с принудительной подачей рассчитана на сжигание газа с $Q_н = 8500$ *ккал/м³* и $\gamma_г = 0{,}75$ *кГ/м³*. Расчетное давление газа 130 *мм вод. ст.*, а воздуха — 60 *мм вод. ст.* Необходимо пересчитать эту горелку для работы на попутном газе с $Q'_н = 12\,650$ *ккал/м³* и $\gamma'_г = 1{,}2$ *кГ/м³*.

В горелке для выхода газа имеется 42 сопловых отверстия диаметром 2,1 *мм* каждое, т. е. $F = 42\cdot 0{,}785\cdot 0{,}0021^2 = 145\cdot 10^{-6}$ $м^2$. Определим новую площадь газовыпускных отверстий:

$$F_1 = 145\cdot 10^{-6}\,\frac{8500}{12\,650} = 97{,}5\cdot 10^{-6}\ м^2.$$

Если оставить число газовыпускных отверстий без изменения, то нужно уменьшить их диаметр до 1,7 *мм*. Однако можно и не изменяя диаметра газовыпускных отверстий, уменьшить их число до 28.

В случае кратковременной работы на газе иного состава нет смысла переделывать горелку, а лучше пересчитать номинальное давление газа и воздуха перед ней. В нашем примере для сохранения расчетной тепловой нагрузки горелки давление газа и воздуха должно быть изменено соответственно:

$$p_1 = 130\,\frac{1{,}2}{0{,}75}\left(\frac{8500}{12\,650}\right)^2 = 94 \text{ мм вод. ст.};$$

$$H_1 = 60\left(\frac{8500 \cdot 14}{12\,650 \cdot 9{,}5}\right)^2 = 59{,}5 \text{ мм вод. ст.}$$

Из разобранного примера видно, что необходимое давление воздуха почти не изменилось. Это объясняется тем, что при сжигании газа с различной теплотой сгорания часовое количество воздуха, идущего на горение, практически остается постоянным, если сохраняется тепловая нагрузка горелки.

ГЛАВА II

ГАЗОПЕЧНОЕ ОТОПЛЕНИЕ

КРАТКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ОТОПИТЕЛЬНЫХ ПЕЧЕЙ

Печное отопление служит для поддержания в отдельных помещениях расчетной температуры воздуха. Колебания температуры воздуха в жилых помещениях за период между топками не должны превышать $\pm 3^{\circ}$ С. В помещениях производственного и вспомогательного назначения колебания не должны превышать $\pm 3^{\circ}$ С в течение рабочего времени. Средняя температура наружных поверхностей печей в жилых и общественных зданиях не должна превышать 90° С.

Печи должны иметь высокий к. п. д., небольшие габариты, гладкую внешнюю поверхность, обеспечивать безопасность пользования ими. Желательно, чтобы печи были заводского изготовления.

Отопительные печи в зависимости от конструкции и области применения разделяются:

1) по теплоемкости — на теплоемкие и нетеплоемкие;

2) по схеме движения дымовых газов — на канальные, бесканальные, смешанные;

3) по форме — на прямоугольные, круглые и угловые;

4) по высоте — на одноэтажные и многоярусные;

5) по материалу — из кирпича, в металлическом футляре и без него, кафеля, изразцов, в каркасе и без него, сборные блочные, металлические;

6) по назначению — отопительные и отопительно-варочные.

Наибольшее распространение получили кирпичные теплоемкие печи. Топят такие печи периодически один или два раза в сутки. Массив печи аккумулирует тепло и отдает затем его нагреваемому помещению. Причем теплоотдача этих печей при периодической топке неравномерна во времени, вследствие чего в отапливаемых помещениях наблюдаются значительные колебания температуры в течение суток.

При непрерывной топке теплоемких печей с использованием газового топлива достигается равномерная температура в помещении в течение всего времени, увеличивается их к. п. д., повышается срок службы, выравнивается суточный график газопотребления.

Нетеплоемкие печи характеризуются высоким прогревом стенок и быстрым остыванием их после прекращения топки. В практике они широкого распространения не получили.

В существующих конструкциях отопительных печей, созданных для сжигания твердого топлива, не учитывалась специфика сжигания газового топлива, обладающего рядом особенностей как с точки зрения технологии, так и безопасности.

При использовании газа в отопительных печах важно не только добиться его полного сжигания, но и максимально увеличить отдачу тепла стенкам топливника. Это способствует выравниванию температуры воздуха по высоте отапливаемого помещения, так как топливник расположен в нижней части печи. Кроме того, печи с нижним прогревом дают экономию топлива до 15% по сравнению с печами верхнего прогрева.

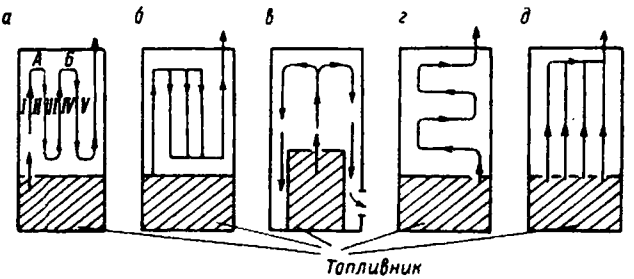


Рис. 1. Схемы движения продуктов горения в отопительных печах: *а* — пятиоборотная печь с вертикальными последовательными каналами; *б* — система дымоходов с одним восходящим каналом и несколькими опускными; *в* — движение продуктов горения в печи колпакового типа; *г* — движение продуктов горения в печи с горизонтальными оборотами; *д* — движение продуктов горения в печи прямоточного типа.

Интенсивный прогрев нижней зоны печи при сжигании газа может достигаться либо установкой в верхней части топливника решетки из огнеупорных кирпичей, либо направлением потока продуктов горения из топливника к основанию печи. Указанные способы интенсификации нагрева нижней зоны можно осуществлять при капитальном ремонте печи, когда остаются без изменения ее внешние стенки.

Система дымоходов отопительных печей, переводимых на газовое топливо, должна: обеспечивать разрежение в любой части печи и минимальные гидравлические сопротивления проходу продуктов горения; обладать высокой тепловоспринимающей способностью и равномерно распределять тепло по массиву печи с преимущественным прогревом ее нижней зоны.

Рассмотрим, как удовлетворяют этим требованиям дымоходы, показанные на рис. 1. В отопительных печах с многооборотными последовательными каналами (рис. 1, *а*) в верхних перевалах может создаваться подпор (т. е. давление выше атмосферного). Если в кладке печи имеются трещины, то продукты неполного сгорания могут поступать в отапливаемое помещение, что чрезвычайно опасно. К недостаткам многооборотной системы дымоходов необходимо также

отнести большие гидравлические сопротивления, создаваемые восходящими ветвями, и неравномерный нагрев стенок печи. Неравномерный нагрев обусловливается тем, что стенки первых по ходу газов каналов нагреваются значительно сильнее, чем последних.

Система дымоходов с одним восходящим каналом и несколькими параллельными опускными каналами (рис. 1, *б*) лишена недостатков многооборотной системы, но для больших печей она не пригодна, так как при такой системе дымоходов сильнее прогревается верхняя часть печи и значительно хуже нижняя. Происходит это потому, что наиболее горячие газы из топливника направляются в верхнюю часть печи, а низ омывается уже более холодными газами.

Бескапальные печи колпакового типа (рис. 1, *в*) характеризуются незначительным гидравлическим сопротивлением по ходу дымовых газов и равномерным прогревом по периметру кладки. Однако к недостаткам такой системы дымоходов следует отнести сильный прогрев верхней зоны по сравнению с нижней и образование под колпаком избыточного давления.

Печи с системой последовательных горизонтальных дымовых каналов (рис. 1, *г*), несмотря на простоту конструкции, обладают недостаточной теплоаккумулирующей способностью (при малой длине горизонтальных каналов) и неравномерно прогреваются по периметру.

В печах с каналами прямоточного типа (рис. 1, *д*) гидравлическое сопротивление невелико, так как в них отсутствуют опускные каналы и резкие повороты газового потока. Кладка печи прогревается равномерно, а интенсивный нагрев нижней зоны легко достигается размещением в верхней части топливника насадки из шамотного кирпича. В печи с каналами прямоточного типа всегда поддерживается разрежение, так как движение продуктов горения совпадает с действием подъемных сил.

Таблица 7

Наименьшие допустимые расстояния от отопительных печей до сгораемых конструкций

Типы отопительных печей	Расстояние, *м*, от поверхности печи или трубы до сгораемой конструкции	
	не защищенной от выгорания	защищенной от выгорания
Теплоемкие со стенками толщиной 7 *см* и более, а также дымовые трубы	0,38	0,25
Керамиковые и металлические со стенками толщиной менее 7 *см*	0,50	0,38
Металлические без футеровки	1,00	0,70

Таким образом, из рассмотренных схем каналов печей предпочтение следует отдать схеме прямоточного типа, которую рекомендуется применять во всех вновь строящихся газовых печах. Однако при переоборудовании существующих печей на газовое топливо (учитывая их особенности) могут применяться и другие системы дымовых каналов.

При размещении отопительных печей в помещениях необходимо учитывать противопожарные требования, предъявляемые ГОСТ 4057—48 (табл. 7 и 8).

Таблица 8

Наименьшие допустимые расстояния от верхней плоскости печи до потолка помещений

Типы отопительных печей	Расстояние до потолка, *м* от верхней плоскости	
	не защищенной от загорания	защищенной от загорания
Теплоемкие:		
весом более 750 *кг*	0,35	0,25
весом 750 *кг* и менее . . .	0,45	0,35
Нетеплоемкие	1,00	0,70

ГАЗОГОРЕЛОЧНЫЕ УСТРОЙСТВА ДЛЯ ПЕЧЕЙ

Рациональное сжигание газового топлива во многом зависит от конструкции газогорелочных устройств. Поэтому горелки для отопительных печей должны:

1) обеспечивать устойчивое горение газа и полное его сжигание при минимальных избытках воздуха в топочном пространстве;

2) равномерно рассредоточивать факел по всей длине топливника;

3) иметь автоматику безопасности, предупреждающую скопление газовоздушной смеси в печи;

4) быть простыми в изготовлении и ремонте, а также доступными при осмотрах.

Устойчивое сжигание газа является очень важной характеристикой работы горелки. Нарушение устойчивости горения, как было показано выше, может привести к попаданию в помещение продуктов неполного сгорания, содержащих окись углерода, или к образованию газовоздушной смеси внутри печи. Кроме того, требование полного сжигания газа обусловливается достижением высокого к. п. д. печи.

Экономичность сжигания газа зависит не только от полноты сгорания газа, но и от коэффициента избытка воздуха в топливнике печи. С увеличением коэффициента избытка воздуха резко

падает к. п. д. печи (рис. 2). Это объясняется тем, что избыточный воздух нагревается в печи и уносит часть тепла в атмосферу. Для экономичной работы печи следует поддерживать коэффициент избытка воздуха в топливнике в пределах 1,7—2,5.

Равномерное распределение факела по периметру топливника предусматривает равномерный прогрев его стенок с целью увеличения срока службы кладки. Кроме того, необходимо, чтобы стенки топливника прогревались более интенсивно, чем остальная кладка печи.

Автоматика безопасности необходима для отключения газа на горелку печи при погасании пламени в топливнике и при отсутствии разрежения (тяги) в дымоходе печи. Первое требование выполняется установкой в топливнике печи термопары и электромагнитного клапана на подводящем газопроводе. При отсутствии пламени в топливнике термопара охлаждается и электромагнитный клапан закрывается, прекращая доступ газа к горелке. Выполнение второго требования — прекращения подачи газа на горелку при отсутствии разрежения в дымоходе — затруднено, так как до сих пор не разработан для этой цели надежно действующий прибор автоматики. Имеющиеся отдельные конструкции таких приборов полностью не решают поставленную задачу.

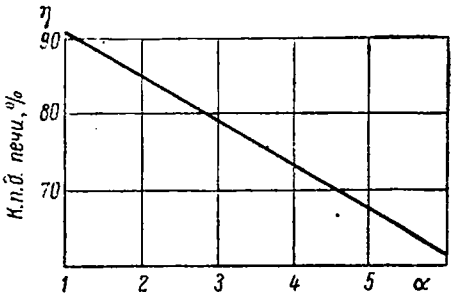


Рис. 2. Зависимость к. п. д. отопительной печи от коэффициента избытка воздуха.

Работа газовых горелок характеризуется тепловой нагрузкой $Q_г$, т. е. количеством тепла, выделяющимся в единицу времени.

$$Q_г = BQ_н \ [ккал/ч]$$

где B — количество сожженного газа, $м^3/ч$; $Q_н$ — низшая теплота сгорания газа, $ккал/м^3$.

Работа газовых приборов характеризуется теплопроизводительностью

$$Q = \eta Q_г \ [ккал/ч].$$

Ниже будут рассмотрены наиболее распространенные конструкции горелок для печей, их достоинства и недостатки.

На рис. 3 показана газовая инжекционная горелка низкого давления ГДП-1,5. Фронтовой щиток горелки с помощью шпилек крепится к топочной рамке. Рамка укрепляется в кладке печи металлическими полосами перед установкой горелки. Горелка заканчивается двумя щелевыми насадками. Первичный воздух подсасывается в горелку через регуляторы, а вторичный воздух поступает через поддувальную дверку.

Автоматика безопасности для этой горелки состоит из термопары, запальника и электромагнитного клапана. Перекрытие электромагнитного клапана происходит через 40—60 *сек* после того, как погаснет запальник. Для включения горелки необходимо открыть

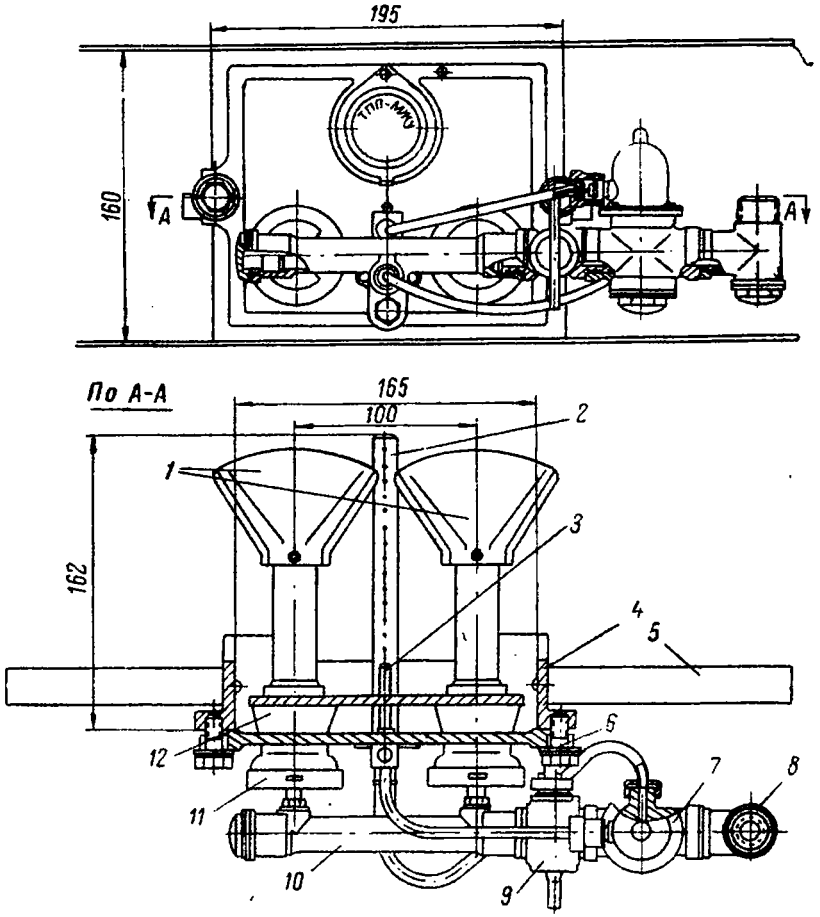


Рис. 3. Газовая горелка ГДП-1,5.

1 — основные горелки; *2* — запальник; *3* — термопара; *4* — рамка; *5* — полоса для крепления рамки; *6* — болт; *7* — электромагнитный клапан; *8* — фильтр; *9* — кран; *10* — коллектор; *11* — регулятор первичного воздуха; *12* — смеситель.

кран на подводящем газопроводе, нажать кнопку электромагнитного клапана и зажечь запальник. Запальник зажигается через смотровое окно, размещенное на фронтовом щитке.

Ввиду того, что горелка ГДП-1,5 не имеет автоматики, прекращающей подачу газа при отсутствии тяги в дымоходе, ее надо

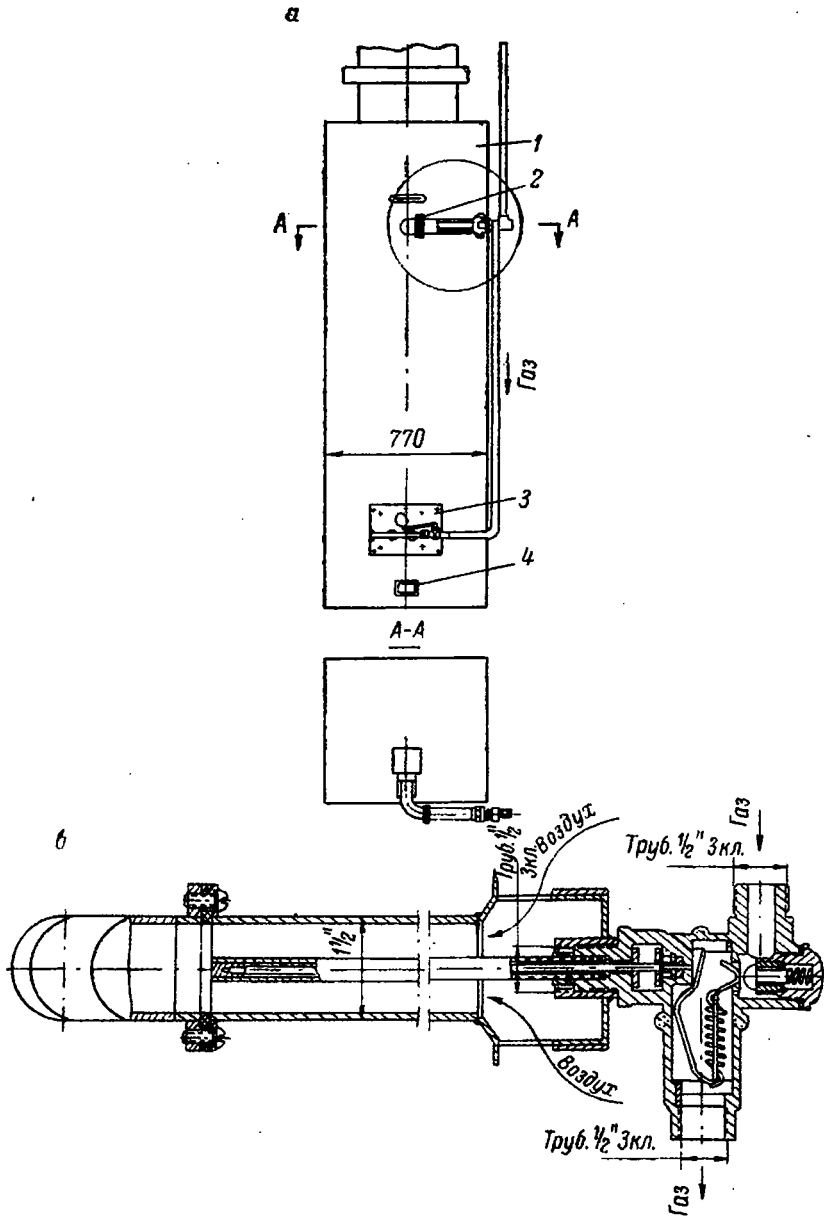


Рис. 4. Установка горелки ГДП-1,5 в отопительной печи в комплекте с сигнализатором тяги ЭБА: *а* — установка сигнализатора в печи; *б* — узел сигнализатора.

1 — печь; *2* — сигнализатор тяги; *3* — горелка ГДП-1,5; *4* — регулятор вторичного воздуха.

устанавливать на печах в комплекте с сигнализатором тяги ЭБА (рис. 4). Сигнализатор ЭБА отключает горелку через 25—30 *сек* после нарушения тяги в дымоходе.

Для установки сигнализатора под задвижкой печи пробивается отверстие в кладке дымохода и в него вставляется труба $1^1/_2$".

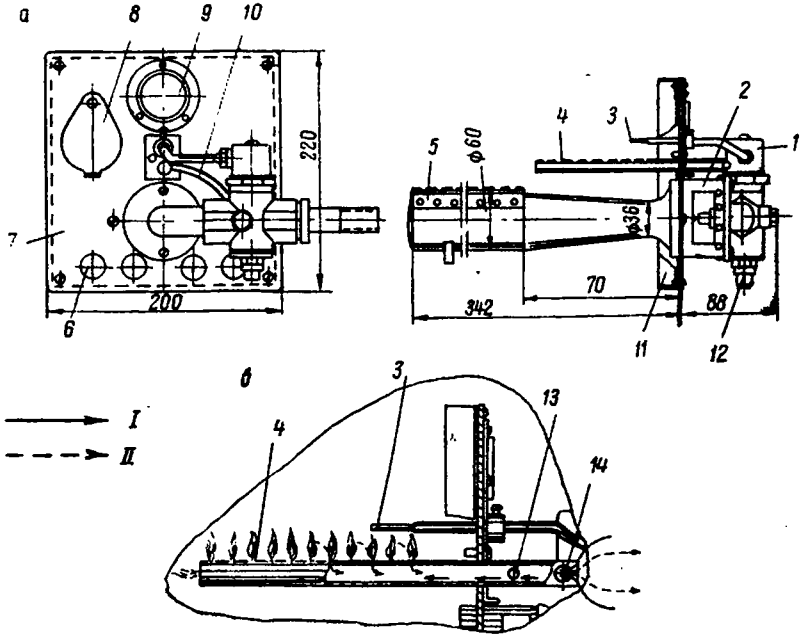


Рис. 5. Газовая горелка ГК-17-07: *а* — общий вид горелки; *б* — установка трубки Максимова.

1 — электромагнитный клапан; *2* — регулятор первичного воздуха; *3* — термопара; *4* — трубка Максимова, служащая одновременно запальником; *5* — основная горелка; *6* — отверстие для подвода вторичного воздуха; *7* — топочный щиток; *8* — глазок для розжига; *9* — смотровое окно; *10* — трубка для подачи газа к запальнику; *11* — рамка горелки; *12* — пусковая кнопка; *13* — отверстие для входа в трубку газа из электромагнитного клапана; *14* — отверстие для входа в трубку воздуха (при нормальной тяге) и для выхода смеси продуктов горения и газа (при отсутствии тяги в дымоходе печи).

I — направление движения воздуха; *II* — то же, смеси продуктов горения и газа.

В трубу вводится стержень терморегулятора, применяемого для ограничения температуры нагрева воды в водонагревателях типа АГВ. Входной патрубок терморегулятора соединяется с газопроводом, а выходной с горелкой. При нормальной тяге в дымоходе воздух из помещения просасывается через трубу, охлаждая стержень терморегулятора. Когда стержень холодный, регулятор открыт и газ поступает на горелку. При нарушении нормальной тяги в дымоходе печи образуется давление выше атмосферного и продукты горения начинают поступать через трубу сигнализатора в помещение, нагревая стержень терморегулятора. При определенной температуре стержень настолько удлинится, что клапан терморегулятора,

который соединен с ним рычажным устройством, прекратит подачу газа к горелке. Терморегулятор может быть настроен на температуру в пределах 40—90° С.

Газогорелочное устройство ГК-17-07 (рис. 5) устанавливается на отопительных и отопительно-варочных печах. Оно состоит из следующих основных узлов: топочного щитка, насадка и смесителя, защитной автоматики. Топочный щиток изготовляют из листовой стали толщиною 1,5 *мм* и винтами крепят к рамке. Рамку с помощью проволоки укрепляют в кирпичной кладке.

Насадок горелки литой из чугуна. По всей длине насадка просверлены 3 ряда отверстий диаметром 4,0 *мм* для выхода газовоздушной смеси. Смеситель горелки, как у большинства инжекционных горелок низкого давления, состоит из конфузора, горла и диффузора.

Защитная автоматика (рис. 5, *б*) состоит из электромагнитного клапана и трубки конструкции Максимова с термопарой, которая служит одновременно и запальником горелки. При нормальной тяге в дымоходе запальник нагревает термопару и электромагнитный клапан пропускает газ на горелки. Если во время работы печи завалится дымоход, опрокинется тяга и т. д., то в топливнике печи давление будет выше атмосферного и газ из трубки Максимова начнет выходить в помещение. При этом запальник погаснет, термопара охладится и электромагнитный клапан закроется, прекратив доступ газа на горелку.

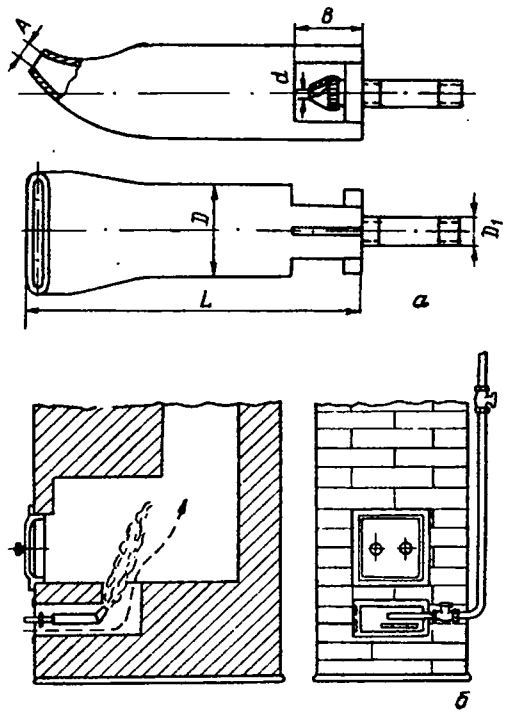


Рис. 6. Горелка для отопительных печей конструкции ИГ АН УССР: *а* — общий вид горелки; *б* — установка в печи.

Теплотехнические испытания горелки показали, что полное сжигание газа достигается при коэффициенте избытка воздуха в топливнике печи $\alpha_т = 1{,}6 \div 1{,}7$. Коэффициент избытка первичного воздуха $\alpha_г = 0{,}35 \div 0{,}4$. Кроме того, ГипроНИИГазом разработана горелка ГК-25 для печей повышенной теплоемкости, аналогичная по конструкции описанной выше (см. табл. 10).

Горелка Института газа (ИГ) АН УССР (рис. 6) широко применяется на Украине для теплоемких отопительных печей. Основные

технические и конструктивные характеристики горелки приведены в табл. 9.

Таблица 9

Горелка ИГ АН УССР для отопительных печей (рис. 6)

Номер горелки	Номинальная тепловая нагрузка горелки, *ккал/ч*	D, дюймы	D_1, дюймы	Размеры, *мм*				Наружная поверхность печи, *м²*
				d	*L*	*A*	*B*	
1	8 500	$1\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	2,6	200	10	60	Не менее 2,5
2	14 500	$1\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	3,5	200	10	60	От 2,5 до 4
3	19 500	2	$\frac{1}{2}$	4,5	250	15	68	Более 4,0

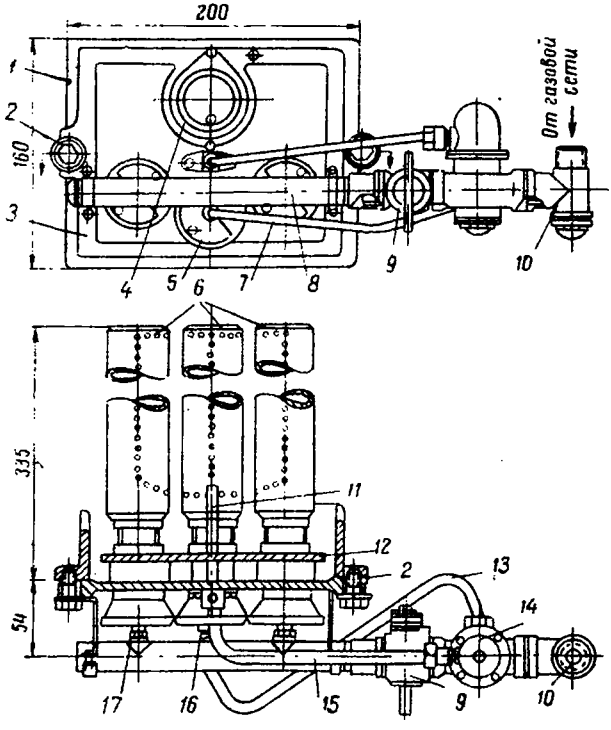


Рис. 7. Газовая горелка ГУК-1.

1 — рамка с креплением; *2* — болт для крепления дверки; *3* — дверка; *4* — глазок для розжига и наблюдения за горением; *5* — регулятор воздуха; *6* — основные горелки; *7* — запальник; *8* — подводящий газопровод; *9* — газовый кран; *10* — фильтр; *11* — спай термопары; *12* — отражатель; *13* — трубка к запальнику; *14* — электромагнитный клапан; *15* — термопара; *16* — сопло запальника; *17* — сопло горелки.

Горелка рассчитана на сжигание природного газа, ее устанавливают в поддувале (зольнике). Топочную дверку оставляют без изменения и используют при зажигании горелки. Колосники из печи вынимают, а против огневого сечения горелки располагают насыпку из кусков кирпича или булыжника. Поддувальное отверстие закры-

вают железным щитком, в котором составляют для ввода воздуха регулируемое отверстие площадью 25—30 *см*².

Горелка проста по конструкции, но недостатками ее являются отсутствие запальника, автоматики безопасности, а также трудность регулировки.

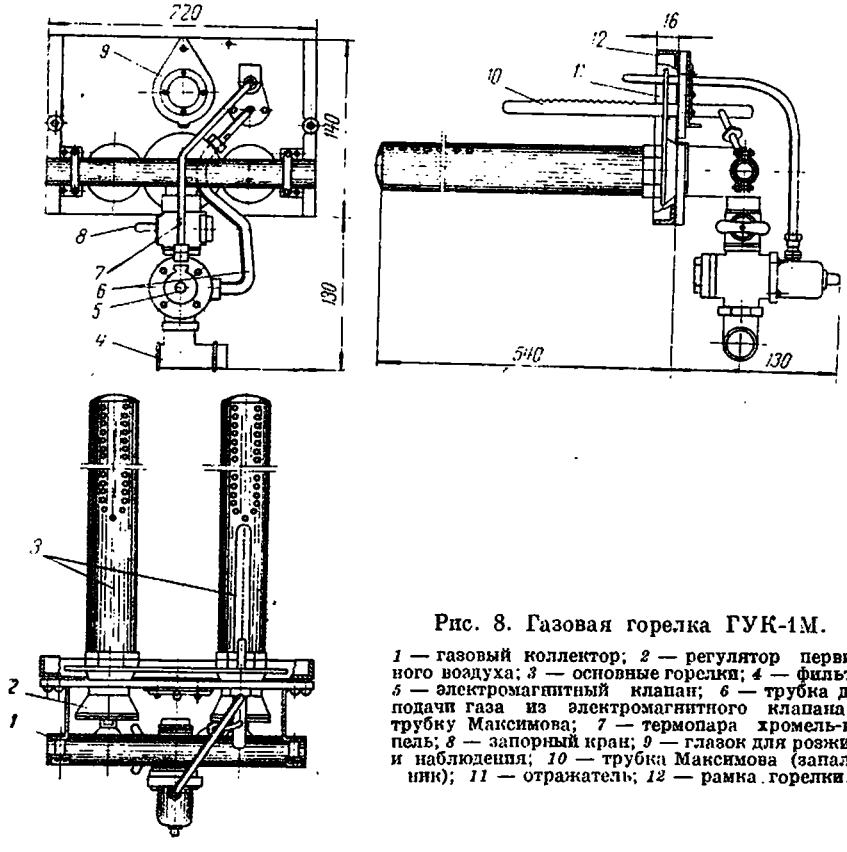


Рис. 8. Газовая горелка ГУК-1М.

1 — газовый коллектор; *2* — регулятор первичного воздуха; *3* — основные горелки; *4* — фильтр; *5* — электромагнитный клапан; *6* — трубка для подачи газа из электромагнитного клапана в трубку Максимова; *7* — термопара хромель-копель; *8* — запорный кран; *9* — глазок для розжига и наблюдения; *10* — трубка Максимова (запальник); *11* — отражатель; *12* — рамка горелки.

Ранее выпускались газогорелочные устройства для переоборудования комнатных печей, смонтированные на стандартной чугунной поддувальной дверце ГУК-1 (рис. 7) и на стандартной чугунной топочной дверце ГУК-2. Автоматика горелок аналогична автоматике горелки ГДП-1,5.

Горелки рассчитаны как на периодический, так и на непрерывный режим работы. Крайние две горелки — периодического действия, а средняя служит одновременно запальником и непрерывно действующей горелкой.

В настоящее время выпускается модернизированная горелка ГУК-1М (рис. 8), снабженная дополнительно автоматикой по тяге в дымоходе. Автоматика состоит из электромагнитного клапана

и трубки конструкции Максимова с термопарой, описанных выше.

На рис. 9 показана газовая горелка ГК-ГПТ. По своей конструкции она отличается автоматикой безопасности. Автоматика состоит из термодатчика, запальника, рычага-фиксатора с пружиной, регулирующего кронштейна и механического клапана.

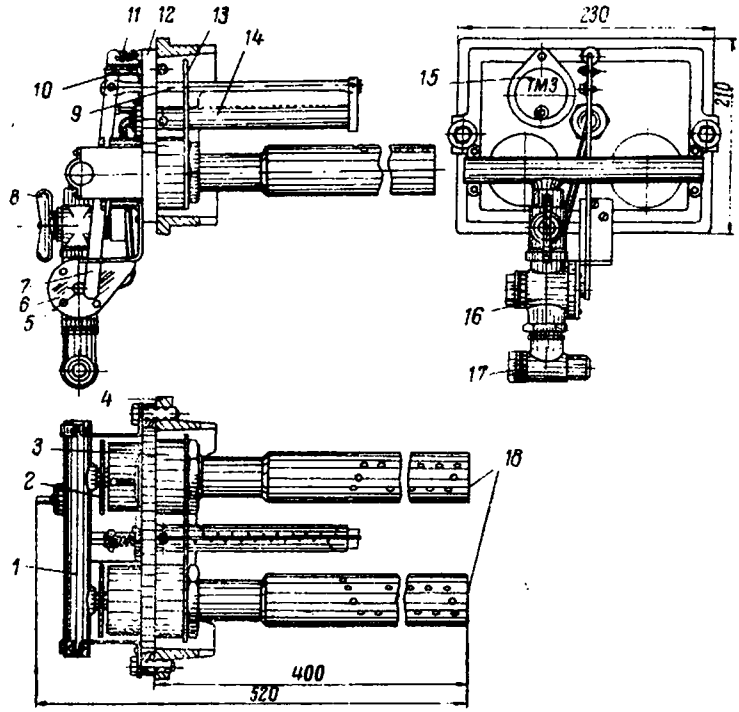


Рис. 9. Газовая горелка ГК-ГПТ.

1 — газовый коллектор; *2* — регулятор первичного воздуха; *3* — смеситель; *4* — рамка горелки; *5* — пусковая кнопка механического клапана; *6* — кронштейн, связывающий механический клапан с топочным щитком; *7* — рычаг-фиксатор; *8* — запорный кран; *9* — термодатчик; *10* — кронштейн для регулировки рычага-фиксатора; *11* — пружина; *12* — топочный щиток; *13* — отражатель; *14* — запальник; *15* — глазок для розжига и наблюдения; *16* — механический клапан; *17* — фильтр; *18* — основные горелки.

Для того чтобы зажечь запальник, необходимо нажать кнопку механического клапана. Факел запальника нагревает термодатчик, который удлиняется в направлении к щитку горелки. Рычаг-фиксатор сдвигается в сторону от топочного щитка и перекрывает кнопку механического клапана. В этом положении кнопки механический клапан пропускает газ к запальнику и коллектору основной горелки. Затем открывают запорный кран коллектора горелки, после чего происходит воспламенение газовоздушной смеси, выходящей из двух трубчатых насадков. При наличии тяги газогорелочное устройство разжигается за 20—25 *сек*.

При отсутствии тяги в топливнике пламя инжекционного запальника будет неустойчивым, и поэтому термодатчик не прогреется, рычаг-фиксатор не перекроет кнопку механического клапана и горелка не зажжется. В случае завала дымохода в топливник поступает недостаточное количество вторичного воздуха. Факел запальника станет нестабильным, и термодатчик остынет. В результате фиксатор отойдет к щитку горелки и освободит кнопку механического клапана.

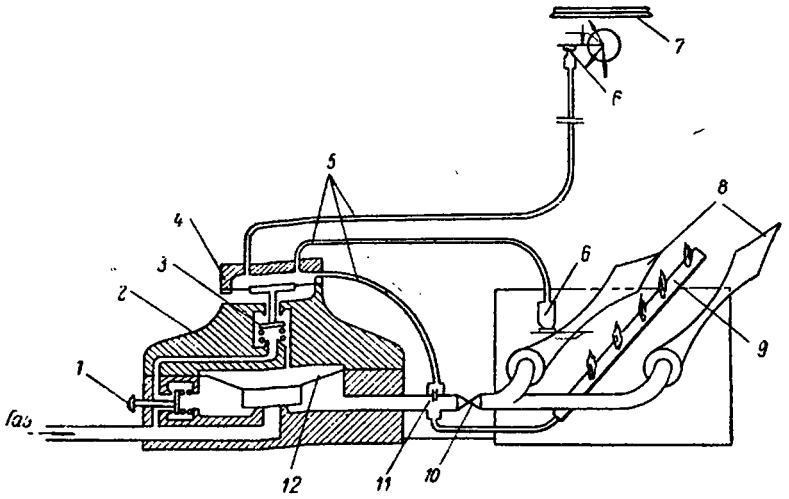


Рис. 10. Схема универсального прибора защитной автоматики для отопительной печи.

1 — пусковая кнопка; *2* — клапан-отсекатель; *3* — двухпозиционное сопло; *4* — мембранное реле; *5* — импульсные линии; *6* — реле с соплами и биметаллическими заслонками; *7* — задвижка печи; *8* — основные горелки; *9* — запальная горелка; *10* — кран перед горелкой; *11* — дроссель; *12* — надмембранное пространство клапана-отсекателя.

Рычаг-фиксатор настраивается с помощью регулирующего кронштейна: при вывинчивании или ввинчивании кронштейна меняется положение фиксирующего конца относительно кнопки клапана.

Время отсечки клапана при отсутствии разрежения (вызванного розжигом горелки с закрытой задвижкой печи или завалом дымохода) 10—15 *сек*. Длительная проверка автоматики в эксплуатационных условиях показала ее надежность.

В Мосгазпроекте разработан универсальный прибор автоматики защиты для отопительных печей, который контролирует наличие пламени и разрежения в дымоходе. Прибор (рис. 10) состоит из клапана-отсекателя с пусковой кнопкой, мембранного реле с двухпозиционным соплом, сообщающим надмембранное пространство клапана-отсекателя с источником давления газа до клапана либо с атмосферой.

В схеме имеются два реле с соплами и биметаллическими заслонками. Одно реле расположено около факела запальной горелки,

имеет нормально открытое сопло и служит для контроля пламени газовой горелки. Второе реле имеет нормально закрытое сопло, расположено перед задвижкой и служит для контроля за разрежением в дымоходе. Питание обоих реле осуществляется через дроссель от источника давления перед запальной горелкой.

Запальная горелка зажигается, если нажать на пусковую кнопку при закрытом кране на основную горелку. Биметаллическая заслонка реле нагревается, а его сопло закрывается, под действием давления мембранное реле с помощью двухпозиционного сопла сбрасывает давление из надмембранного пространства клапана-отсекателя и клапан открывает проход газа. После того как запальная горелка зажжена, пусковую кнопку отпускают и открывают кран на основную горелку. Основная горелка зажигается от запальника.

Прибор срабатывает если: погашено пламя запальника, отсутствует разрежение в дымоходе, давление газа ниже установленного предела, нарушена герметичность импульсных линий. При погасании пламени запальника охлаждается биметаллическая заслонка реле и его сопло открывается. Давление в камере мембранного реле при этом упадет, и надмембранное пространство клапана-отсекателя будет сообщаться с источником давления до клапана. Последний закроется, прекратив пропуск газа.

При отсутствии разрежения в дымоходе продукты сгорания будут выходить в помещение, нагревая биметаллическую заслонку реле, и его сопло откроется. Давление в камере мембранного реле упадет, и клапан-отсекатель закроется.

При падении давления газа ниже установленного значения под действием пружины двухпозиционное сопло соединяет надмембранное пространство клапана с источником давления и подача газа прекращается. Настройка на минимальное давление газа осуществляется пружиной мембранного реле.

При потере герметичности импульсных линий (что равносильно срабатыванию реле) происходит сброс давления импульсной линии и мембранного реле и клапан-отсекатель закрывается.

Проведенные испытания прибора на отопительных печах показали его работоспособность. Время срабатывания прибора при нарушении разрежения в дымоходе не превышало 35 *сек*, а при погасании пламени запальника клапан-отсекатель закрывался через 15 *сек*. Время срабатывания автоматики при нарушении герметичности импульсных линий 10 *сек*.

В табл. 10 приведены характеристики серийно выпускавшихся и выпускаемых в настоящее время горелок с автоматикой для отопительных печей.

В соответствии с требованиями «Правил безопасности в газовом хозяйстве» при переоборудовании печей на газовое топливо могут применяться следующие конструкции газовых горелок: ГК-17-07, ГУК-1М, ГК-ГПТ, ГК-25, т. е. горелки, оборудованные полной автоматикой безопасности.

Таблица 10

Сравнительные характеристики газовых горелок с автоматикой для отопительных печей

Марка горелки	Номинальная тепловая нагрузка, *ккал/ч*	Номинальное давление природного газа перед горелкой, *мм вод. ст.*	Габариты, *мм*			Вес, *кг*	Место установки горелки	Завод-изготовитель
			высота	ширина	длина			
ГДП-1,5	13 800	130	160	195	295	7,0	Топливник	Ремонтно-механический завод Мосжилуправления, «Газаппарат», Саратов
ГДП-1,5	12 500	130	235	280	165	9,75	»	Ремонтно-механический з-д, Тбилиси
ГК-17-07	12 750	130	210	280	425	6,1	»	«Газаппарат», Саратов
ГУК-1	8 000	100	160	200	405	9,75	Поддувало	Ремонтно-механические з-ды Мосжилуправления и Тбилиси
ГУК-2	8 000	100	235	280	375	12,65	Топливник	
ГУК-1М	13 500	130	270	220	670	8,5	»	Таганрогский механический завод
ГК-ГИТ	13 500	130	210	230	520	—	»	
ГК-25	25 500	130	220	340	620	7,3	»	«Газаппарат», Саратов

ПЕРЕОБОРУДОВАНИЕ ПЕЧЕЙ НА ПЕРИОДИЧЕСКИЙ РЕЖИМ ОТОПЛЕНИЯ

Большинство исправных печей может быть переоборудовано на сжигание газа при соблюдении определенных требований. Ниже будут рассмотрены наиболее часто встречающиеся в практике случаи переоборудования печей различных размеров.

Все переоборудуемые на газовое топливо печи должны быть исправными, т. е. не иметь трещин в кладке, завалов в печах и дымоходах. Могут переводиться на сжигание газа как канальные, так и бесканальные печи. Однако печи с горизонтальным расположением каналов переводить на газообразное топливо нельзя. В отопительных печах число дымооборотов не должно превышать пяти, а в отопи-

тельно-варочных, переводимых на газовое топливо, число дымооборотов в отопительном щитке должно быть не более трех.

Отопительные печи не должны иметь духовых шкафов и открытых конфорок для приготовления пищи. Если они есть, то их необходимо заложить кирпичом.

Печи нестационарного типа (времянки) переоборудованию на газ не подлежат. Каждая печь должна иметь обособленный дымоход, герметичную топочную и поддувальную дверцы, достаточное количество чисток в печи и дымоходе.

В существующих зданиях переоборудование отопительных печей допускается вне зависимости от этажности, если основание печи расположено на отдельном фундаменте или консолях, прочно заделанных в кирпичной стене здания, и дымовые стояки от печей вертикальны по всей длине и проходят через все этажи внутри здания.

Так как существующие отопительные печи сильно различаются по своим размерам, разделим их на три основные группы:

1) малогабаритные печи, имеющие площадь основания (по наружным размерам длины и ширины) до 0,5 $м^2$;

2) печи средних габаритов, имеющие площадь основания от 0,5 до 0,7 $м^2$;

3) печи больших габаритов, имеющие площадь основания больше 0,7 $м^2$;

Рассмотрим, как осуществляется переоборудование каждой группы печей.

Прежде чем приступить к переоборудованию печи любых габаритов, необходимо провести подготовительные операции, которые заключаются в следующем. Измеряют площадь основания печи и определяют, к какой группе она относится. Затем проводят наружный осмотр поверхности печи и дымовой трубы. Если штукатурка на наружной поверхности не имеет трещин, значит, кладка печи и дымовой трубы плотная. В случае, когда на штукатурке имеются трещины, следует в этих местах очистить кладку и убедиться, имеются ли трещины в кирпичах и швах. Дефектные участки отмечают мелом для последующего ремонта. Проверяют футеровку топливника. Если в процессе осмотра выявится, что кладка печи в целом ветхая, то всю печь необходимо разобрать, а на ее месте выложить новую, специально сконструированную для газа печь АКХ-14 (см. далее) или другой конструкции.

После осмотра наружной поверхности освидетельствуют состояние внутренних перегородок, отделяющих дымообороты друг от друга. Осмотр производят через «чистки», а в печах, где их нет, они должны быть сделаны (в виде герметичных дверок малого размера). При удовлетворительном состоянии перегородок между дымооборотами необходимо очистить их внутреннюю поверхность от сажи. Прочищается также дымовая труба, для чего нужно закрыть задвижку (вьюшку) печи и удалить сажу через прочистную дверку, которая должна быть установлена на два ряда выше задвижки (вьюшки).

Для переоборудования необходимо иметь горелку с рамкой, специальную поддувальную дверку для подачи вторичного воздуха и задвижку (вьюшку) с отверстием в центре диаметром 15 *мм*.

При ремонте кладки красный кирпич первого сорта должен быть обязательно выдержан в воде до тех пор, пока из него не перестанут выделяться пузырьки воздуха. Сухой или плохо вымоченный кирпич впитывает влагу из раствора. Шамотный кирпич, применяемый для кладки в топливнике, не вымачивается.

Во всех случаях первоначальный пуск газа осуществляется эксплуатационной конторой газового хозяйства в присутствии представителей строительно-монтажной организации. При этом должна быть подготовлена вся необходимая документация (акт о пригодности к работе печи на газовом топливе, акт о техническом состоянии дымохода и проект подводки газопровода к печи).

Переоборудование на газ малогабаритных отопительных печей. После окончания подготовительных работ из печи удаляют топочную и зольниковую дверки и колосниковую решетку. В первом ряду кирпичной кладки устанавливают регулятор вторичного воздуха с поперечным сечением 70 × 100 *мм*. Для прохода вторичного воздуха из зольника в топливник выкладывают канал. На два ряда выше рамки регулятора вторичного воздуха устанавливают рамку газовой горелки. Ее крепят к кладке проволокой или с помощью металлических полос, приклепанных к рамке. Одновременно с установкой рамки горелки топливник футеруют шамотным кирпичом (толщина футеровки $^1/_4$ кирпича). Применять для футеровки красный кирпич, пустотелый и силикатный нельзя. Кирпичи футеровки не должны перевязываться с кирпичами кладки наружных стен.

В топливнике печи на высоте 300—350 *мм* устанавливают решетку из огнеупорных кирпичей. Далее очищают от раствора зазоры между кирпичами решетки и закладывают проем передней стенки печи. Необходимо проверить герметичность установки «чисток» дымооборотов и прочистной дверки над задвижкой печи. Если в дымовой трубе обнаружены дефекты, ее следует отремонтировать и выложить оголовок (см. далее). Затем необходимо просушить печь и оштукатурить те места кирпичной кладки, которые подвергались ремонту.

Когда все работы по переоборудованию закончены, проверяют герметичность печи и дымовой трубы. Для проверки плотности кладки печи в топливнике сжигают какое-нибудь смолистое вещество (строительный толь), дающее большое количество дыма. После появления устойчивого пламени плотно закрывают задвижку (вьюшку) печи. Если дым проходит через кладку, значит, кладка неплотная.

Для проверки плотности дымовой трубы сжигается смолистая ветошь на полотне задвижки при открытой дверке. После появления устойчивого пламени куском кровельного железа закрывают отверстие дымового канала на оголовке дымовой трубы. Если дым

появится в соседних каналах или примыкающих к каналу помещениях, значит, канал неплотный.

После окончания проверки герметичности печи и дымовой трубы в топливнике устанавливается горелка.

На рис. 11 в качестве примера показано переоборудование малогабаритной печи. Общая теплоотдача ее (при двух топках в сутки) 1760 *ккал/ч.*

При сжигании газового топлива малогабаритные печи имеют устойчивый эксплуатационный к. п. д. в пределах 82—87%.

Переоборудование на газ отопительных печей средних габаритов. После окончания подготовительных работ из печи удаляют топочную и зольниковую дверки и колосниковую решетку. В первом ряду кирпичной кладки устанавливают регулятор вторичного воздуха с поперечным сечением 70 × 100 *мм.* Для прохода вторичного воздуха из зольника в топливник выкладывают канал. На три ряда выше рамки регулятора вторичного воздуха устанавливают рамку газовой горелки и крепят к кладке.

Одновременно с установкой рамки горелки выкладывают перегородки в топливнике для направления потока продуктов горения к основанию печи, чем достигается интенсивный нагрев нижней зоны. Стенки топливника футеруют шамотным кирпичом (толщина футеровки $^1/_4$ кирпича). Затем закладывают проем передней стенки печи, где была установлена топочная дверка. Устанавливают герметичную дверку над задвижкой печи. Проверяют герметичность «чисток» дымоходов печи. Ремонтируют дымовую трубу (если имеются дефекты в ее кладке) и выкладывают оголовок.

Далее печь просушивают и штукатурят те места кладки, которые подвергались ремонту. Проверяют герметичность печи и дымовой трубы описанным выше методом. После окончания всех работ в топливник печи устанавливают горелку (рис. 12). Общая теплоотдача печи (при двух топках в сутки) 2330 *ккал/ч.*

Переведенные по указанному способу на газ отопительные печи средних габаритов имеют к. п. д. в пределах 85—88%.

Переоборудование на газ отопительных печей больших габаритов. Печи больших габаритов, как правило, отапливают две или три комнаты. Все такие печи, без исключения, при переводе на газ надо разделить на две самостоятельные секции, а каждую секцию переоборудовать как отдельную печь. При подготовке к переоборудованию наружным осмотром обследуют кладку печи и дымовой трубы. Если кладка печи ветхая, то печь следует разобрать и на ее месте выложить две новые печи, специально предназначенные для сжигания газа. При удовлетворительном состоянии кладки переделываются только дымоходы.

Само переоборудование печи начинают с разборки одной из боковых стенок кладки. Затем вынимают колосниковую решетку, топочную и поддувальную дверки. Из печи удаляют перегородки между дымооборотами, а также кладку зольника и топливника, не связанную с наружной обвязкой печи.

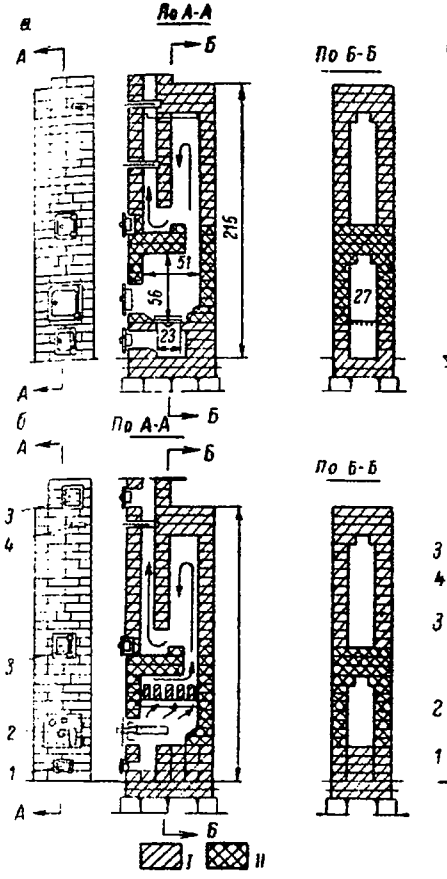


Рис. 11. Переоборудование малогабаритной печи: *а* — до переоборудования; *б* — после переоборудования.

1 — регулятор вторичного воздуха; *2* — газовая горелка; *3* — чистки; *4* — задвижка.
I — старая кладка печи из красного кирпича; II — старая кладка печи из огнеупорного кирпича.

Спецификация
материалов и приборов

Кирпич глиняный обыкновенный 25×12×6,5, шт.	210
Кирпич огнеупорный 25×12×6,5, шт.	76
Глина обыкновенная, $м^3$	0,07
Глина огнеупорная, *кг*	23
Песок, $м^3$	0,05
Колосниковая решетка 25,2×25, шт.	1
Топочная дверка 25×20,5, шт.	1
Поддувальная дверка 13×14, шт.	1
Прочистная дверка 13×14, шт.	1
Дымовая задвижка 13×13, шт.	2
Предтопочный лист из кровельной стали 50×70, шт.	1
Гидроизоляция (толь) 80×55, $м^2$	2

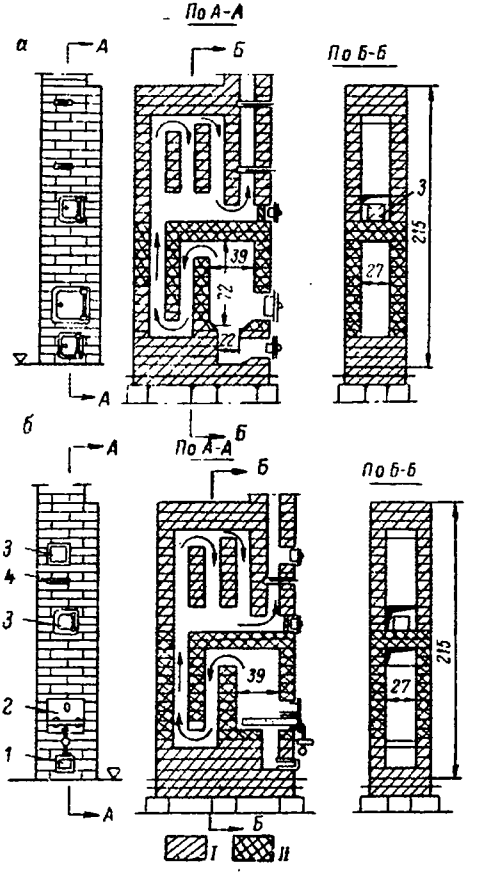


Рис. 12. Переоборудование печи средних габаритов: *а* — до переоборудования; *б* — после переоборудования.

1 — регулятор вторичного воздуха; *2* — газовая горелка; *3* — чистки; *4* — задвижки.
I — старая кладка печи из красного кирпича; II — старая кладка печи из огнеупорного кирпича.

Спецификация
материалов и приборов

Кирпич глиняный обыкновенный 25×12×6,5, шт.	300
Кирпич огнеупорный 25×12,3×6,5, шт.	158
Глина обыкновенная, $м^3$	0,09
Глина огнеупорная, *кг*	50
Песок, $м^3$	0,08
Колосниковая решетка 25×25,2, шт	1
Топочная дверка 25×20,5, шт.	1
Поддувальная дверка 13×14, шт.	1
Прочистная дверка 13×14, шт.	2
Дымовая задвижка 13×13, шт.	2
Предтопочный лист из кровельной стали 50×70, шт.	1
Гидроизоляция (толь 60×120, $м^2$	3

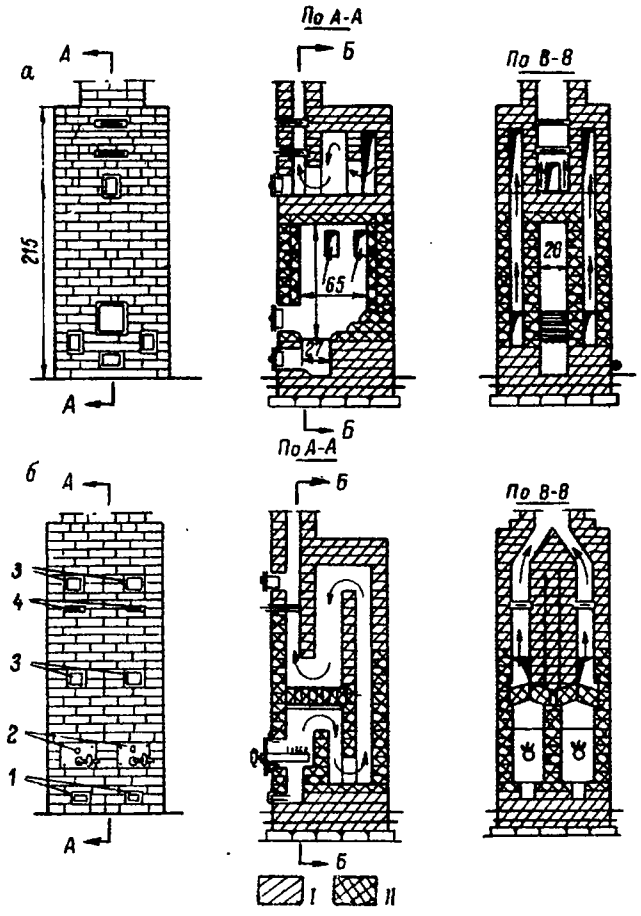


Рис. 13. Переоборудование печи больших габаритов: *а* — до переоборудования; *б* — после переоборудования.

1 — регулятор вторичного воздуха; *2* — газовая горелка; *3* — чистки; *4* — задвижка.
I — старая кладка печи из красного кирпича; II — обновленная кладка печи из красного кирпича.

Спецификация материалов и приборов

Кирпич красный обыкновенный 25×12×6,5, шт.	650
Кирпич огнеупорный 25×12×8,5, шт.	200
Глина обыкновенная, м³	0,14
Глина огнеупорная, кг	91
Песок, м³	0,13
Колосниковая решетка 25,2×30, шт.	1
Топочная дверка 25×20,5, шт.	2
Поддувальная дверка 25×14, шт.	2
Прочистная дверка 13×14, шт.	5
Дымовая задвижка 24×13, шт.	2
Предтопочный лист из кровельной стали 50×70, шт.	1
Гидроизоляция (толь), м²	2

Внутри печи выкладывают кирпичную стенку, разделяющую ее на две самостоятельные секции (рис. 13). До высоты 10-го ряда от основания стенку выкладывают из огнеупорного кирпича, а остальные ряды до перекрыши печи из красного. Толщина стенки 120 или 250 *мм*. В каждой из двух образующихся секций выкладывают зольник и топливник. Размер топливников должен быть не меньше 0,04 $м^3$ (длина 0,4, ширина 0,25, высота 0,4 *м*). Топливник необходимо выкладывать так, чтобы интенсивно прогревалась нижняя зона печи. Затем устанавливают регуляторы вторичного воздуха и рамки для горелок. Рамки желательно размещать со стороны коридоров. Общая теплоотдача печи (при двух топках в сутки) 3850 *ккал/ч*.

Дымоходы в обособленных секциях можно выполнять прямоточными (по типу печей АКХ-14) или последовательными вертикальными. При выкладке новых дымооборотов необходимо обязательно устраивать «чистки». В каждой обособленной секции устанавливают задвижку (вьюшку). На один-два ряда выше задвижки устанавливают герметическую дверку. В основании дымовой трубы делают рассечку. Дымовая труба должна иметь поперечное сечение 250 × × 130 *мм*. Оголовок должен быть выложен в соответствии с требованиями эксплуатации (см. дальше).

После окончания монтажных работ необходимо просушить обе секции печи и проверить герметичность кладки печи и дымовой трубы. Необходимо также установить газовые горелки в топливниках.

По этому же методу можно переоборудовать и двухэтажные печи. В этом случае печь на каждом этаже разбивают на две самостоятельные секции.

ПЕРЕОБОРУДОВАНИЕ ПЕЧЕЙ НА НЕПРЕРЫВНЫЙ РЕЖИМ ОТОПЛЕНИЯ

Работами АКХ показано несомненное преимущество перевода отопительных печей на режим непрерывной топки. При непрерывной топке кладка печи не испытывает резких изменений температуры, поэтому срок службы ее значительно возрастает. Температура на теплоотдающей поверхности печи не превышает 70° С и поддерживается на одинаковом уровне в течение всего отопительного сезона, при периодической топке наблюдается большая неравномерность нагрева поверхности печи (рис. 14).

Печи непрерывного действия не нуждаются в ограничителях степени нагрева кладки, установка которых часто необходима на печах периодического действия. Температура на внутренней поверхности кладки топливника не превышает 300° С, поэтому печи непрерывного действия не требуют футеровки топливника огнеупорным кирпичом.

Эксплуатационный к. п. д. печей составляет 85—90%, что указывает на высокую экономичность непрерывной топки. Перевод

отопительных печей на режим непрерывной топки не сложен и может быть осуществлен на печах любой конструкции.

Исследования показали, что печи, переоборудованные на непрерывный режим топки, создают в комнатах тепловой режим, аналогичный режиму помещений с центральным отоплением.

Круглосуточное потребление газа печами позволяет существенно уменьшить неравномерность суточного потребления газа в городе. Кроме того, небольшие расходы газа на одну печь позволяют переоборудовать на непрерывный режим топки все существующие печи без перекладки газовых сетей и сооружения новых регуляторных станций.

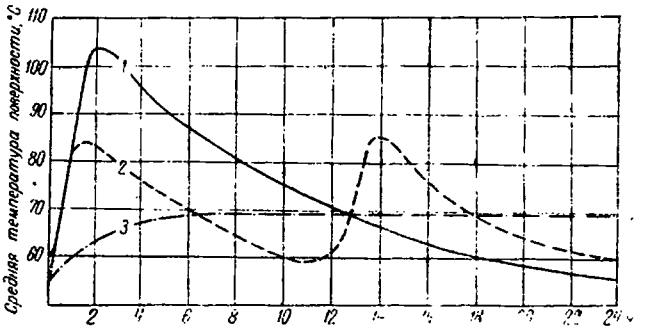


Рис. 14. Зависимость средней температуры поверхности печи от режима работы горелки.

1 — одна топка в сутки; *2* — две топки в сутки; *3* — непрерывная топка.

Однако при работе печей на режиме непрерывной топки из-за малых часовых расходов газа (0,1—0,35 $м^3/ч$) и невысоких температур уходящих газов (70—100° С) происходит сильное охлаждение продуктов горения в неутепленных дымовых трубах и оголовках, в результате чего образуется конденсат. Это явление на внутренних поверхностях дымовых труб устраняется утеплением участков дымовых труб, проходящих в зоне чердачного перекрытия и поверх кровли здания, и устройством одного общего дымохода для нескольких печей с одновременным утеплением его оголовка.

Газогорелочное устройство АКХ-СМ-3 (рис. 15) предназначено для печей, переводимых на непрерывный режим сжигания газа. Газопровод подведен к тройнику, откуда газ через кран поступает в коллектор. Из коллектора газ распределяется в среднюю латунную и две боковые стальные трубки с внутренним диаметром 12 *мм*. В каждой из трех трубок просверлено по 44 газовыходных отверстия диаметром 0,9 *мм*, шаг между отверстиями 8 *мм*, а между осями трубок 40 *мм*.

Горелка собирается на щитке, который привинчен к коробу, выполняющему роль топливника. В верхней части короба имеются два отверстия 20 × 70 *мм* для выхода продуктов горения в печь.

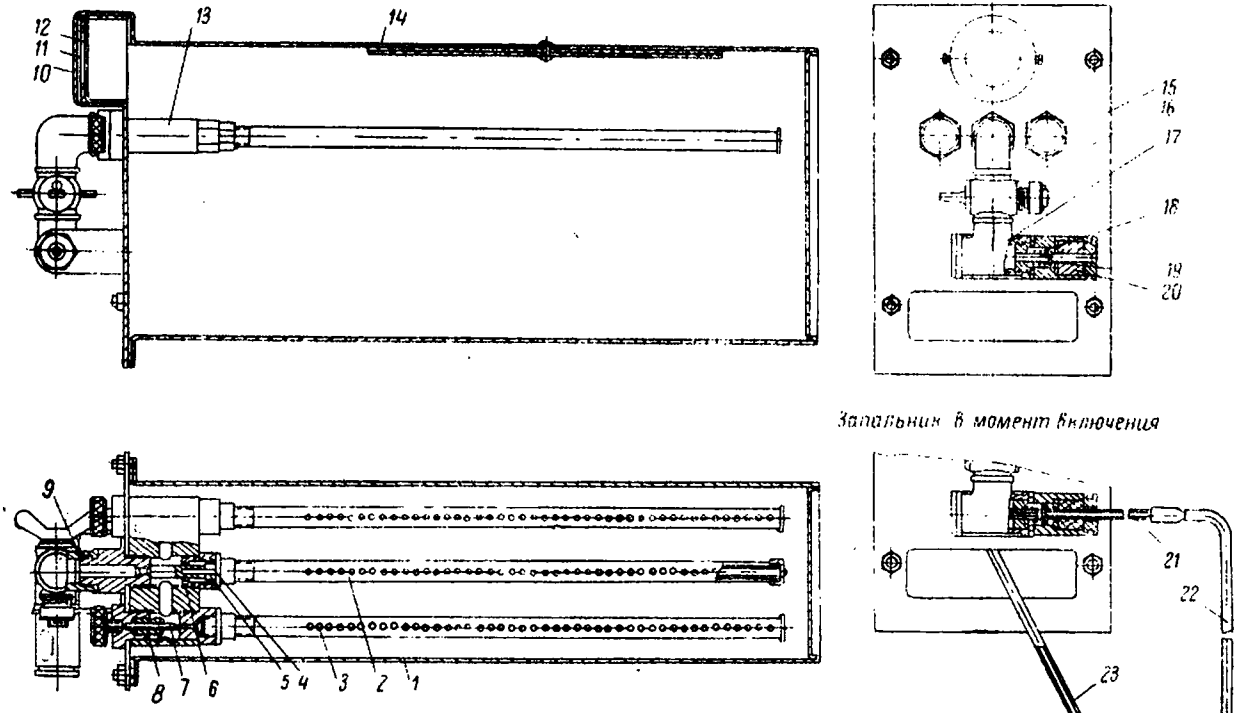


Рис. 15. Горелка АКХ-СМ-3.

1 — короб; *2* — средняя трубка; *3* — боковая трубка; *4* — стержень; *5* — гайка; *6* — клапан; *7* — игла запорная; *8* — штуцер боковой; *9* — штуцер центральный; *10* — оправка; *11* — стекло; *12* — прокладка; *13* — коллектор; *14* — заслонка; *15* — щиток; *16* — кран газовый; *17* — тройник; *18* — клапан запальника; *19* — седло; *20* — кольцо уплотнительное; *21* — наконечник; *22* — шланг резиновый; *23* — трубка запальника.

Горелка снабжена защитным устройством, предотвращающим выход газа в печь при погасании пламени. Это устройство размещено в средней трубке и коллекторе.

Внутри средней трубки расположен стержень из инвара (64% железа и 36% никеля), имеющий очень малый коэффициент линейного расширения при нагреве. Один конец стержня соединен с колпачковой гайкой на конце трубки, а другой ввернут в клапан, расположенный в коллекторе. Положение клапана на стержне фиксируется гайкой. В холодной горелке клапан прижат стержнем к центральному штуцеру подвода газа. При нагреве средняя трубка и размещенный в ней стержень удлиняются. Инварный стержень удлиняется меньше, чем трубка, и поэтому он вместе с колпачковой гайкой удаляется от штуцера. Находящийся на конце стержня клапан открывает доступ газа к трубкам горелки. При работе горелки средняя трубка все время нагрета и поэтому проход газу остается открытым. При погасании пламени средняя трубка остывает и стержень прижимает клапан к штуцеру, прекращая доступ газа.

В верхней части щитка предусмотрена рамка, на которую надета оправка с обычным стеклом и асбестовой прокладкой. Для включения горелки имеется специальный запальник, состоящий из трубки, шланга и наконечника. В трубке просверлены отверстия диаметром 0,9 *мм* с шагом 8 *мм*. На конце наконечника сделаны два продольных выреза шириной 1,5 и длиной 5 *мм*. Наконечник вставляется в штуцер тройника и проходит через уплотнительное резиновое кольцо, которое удерживает наконечник и предотвращает утечку газа. При этом наконечник сжимает пружину и открывает клапан; газ проходит по шлангу в трубку.

Максимальная теплопроизводительность горелки 3600, а минимальная 240 *ккал/ч*. Горелка рассчитана для работы на газе с теплотой сгорания от 6000 до 25 000 *ккал/м*^{3}.

Для включения горелки необходимо открыть кран на подводящем газопроводе, а затем вывернуть до предела запорные иглы двух кранов боковых трубок.

Наконечник запальника вставляют до предела в штуцер и поджигают газ у отверстий трубки запальника. Через нижний проем в щитке горелки запальник вводится внутрь короба под среднюю трубку горелки. В коробе должны быть открыты оба отверстия для направления продуктов сгорания в печь. С появлением факелов на всех трех трубках запальник удаляют из короба, а наконечник выдергивают из штуцера.

Процесс горения регулируют при максимальном расходе газа. Для того чтобы в печь не подавался избыточный воздух, необходимо отрегулировать открытие выходных отверстий в коробе. Газовые факелы на всех трубках должны иметь одинаковую высоту и соломенно-желтый цвет. Вытянутые факелы над горелкой указывают на недостаток воздуха, в этом случае необходимо больше открыть выходные отверстия в коробе. Проем внизу щитка должен быть всегда открыт полностью.

Газ в печи сжигается непрерывно в течение всего отопительного сезона. При понижении и повышении температуры наружного воздуха теплоотдачу печи регулируют путем изменения расхода газа, для чего на подводящем газопроводе устанавливают регулятор (рис. 16), или вручную — краном на горелке. Регулятор состоит из цилиндрического корпуса, внутри которого расположен баллон, заполненный керосином, с впаянным в него сильфоном. Сильфон имеет ползун, в который ввернут клапан. Газ поступает из газопровода внутрь регулятора через канал в головке и отверстие в седле клапана.

С повышением температуры воздуха в помещении керосин в баллоне расширяется и сжимает сильфон. Соединенный с дном сильфона ползун перемещается вверх, а ввернутый в него клапан закрывает центральное отверстие в седле. При этом через малое боковое отверстие продолжается поступление газа в количестве, необходимом для устойчивого горения. При понижении температуры в помещении объем керосина уменьшается, сильфон сжимается и клапан открывает центральное выходное отверстие в седле. Расход газа увеличивается, и через некоторое время температура в помещении возрастает. Регулятор на необходимую температуру настраивают специальным винтом.

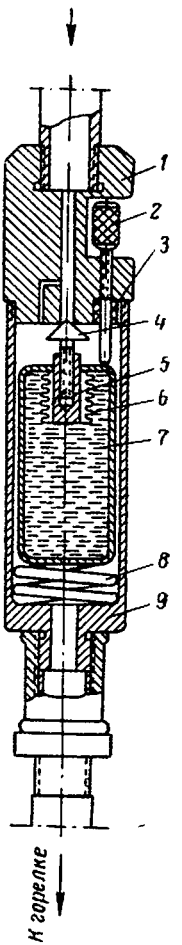


Рис. 16. Регулятор расхода газа.

1 — головка; *2* — винт для настройки; *3* — уплотнительное кольцо; *4* — клапан; *5* — шток; *6* — сильфон; *7* — баллон; *8* — пружина; *9* — корпус.

При ручной регулировке, если на трех трубках достигнут минимальный расход газа, а теплоотдача печи больше требуемой по наружной температуре, необходимо отключить две боковые трубки горелки и оставить горящей только среднюю.

АКХ была разработана новая модификация этой горелки на максимальную (4380 *ккал/ч*) и минимальную (350 *ккал/ч*) теплопроизводительности. Горелка отличается от описанной тем, что состоит из пяти, а не трех трубок. Боковые трубки спарены у своего основания, поэтому узел коллектора не изменен. В каждой из пяти трубок просверлено по 44 отверстия диаметром 1,0 *мм*. Расстояние между ними должно быть 8 *мм*.

Переоборудовать на непрерывную топку газом можно отопительные печи любых конструкций независимо от системы дымооборотов и формы печи. Однако следует учитывать ряд ограничений, связанных с переводом печей на режим непрерывной топки. Во-первых,

дома, в которых установлены такие печи, не должны иметь больше двух этажей. Во-вторых, оголовки дымовых труб печей должны быть выведены из зоны ветрового подпора. В-третьих, переоборудовать на непрерывный режим топки можно только печи малогабаритные и средних габаритов. Печи больших габаритов (с площадью основания более 0,7 $м^2$) должны разделяться на две самостоятельные секции, в каждой следует устанавливать самостоятельную горелку.

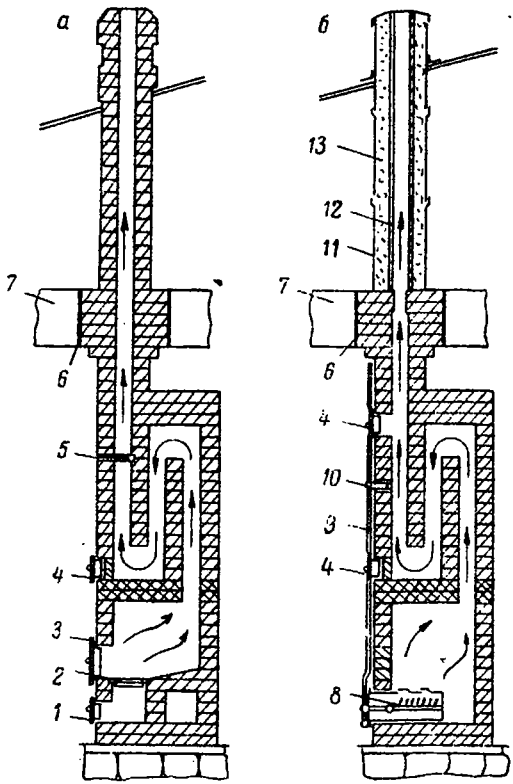


Рис. 17. Переоборудование отопительной печи на режим непрерывной топки:
а — до переоборудования; *б* — после переоборудования.

1 — зольниковая дверка; *2* — колосниковая решетка; *3* — топочная дверка; *4* — прочистная дверка; *5* — задвижка печи; *6* — асбестовая изоляция; *7* — чердачное перекрытие; *8* — газовая горелка АКХ-СМ-3; *9* — газопровод; *10* — сигнализатор тяги ЭБА; *11* — теплоизоляционный материал; *12* — асбестоцементная трубка; *13* — кожух из оцинкованной стали.

Переоборудование начинают с разборки дымовой трубы над кровлей и на чердаке. Далее удаляют задвижки (вьюшки), отдушину, зольниковую и топочную дверки, колосники. Зольник удлиняется до 520 *мм*. Дымоходы очищают от сажи и строительного мусора и в случае необходимости ремонтируют. При ремонте топливника применяют красный кирпич. Все проемы, образовавшиеся при удалении задвижек и отдушников, закладывают. В зольнике на растворе устанавливают горелку АКХ-СМ-3 с коробом и закладывают проем передней стенки печи.

Из короба горелки удаляют мусор, а щели вокруг щитка горелки обмазывают тощим раствором. Если на стенах печи имеются щели, то они тщательно затираются.

Выше чердачного перекрытия, начиная от противопожарной разделки, устанавливают новый утепленный дымоход. Для устройства дымохода используют асбестоцементные трубы с внутренним диаметром 93 или 100 *мм*. На асбестоцементную трубу надевают секции металлического кожуха диаметром 220 *мм* из оцинкованной

кровельной стали. Высота каждой секции кожуха 710 *мм*. Пространство между асбестоцементной трубой и кожухом заполняют теплоизоляционным материалом (шлаковатой, асбестовой крошкой, войлочными очесами). Кожух крепят к кровле фартуком, а щель между фартуком и кожухом заливают битумом. На рис. 17 показано переоборудование кирпичной печи на непрерывную топку газом.

В один дымоход можно подключать четыре отопительные печи, переоборудованные для непрерывного сжигания газа. Печи можно подключать на одном и разных уровнях, причем при подключении на одном уровне рассечку в дымоходе не делают. После окончания переоборудования печь и дымовую трубу проверяют на герметичность.

ГАЗОВЫЕ ОТОПИТЕЛЬНЫЕ ПЕЧИ

Печи, специально спроектированные для работы на газе, наиболее экономичны и создают наибольшие удобства для населения. Кроме того, эти печи легче полностью оснастить автоматикой. Рассмотрим некоторые конструкции этих печей.

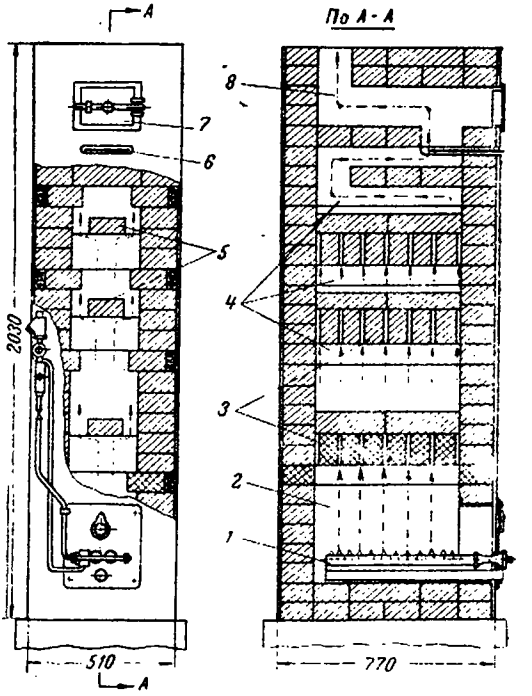


Рис. 18. Газовая отопительная печь АКХ-14.

1 — газогорелочное устройство; *2* — топливник; *3* — кирпичи насадки; *4* — сборные коллекторы; *5* — рассекатель; *6* — задвижка; *7* — герметичная заделка; *8* — путь движения продуктов сгорания.

В печи АКХ-14 (рис. 18) стенки топливника в случае установки горелок для непрерывной топки выкладывают из красного кирпича, толщина $^1/_2$ кирпича. При установке в печи горелок периодического действия стенки топливника выкладывают из огнеупорного кирпича.

В верхней части топливника устанавливают решетку из огнеупорного кирпича, которая во время работы нагревается и излучает тепло на дно и стены топливника. Таким образом, топливник нагревается больше, чем остальные зоны печи, а это способствует равномерному нагреву помещения по высоте.

Дымовые каналы печи образуются кирпичами, поставленными в три яруса один над другим. Такая система прямоточных каналов обеспечивает развитую тепловоспринимающую поверхность на коротком пути продуктов горения. В центре восходящих потоков дымовых газов расположены один над другим три ряда рассекателей, которые направляют продукты горения к боковым стенкам печи. Рассекатели выполнены из кирпичей, положенных «на плашку».

Такая система дымоходов создает равномерный нагрев печи по периметру. Над верхним сборным дымоходом установлен тягопрерыватель, который служит для предохранения печи от избыточной и обратной тяги. Кроме того, через тягопрерыватель, расположенный на передней стенке, происходит постоянное вентилирование помещения. Печь размещают в помещении так, чтобы топка ее выходила в сторону нежилого помещения, коридора или кухни.

Топить печь АКХ-14 при установке горелок периодического действия рекомендуется не более 2 *ч*, а в сильные морозы — 2 раза в сутки. Печь может быть выполнена одноэтажной и двухэтажной.

Техническая характеристика печи АКХ-14

Средняя теплоотдача при двух топках в сутки, *ккал/ч* . .	2200
Теплоотдающая поверхность, $м^2$	5,0
К. п. д., %	90
Габариты, *мм*:	
длина	770
ширина	510
высота	2000
Расход кирпича на кладку, шт.	270
Площадь, занимаемая печью, $м^2$	0,4

Размеры жилой площади, обогреваемой печью АКХ-14, приведены в табл. 11. При работе печи с горелками непрерывного действия размер обогреваемой площади может быть увеличен на 30%.

Печь АКХ-СМ-1 (рис. 19) рассчитана на непрерывный режим топки и сконструирована для заводского изготовления. Ее доставляют в готовом виде в жилые дома и устанавливают без фундамента. Корпус печи выполнен из асбестоцементной трубы. Снизу и сверху корпус печи закрыт штампованными крышками, которые имеют теплоизоляцию.

Топливник печи не футеруют огнеупорным кирпичом, так как его внутренняя поверхность не нагревается выше 250° С. В нижней зоне печи устанавливают горелку непрерывного действия АКХ-СМ-3 и металлический патрубок для подачи воздуха в топливник. Для наблюдения за горением в нижней части печи расположено смотровое окно. Над горелкой установлена металлическая полая камера.

Таблица 11

Размеры помещений, отапливаемых печами АКХ-14
(для расчетных температур не ниже —30°С)

Характеристика наружных стен	Размещение помещений	Площадь, м²		
		Одноэтажные здания	Двухэтажные здания	
			Нижний этаж	Верхний этаж
Кирпичные	Угловое	16	23	19
	Не угловое	25	30	28
Деревянные	Угловое	16	25	20
	Не угловое	28	34	30

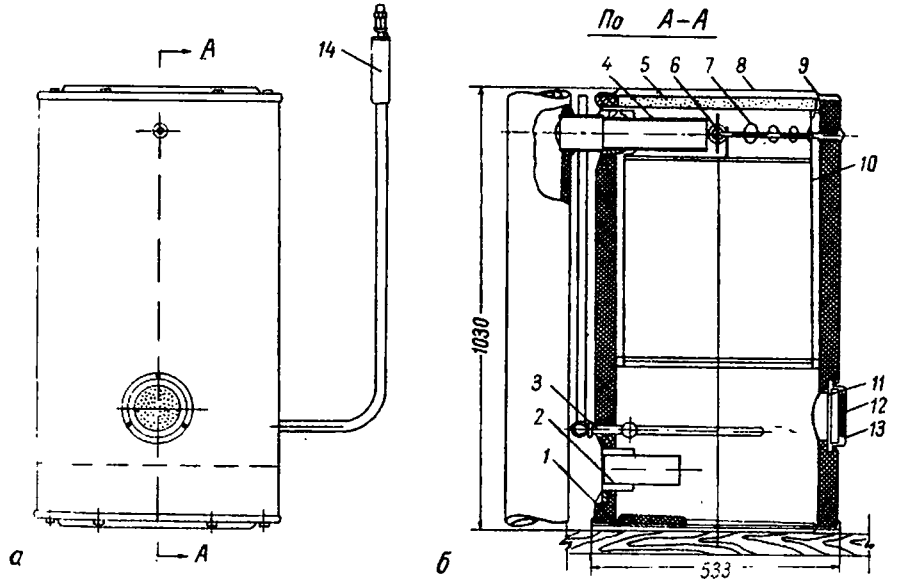


Рис. 19. Отопительная печь заводского изготовления АКХ-СМ-1.
1 — корпус печи; *2* — поддувало; *3* — горелка; *4* — выходной патрубок; *5* — шлаковата; *6* — заслонка; *7* — ось; *8* — крышка; *9* — муфта; *10* — металлическая полая камера; *11* — съемная оправа; *12* — стекло; *13* — рамка; *14* — регулятор расхода газа.

Продукты горения поднимаются вверх по концентрическому каналу между корпусом печи и металлической камерой и передают тепло стенкам печи. В верхней зоне продукты горения проходят в газосборник и, минуя заслонку, через стальной соединительный патрубок попадают в асбестоцементный дымоход. Подачу воздуха в печь

регулируют заслонкой, установленной непосредственно перед выходным патрубком. Характеристики печи АКХ-СМ-1 приведены в табл. 12.

Таблица 12

Техническая характеристика печи АКХ-СМ (рис. 19)

Технические данные	АКХ-СМ-1	АКХ-СМ-2
Максимальная теплоотдача, *ккал/ч*	1700	3700
Теплоотдающая поверхность, $м^2$	2,45	4,85
К. п. д., %	85	85
Максимальное отклонение температуры воздуха в помещении от заданной, °С	±1	±1
Габариты, *мм*		
диаметр	533	693
высота	1018	2000
Вес, *кг*	108	130
Площадь, занимаемая, печью, $м^2$	0,22	0,37

Вместе с печью поставляют терморегулятор для поддержания заданной температуры воздуха в помещении, устанавливаемый на подводящем газопроводе (см. рис. 16).

Для отвода продуктов горения применяют асбоцементные трубы, которые можно устанавливать в углах помещений или в перегородках между помещениями. На чердаке и над кровлей асбестоцементные трубы утепляют. Наиболее целесообразно присоединять печи не к обособленным, а к общим дымоходам. К одной асбестоцементной трубе с внутренним диаметром 100 *мм* можно присоединить четыре печи, а к трубе с внутренним диаметром 150 *мм* — шесть.

Таблица 13

Размеры помещений, отапливаемых печью АКХ-СМ-1

Характеристика наружных стен	Размещение помещений	Площадь, $м^2$		
		Одноэтажные здания	Двухэтажные здания	
			Нижний этаж	Верхний этаж
Кирпичные	Угловое	13	16	15
	Не угловое	20	28	24
Деревянные	Угловое	15	19	18
	Не угловое	23	32	27

Примечание. Расчет выполнен для климатических условий средней полосы СССР при высоте помещений 2,7 *м*.

Опыт эксплуатации этих печей подтвердил их высокие теплотехнические показатели. В табл. 13 приведены размеры помещений, которые можно отапливать печами АКХ-СМ-1.

В последнее время разработан вариант печи АКХ-СМ-2, имеющей бо́льшую теплоотдачу по сравнению с рассмотренной выше. По конструкции и размерам она несколько отличается от печи АКХ-СМ-1 (см. табл. 12).

ОТОПИТЕЛЬНО-ВАРОЧНЫЕ ПЕЧИ

В южных районах Советского Союза распространены отопительно-варочные печи, представляющие сочетание отопительной печи с кухонным очагом. Эти печи устроены так, что в летнее время можно пользоваться только очагами, а в зимнее — включать в работу весь массив печи. Это достигается путем переключения соответствующих задвижек.

При переоборудовании отопительно-варочных печей на сжигание газового топлива, а также при создании специальных конструкций газовых отопительно-варочных печей достигается:

1) более высокий к. п. д.;
2) постоянство температуры и избытка воздуха в топливнике;
3) увеличение срока службы чугунной плиты;
4) удобство регулирования и поддержания на одном уровне температуры наружной поверхности плиты и духового шкафа;
5) возможность легкой регулировки температуры воздуха в отапливаемом помещении;
6) экономичность эксплуатации.

Разработка методов переоборудования отопительно-варочных печей на сжигание газа и создание специальных конструкций таких печей выполнены в АКХ. Ю. П. Сосницым был разработан упрощенный и усовершенствованный метод переоборудования существующих отопительно-варочных печей и кухонных очагов с отопительными щитками на сжигание газа. Показано, что схема дымоходов при нормальном разрежении существенно не влияет на безопасность эксплуатации печей. Однако число дымооборотов не должно превышать трех во избежание конденсации водяных паров на оголовках дымовых труб и обмерзания их в зимнее время из-за снижения температуры уходящих газов.

В существующих отопительно-варочных печах продукты горения газа интенсивно охлаждаются чугунной плитой и духовым шкафом (их температура после духового шкафа составляет 350° С), поэтому допускается устройство отопительных щитков толщиною в $^1/_4$ кирпича. При упрощенном методе горелку устанавливают в топливнике печи под большой конфоркой чугунной плиты, а все остальные элементы печи остаются без изменений.

Прежде чем приступить к переоборудованию, необходимо провести подготовительные работы. Следует проверить состояние наружной поверхности печи и дымовой трубы. Если имеются трещины

в кирпичах и швах кладки, то поврежденные участки надо отремонтировать. При наличии трещин на чугунной плите и прогаров на стенках духового шкафа их необходимо заменить. Вся внутренняя поверхность отопительного щитка и дымовой трубы должна быть очищена от сажи.

Затем переоборудование отопительно-варочных печей ведут в следующем порядке. Из печи удаляют топочную и зольниковую дверки, колосниковую решетку и лишние задвижки (при наличии в печи четырех или пяти задвижек необходимо их число сократить до трех). Одну задвижку устанавливают для летнего хода, другую — для зимнего, третья — вентиляционная. Все задвижки должны иметь в центре отверстие диаметром 15 *мм*.

На место зольниковой дверки устанавливают заслонку для регулирования подачи вторичного воздуха. В кладке на один ряд ниже чугунной плиты укрепляют рамку газовой горелки. Стенки духового шкафа футеруются обычным кирпичом. Огнеупорным кирпичом футеруются только места соприкосновения кладки духового шкафа с раскаленными продуктами горения. В топке из огнеупорного кирпича выполняют только один ряд кладки, на который опирается чугунная плита. Под духовым шкафом и в отопительном щитке устраивают прочистные отверстия. Если необходимо, ремонтируют дымовую трубу и выкладывают оголовок.

После окончания всех работ проверяют плотность кладки печи и дымовой трубы. Убедившись в герметичности кладки, можно устанавливать горелку в топливнике печи.

Пример переоборудования отопительно-варочной печи показан на рис. 20. Описанным упрощенным методом можно переоборудовать на газ не только отопительно-варочные печи, но и кухонные очаги, не имеющие отопительного щитка. В связи с тем, что при этом температура уходящих газов высока (примерно 250° С), для лучшего использования топлива рекомендуется устанавливать водогрейные устройства в виде бачков и змеевиков. Водогрейные устройства устанавливают или в топливниках, или в хвостовой части кухонного очага таким образом, чтобы продукты горения многократно омывали его по ходу движения.

Установка водогрейных устройств в кухонных очагах с отопительными щитками и отопительно-варочных печах не допускается в связи с возможной конденсацией водяных паров.

Испытания на природном газе переоборудованных по упрощенному методу отопительно-варочных печей показали, что продолжительность топки составляет 1,5—2,0 *ч*, а к. п. д. колеблется от 85 до 90%. Температура уходящих газов во время работы печи 140—160° С, что обеспечивает отсутствие конденсации водяных паров в дымовой трубе.

Однако отопительно-варочные печи, переоборудованные по упрощенному методу, обладают рядом недостатков с точки зрения экономики и удобства обслуживания в летний период. Летом, когда температура воздуха в помещении и так высока, чугунный стол

плиты излучает тепло и температура еще более увеличивается. Кроме того, к. п. д. плиты в летнее время снижается на 15—20%, так как тепло, аккумулированное кладкой и отданное в помещение, не является полезным, как в зимнее время.

Усовершенствованный метод переоборудования отопительно-варочных печей заключается в следующем. Разбирают переднюю стенку печи ниже уровня чугунной плиты и вынимают духовой шкаф,

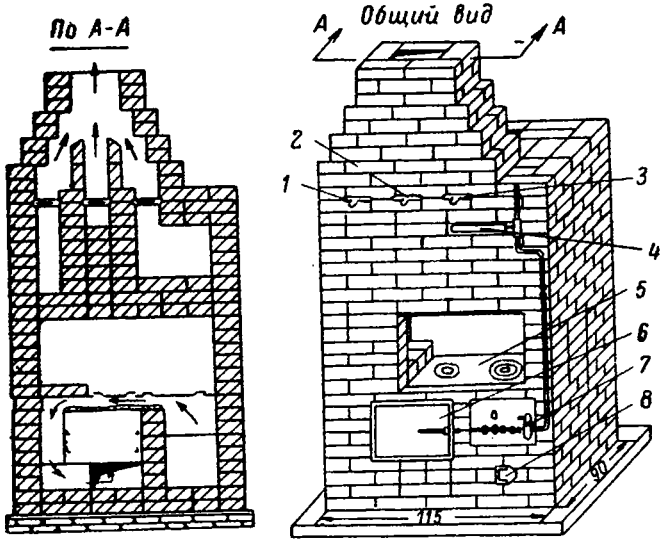


Рис. 20. Отопительно-варочная печь, переоборудованная по упрощенному методу.

1 — задвижка летнего хода; *2* — задвижка вентиляционного канала; *3* — задвижка зимнего хода; *4* — сигнализатор тяги ЭБА; *5* — чугунная плита; *6* — духовой шкаф; *7* — горелка ГДП-1,5; *8* — регулятор вторичного воздуха.

топочную и зольниковую дверки. Затем вновь устанавливают духовой шкаф, но на два ряда ниже того уровня, на котором он находился прежде. С правой стороны духового шкафа монтируют топливник, в переднюю стенку которого заделывают рамку газовой горелки. Над топливником и верхним днищем духового шкафа делается перекрытие из двух рядов кирпичей, положенных «на плашку». Кирпичи перекрытия опирают на стальные полосы толщиною 4—5 *мм*. На верхний ряд кирпичей, уложенных «на плашку», устанавливают две конфорочные горелки периодического действия от обычной газовой плиты. Сверху горелки перекрывают чугунной плитой с ребристыми конфорками, причем центры конфорок должны точно совпадать с центрами горелочных колпачков.

В теплое время года, когда не нужно отапливать помещение, продукты горения омывают духовой шкаф и поступают через летний ход в дымовую трубу. Зимой продукты горения проходят по всем дымооборотам печи и затем уходят в дымовую трубу.

Конфорочные горелки используют в течение всего года. Продукты горения газа и водяные пары, образующиеся при приготовлении пищи, поступают в обособленный вентиляционный канал.

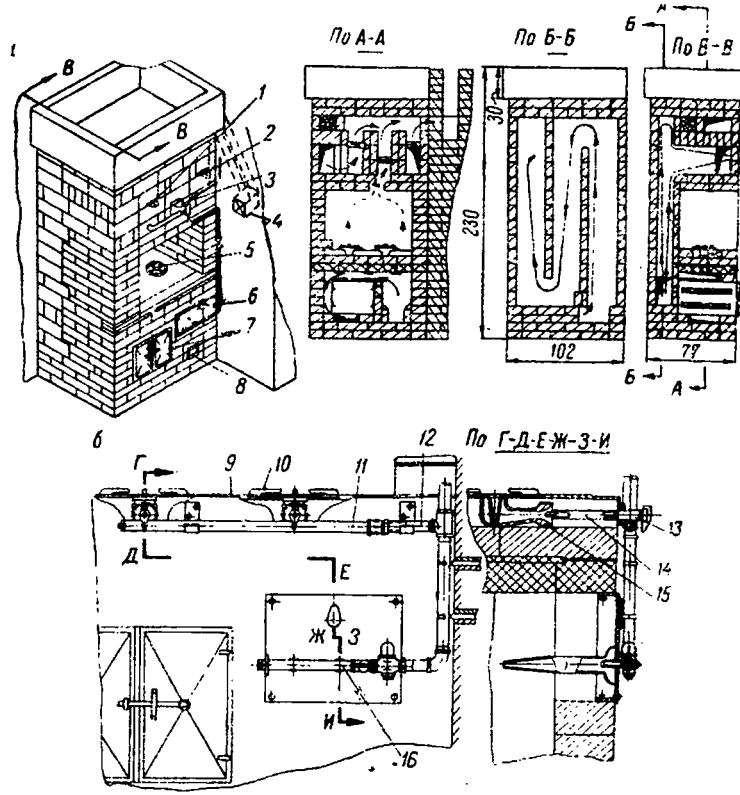


Рис. 21. Отопительно-варочная печь, переоборудованная по усовершенствованному методу: *а* — переоборудование печи на газ; *б* — газооборудование печи.

1 — задвижка зимнего хода; *2* — задвижка летнего хода; *3* — задвижка вентиляционного канала; *4* — прочистная дверка; *5* — газовая конфорочная горелка; *6* — горелка ГДП-1,5; *7* — духовой шкаф; *8* — регулятор вторичного воздуха; *9* — плита чугунная; *10* — конфорочное кольцо с ребрами; *11* — газовый коллектор $^1/_2$"; *12* — патрубок $^1/_2$"; *13* — кран газовой плиты; *14* — патрубок с соплом; *15* — газовая конфорочная горелка; *16* — горелка ГДП-1,5.

К. п. д. плиты при работе конфорочных горелок составляет 50—55%. К. п. д. печи с отопительной нагрузкой довольно высок и составляет 85—90%.

Отопительно-варочные печи, имеющие летний и зимний дымоходы и обособленный вентиляционный канал, переоборудуются по усовершенствованному методу легко. Если печь не имеет летнего дымохода и вентиляционного канала, то их необходимо выложить при переоборудовании. На рис. 21 показано переоборудование отопительно-варочной печи по усовершенствованному методу.

Ежегодно требует ремонта большое количество находящихся в эксплуатации отопительно-варочных печей. Вместо перекладки печи старой конструкции более рациональным является устройство новой отопительно-варочной печи, специально предназначенной для сжигания газа. В АКХ разработаны две конструкции таких печей: АКХ-ОВГ-I и АКХ-ОВГ-II (табл. 14). Печи АКХ-ОВГ-I (рис. 22) предназначены для обогрева одной или двух комнат общей площадью до 30 $м^2$. Их можно устанавливать в квартирах, не имеющих обособленных кухонь, и в квартирах, кухни которых имеют объем менее

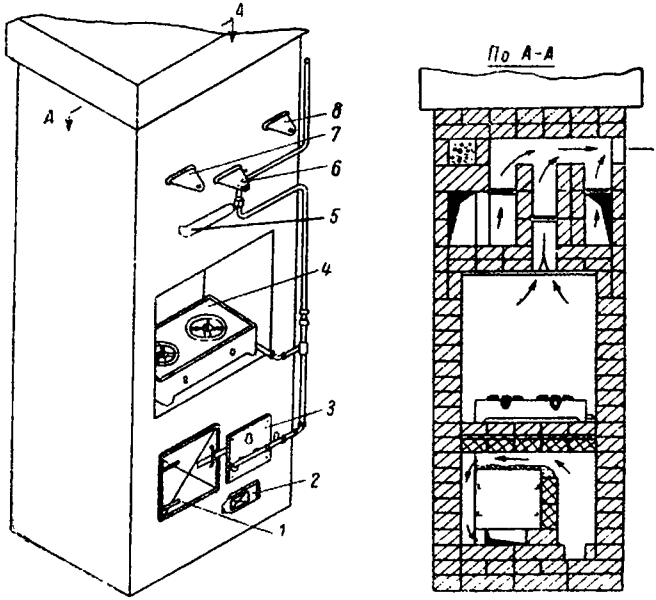


Рис. 22. Отопительно-варочная газовая печь АКХ-ОВГ-I.

1 — духовой шкаф; *2* — регулятор вторичного воздуха; *3* — горелка ГДП-1,5; *4* — газовый двухконфорочный таган; *5* — сигнализатор тяги ЭБА; *6* — вентиляционная задвижка; *7* — зимняя задвижка; *8* — летняя задвижка.

Таблица 14

Технические характеристики газовых отопительно-варочных печей (рис. 22)

Технические данные	Тип печи	
	АКХ-ОВГ-I	АКХ-ОВГ-II
Теплоотдача при двух топках в сутки, *ккал/ч*	2000	1800
Теплоотдающая поверхность, $м^2$	5,0	4,5
К. п. д. в зимний период, %	80—90	85—88
Габариты, *мм*:		
длина	890	770
ширина	640	640
высота	2250	2100
Расход кирпича на кладку, шт.	350	230
В том числе огнеупорного, шт.	20	10

8 $м^3$ (т. е. не могут быть газифицированы в соответствии с Правилами Госгортехнадзора).

Передняя часть печи (кухонный очаг, стенки варочной камеры) выложены из красного кирпича «на плашку» и обеспечивают прочность всей конструкции. Задняя часть печи, представляющая трехоборотный отопительный щиток, выложена из кирпича «на ребро». Кирпичный массив перевязывается через пять рядов, поэтому конструкция печи прочна.

Духовой шкаф 450 × 300 × 300 *мм* установлен в нижней зоне печи. В передней стенке топливника смонтирована горелка периодического действия. Верхняя часть топливника и горизонтальный дымоход, проходящий над верхом духового шкафа, перекрыты двумя рядами кирпича. Для изоляции топливника между двумя рядами кирпича, перекрывающими его, размещены слои асбеста толщиною 10 *мм*.

На дне варочной камеры размещен стандартный двухконфорочный таган для приготовления пищи. Продукты горения от тагана поступают в обособленный от дымоходов вентиляционный канал, расположенный в верхней части варочной камеры. Продукты горения от духового шкафа в теплое время года отводятся через летний дымоход в дымовую трубу, минуя отопительный щиток. В холодное время года открывается зимняя задвижка и продукты горения обогревают отопительный щиток. Практика эксплуатации печей показала, что отопительный щиток прогревается в течение 1 *ч* работы горелки.

Наружную поверхность печи можно облицевать глазурованными санитарно-техническими плитками размером 150 × 150 × 4 *мм*. Плитки укрепляют на стенах печи с помощью раствора, состоящего из, об. %: огнеупорной глины — 20, портландцемента марки 400— 10 и мелкозернистого песка — 70. Укладывают плитки на нагретую поверхность печи. Такая облицовка значительно улучшает внешний вид печи.

Эксплуатационный к. п. д. печей в летнее время составляет 52—55, а в зимнее — 80—90%. Температуру в духовом шкафу регулируют изменением расхода газа на основной горелке.

Для случаев, когда нет в наличии двухконфорочных таганов, разработана упрощенная конструкция отопительно-варочной печи АКХ-ОВГ-II с одной горелкой периодического действия. Печь имеет небольшие габариты. Движение продуктов сгорания по дымоходам прямоточное. Через 15—20 *мин* после включения в работу горелки чугунная плита и духовой шкаф интенсивно нагреваются, что обеспечивает необходимый технологический режим приготовления пищи.

ЭКСПЛУАТАЦИЯ И РЕМОНТ ПЕЧЕЙ

Печи на газовом топливе должны обслуживаться в соответствии с определенными правилами. К общим требованиям следует отнести обязательное ознакомление населения, пользующегося газифицированными печами, с инструкцией по обслуживанию последних.

Перед началом отопительного сезона специальная комиссия в составе представителей газовой эксплуатационной организации, жилищного управления и трубоочистного мастера проверяет оборудование печей, переведенных на газ, дымоходы и трубы. К эксплуатации допускают только исправные печи, проверка которых зафиксирована актом.

Подготовка к включению печи в работу. Перед зажиганием горелки необходимо проверить, закрыты ли краны на подводящем газопроводе и у горелки. В течение 5—10 *мин* провентилировать топливник и дымоходы, для чего открыть задвижку на печи, смотровое окно топочного щитка, поддувало и форточку в оконном проеме помещения. Обязательно проверить наличие тяги в дымоходе с помощью полоски тонкой бумаги, поднесенной к поддувалу (бумага должна втягиваться в поддувало). Если тяги нет, то зажигать горелку запрещается. В этом случае необходимо прогреть дымовой канал выше задвижки печи (зажженной бумагой при открытой прочистной дверке) и вновь проверить тягу. Если и при этом она отсутствует, дымоход необходимо прочистить.

Включение горелки. Первоначально открывают кран на газопроводе у печи, кран у горелки должен быть закрыт. Затем открывают смотровое отверстие топочного щитка горелки и дверку поддувала. Через смотровое отверстие к запальнику подносят зажженный жгут из бумаги и одновременно нажимают кнопку электромагнитного клапана (или пусковую кнопку механического клапана). Газ на запальнике должен загореться. По истечении 1—2 *мин* отпускают кнопку клапана и убеждаются, что газ на запальнике горит устойчиво.

Если при отпускании кнопки запальник погаснет, то повторное зажигание можно производить только после трехминутной вентиляции топливника. Далее открывают газовый кран перед горелкой и убеждаются, что газ на основной горелке воспламенился от запальника. После того как горелка зажжена, необходимо отрегулировать горение так, чтобы не было отрыва пламени. Для этого используют регуляторы первичного воздуха. Когда горение отрегулировано, закрывают смотровое отверстие топочного щитка.

Наблюдение за топкой печи. Во время топки печи необходимо периодически наблюдать через смотровое отверстие за горением. Общая продолжительность одной топки не должна превышать 1,5—2,0 *ч*. В сильные морозы следует проводить две топки в сутки.

Если пламя горелок желтое или коптящее, следует открыть больше регуляторы первичного воздуха. При наличии отрыва пламени от горелочных насадков необходимо прикрыть регуляторы первичного воздуха, а если это не помогает, уменьшить разрежение в топке, прикрыв задвижку дымохода.

При полном отрыве пламени от горелки или его проскоке в смеситель необходимо быстро закрыть краны на газопроводе у печи и перед горелкой. Перед повторным зажиганием горелки следует

провентилировать топку в течение 10 *мин*. Так же поступают при отключении газа электромагнитным клапаном.

После окончания топки печи необходимо закрыть краны перед горелкой и на газопроводе, затем закрыть задвижку на дымоходе печи и дверку поддувала (регулятор вторичного воздуха).

Практика эксплуатации печей на газе показывает, что имеют место случаи неисправностей в работе газогорелочных устройств и средств автоматики. В табл. 15 приведены наиболее часто встречающиеся неисправности и способы их устранения.

Таблица 15

Возможные неисправности в работе газогорелочных устройств для отопительных печей и способы их устранения

Характер неисправностей	Возможные причины неисправностей	Способы устранения
Пламя запальника срывается или отклоняется в сторону и не нагревает спай термопары	Слишком большой подсос воздуха через поддувало (регулятор вторичного воздуха)	Прикрыть дверку поддувала (шибер регулятора вторичного воздуха)
	Слишком сильная тяга в дымоходе	Прикрыть задвижку
Электромагнитный клапан не срабатывает при включении (не переводится в рабочее положение)	Контакты термопары плохо закреплены на клапане	Очистить контакты и плотно завернуть накидную гайку
	Повреждены провода или их пайка	Заменить провода
	Недостаточно нагревается спай термопары. Пламя запальника отклоняется от спая	Отрегулировать тягу шибером и задвижкой, проверить правильность положения головки запальника
	Загрязнены поверхности диска якоря и сердечника	Снять колпачок, очистить от грязи и протереть
	Слишком тугая пружина клапана	Укоротить на полвитка пружину
Пламя основной горелки имеет желтовато-красный оттенок, коптит	Недостаток или отсутствие первичного воздуха	Отрегулировать поступление первичного воздуха

Большое влияние на экономичную работу печи оказывает поступление в нее избыточного вторичного воздуха (см. рис. 2). Работниками АКХ, были проведены в одном из районов Москвы специальные опыты. Каждая обследованная печь топилась дважды: первый раз жильцами квартиры, а второй — сотрудниками АКХ. В первом случае к. п. д. не превышал 65—70%, а во втором — 85—

92%. Это объясняется тем, что жильцы чрезмерно открывали проход вторичного воздуха в печь.

В процессе эксплуатации печи необходимо периодически ремонтировать. Текущий ремонт включает в себя устранение мелких дефектов, выявившихся во время эксплуатации. К таким работам относятся: укрепление рамки горелки, замена или укрепление отдельных кирпичей, замазывание незначительных трещин в облицовке, замена чугунной плиты, укрепление задвижек и т. д.

При среднем ремонте печей выполняют более сложные работы, как-то: замена участков дефектной кладки, расчистка завалов в дымоходах, восстановление оголовков труб, оштукатуривание труб и разделок около печей и т. д.

Капитальный ремонт печей включает в себя работы, связанные с перерывом в эксплуатации печи на несколько дней. К ним относятся: ремонт топливника, перекладка дымохода, переделка дымооборотов, разделение большой печи на две и т. д.

Очень часто при ремонтных работах и переоборудовании печей на сжигание газа приходится оштукатуривать наружную кладку. Для этого применяют следующие растворы, об. частей: 1) 1 асбеста и 4 алебастра, разведенные на сильно насыщенном растворе поваренной соли; 2) 1 глины, 2 песка и 0,1 асбестовой крошки, разведенные на воде. Штукатурка наносится на горячую поверхность кладки печи в два приема. Общая толщина штукатурки должна составлять 1,0—1,5 *мм*. Участки дымовых труб, расположенные выше кровли здания, надо оштукатуривать только цементным раствором.

На чердаке дымовые каналы выкладывают одной общей дымовой трубой, которая заканчивается над кровлей оголовком. Верхнюю часть оголовка предохраняют цементной штукатуркой с железнением или защитным футляром из кровельной стали. Оголовок должен иметь устройство, защищающее дымоходы от попадания в них атмосферных осадков. Для этого применяют различного типа металлические колпаки (зонты) или кирпичные колпаки с двусторонним выходом продуктов горения. Металлические колпаки должны быть съемными, чтобы можно было чистить дымоходы.

ГЛАВА III

МЕСТНЫЕ ГАЗОВЫЕ ОТОПИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ МАЛОЙ ТЕПЛОЕМКОСТИ

В последнее время широкое применение находят приборы местного отопления — нагревательные устройства малой теплоемкости. При использовании нетеплоемких отопительных приборов расход и приход тепла в помещение могут быть легко приведены в соответствие, вследствие чего температура в отапливаемом помещении будет поддерживаться постоянной.

С точки зрения возможности массового заводского изготовления нетеплоемкие приборы имеют несомненные преимущества. Кроме того, ускоряется строительство, так как монтаж их на месте сводится к подключению газа и присоединению к дымоотводящим устройствам. Нетеплоемкие приборы весьма компактны по габаритам и занимаемой площади в отапливаемом помещении.

ГАЗОВЫЕ ОТОПИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ БЕЗ ОТВОДА ПРОДУКТОВ ГОРЕНИЯ В ДЫМОХОД

Большим достоинством этих отопительных приборов является то, что в обогреваемом помещении не нужно иметь дымохода. Забор воздуха для горения и выброс продуктов сгорания осуществляются непосредственно через наружную стену помещения.

Автоматический газовый воздухонагреватель «Огонек» (рис. 23), разработанный Научно-исследовательским институтом санитарной техники (НИИСТ, Москва), предназначен для отопления жилых, служебных и подсобных помещений площадью до 20 $м^2$. Воздух для горения и удаления продуктов сгорания подводится через канал в стене отапливаемого помещения. Тепло, полученное от сжигания газа, передается воздуху помещения через ребристый теплообменник, выполненный из чугуна. Снаружи теплообменник закрыт защитным кожухом. Кожух имеет красивый внешний вид и легко снимается для удаления пыли с поверхности нагревателя. Прибор крепится к стене анкерными болтами.

В нижней части ребристого теплообменника размещена трубчатая инжекционная горелка низкого давления. Продукты горения газа, поднимаясь, нагревают переднюю ребристую стенку нагревателя, а затем, опускаясь, нагревают заднюю стенку и удаляются через верхний канал бетонного короба в атмосферу. Воздух для

горения подводится через нижний канал. Нагреватель подсоединен к бетонному коробу герметично, и поэтому попадание продуктов горения в помещение исключается. Для защиты от ветра и косых атмосферных осадков снаружи бетонного короба устанавливается защитный щиток. Для первоначального розжига прибора в начале отопительного сезона в корпусе на уровне горелки предусмотрен герметизированный глазок.

Воздухонагреватель «Огонек» снабжен автоматикой безопасности, отключающей подачу газа при погасании горелки, и автоматикой регулирования, изменяющей расход газа в зависимости от

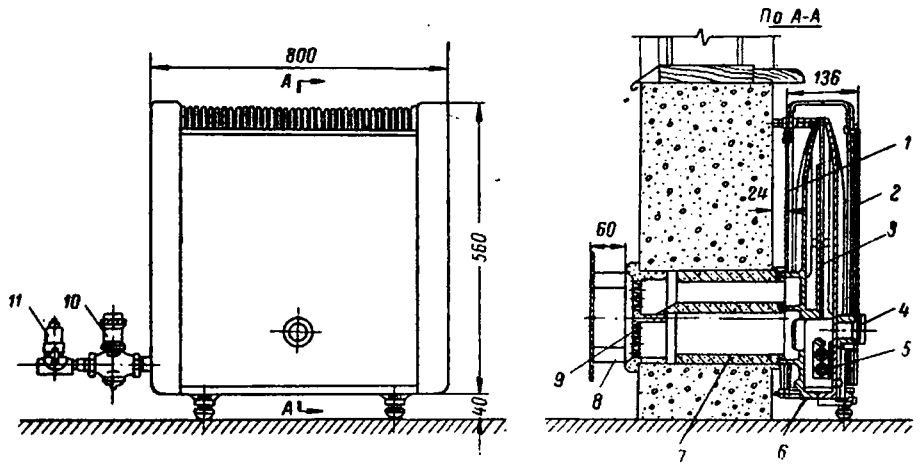


Рис. 23. Воздухонагреватель «Огонек».

1 — задняя панель кожуха; *2* — передняя панель кожуха; *3* — стальной лист; *4* — глазок; *5* — горелка; *6* — чугунный теплообменник; *7* — бетонный короб; *8* — противоветровой щиток; *9* — бетонная решетка; *10* — электромагнитный клапан; *11* — регулятор расхода газа.

температуры воздуха в помещении. Автоматика безопасности состоит из электромагнитного клапана и полупроводникового термоблока, связанного с электромагнитным клапаном. Термоблок крепится к верхней части горелки. При наличии пламени термоблок нагревается и в системе возникает электродвижущая сила, в этом случае электромагнитный клапан открывается и пропускает газ.

Сильфон автомата регулирования связан с клапаном этого автомата системой рычагов. В зависимости от температуры воздуха в помещении он открывает в большей или меньшей степени проход газа на горелку, тем самым изменяя ее тепловую нагрузку. Предел настройки температуры 15—20° С.

Воздухонагреватель «Огонек» рекомендуется устанавливать под окнами, однако допускается установка и в других местах у наружных стен зданий. Разработаны две модификации этого прибора, которые отличаются теплопроизводительностью и размерами.

В табл. 16 приведены основные характеристики воздухонагревателя «Огонек».

Принципиальная схема газового конвектора, разработанная в НИИСТ (Киев), показана на рис. 24. Корпус конвектора состоит

Таблица 16

Техническая характеристика газового воздухонагревателя «Огонек» (рис. 23)

Технические данные	Типоразмер	
	I	II
Теплопроизводительность, *ккал/ч*:		
расчетная	1600	800
минимальная	400	200
Температура нагретого воздуха на выходе из прибора, °С	70	70
Тепловая нагрузка горелки, *ккал/ч*	2000	1000
К. п. д., %	80	80
Габариты, *мм*:		
ширина	744	555
глубина	138	138
высота	600	600
Вес, *кг*	70,6	56,3

из передней, промежуточной и задней стенок, выштампованных из тонколистовой стали. Стенки имеют гофры для увеличения теплоотдающей поверхности и жесткости конструкции. Снаружи корпус конвектора заключен в кожух, где циркулирует нагреваемый воздух. В нижней части расположена инжекционная горелка низкого давления (номинальное давление 130 *мм вод. ст.*). К наружной стене здания конвектор крепится анкерными болтами. В задней стенке конвектора в месте присоединения патрубков для забора воздуха и удаления продуктов горения предусмотрено уплотнение, чем достигается герметизация проема в наружной стене. Для защиты горелки от задувания при резких порывах ветра установлен противоветровой щиток на наружной стене.

Комнатный воздух поступает снизу у пола в пространство между корпусом и кожухом конвектора, а нагретый воздух выходит сверху и поступает в помещение.

Розжиг газового конвектора производится через специальный глазок со съемной крышкой. Для наблюдения за горением в крышку глазка заделано стекло.

В качестве автоматики безопасности применен электромагнитный клапан с термопарой. Регулирование расхода газа осуществляется краном специальной конструкции, допускающим плавное изменение расхода.

Опытные образцы газового конвектора ГК-1М были изготовлены на Львовском заводе газовой аппаратуры и испытывались в усло-

виях длительной эксплуатации в течение двух отопительных сезонов.

Техническая характеристика газового конвектора ГК-1М

Теплопроизводительность, *ккал/ч*	1400
Тепловая нагрузка горелки, *ккал/ч*	1680
К. п. д., %	83,5
Температура нагретого воздуха, °С	75—80
Температура уходящих газов, °С	190
Средняя температура передней стенки кожуха, °С	90
Площадь отапливаемого помещения, *м²*	15
Габариты, *мм*:	
ширина	550
высота	580
глубина	110
Вес, *кг*	21

В процессе эксплуатации опытных конвекторов не наблюдалось загасания горелок (при скорости ветра до 6 *м/сек*), а также образования льда в амбразуре и на противоположном щитке (при снижении температуры наружного воздуха до — 20° С).

Распределение температуры в отапливаемом помещении было равномерным. Температура в отапливаемых помещениях поддерживалась в пределах 20—22° С при равномерном потреблении газа в течение суток. Среднемесячный расход газа по сравнению с печным отоплением снизился на 5—10%.

Для некоторых помещений теплопроизводительность установленных конвекторов оказалась завышенной. Поэтому, чтобы избежать перегрева помещений, МКХ УССР были разработаны три модификации конвектора (ГК-0,5; ГК-1,25 и ГК-2,0) на различные теплопроизводительности. В табл. 17 приведены их основные характеристики.

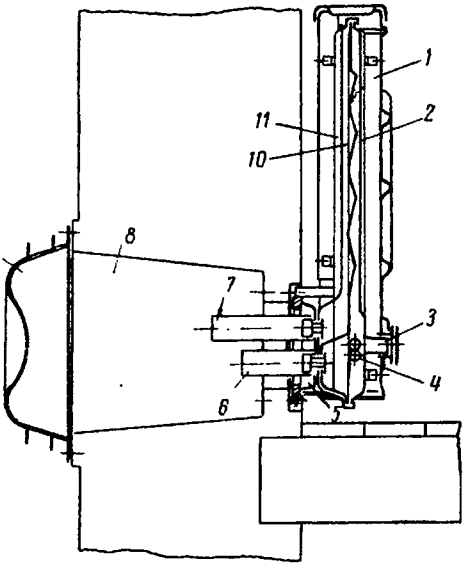


Рис. 24. Газовый конвектор ГК-1М.

1 — кожух; *2* — передняя стенка; *3* — глазок; *4* — горелка; *5* — коробка; *6* — патрубок для забора воздуха; *7* — патрубок для удаления продуктов горения; *8* — амбразура; *9* — щиток; *10* — промежуточная стенка; *11* — задняя стенка.

Конвекторы можно устанавливать в малоэтажных домах взамен печей, а также для отопления кухонь и ванных комнат в газифицированных домах с печным отоплением. При установке конвекторов

Таблица 17

Техническая характеристика газовых конвекторов

Технические данные	ГК-0,5	ГК-1,25	ГК-2,0
Теплопроизводительность, *ккал/ч*	500	1250	2000
Габариты, *мм*:			
ширина	280	510	720
высота	580	580	580
толщина	100	100	100
Вес, *кг*	14	21	29

в помещениях производственного и коммунально-бытового назначения теплопроизводительность их может быть увеличена на 10—15%.

ГАЗОВЫЕ КАМИНЫ

Комбинированный камин-радиатор, разработанный И. Д. Букшпуном, сочетает в себе радиационный экран с развитой конвективной поверхностью. На рис. 25 показано устройство этого прибора. Газ выходит из горелки и сгорает на поверхности экрана, расположенного под углом 25—30°. Экран собран из отдельных фасонных рамок, которые при включении камина быстро раскаляются и интенсивно излучают тепло. Поверхность экрана нагревается до температуры около 1000° С. В прибор встроен никелированный рефлектор, улучшающий эффект излучения и внешний вид камина.

Конвективная часть выполнена в виде радиатора из секций. Число устанавливаемых секций определяет теплопроизводительность прибора. Камин можно изготовлять из тонкостенного чугуна литым или из стальных листов штампованным. Поверхность камина может быть окрашена в любой цвет и эмалирована. Продукты горения после нагрева радиатора отводятся в дымоход.

Теплопроизводительность камина может достигать 5000—5500 *ккал/ч*. Причем, как показали опыты, около половины выделяющегося тепла приходится на радиационную поверхность, а остальное тепло выделяется конвективной поверхностью. Камин создает хорошую вентиляцию в отапливаемом помещении. При теплопроизводительности камина 5000 *ккал/ч* им можно отапливать помещение площадью до 40 $м^2$. Установка таких приборов может быть рекомендована для отопления жилых и общественных зданий, магазинов, гаражей и т. д. Камин может работать как на природном, так и на сжиженном газе. Как показали испытания, одного баллона сжиженного газа емкостью 45 *кг* достаточно для двухнедельной работы камина.

Отопительный камин «Луч» разработан ГипроНИИГазом. Камин устанавливают у наружной стены помещения. Воздух для горения попадает через канал, установленный в стене. Через него отводятся на улицу и продукты горения. Камин (рис. 26) состоит из каркаса,

кожуха, калорифера, горелки инфракрасного излучения (половина горелки ГИИ-3), рефлектора. Калорифер выполнен из листовой стали и имеет поверхность нагрева 0,4 $м^2$. Теплоотдача прибора осуществляется лучеиспусканием и конвекцией. Рефлектор камина сделан из полированного алюминиевого сплава АЛ-4. Перед горелкой спереди установлен светофильтр из специального стекла. Камин снабжен автоматикой безопасности и терморегулятором, обеспечивающим поддержание в помещении заданной температуры. Камин

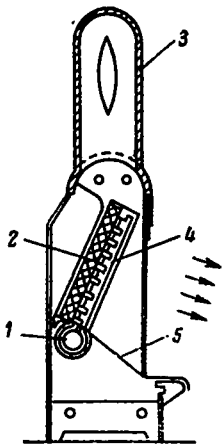


Рис. 25. Камин-радиатор.

1 — горелка; *2* — шамотная стенка; *3* — конвективная часть; *4* — радиационный экран; *5* — рефлектор.

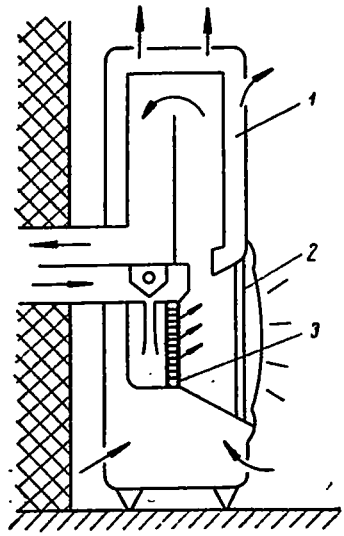


Рис. 26. Схема отопительного камина «Луч».

1 — калорифер; *2* — светофильтр; *3* — горелка инфракрасного излучения.

«Луч» может обогревать помещение площадью до 30 $м^2$. Техническая характеристика камина приведена ниже:

Теплопроизводительность, *ккал/ч*	2800
Тепловая нагрузка горелки, *ккал/ч*	3200
К. п. д., %	87,5
Габариты, *мм*:	
ширина	400
глубина	270
высота	720
Вес, *кг*	28

Мосгазпроектом разработан газовый камин для отопления помещений площадью до 20 $м^2$. Камин состоит из двух камер. Внутренняя камера соединена с топкой и с коллектором отходящих газов. Продукты горения газа заполняют внутреннюю камеру, а затем поступают в дымоход. В наружной камере камина находится воздух. Нагрев наружной камеры происходит через воздух за счет излучения

стенок внутренней камеры, а также за счет теплопроводности и конвекции. Большая поверхность наружной камеры и наличие промежуточного теплоносителя (воздуха) способствуют выравниванию и снижению температуры всей поверхности нагрева. Камин

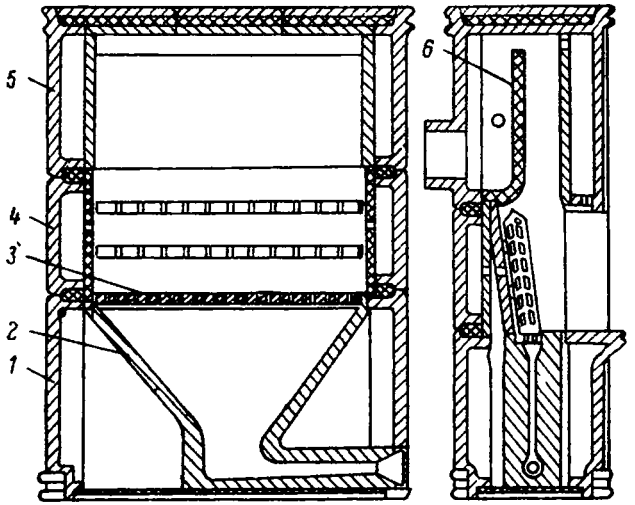


Рис. 27. Керамический газовый камин.

1 — нижний кафельный блок; *2* — керамическая горелка; *3* — огнеупорная плита; *4* — средний кафельный блок; *5* — верхний кафельный блок; *6* — стенка для направления продуктов сгорания.

оборудован автоматикой безопасности. Техническая характеристика камина приведена ниже:

Теплопроизводительность, *ккал/ч*	2000
Тепловая нагрузка горелки, *ккал/ч*	2500
Нагрев и охлаждение камина. *мин*	15—20
Минимальное разрежение в дымоходе, *мм вод. ст.*	0,2
К. п. д., %	80
Габариты, *мм*:	
длина	550
ширина	210
высота	608
Вес, *кг*	27,0

Керамический газовый камин (рис. 27) целиком изготовляется из керамических элементов: корпус собран из трех стандартных кафельных блоков; в нижней части прибора размещена керамическая горелка; верх горелки перекрыт плоской огнеупорной плитой с отверстиями для выхода газовоздушной смеси и гнездами для рамок накала. Экранные рамки накала устанавливаются под углом 3—5° и опираются на заднюю стенку.

Газовоздушная смесь сгорает на поверхности керамического экрана, раскаляя рамки через 5 *мин* после розжига. Продукты горения поднимаются вверх, проходят через поворот стенки и, отдавая тепло верхнему блоку, направляются в дымоход. Основная часть тепла воздуху помещения передается излучением от экранных рамок.

Камины теплопроизводительностью 4000 и 2200 *ккал/ч* состоят соответственно из 12 и 8 экранных рамок. Вес камина большой модели 80, а малой модели 60 *кг*.

Длительное испытание большой и малой моделей керамических каминов было проведено в Киеве в разных помещениях. Испытания показали их эффективность и надежность в эксплуатации. Камины могут работать на природном и сжиженном газе при соответствующей замене сопел горелок.

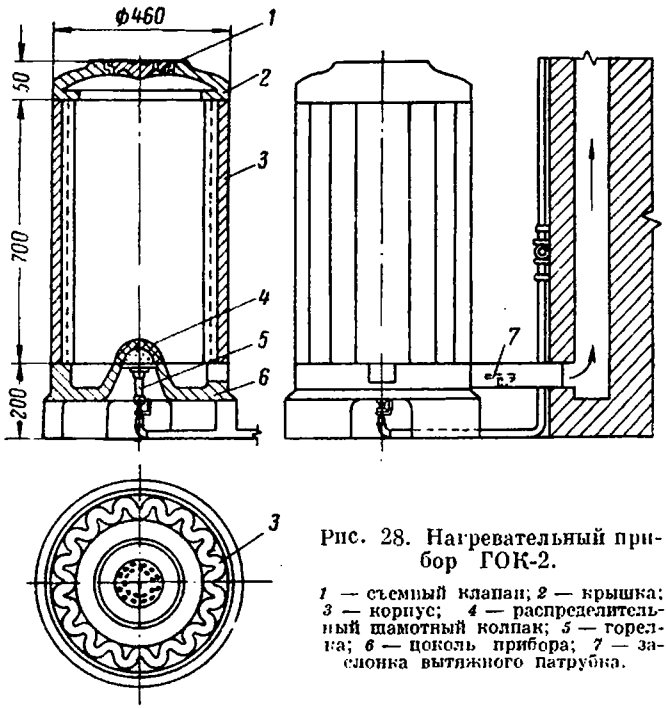


Рис. 28. Нагревательный прибор ГОК-2.

1 — съемный клапан; *2* — крышка; *3* — корпус; *4* — распределительный шамотный колпак; *5* — горелка; *6* — цоколь прибора; *7* — заслонка вытяжного патрубка.

В Киевском инженерно-строительном институте разработано несколько образцов газовых керамических приборов для местного отопления. Один из них, ГОК-2 (рис. 28), состоит из трех керамических блоков: цоколя, цилиндрического кожуха и крышки. Стенки цилиндрического кожуха имеют волнообразную форму для увеличения теплоотдающей поверхности; их толщина 25 *мм*. В центре цоколя размещено горелочное устройство по типу конфорочной горелки плиты. В стенке цоколя имеется два отверстия — одно для отвода продуктов горения в дымоход, второе, закрываемое крышкой, для зажигания горелки. Крышка прибора имеет толщину 30 *мм*, в ней расположен съемный клапан, служащий для ревизии внутри прибора и как предохранительный клапан в случае хлопка.

Над горелкой размещен шамотный колпачок полусферической формы, в котором имеются два ряда отверстий диаметром 5 *мм*,

расположенных в нижней части полусферы. Колпачок улучшает смешение газа с воздухом, предотвращает перегрев горелки и служит высокотемпературным источником зажигания. Продукты горения газа первоначально поднимаются вверх, а затем опускаются вниз и отводятся в дымоход. Такой двухходовой путь продуктов горения создает более равномерное распределение температур на поверхностях прибора. К прибору ГОК-2 разработана автоматика для предотвращения попадания несгоревшего газа в дымоход. Техническая характеристика ГОК-2 приведена ниже:

Теплопроизводительность, *ккал/ч*	1325
Тепловая нагрузка горелки, *ккал/ч*	1500
Температура уходящих газов, °С	130
К. п. д., %	88,5
Температура поверхности нагрева (усредненная), °С	90
Теплоотдающая поверхность нагрева, *м²*	1,7
Габариты, *мм*:	
высота	950
диаметр кожуха	460

Новая улучшенная модель керамического прибора ГОК-3 по своей конструкции незначительно отличается от разобранного выше ГОК-2. Для уменьшения термических напряжений в верхней части цоколя в увеличенное центральное отверстие вставлена керамическая обечайка. В шамотном колпачке над горелкой изменено расположение выходных отверстий, улучшающее распределение температур на поверхности прибора. В приборе применена стандартная горелка газовой плиты.

ОТОПЛЕНИЕ ГАЗОВЫМИ ИНФРАКРАСНЫМИ ИЗЛУЧАТЕЛЯМИ

К приборам лучистого отопления, при котором достигается быстрый нагрев облучаемых предметов, можно отнести газовые горелки инфракрасного излучения. Наиболее целесообразно применять лучистую систему отопления в цехах с большими теплопотерями и небольшим количеством работающих: в помещениях, где люди бывают периодически (выставки, плавательные бассейны, открытые трибуны), при обогреве открытых монтажных, сборочных и других площадок.

Газовые приборы инфракрасного излучения находят в последнее время все более широкое применение для отопления и обогрева. Физиологическими опытами установлено, что наиболее благоприятные условия для человека создаются при средней температуре внутренних ограждающих поверхностей 25—26° С и при температуре воздуха внутри помещений 13—15° С. Такой режим может быть легко достигнут при применении для отопления приборов инфракрасного излучения. При этом становится возможным достичь значительной экономии топлива вследствие поддержания в помещении температуры воздуха на 5—7° С ниже, чем при обогреве обычными системами отопления.

Конвективные системы отопления неэкономичны для отопления помещений с большим воздухообменом и частично раскрытых рабочих мест и совершенно непригодны для отопления полностью открытых рабочих площадок. Во всех этих помещениях целесообразно применять для отопления газовые приборы инфракрасного излучения.

Исследованиями по выявлению экономического эффекта от применения в отопительных системах предприятий приборов радиационного типа установлено, что при работе в оптимальных условиях неизбежные потери тепла при отоплении приборами радиационного типа примерно на 15% меньше потерь конвективных систем отопления.

Небольшие размеры и вес газовых приборов инфракрасного излучения делают их очень удобными для размещения в отапливаемых помещениях. Так, поверхность газовых инфракрасных приборов с температурой излучающей поверхности 720° С примерно в 100 раз меньше поверхности нагревательных приборов водяного отопления с температурой поверхности 80° С. Большим достоинством газовых приборов инфракрасного излучения является быстрое включение и выключение их в системах отопления (в течение 1—2 *мин*). Применение лучистых систем отопления способствует повышению производительности труда вследствие улучшения условий работы.

В качестве излучающей огневой насадки в горелках инфракрасного излучения применяют перфорированные керамические плитки, пористую керамику, сетки из жароупорной стали. Наибольшее распространение получили горелки с перфорированной керамической огневой насадкой. Независимо от конструкции такие горелки имеют общий конструктивный элемент — огневую керамическую насадку, состоящую из большого числа сквозных цилиндрических каналов малого диаметра.

На рис. 29 показана горелка инфракрасного излучения ГИИ ГипроНИИГаза. Газ, выходя из сопла, инжектирует весь необходимый для горения воздух. Горелки этого типа рассчитываются на работу с коэффициентом избытка воздуха $\alpha = 1{,}03 \div 1{,}06$, т. е. на полное предварительное смешение газа с воздухом. Газовоздушная смесь из смесителя поступает в распределительную коробку и выходит через каналы керамического насадка. Сгорание происходит на поверхности насадка, причем температура излучающей поверхности 700—900° С. Насадок горелки представляет собой набор отдельных керамических плиток размерами 65 × 47 × 15 *мм*, диаметр отверстий в плитке 1,5 *мм*. Изготовляют их из состава, об. %: часовъярская глина — 45, каолин — 25, окись хрома — 5 и тальк — 25. Собирают плитки на специальной замазке. Незначительные отклонения избытка воздуха от указанных (1,03—1,06) резко ухудшают условия работы горелок. Действительно, при увеличении количества первичного воздуха падает температура насадка и понижается излучательная способность горелки. При уменьшении количества подсасываемого первичного воздуха возникает необходимость во вторичном воздухе, доступ которого к горелке затруднен, и

поэтому фронт пламени становится сплошным, появляются длинные желтые языки. Горелки снабжены специальным устройством для зажигания. Для этого используют обычную автомобильную свечу, которую монтируют в рефлекторе на изоляторе. При зажигании горелки в свечу подается напряжение и газовоздушная смесь воспламеняется от искры.

Газовые инфракрасные горелки можно изготовлять также и с металлическими сетчатыми излучателями. Так, горелка ГК-27 имеет излучающую поверхность из двух рядов сетки: верхней № 2—1,2

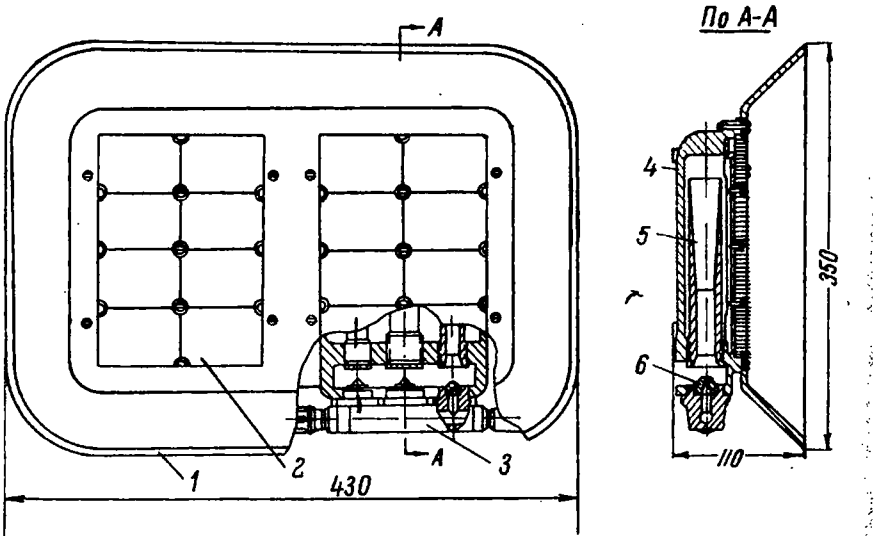


Рис. 29. Горелка инфракрасного излучения ГипроНИИГаза.

1 — рефлектор; *2* — излучающий насадок; *3* — газовый коллектор; *4* — распределительная коробка; *5* — смеситель; *6* — газовое сопло.

и предохранительной № 063—028. Процесс горения происходит в пространстве между сетками, которые, нагреваясь до высокой температуры (~800° С), становятся мощными излучателями.

Ветроустойчивая горелка ГК-23, разработанная в том же институте, предназначена для установки на открытых площадках. Она работает устойчиво при скорости ветра до 8 *м/сек*. Излучающая поверхность этой горелки изготовлена из керамических плиток и металлической сетки № 2—1,2. Керамические плитки имеют отверстия диаметром 0,85 *мм*.

Горелки снабжены автоматикой безопасности, состоящей из электромагнитного клапана и термопары. При нагреве термопары электромагнитный клапан срабатывает на открытие в течение 15—30 *сек* и пропускает газ на горелку. После погасания горелки по каким-либо причинам термопара перестает нагреваться и клапан закрывается в течение 10—20 *сек*.

Излучающая поверхность горелок может иметь любую форму и размеры в зависимости от требуемой тепловой нагрузки и объекта применения. В табл. 18 приведены основные характеристики горелок этого типа, разработанных в ГипроНИИГазе и выпускаемых заводом Газприбор (Саратов). Горелки предназначены для отопления больших помещений, просушки стен после штукатурки и побелки, а также тепловой обработки различных материалов.

Мосгазпроектом также разработаны горелки инфракрасного излучения, предназначенные для отопления промышленных цехов и предприятий общественного питания, для непосредственного отопления рабочих мест на открытых и полузакрытых строительно-монтажных площадках и для различных видов сушки.

По своей конструкции они сходны с описанными выше горелками и снабжены дополнительно электрозапалом-спиралью, от которого осуществляется зажигание горелок. Оно выполнено так, что открытие соленоидного клапана, пропускающего газ к горелкам, возможно только при наличии напряжения в спирали. Технические характеристики горелок приведены в табл. 19.

На рис. 30 показана горелка инфракрасного излучения с номинальной тепловой нагрузкой 3400 *ккал/ч*. Горелка состоит из корпуса, блока керамики, рефлектора, узла газового сопла и электрозапала. Корпус представляет собой призматическую коробку, отштампованную из листового металла. Внутри корпуса размещен смеситель, снабженный на наружном конце устройством для установки сопла. Штуцер крепится к корпусу на резьбе. На нем с одной стороны размещено газовое сопло, а с другой — ниппель с накидной гайкой для присоединения газопровода. Блок керамики собран из восьми керамических плиток. К блоку на фарфоровых втулках прикреплена хромоникелевая сетка с диаметром проволок 1,2 *мм*. Жаропрочная сетка служит стабилизатором, и сама является источником излучения. При температуре керамики 950° С сетка нагревается примерно до 750° С.

Рефлектор горелки цельноштампованный, крепится к корпусу с помощью планки на четырех винтах. С наружной стороны к рефлектору прикреплен электрозапал для розжига горелки. Спираль электрозапала изготовлена из нихромовой проволоки и крепится к клеммам, установленным в корпусе на фарфоровых втулках.

Калининградский завод Мингазпрома СССР выпускает горелку инфракрасного излучения КГ-3 с номинальной тепловой нагрузкой 4250 *ккал/ч*. Для природного газа с давлением 130 *мм вод. ст.* устанавливают газовое сопло диаметром 1,60 *мм*, а для сжиженного газа с давлением 300 *мм вод. ст.* — диаметром 1,1 *мм*. Керамический насадок горелки состоит из 12 плиток. Над насадком размещена металлическая сетка. Размеры горелки 223 × 330 × 350 *мм*, вес 3,0 *кг*.

Горелки монтируются стационарно одиночно или группами на опорных конструкциях. Для использования этих горелок без стационарного монтажа выпускается передвижной вариант ОП-2.

Таблица 18

Горелки инфракрасного излучения ГипроНИИГаза

Тип горелки	Номинальное давление, *мм вод. ст.*	Диаметр газового сопла, *мм*	Расход газа, *м³/ч*	Тепловая нагрузка, *ккал/ч*	Количество тепла, передаваемое излучением, *ккал/ч*	Тип излучателя	Температура излучающей поверхности, °С	Размеры, *мм*	Вес, *кг*
ГИИ-1	130 300	2,80 1,85	1,00 0,38	8 500	4 700	Плитки, 20 шт.	900	1260×176× ×200	8,5
ГК-27	130 300	2,30 1,40	0,75 0,29	6 400	4 100	Сетка	800	462×322× ×152	4,1
ГИИ-19А	130 300	2,30 1,40	0,75 0,29	6 400	3 500	Плитки, 16 шт.	850—950	462×322× ×144	4,0
ГК-1-38	130 300	4,00 2,45	2,50 0,90	20 000	11 000	Плитки, 50 шт.	850—950	Высота 1200—1900	12,4
ГК-23	1000/3000	1,5 0,80	0,88/1,50 0,34/0,58	7480/12 750	8 900	Плитки (16 шт.) и сетка	1000—1050	410×320× ×190	4,7
ГК-16П	130 300	4,00 2,45	2,50 0,90	20 000	11 000	Чугунная насадка	850—950	Высота 1200—1900	21,4

Примечания. 1. Горелка ГИИ-19А заменила ранее выпускавшиеся ГИИ-3 и ГИИ-8. 2. Горелка ГК-1-38 заменила ранее выпускавшиеся ГИИ-12 и ГИИ-14. 3. В числителе приведены данные для природного газа, в знаменателе — для сжиженного.

Таблица 19

Горелки инфракрасного излучения института Мосгазпроект

Тип горелки	Номинальное давление газа, *мм вод. ст.*	Диаметр газового сопла, *мм*	Расход газа, *м³/ч*	Тепловая нагрузка горелки, *ккал/ч*	Конструкция горелки	Размеры, *мм*	Вес, *кг*
3433-00	130 250	1,8 1,2	0,400 0,155	3400	Один инжектор; 8 плиток	230×400×310	3,0
3434-00 (блок из 2-х 3433-00)	130 250	1,8 1,2	0,800 0,310	6800	Два инжектора; 16 плиток	230×528×310	5,0
3435-00 (блок из 3-х 3433-00)	130 250	1,8 1,2	1,200 0,465	10 200	Три инжектора; 24 плитки	230×656×310	7,0
3616-00	130 300	1,7 1,1	0,680 0,126	5700	Два инжектора; металлическая сетка	92×720×251	3,7

Примечание. В числителе приведены данные для природного газа, в знаменателе — для сжиженного.

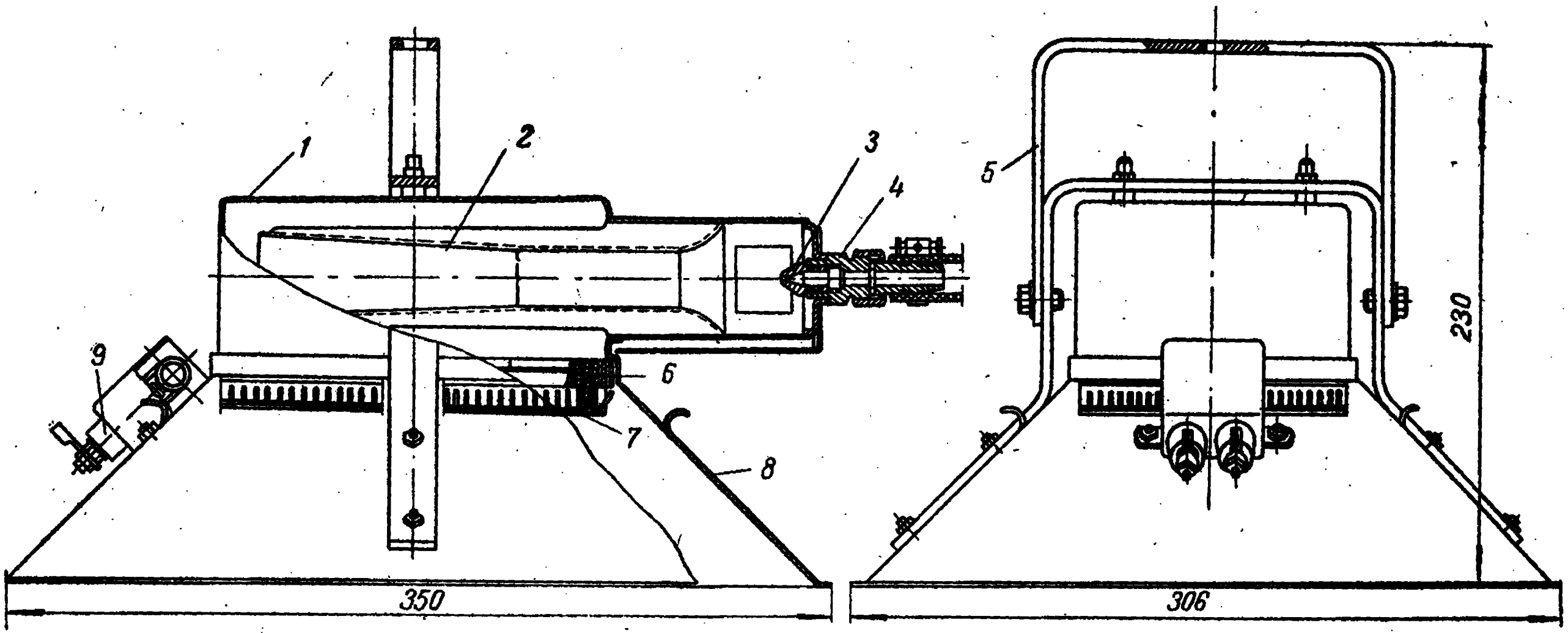


Рис. 30. Горелка инфракрасного излучения Мосгазпроекта.

— корпус; *2* — смеситель; *3* — газовое сопло; *4* — штуцер; *5* — скоба; *6* — керамика; *7* — жаропрочная сетка; *8* — рефлектор; *9* — электрозапал.

Передвижная установка состоит из баллона емкостью 55 *л*, редуктора, горелки и тележки.

В СКБ Газприборавтоматика Мингазпрома СССР разработаны и выпускаются серийно Калининградским заводом газовые ветроустойчивые горелки инфракрасного излучения типа ГИИВ-1 и ГИИВ-2. Они предназначены для обогрева рабочих мест, отдельных предметов и тепловой обработки материалов, расположенных на открытых площадках и подверженных воздействию ветра.

Корпус горелки ГИИВ-1 состоит из двух штампованных деталей, сваренных контактной сваркой. В сборе корпус образует две полости: газовоздушный смеситель и распределительную камеру. В корпусе установлена крестовина, в которую ввертывается газовое сопло и штуцер для присоединения газоподводящего шланга. Излучатель из 10 пластин установлен в специальной рамке, которая соединена с корпусом. Над излучателем установлена с помощью двух рамок окалиностойкая металлическая сетка.

Для защиты от ветра и осадков горелка оборудована специальным кожухом и рефлектором. В рефлекторе имеются прорези, которые соединяют пространство над плитками с инжекторной полостью. Порывы ветра таким образом создают одинаковое давление в обеих полостях и не влияют на инжекцию воздуха (не вызывают падения коэффициента избытка воздуха, что наблюдается при работе обычных горелок ГИИ на ветру).

Для крепления горелки к различным конструкциям имеется кронштейн. В табл. 20 приведены основные характеристики горелок ГИИВ-1 и ГИИВ-2.

Газовая блочная горелка инфракрасного излучения ГИИБЛ выпускается также Калининградским заводом. По своей конструкции и характеристикам она аналогична горелке ГИИВ-1. Горелка представляет собой элемент, позволяющий компоновать панели (блоки) инфракрасного излучения различных форм и размеров. Это особенно необходимо для сушки изделий с большими поверхностями (например, гипсоцементные панели и др.).

Кроме того, в СКБ Газприборавтоматика разработана горелка инфракрасного излучения типа «звездочка» для отопления закрытых вентилируемых помещений высотою до 3,5 *м*. Горелка работает на природном и сжиженном газах. Характеристики горелки приведены в табл. 21.

Кроме инфракрасных горелок с перфорированными керамическими насадками за последние годы в Ленинграде созданы излучающие горелки с пористой керамикой. По конструктивному исполнению излучатель представляет собой инжекционную горелку среднего давления с полным предварительным смешением газа и воздуха. Насадок горелки состоит из пористых керамических плиток специального состава. Разработано два рецепта на изготовление пористых керамических плиток из кварцевых и шамотных масс.

Материалами для изготовления плиток служат в первом случае, об. %: кварцевые отходы — 92,6, доломит мелкомолотый — 0,9,

Таблица 20

Технические характеристики горелок инфракрасного излучения ГИИВ-1 и ГИИВ-2

Технические данные	ГИИВ-1	ГИИВ-2
Тепловая нагрузка, *ккал/ч*:		
максимальная	4500/4000	9000/8000
минимальная	2400/2200	4800/4400
Расход газа, *м³/ч*:		
при максимальной нагрузке	0,53/0,18	1,06/0,36
при минимальной нагрузке	0,28/0,10	0,56/0,20
Давление газа, *мм вод. ст.*:		
максимальное	250/500	250/500
минимальное	70/150	70/150
Диаметр газового сопла, *мм*	1,7/1,1	2,4/1,6
Температура поверхности керамики при максимальной нагрузке, °С	920/900	920/900
Максимальная скорость ветра, *м/сек*, при которой работа горелки гарантируется:		
при максимальной нагрузке	5,5	5,5
при минимальной нагрузке	3,0	3,0
Количество керамических плиток, шт.	10	20
Габариты горелки, *мм*	357 × 260 × 118	550 × 240 × 102
Вес, *кг*	3,2	4,7

Примечания. 1. В числителе приведены данные для природного газа, в знаменателе — для сжиженного. 2. Размеры плитки 65×45×12 *мм*, отверстия ∅ 1 *мм*.

Таблица 21

Технические характеристики горелки инфракрасного излучения типа «звездочка»

Технические данные	На природном газе с $Q_н = 8500$, *ккал/м³*	На сжиженном газе с $Q_н = 22\,000$, *ккал/м³*
Тепловая нагрузка, *ккал/ч*:		
максимальная	2700	2400
минимальная	1550	1300
Расход газа, *м³/ч*, при нагрузке:		
максимальной	0,32	0,11
минимальной	0,18	0,06
Давление газа, *мм вод. ст.*:		
максимальное	160	400
минимальное	50	120
Диаметр газового сопла, *мм*	1,6	1,05
Температура поверхности керамики при максимальной нагрузке, °С	920	900
Габариты горелки, *мм*	230×175×120	
Вес, *кг*	1,0	

полевой шпат — 0,9 и пиритовые огарки — 5,6; во втором случае шамот часовъярской глины — 85,7, бентонит огланлинский — 9,5, пиритовые огарки — 4,8.

Технология изготовления плиток включает подготовку материалов, перемешивание, сушку, пластическое прессование и обжиг. Плитки из пористой керамики могут быть выполнены достаточно больших размеров и практически любых форм.

Рефлекторы излучателя изготовляют из алюминия толщиной 1—1,5 *мм* с отверстиями по периметру для отвода продуктов сгорания. Конфигурация рефлекторов может быть различная: круглая, корытообразная с трапецеидальным или прямоугольным поперечным сечением, параболическая.

Горелки инфракрасного излучения с пористой керамикой, как показали испытания, устойчиво работают на природном и сжиженном газах в диапазоне тепловых нагрузок 140—230 тыс. *ккал/м*^{2} · *ч*. В табл. 22 приведены характеристики инфракрасных горелок с пористой керамикой. Они обладают целым рядом преимуществ по сравнению с горелками, оборудованными перфорированными керамическими насадками. Во-первых, их керамика обладает большей механической прочностью; во-вторых, горелки с пористой керамикой передают больше тепла излучением. Горелки могут устойчиво работать при скорости ветра до 9—11 *м/сек*. Путем опрессовки плит больших типоразмеров можно изготовлять горелки с тепловой нагрузкой до 50 тыс. *ккал/ч*.

Уже имеется некоторый опыт использования горелок типа ГИИП для различных технологических целей и отопления помещений. Так, на одном из промышленных предприятий Ленинграда была испытана система лучистого отопления помещений с нетеплоемкими ограждениями при установке горелок инфракрасного излучения с пористой керамикой. Отапливаемые участки имели высоту порядка 6,5—7,0 *м* и были ограждены стальными листами без изоляции. Излучатели подвешивались на высоте 4,0—4,4 *м*. Температура наружного воздуха в период испытаний колебалась в пределах от —10 до —15° С. Среднее количество лучистого тепла, передаваемое горелками, составляло 300—400 *ккал/м*^{2} · *ч*, а температура воздуха в рабочей зоне поддерживалась на уровне 7—13° С. Температура воздуха на границе с полом была на 1—3° С выше температуры воздуха в рабочей зоне. Анализ воздушной среды в отапливаемых помещениях показал, что содержание окиси углерода значительно ниже предельного значения (в 15 раз).

Весьма перспективно использование горелок инфракрасного излучения для отопления складов по хранению металлических конструкций (так как резко уменьшается коррозия металла), ангаров, предприятий текстильной и металлообрабатывающей промышленности и др.

При высоте помещений более 4 *м* излучатели устанавливают горизонтально (параллельно полу), а при меньшей высоте — под углом. Для того чтобы обогрев помещений был равномерным,

Таблица 22

Технические характеристики газовых инфракрасных горелок с пористой керамической насадкой

Тип горелки	Давление газа, *кГ/см²*	Диаметр сопла, *мм*	Расход газа, *м³/ч*	Тепловая нагрузка, *ккал/ч*	Количество тепла, передаваемое излучением, *ккал/ч*	Размер плит, *мм*	Температура излучающей поверхности, °С	Размеры горелки, *мм*	Вес, *кг*
ГИПИ-45Ф (Нева)	0,2—0,8 / 0,9—1,9	0,8 / 0,5	0,56 / 0,20	4500	2700	235×135×30	1080—1130	250×156×53	6,5
ГИПИ-75РТ	0,2—0,8 / 0,7—1,5	1,2 / 0,8	0,94 / 0,33	7500	4120	115×115×30	1050—1090	600×480×200	10,0
ГИПИ-150РТ	0,15—0,8 / 0,7—1,5	1,2 / 0,8	1,88 / 0,68	15 000	8500	105×105×30	1060—1120	890×660×400	24,0
ГИПИ-150Ф	0,15—0,8 / —	1,2 / —	1,88 / —	15 000	9000	105×105×30	1020—1100	740×490×210	14,0

Примечание. В числителе приведены данные для природного газа, в знаменателе — для сжиженного.

необходимо подобрать число устанавливаемых излучателей и их тепловую нагрузку. В невысоких помещениях следует устанавливать большое число излучателей с малой тепловой нагрузкой; в высоких помещениях тепловая нагрузка устанавливаемых излучателей увеличивается, а число их сокращается. Размещать излучатели необходимо по возможности на таком расстоянии друг от друга, чтобы пол помещения облучался равномерно. Это достигается горизонтальным их размещением, когда расстояние между излучателями равно высоте, на которой они подвешены. Если излучатели находятся под углом, то их следует размещать так, чтобы расстояние между ними равнялось половине высоты подвески.

Для определения рекомендуемого расстояния излучателей от пола и между собой можно пользоваться следующими зависимостями:

$$\frac{H^2}{F} \leqslant 0{,}1 \text{ и } \frac{a}{H} \leqslant 1{,}0,$$

где H — расстояние от пола до излучателя, *м*; F — обогреваемая площадь, $м^2$; a — расстояние между излучателями, *м*.

Расход газа на лучистое отопление можно приближенно подсчитывать, исходя из тепловых нагрузок на 1 $м^2$ обогреваемой поверхности, а количество излучателей заданной теплопроизводительности — по приведенным выше соображениям их размещения. Ориентировочные значения тепловых нагрузок на 1 $м^2$ обогреваемой поверхности в зависимости от характеристики помещений, $ккал/м^2 \cdot ч$, приведены ниже:

Закрытые невысокие помещения	110—140
Закрытые высокие помещения (спортивные залы, крупные цеха, рынки)	180—220
Частично открытые высокие помещения (трибуны, террасы)	220—450
Открытые площадки, защищенные от ветра	450—500

ГЛАВА IV

КВАРТИРНОЕ ГАЗОВОЕ ОТОПЛЕНИЕ

При неплотной застройке жилых кварталов и в районах с малоэтажными зданиями устройство централизованных систем отопления экономически не оправданд, так как требует значительных затрат средств и особенно металловложений в тепловые сети и внутридомовое оборудование. В таком жилом фонде находят применение системы квартирного отопления.

Системы квартирного газового отопления рассчитаны на одну квартиру или малый дом. Обслуживаются они самим населением. Часто системы квартирного отопления обеспечивают также горячее водоснабжение квартиры.

Квартирное отопление может осуществляться от емкостных водонагревателей, котлов небольшой теплопроизводительности или газовоздушных калориферов. Ниже будут рассмотрены наиболее распространенные конструкции этих аппаратов и устройств.

ОТОПЛЕНИЕ ВОДОНАГРЕВАТЕЛЯМИ ТИПА АГВ

Емкостные водонагреватели типа АГВ предназначены для отопления и горячего водоснабжения отдельных квартир, коттеджей и небольших коммунально-бытовых учреждений. В настоящее время промышленностью выпускается три модификации водонагревателей: АГВ-50М, АГВ-80М и АГВ-120.

Водонагреватели АГВ-50М и АГВ-80М аналогичны по конструкции и принципу действия и отличаются только емкостью бака для нагрева воды. Водонагреватель (рис. 31) состоит из вертикального цилиндрического резервуара, кожуха, газовой горелки, запальника, газоотводящего устройства.

В центре резервуара расположена теплообменная жаровая труба с удлинителем. Пространство между резервуаром и кожухом заполнено изоляцией из шлако- или стекловаты. Над выходным отверстием жаровой трубы расположен тягопрерыватель. В нижней части аппарата размещена инжекционная горелка низкого давления, к которой на кронштейне крепится запальник. Запальник имеет два язычка пламени: от одного происходит зажигание основной горелки, а от второго нагревается спай термопары.

Горелка водонагревателя ранее выпускалась с соплом, имеющим регулировочную иглу, позволявшую настраивать горелку на сжигание газов с разной теплотой сгорания. Однако в эксплуатации

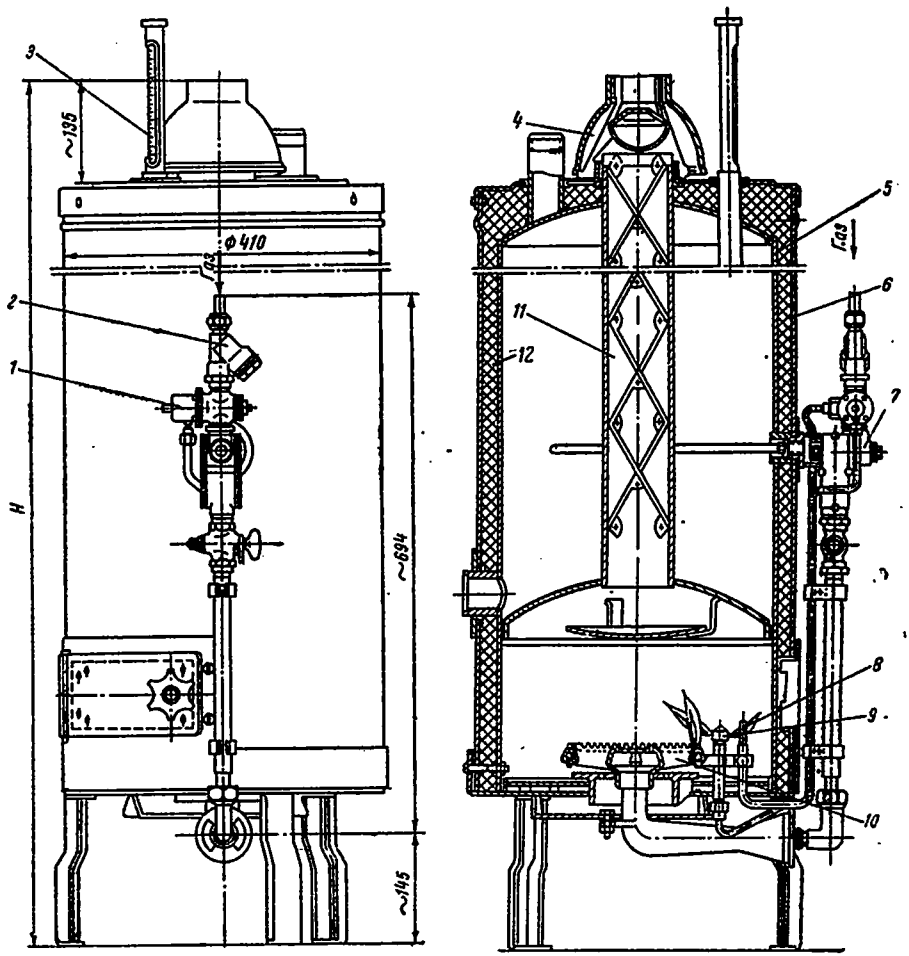


Рис. 31. Автоматический газовый емкостный водонагреватель АГВ-80М.

1 — электромагнитный клапан; *2* — фильтр; *3* — термометр; *4* — предохранитель тяги; *5* — резервуар; *6* — кожух; *7* — терморегулятор; *8* — термопара; *9* — запальник; *10* — основная горелка; *11* — жаровая труба; *12* — изоляция.

это устройство себя не оправдало, и в настоящее время горелки выпускаются с соплами для природного и сжиженного газов, имеющими определенные диаметры выходных отверстий.

Смеситель горелки представляет собой согнутую под углом 90° профилированную трубу. На диффузор смесителя надевается чугунная

насадка. Огневые отверстия в насадке просверлены в приливах, расположенных в один ряд, что улучшает условия подвода вторичного воздуха к факелам. Так как горелка работает с коэффициентом избытка воздуха $\alpha < 1{,}0$, это условие является необходимым. Расположение отверстий по окружности позволяет равномерно распределить тепло по топке, а большое количество отверстий делает возможным получить факелы небольшой высоты. Горелка работает устойчиво при изменении давления природного газа от 10 до 180 *мм вод. ст.* Основные характеристики горелки приведены в табл. 23.

Таблица 23

Характеристики горелок для водонагревателей типа АГВ

Горелка	Номинальная тепловая нагрузка, *ккал/ч*	Вид газа	Номинальное давление газа, *мм вод. ст.*	Диаметр газового сопла, *мм*	Газовыпускные отверстия		Размеры, *мм*			Вес, *кг*
					Количество	Диаметр, *мм*	Высота	Длина	Ширина	
Для АГВ-50М	6000	Природный	130	2,3	84	3,5	152	355	186	6,0
Для АГВ-80М		Сжиженный	300	1,5						
Для АГВ-120	12 000	Природный	130	3,2	126	3,0	137	384	244	4,5
		Сжиженный	300	2,1						

Водонагреватель снабжен автоматикой регулирования и безопасности. Автоматика регулирования поддерживает температуру воды в заданных пределах. Для этого имеется специальный терморегулятор (рис. 32, *а*), который прекращает или возобновляет подачу газа к основной горелке при отклонении температуры воды от заданных величин. При повышении температуры воды в баке выше установленной величины латунная трубка чувствительного элемента терморегулятора удлинится и оттянет соединенный с ней инварный стержень. Рычаги терморегулятора переместятся пружиной в новое положение и освободят клапан регулятора. Клапан под действием своей пружины закроется и прекратит доступ газа к основной горелке. Запальник при этом будет продолжать гореть, так как к нему газ поступает через электромагнитный клапан, расположенный перед терморегулятором.

В результате отбора горячей воды (на отопление или для бытовых нужд) произойдет охлаждение воды в баке ниже установленной величины. При этом трубка чувствительного элемента укоротится,

надавит стержнем на рычаг терморегулятора. Рычаги регулятора сместятся в исходное положение и откроют клапан. Газ через электромагнитный клапан и клапан терморегулятора пойдет в основную горелку, и она зажжется от запальника.

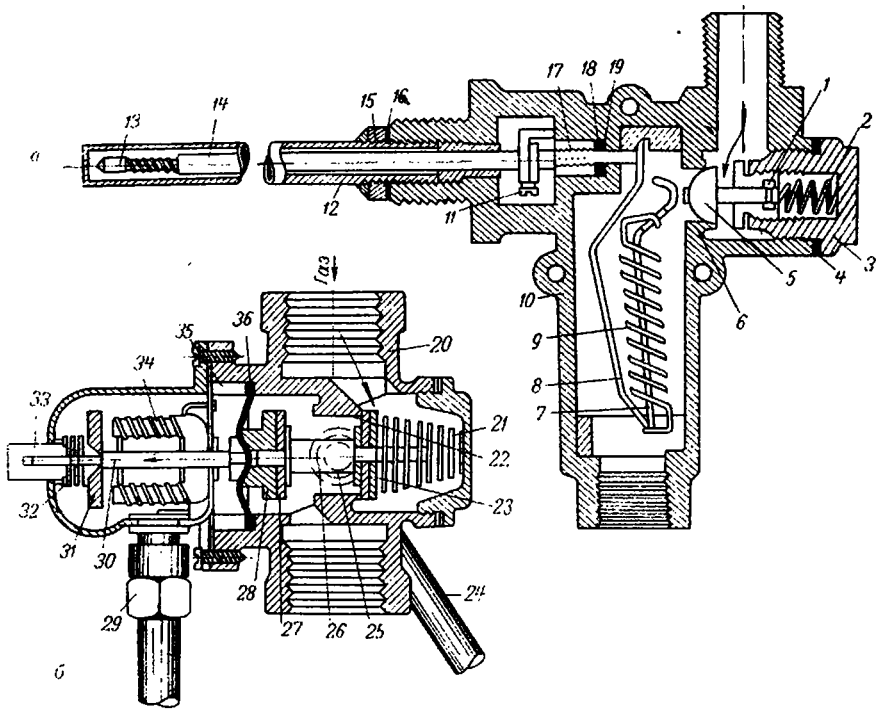


Рис. 32. Приборы автоматики водонагревателя АГВ-80М: *а* — терморегулятор; *б* — электромагнитный клапан.

1 — втулка клапана; *2* — пружина; *3* — стакан; *4* — прокладка; *5* — клапан; *6* — седло клапана; *7* — перекидной рычаг; *8* — фигурный рычаг; *9* — перекидная пружина; *10* — корпус; *11* — ручка-указатель; *12* — латунная трубка; *13* — втулка; *14* — инварный стержень; *15* — гайка; *16* — прокладка; *17* — пружина; *18* — шайба; *19* — уплотнительное кольцо; *20* — корпус; *21* — пружина клапана; *22* — седло; *23* — тарелка в камере входа газа; *24* — трубка на запальник; *25* — отверстие в корпусе для подвода газа к запальнику; *26* — шток; *27* — прокладка; *28* — тарелка в камере выхода газа; *29* — накидная гайка контактов термопары; *30* — стержень якоря; *31* — якорь; *32* — пружина якоря; *33* — пусковая кнопка; *34* — электромагнит; *35* — нажимное кольцо мембраны; *36* — мембрана.

Автоматика безопасности водонагревателя состоит из электромагнитного клапана (рис. 32, *б*) и термопары, соединенной с ним проводами. При нормальной работе аппарата запальник нагревает спай термопары, в цепи развивается электродвижущая сила и в узле электромагнитного клапана образуется магнитное поле, удерживающее клапан в открытом положении. При этом газ поступает к основной горелке. В случае погасания запальника спай термопары остынет и электромагнитный клапан закроет доступ газа к основной

горелке и запальнику. Повторное зажигание запальника необходимо производить вручную, но не ранее чем через 2 *мин*.

Для пуска водонагревателя в действие необходимо убедиться в том, что он заполнен водой, в дымоходе есть разрежение и открыт газовый кран перед прибором. Далее необходимо зажечь запальник спичкой и нажать кнопку электромагнитного клапана. По истечении 1—2 *мин* отпустить кнопку и, убедившись, что запальник горит, открыть кран перед горелкой. При этом горелка должна зажечься от запальника. Сразу после включения аппарата следует повторно проверить наличие разрежения в дымоходе (если пламя горящей спички, поднесенной к тягопрерывателю, втягивается в трубу, то разрежение есть). В случае отсутствия разрежения в дымоходе водонагревателем пользоваться нельзя.

Изменение натрева воды в водонагревателе достигается перемещением стрелки-указателя терморегулятора. Для понижения температуры нагрева воды указатель нужно нередвинуть вниз, а для повышения температуры воды — вверх. Для выключения аппарата необходимо закрыть газовые краны перед прибором и перед горелкой,

На рис. 33 показан емкостный водонагреватель АГВ-120. Он отличается от рассмотренных выше большей теплопроизводительностью и габаритами, а также изменением блока автоматики регулирования. В отличие от АГВ-80М нижнее днище резервуара у АГВ-120 образует рубашку, способствующую улучшению теплопередачи и понижению температуры нижней части кожуха. Дверка кожуха позволяет вынимать горелку, запальник и термопару без разборки водонагревателя.

Элементами автоматики регулирования являются сильфонный терморегулятор и термобаллон, заполненный керосином. При повышении температуры воды в резервуаре термобаллон нагревается и керосин, находящийся в нем, расширяется. По капиллярной трубке, связывающей термобаллон с терморегулятором, давление передается в сильфон, который начинает изменять свою длину.

Когда температура воды достигнет заданной величины, сильфон через систему передач воздействует на клапан, который перекрывает доступ газа к основной горелке. При снижении температуры воды система термобаллон — терморегулятор открывает клапан и основная горелка зажигается от горящего запальника. Автоматика безопасности, состоящая из электромагнитного клапана, термопары и запальника, работает так же, как было описано выше.

Основные характеристики водонагревателей АГВ даны в табл. 24.

Для пуска водонагревателя в работу необходимо проверить, заполнен ли он водой. Для этого достаточно открыть любой из водоразборных кранов горячей воды и убедиться, что вода вытекает из него под напором. Затем открывают кран на газопроводе перед аппаратом, открыв дверцу, подносят зажженную спичку к запальнику и открывают его кран. Через 1—2 *мин* после зажигания необходимо оттянуть вниз до отказа кнопку электромагнита, при этом кнопка должна оставаться в нижнем положении. Убедившись в том, что

запальник горит, открыть кран основной горелки, которая должна зажечься. Если горелка не загорится, а запальник погаснет, то

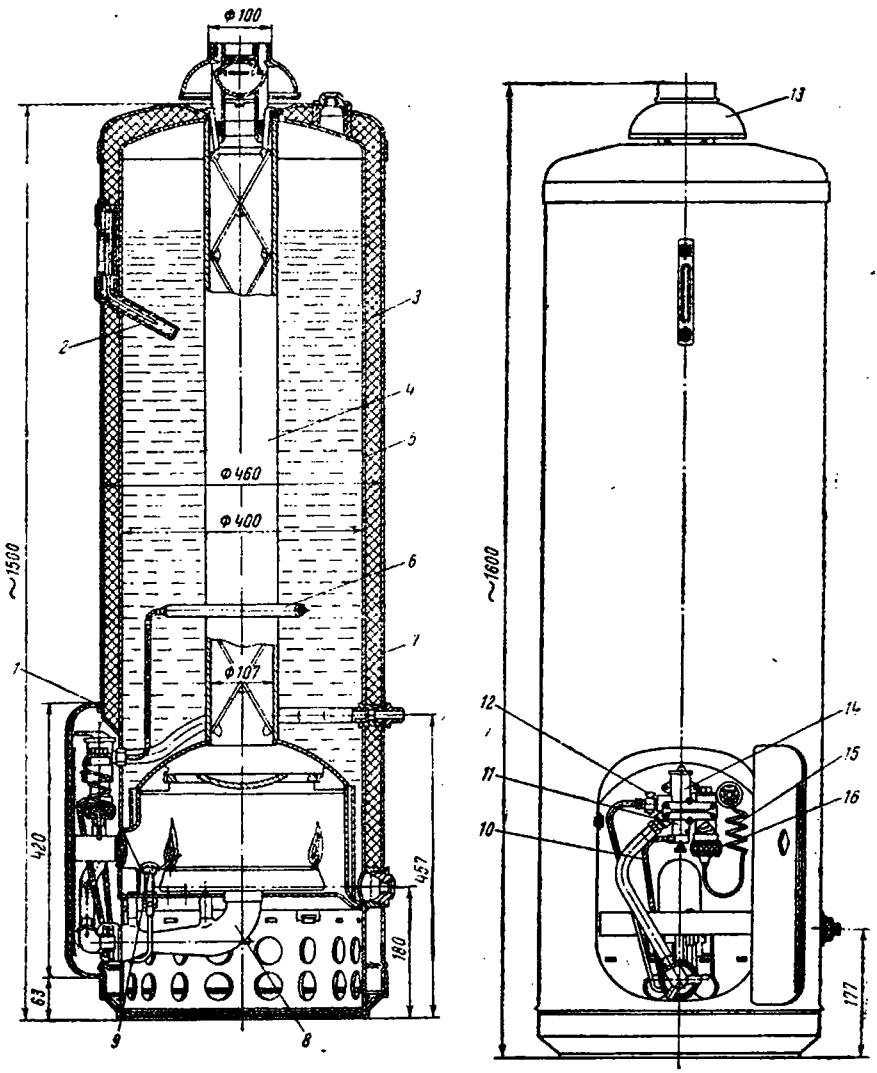


Рис. 33. Автоматический газовый емкостный водонагреватель АГВ-120.

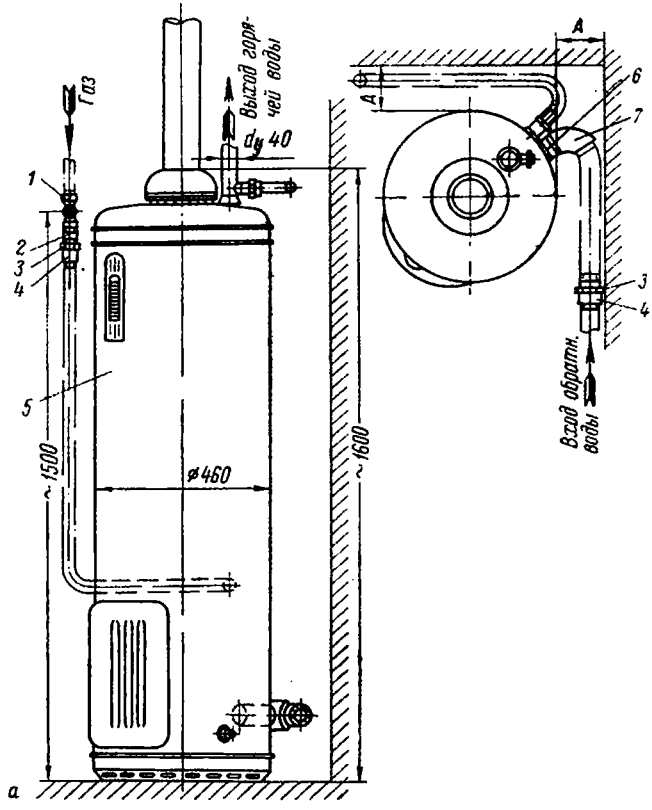
1 — дверка; *2* — термометр; *3* — изоляция; *4* — жаровая труба; *5* — резервуар; *6* — термобаллон; *7* — кожух; *8* — основная горелка; *9* — запальник; *10* — термопара; *11* — электромагнит; *12* — кран запальной горелки; *13* — предохранитель тяги; *14* — блок приборов автоматики; *15* — капиллярная трубка; *16* — терморегулятор.

повторное зажигание можно производить только после вентилирования топки в течение 2—3 *мин*. После пуска водонагревателя необходимо закрыть дверку и проверить наличие разрежения

Таблица 24

Техническая характеристика емкостных водонагревателей

Технические данные	Модель		
	АГВ-50М	АГВ-80М	АГВ-120
Тепловая нагрузка горелки, *ккал/ч*	6000	6000	12 000
Теплопроизводительность, *ккал/ч*	4200	4500	9000
Интервал настройки по температуре, °С	40—90	40—90	30—95
Емкость бака, *л*	50	80	120
Время нагрева воды до 80 °С, *мин*	55	60—70	60
К. п. д. при непрерывной работе, %	70	75	75
Диаметр подводящего газопровода, дюймы	1/2	1/2	3/4
Диаметр подводящего водопровода, дюймы	1—1/2	1—1/2	1—1/2
Диаметр водонагревателя, *мм*	410	410	460
Высота, *мм*	1210	1540	1600
Вес (без воды), *кг*	70	84	100
Площадь отапливаемых помещений, $м^2$	30—40	50—60	75—85



в дымоходе зажженной спичкой. При отсутствии разрежения в дымоходе, а также при выбивании газов из топки пользоваться водонагревателем категорически запрещается.

После нагрева воды до установленной температуры терморегулятор прекращает подачу газа к основной горелке. При падении температуры воды в водонагревателе на 5—10° С в результате отбора горячей воды или теплопотерь при отоплении терморегулятор возобновляет подачу газа к основной горелке. Максимальная температура воды устанавливается вращением правой нижней гайки блока автоматики. Для повышения температуры гайку нужно повернуть вниз, а для понижения — вверх. Для выключения водонагревателя необходимо закрыть кран запальника и кран основной горелки, а также кран на газопроводе перед прибором.

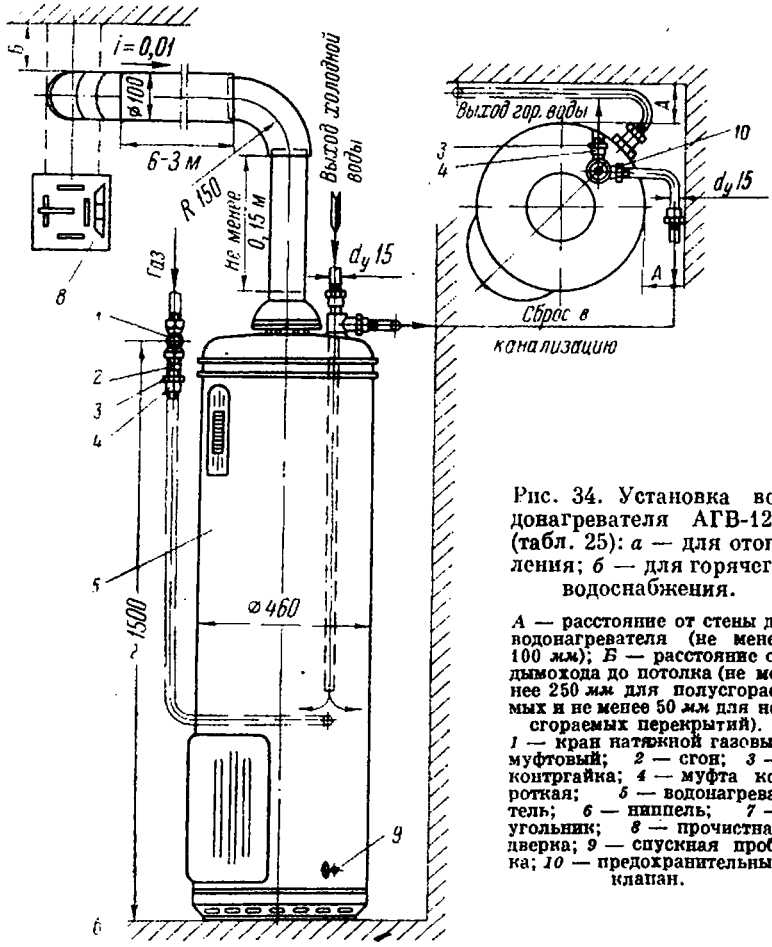


Рис. 34. Установка водонагревателя АГВ-120 (табл. 25): *а* — для отопления; *б* — для горячего водоснабжения.

А — расстояние от стены до водонагревателя (не менее 100 *мм*); *Б* — расстояние от дымохода до потолка (не менее 250 *мм* для полусгораемых и не менее 50 *мм* для несгораемых перекрытий).
1 — кран натяжной газовый муфтовый; *2* — сгон; *3* — контргайка; *4* — муфта короткая; *5* — водонагреватель; *6* — ниппель; *7* — угольник; *8* — прочистная дверка; *9* — спускная пробка; *10* — предохранительный клапан.

Водонагреватели обслуживают специалисты, ознакомленные с инструкцией и основными правилами техники безопасности.

Емкостные водонагреватели типа АГВ с отводом продуктов сгорания в дымоход можно устанавливать в ванных комнатах и кухнях. Объем ванной комнаты должен быть не менее 6 $м^3$, помещение должно иметь вентиляционный канал. При установке на кухне объем ее должен быть на 6 $м^3$ больше необходимого для установки там газовых плит. На рис. 34 показана установка аппарата АГВ-120, а в табл. 25 дана спецификация материалов, необходимых для установки.

К дымоходу водонагреватели присоединяют трубами из кровельной стали толщиной 0,8—1,0 *мм*, причем диаметр соединительных труб должен быть не меньше 80 *мм* для АГВ-50М и АГВ-80М и не меньше 100 *мм* до АГВ-120. Общая длина горизонтальных участков

Таблица 25

Спецификация материалов для установки водонагревателя АГВ-120 (рис. 34)

Наименование и размер	Количество	ГОСТ или тип	Общий вес, *кг*
Водонагреватель АГВ-120	1	—	100,000
Дверка прочистная	1	—	1,700
Кран натяжной газовый муфтовый $D_у=20$	1	11Б—10бк	1,200
Сгон $D_у=20$	1	8969—59	0,180
Контргайка $D_у=20$	2	8968—59	0,090
Муфта короткая $D_у=70$	1	8966—59	0,075
Контргайка $D_у=15$	2	8968—59	0,072
Муфта короткая $D_у=15$	3	8966—59	0,115
Угольник $D_у=40$	1	8946—59	0,420
Контргайка $D_у=40$	1	8968—59	0,112
Муфта короткая $D_у=40$	1	8966—59	0,229
Ниппель 40×70	1	3262—62	0,270

соединительных труб должна быть не более 3 *м* для новых зданий и не более 6 *м* для существующих домов.

Величина вертикального участка соединительной трубы, считая от патрубка прибора до начала ее поворота, должна быть не менее 0,5 *м*, а в помещениях с высотой до 2,7 *м* допускается вертикальный участок 0,25 *м*.

На рис. 35 показана схема отопления и горячего водоснабжения от водонагревателя АГВ-120. Трубопровод горячей воды к радиаторам и для водоразбора прокладываются под потолком, а обратный — над полом помещения. Водопроводный вентиль в период работы аппарата на отопление должен быть закрыт и открывать его следует только периодически для пополнения системы водой. При пользовании горячей водой краны на подающем и обратном трубопроводе системы отопления необходимо закрыть, а на подпиточном трубопроводе — открыть.

Перед каждым радиатором на подводе горячей воды устанавливают краны двойной регулировки. Расстояние от низа радиатора

до пола должно быть 100—150 *мм*. В табл. 26 приведены температуры горячей воды, которые необходимо поддерживать по термометру аппарата в зависимости от температуры наружного воздуха (для расчетной температуры наружного воздуха —26° С).

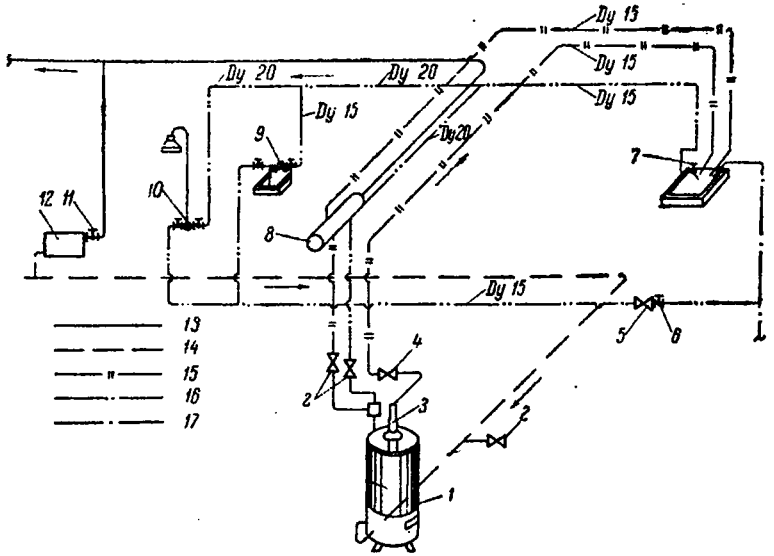


Рис. 35. Схема отопления и горячего водоснабжения от водонагревателя АГВ-120.

1 — водонагреватель АГВ-120; *2* — кран проходной сальниковый D_y 20; *3* — соединительная газоотводная труба; *4* — предохранительный клапан; *5* — обратный клапан D_y 15; *6* — вентиль водопроводный D_y 15; *7* — водоразборный кран; *8* — воздухосборник; *9* — смеситель настенный для умывальника; *10* — смеситель настенный с душем; *11* — кран двойной регулировки D_y 15; *12* — радиатор; *13* — подающий трубопровод отопления; *14* — обратный трубопровод отопления; *15* — сигнальный трубопровод; *16* — горячая вода к водоразборным кранам; *17* — существующий водопровод.

Опыт эксплуатации водонагревателей АГВ-80 показал, что иногда при их работе наблюдается выброс продуктов горения из топки. Это явление имеет место в периоды увеличения тепловой

Таблица 26

Температура горячей воды в аппаратах АГВ и котлах ВНИИСТО-Мч в зависимости от температуры наружного воздуха

Температура наружного воздуха, °С	Температура горячей воды по термометру, °С	Температура наружного воздуха, °С	Температура горячей воды по термометру, °С
+5	52,5	—15	81,5
0	60,0	—20	87,0
—5	67,5	—26	90,0
—10	75,0		

Таблица 27

Возможные неисправности при пользовании емкостными водонагревателями и способы их устранения

Характер неисправности	Причина неисправности	Способы устранения
Электромагнитный клапан не переводится в открытое (рабочее) положение	Отсутствует соприкосновение между дисковым якорем и сердечником электромагнита ввиду неправильно изготовленной обмотки электромагнита	Отвернуть колпачок и надавить тупым предметом на обмотку электромагнита таким образом, чтобы витки обмотки не выступали выше сердечника электромагнита
	Контакты термопары плохо закреплены на электромагнитном клапане	Необходимо подтянуть накидную гайку контактов термопары, предварительно очистив контакты
	Повреждена пайка в местах соединения концов обмотки сердечника клапана	Устраняется на ремонтном заводе или слесарем Горгаза
	Недостаточный нагрев спая термопары от пламени запальника вследствие снижения давления газа, засорения трубки, запальника или образования копоти на термопаре	Проверить давление газа. Прочистить трубку запальника проволокой. Устранить неправильную установку запальника относительно термопары. Очистить термопару от копоти. Отрегулировать пламя запальника
	Загрязнены поверхности соприкосновения дискового якоря и сердечника электромагнита	Отвернуть винты крепления колпачка к корпусу электромагнитного клапана, снять колпачок и протереть загрязненные поверхности
После закрытия электромагнитного клапана газ продолжает поступать в горелку	Двухтарельчатый клапан неплотно закрывает отверстие для прохода газа, так как пружина клапана ослабла	Сменить пружину
	Кожа клапана износилась и имеет неровную поверхность	Сменить кожу
	Засорились тарелки клапана или седел	Отвернуть пробку в корпусе электромагнитного клапана и протереть загрязненные места
Электромагнитный клапан переходит из открытого в закрытое положение с нарушением времени срабатывания	Неправильно подобрана пружина двухтарельчатого клапана	Заменить пружину на более сильную или слабую. Выполняется на ремонтном заводе

Продолжение табл. 27

Характер неисправности	Причина неисправности	Способы устранения
Регулятор температуры не выключает и не включает газ на горелку	Рычаги регулятора не перекидываются или нарушено сцепление инварного стержня с латунной трубкой чувствительного элемента регулятора	Заводской ремонт
Регулятор температуры отключает газ на горелку при температуре выше или ниже заданной	Не настроен терморегулятор	При помощи поводка произвести настройку, убедившись, что поводок хорошо закреплен на инварном стержне и не провертывается
Регулятор температуры при отключении подачи газа дает небольшой пропуск газа на горелку	Загрязнение или плохая притирка клапана терморегулятора к седлу	Вывернуть стакан терморегулятора и очистить клапан и седло, при необходимости притереть
	Ослабла пружина клапана терморегулятора	Заменить пружину и проверить работу терморегулятора
Запальник не дает нормального пламени	Засорилось сопло запальника	Отвернуть стойку и прочистить сопло
	Засорилось отверстие в корпусе электромагнитного клапана, по которому газ поступает к запальнику (при отсутствии или неисправности фильтра)	Отвернуть пробку в корпусе электромагнитного клапана и прочистить отверстие. Убедиться в исправности фильтра
	Засорилась газовая трубка запальника	Отсоединить трубку запальника и продуть ее
	Засорилась прорезь в головке запальника, и пламя не перебрасывается с одной стороны на другую	Прочистить прорезь стальной щеткой
	Слишком широка прорезь головки запальника	Заменить головку запальника
	Засорилось отверстие для подсоса первичного воздуха в запальник	Прочистить отверстие
Медленный нагрев воды в водонагревателе	Засорились отверстия горелочного насадка горелки	Снять горелку и прочистить отверстия
	Горелка горит коптящим пламенем	Увеличить подачу первичного (в случае необходимости и вторичного) воздуха
	Горение газа идет с избытком воздуха	Уменьшить подачу первичного и вторичного воздуха

нагрузки горелки, когда в топке создается подпор. При работе водонагревателей с закрытой дверкой, обеспечивающей достаточную герметичность, выброса продуктов горения не наблюдается.

Увеличение тепловой нагрузки горелки свыше 6000 *ккал/ч* приводит к появлению химической неполноты горения вследствие ограниченного количества вторичного воздуха, поступающего в топку. Содержание окиси углерода в продуктах горения при $\alpha = 1{,}0$ составляет для тепловой нагрузки горелки 8000 *ккал/ч* порядка 0,07 % (т. е. превышает норму).

В табл. 27 приведены возможные неисправности при пользовании емкостными водонагревателями и способы их устранения.

В ряде организаций ведутся работы по созданию комбинированного газового прибора, который служил бы для горячего водоснабжения, отопления квартиры и приготовления пищи. Такой комбинированный прибор сочетает в себе три самостоятельно действующих устройства: газовую плиту, проточный водонагреватель и водогрейный котел.

ОТОПИТЕЛЬНЫЕ КОТЛЫ ВНИИСТО-Мч

Водогрейные котлы типа ВНИИСТО-Мч предназначены для отопления отдельных квартир или небольших домов. Котел (рис. 36) собирается из отдельных чугунных секций, число которых может изменяться от 4 до 12 (табл. 28). В передней и задней частях котел замыкается лобовыми секциями. Боковые стенки и верх котла защищены от потерь тепла асбестовыми прокладками и кожухом из листовой стали.

Для улучшения теплотехнических показателей котлы снабжены удлинителями потока отходящих газов. Это устройство состоит из чугунных вставок, имеющих ребра с внутренней стороны, и распорок. При установке вставок ребра попадают в межсекционные щели котла и крепятся с помощью стержней. Распорки размещаются в топочном пространстве между вставками и имеют отверстия для прохода продуктов горения.

Продукты горения, поднимаясь вверх, ударяются о распорку, частично проходят через имеющиеся в ней отверстия, а большей частью попадают в зазоры, образованные вставками и секциями котла, тем самым улучшая теплопередачу от продуктов горения к воде.

Котлы снабжены специально разработанными инжекционными горелками низкого давления. Насадок горелки имеет прямоугольную форму в виде рамки с перемычкой посередине. Газовоздушная смесь из смесителя подводится к центру перемычки, а затем с двух сторон к выходным отверстиям, расположенным по периметру рамки. Двухрядное расположение по насадку огневых отверстий позволяет сократить его размеры, однако ухудшает условия подвода вторичного воздуха. Это несколько увеличивает длину факела по сравнению с горелками, имеющими однорядное расположение отверстий. Но-

минальное давление перед горелками природного газа 130 *мм вод. ст.*, сжиженного — 300 *мм вод. ст.*

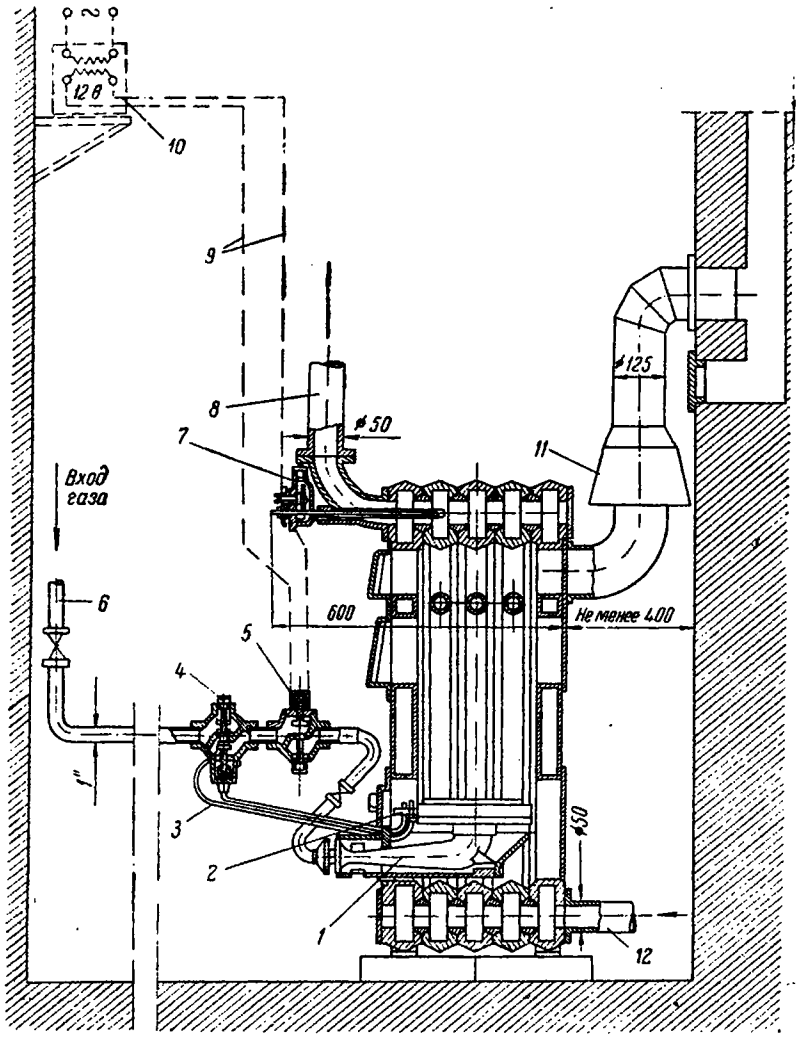


Рис. 36. Водогрейный котел ВНИИСТО-Мч.

1 — инжекционная горелка; *2* — термопара; *3* — трубка запальника; *4* — электромагнитный клапан; *5* — соленоидный клапан; *6* — подвод газа; *7* — терморегулятор; *8* — выход горячей воды; *9* — электропроводы; *10* — понижающий трансформатор; *11* — прерыватель тяги; *12* — вход обратной воды.

Горелки устанавливают на уровне колосниковой решетки (которая снимается при работе на газе), а вместо топочной дверки ставят фронтовую плиту. К фронтовой плите крепят подводящий газопровод, горелку и приборы автоматики. В котлах с различным

Таблица 28

Технические характеристики котлов ВНИИСТО-Мч

Технические данные	Количество секций					
	4	5	6	8	10	12
Поверхность нагрева, $м^2$	1,18	1,50	1,82	2,46	3,10	3,74
Теплопроизводительность, *ккал/ч*	9 500	14 300	17 900	25 600	34 400	42 200
Количество горелок	1	1	1	2	2	2
Тепловая нагрузка всех горелок, *ккал/ч*	11 900	17 850	22 400	32 000	43 100	52 800
К. п. д., %	80	80	80	80	80	80
Габариты с автоматикой и тягопрерывателем, *м*:						
длина	0,86	0,94	1,02	1,18	1,34	1,50
высота	1,195	1,195	1,40	1,60	1,80	2,05
ширина	0,46	0,46	0,46	0,46	0,46	0,46
Площадь отапливаемых помещений до, $м^2$	100	150	175	250	350	400

числом секций устанавливают горелки определенной теплопроизводительности (табл. 29).

Котлы снабжают двухпозиционной автоматикой регулирования температуры воды. Терморегулятор, установленный на выходе горячей воды из котла, воздействует на соленоидный клапан, через который осуществляется подача газа на основную горелку. Работа терморегулятора (рис. 37, *а*) основана на использовании различных коэффициентов линейного расширения металлов, из которых сделан чувствительный элемент. Наружная латунная трубка имеет коэффициент линейного расширения больший, чем внутренний ин-

Таблица 29

Характеристика инжекционных горелок для секционных котлов ВНИИСТО-Мч

Технические данные	Количество секций					
	4	5	6	8	10	12
Тепловая нагрузка, *ккал/ч*	11900	17850	22400	16000	21550	26400
Расход газа, $м^3/ч$:						
природного	1,4	2,1	2,6	1,9	2,5	3,1
сжиженного	0,54	0,8	1,0	0,73	0,98	1,2
Диаметр сопла, *мм*:						
для природного газа	3,2	4,0	4,5	3,8	4,3	4,8
для сжиженного газа	2,1	2,7	3,0	2,5	2,8	3,2
Габариты, *мм*:						
высота	155	155	155	191	191	191
длина	455	487	565	666	825	990
ширина	192	192	192	130	130	130
Вес, *кг*	6,9	8,9	14,3	7,7	9,4	11,8

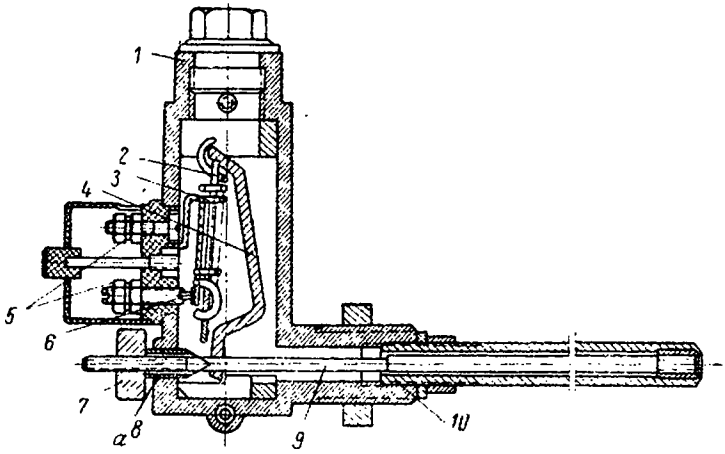
варный стержень. При нагреве воды выше установленной температуры терморегулятор срабатывает и размыкает цепь соленоидного клапана. Соленоидный клапан закрывается и прекращает доступ газа к горелкам. К запальнику газ продолжает поступать через электромагнитный клапан. При снижении температуры воды длина латунной трубки уменьшается, пружина возвращает рычаги в первоначальное положение и электрический контакт замыкается. В цепи возникает электрический ток, и соленоидный клапан открывает доступ газа. Предельные температуры устанавливают специальной регулировочной гайкой на терморегуляторе. Пределы настройки терморегулятора от 45 до 85° С.

Соленоидный клапан (рис. 37, *б*) является исполнительным устройством автоматики регулирования. При подключении катушки клапана к источнику переменного тока напряжением 12 *в* появляется электромагнитное поле и сердечник втягивается внутрь соленоидной катушки, поднимая клапан. Газ в соленоидный клапан поступает «на клапан», чем достигается большая плотность закрытия.

Автоматика безопасности состоит из термопары, запальной горелки и электромагнитного клапана. Термопара из хромель-копеля является источником получения э. д. с. в системе. Спай термопары нагревается факелом запальника, и в цепи возникает э. д. с. При этом в обмотке электромагнита клапана, соединенной с проводниками термопары, также возникает э. д. с.

Дисковый якорь соединен со штоком, к нижнему концу которого прикреплен тарельчатый клапан. В нерабочем положении клапан прижат пружиной к верхнему седлу и перекрывает доступ газа к основным и запальной горелкам. При пуске клапана в работу (во время зажигания котла) необходимо нажать на кнопку, которая через шток связана с клапаном. При этом открывается доступ газа к запальной горелке через отверстие в корпусе клапана. Когда термопара нагрета и в обмотке электромагнита возникла э. д. с., якорь прижимается к нему и клапан откроет доступ газа к основным горелкам. При остывании термопары в цепи нет э. д. с. и клапан под действием пружины закроется и прекратит проход газа. Автоматическое отключение газа при потухании запальной горелки происходит не более чем через 25 *сек*.

Установка котлов типа ВНИИСТО-Мч допускается только в нежилых помещениях объемом не менее 7,5 $м^3$, имеющих вентиляционный канал и решетку с площадью живого сечения не менее 0,02 $м^2$ или зазор между дверью и полом такой же площадью. При установке котла в кухне кубатура ее должна быть на 6 $м^3$ больше требуемой для установки газовых плит. Расстояние между выступающими частями горелки котла и противоположной стеной должно быть не менее 1,0 *м*, а расстояние между боковыми и задней стенками котла и стеной помещения не менее 0,4 *м*. Котел к дымоходу присоединяется трубами из кровельной стали ($\delta = 0{,}8 \div 1$ *мм*), диаметр соединительных труб не должен быть меньше, чем у патрубка. Минимальная величина разрежения в дымоходе 0,3 *мм вод. ст.*



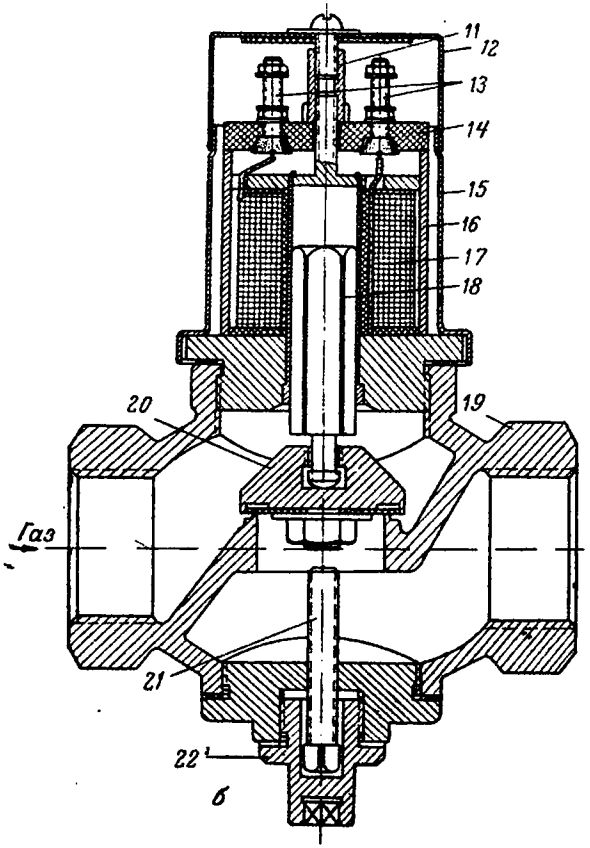
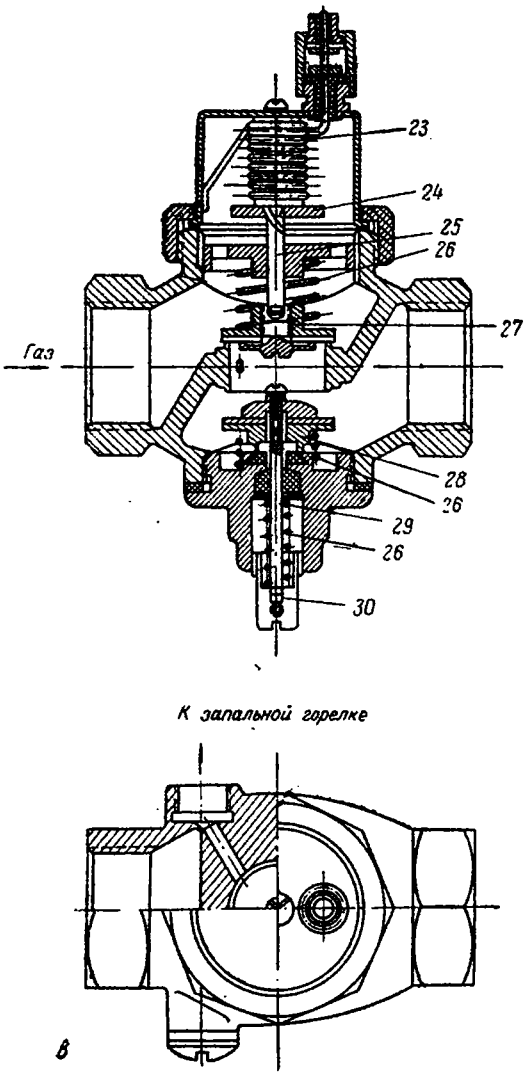


Рис. 37. Приборы автоматики регулирования котла ВНИИСТО-Мч: *а* — терморегулятор; *б* — соленоидный клапан; *в* — электромагнитный клапан.

1 — корпус; *2* — рычаг верхний; *3* — пружина; *4* — рычаг нижний; *5* — клеммы; *6* — электроконтакт; *7* — регулировочная гайка; *8* — упор; *9* — инварный стержень; *10* — латунная трубка; *11* — гайка; *12* — колпак; *13* — клеммы; *14* — диск; *15* — чехол; *16* — стакан; *17* — соленоидная катушка; *18* — сердечник; *19* — корпус; *20* — клапан; *21* — винт для открывания клапана вручную; *22* — колпачок; *23* — электромагнит; *24* — дисковой якорь; *25* — шток; *26* — пружины; *27* — верхний тарельчатый клапан; *28* — нижний тарельчатый клапан; *29* — шток; *30* — кнопка пусковая.

Общая длина горизонтальных участков соединительных труб для отвода продуктов горения должна быть во вновь строящихся зданиях не более 3 *м*, а в существующих домах не более 6 *м*. Величина вертикального участка соединительной трубы, считая от патрубка прибора до оси горизонтального участка трубы, должна быть не менее 0,5 *м*. В помещениях высотой 2,7 *м* допускается вертикальный участок 0,25 *м*. Соединительные трубы должны иметь уклон в сторону котла не менее 0,01. Звенья соединительных труб должны плотно, без зазоров, двигаться одно в другое по ходу продуктов горения не менее чем на 0,5 диаметра трубы.



Прокладка соединительных труб через жилые помещения запрещается. Соединительные трубы, проложенные в холодных помещениях, утепляются.

При установке отопительного котла ВНИИСТО-Мч разводящий трубопровод горячей воды прокладывают под потолком, а обратный трубопровод — над полом помещения. Минимальный уклон трубопроводов принимают 0,003. Радиаторы устанавливают на расстоянии 100—150 *мм* от пола. Перед каждым радиатором на трубопроводе горячей воды устанавливают краны двойной регулировки. Водопроводный вентиль на линии подачи воды при работе котла должен быть закрыт. Открывают его только периодически для пополнения системы отопления водой.

Перед пуском котла следует убедиться, что система заполнена, о чем можно судить по появлению воды из сигнальной трубы у раковины. Затем необходимо включить штепсельную вилку трансформатора в электросеть и открыть кран на опуске газопровода к котлу.

Через глазок поднести горящую спичку к запальнику и одновременно нажать до отказа кнопку электромагнитного клапана. Спустя 1—2 *мин* опустить кнопку и убедиться, что запальник горит. Если запальник погас, необходимо провести повторное зажигание. Плавно открыть газовый кран перед горелкой и убедиться, что газ горит у всех огневых отверстий. Отрегулировать горение газа: при появлении признаков отрыва пламени уменьшить воздушным регулятором поступление первичного воздуха, при наличии коптящего пламени прибавить поступление первичного воздуха, вращая регулятор по часовой стрелке.

После пуска котла проверить наличие разрежения в дымоходе (горящей спичкой, помещенной у тягопрерывателя). При отсутствии разрежения, а также при выбивании пламени из топки пользоваться котлом категорически запрещается.

Если вода в котле нагрета до заданной температуры, то горелка автоматически выключается, а запальник продолжает гореть. При охлаждении воды на 5—6° С горелка автоматически включается. Если необходимо повысить температуру воды, то следует передвинуть стрелку терморегулятора в сторону «гор.», а чтобы понизить — в сторону «хол.». Температура нагретой воды в котле контролируется термометром. В зависимости от температуры наружного нагрева воздуха следует поддерживать определенную температуру нагрева воды (см. табл. 26).

Для остановки котла нужно закрыть газовые краны перед горелкой и на опуске газопровода, а также отключить трансформатор от электросети.

Обслуживать котел надо в полном соответствии с инструкцией.

ГАЗОВОЗДУШНЫЕ КАЛОРИФЕРЫ

Для отопления квартиры или отдельного дома площадью до 90 $м^2$ Мосгазпроект разработал автоматический газовоздушный калорифер МГП-8 (рис. 38). Он состоит из корпуса, нагревательной камеры, блока горелок, вентиляционной установки и приборов автоматики.

Корпус калорифера имеет прямоугольную форму. В корпусе расположены три дверки: для установки фильтра, обслуживания горелок и автоматики, для монтажа вентиляционной установки. Нагревательная камера калорифера состоит из двух секций, изготовленных из листовой стали толщиною 1,5 *мм*. Нижняя часть секции заканчивается желобом, в который вставляется насадок горелки. Верхняя часть секции переходит в коллектор, через который удаляются продукты горения. Коллекторы от обеих секций выходят к тягопрерывателю, за которым расположена дымоотводящая труба. Для улучшения теплопередачи к стенкам каждой секции приварены по две перегородки в виде горизонтальных полок.

В нижней части калорифера установлены две инжекционные горелки низкого давления, имеющие общий газовый коллектор. Запальник размещен между насадками горелок. Вентиляционная установка состоит из центробежного вентилятора низкого давления

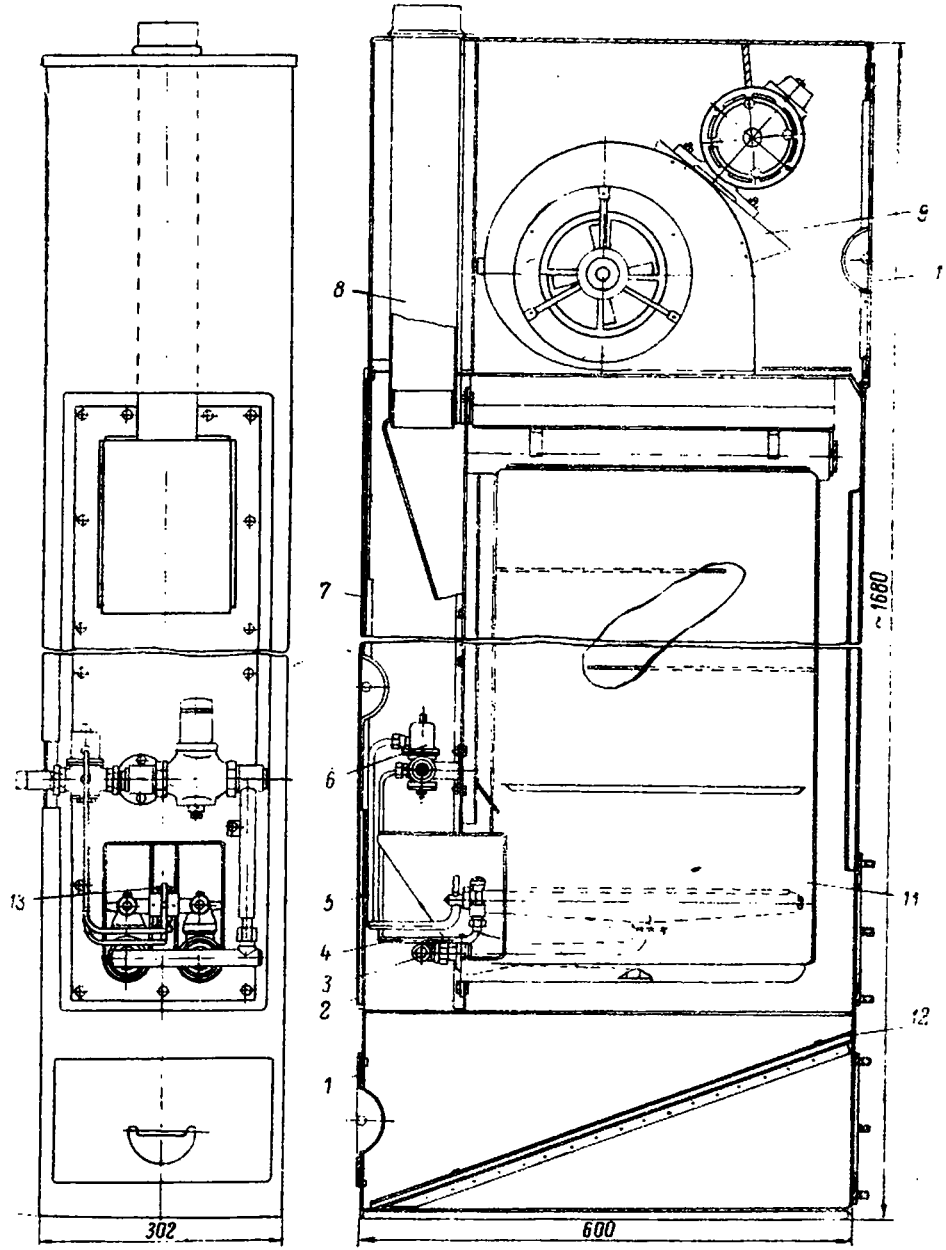


Рис. 38. Газовоздушный калорифер МГП-8.

1 — воздушная дверка; *2* — короб; *3* — блок горелок; *4* — патрубок запальника; *5* — термопара; *6* — блок автоматики; *7* — дверка; *8* — труба для отвода продуктов сгорания; *9* — вентиляционная установка; *10* — дверка вентилятора; *11* — нагреватель; *12* — фильтр; *13* — запальник.

с напором 25 *мм вод. ст.* и электродвигателя мощностью 80 *вт*, соединенного с крыльчаткой вентилятора клиноременной передачи. Вентилятор устанавливают на резиновой подушке, заглушающей шум при работе. Перед входом воздуха в нагревательную камеру установлен фильтр, состоящий из металлического каркаса и набивки из капронового волокна.

В нагревательной камере калорифера движение воздуха и продуктов горения осуществлено по принципу противотока. Наружный воздух засасывается вентилятором в нижнюю часть калорифера, проходит через фильтр и поступает вдоль боковых стенок корпуса в верхнюю часть калорифера. Затем воздух попадает сверху в нагревательную камеру, омывает секции и через выходное отверстие поступает в воздухопровод.

Автоматика регулирования состоит из терморегулятора (датчика), который крепится на стене помещения, и соленоидного клапана, устанавливаемого на газовом коллекторе перед горелкой. При закрытии соленоидного клапана выключается электродвигатель вентилятора. До соленоидного клапана установлен электромагнитный клапан, который в сочетании с запальником и термопарой обеспечивает автоматику безопасности. Техническая характеристика автоматического газовоздушного калорифера МГП-8 дана ниже:

Теплопроизводительность, *ккал/ч*	8300
Тепловая нагрузка горелок, *ккал/ч*	9600
Температура нагрева воздуха, °С	70
Количество нагретого воздуха, *м³/ч*	350
К. п. д., %	86
Габариты, *мм*:	
высота	1680
ширина	300
длина	600
Вес, *кг*	100

Для квартирных систем отопления малоэтажных домов в НИИСТ (Киев) разработан и испытан газовоздушный калорифер ГВК теплопроизводительностью 7500 *ккал/ч*. Калорифер (рис. 39) состоит из наружного корпуса, теплообменника и газогорелочного устройства.

Корпус калорифера изготовлен из листовой стали толщиной 1 *мм* и покрыт эмалью. Передняя стенка корпуса съемная и имеет дверку для доступа к горелочному устройству. Корпус можно изготовлять и из неметаллических материалов.

Теплообменник состоит из пяти плоских секций, которые выштампованы из листовой стали толщиной 1,5 *мм*. Каждую секцию собирают из двух половин и сваривают по контуру. Между корпусом и секциями размещен экран. Внутри секций сгорает газ, а между секциями циркулирует нагреваемый воздух. В верхней части калорифера все секции соединены в общий короб, через который продукты горения удаляются в дымоход.

Газогорелочное устройство представляет собой инжекционную горелку низкого давления с пятью огневыми трубчатыми насадками.

К общему газовому коллектору крепят пять сопел диаметром 1,2 *мм*, напротив которых находятся насадки. Автоматика безопасности состоит из запальника и биметаллической пластины, связанной с клапаном. При погасании пламени запальника биметаллическая пластина должна остыть и прекратить доступ газа к горелке. Однако этот узел нуждается в доработке, так как при погасании запальника пластина будет продолжать нагреваться от пламени основной горелки и клапан не закроется.

Холодный воздух поступает в калорифер снизу и под действием подъемных сил движется вверх, омывая наружные поверхности секций. Теплый воздух подается по воздуховодам непосредственно в отапливаемые помещения под потолком. Для устойчивой и надежной работы системы калорифер должен сообщаться с помещениями короткими воздуховодами длиной не более 5—6 *м*. Это объясняется тем, что в системе нет вентилятора и располагаемый напор для преодоления гидравлического сопротивления воздуховодов незначителен. Для небольших одноквартирных домов и трех-, четырехкомнатных квартир это требование может быть легко выполнено.

Регулирование общего количества тепла достигается изменением расхода газа. Регулирование количества теплого воздуха, поступающего в отдельные помещения, осуществляется поворотными заслонками на воздуховодах. Система газовоздушного калорифера может работать как со стопроцентным притоком свежего воздуха, так и частичной рециркуляцией (т. е. когда часть воздуха подается извне, а часть забирается из самих отапливаемых помещений). Наружный воздух подводится

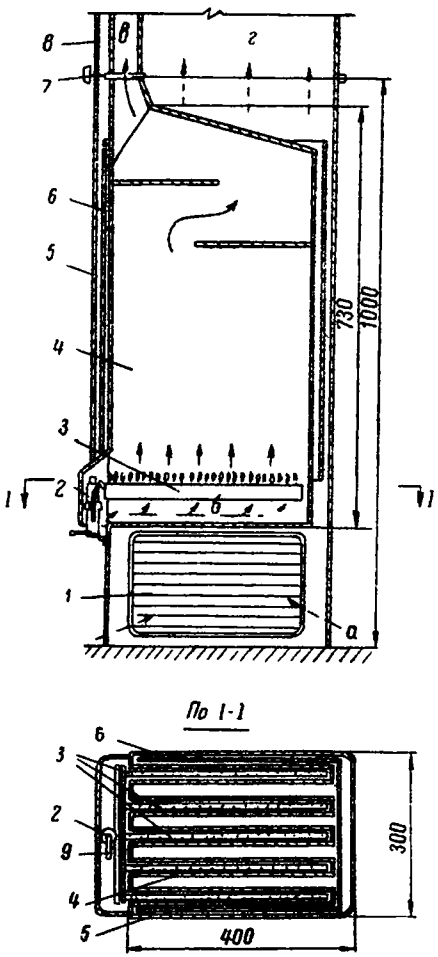


Рис. 39. Газовоздушный калорифер.

1 — приточная жалюзийная решетка; *2* — блок-кран с автоматикой безопасности; *3* — блок горелок; *4* — теплообменник; *5* — наружный корпус; *6* — экран; *7* — регулятор тяги; *8* — вертикальный воздуховод. *а* — холодный воздух; *б* — воздух для горения; *в* — продукты сгорания; *г* — теплый воздух.

к калориферу через подпольный канал с шибером. Рециркулирующий воздух поступает к калориферу через приточную жалюзийную решетку в корпусе.

Калориферы этого типа могут отапливать помещения площадью до 80 $м^2$. Техническая характеристика газовоздушного калорифера для местного отопления приведена ниже:

Теплопроизводительность калорифера, *ккал/ч*	7500
Тепловая нагрузка горелки, *ккал/ч*	8350
Количество нагретого воздуха, $м^3/ч$	300
Разность температур воздуха на входе и выходе из прибора, °С	75
Коэффициент избытка воздуха	1,65
Температура уходящих газов, °С	200
К. п. д., %	90
Габариты, *мм*:	
высота	1000
ширина	300
длина	400
Вес, *кг*	60

ГЛАВА V

СИСТЕМЫ ЦЕНТРАЛЬНОГО ОТОПЛЕНИЯ НА ГАЗОВОМ ТОПЛИВЕ

В главе рассматриваются специальные установки, работающие на газовом топливе, которые могут быть применены для отопления.

Для центральных систем отопления могут применяться и являются перспективными контактные водонагреватели и котлы, обладающие целым рядом преимуществ перед обычными котлами.

Теплоснабжение крупных производственных зданий может осуществляться отопительными системами с газовоздушными калориферами.

Для улучшения качества отделочных работ в строящихся зданиях в зимнее время необходимо их обогревать и сушить. В этой области найдут применение передвижные установки, использующие в качестве теплоносителя смесь продуктов горения газа с воздухом.

Очень перспективно газовое отопление для теплиц и оранжерей. В этом случае продукты горения газа выводятся прямо в отапливаемое помещение и не только обогревают его, но и обогащают воздух углекислотой и водяными парами. Повышенное содержание в воздухе углекислоты и влаги способствует росту и созреванию растений и повышению урожайности.

КОНТАКТНЫЙ НАГРЕВ ВОДЫ ДЛЯ ОТОПЛЕНИЯ И ГОРЯЧЕГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ

Применение газового топлива открывает широкие возможности для внедрения высокоэффективного способа нагрева воды, основанного на непосредственном соприкосновении горячих продуктов горения газа с водой. Такой способ получил название контактного нагрева воды.

Контактные водонагреватели обладают рядом преимуществ по сравнению с обычными водогрейными котлами. Применяя их, можно:

а) достигнуть высокого к. п. д. 95—97% (по высшей теплоте сгорания газа), что соответствует к. п. д. 105—107% (по низшей теплоте сгорания газа, принимаемой в обычных теплотехнических расчетах);

б) уменьшить расход металла в 2—4 раза на каждые 1000 *ккал* полезной теплопроизводительности;

в) использовать для питания холодную водопроводную воду с $t = 2 \div 3°$ С;

г) уменьшить необходимую площадь для установки водонагревателей по сравнению с котлами одинаковой теплопроизводительности.

Высокий к. п. д. контактных водонагревателей обусловливается глубоким охлаждением продуктов горения до 20—40 вместо 150—250° С в существующих котельных агрегатах и использованием скрытой теплоты конденсации водяных паров. При конденсации водяных паров в результате контакта нагреваемой воды с продуктами горения выделяется около 10—11% тепла от теплоты сгорания сжигаемого газа.

Простота конструкции контактных водонагревателей влечет за собой значительное упрощение их изготовления, не требующее оборудования специализированных предприятий.

Работниками АКХ им. К. Д. Памфилова в Ленинграде и Москве впервые в нашей стране созданы конструкции контактных водонагревателей производительностью 0,2; 0,6; 1,0; 2,0 и 3,0 млн. *ккал/ч*.

Вода, нагретая контактным способом, обладает коррозионной агрессивностью из-за насыщения углекислотой и кислородом, в результате чего трубы отопления могут выходить из строя.

Снижение содержания углекислоты и кислорода может достигаться либо устройством специальных фильтров с химическими поглотителями, либо нагревом воды до температуры кипения.

При чисто контактном нагреве воды температура ее не превышает 82—85° С. Такие аппараты можно использовать только для горячего водоснабжения, так как в холодное время года они не смогут обеспечить необходимой температуры нагрева воды. Поэтому для отопления применяются такие водонагреватели, в которых контактный нагрев воды сочетается с ее нагревом до более высоких температур. У этих аппаратов первоначально воду нагревают в контактной камере до 45—75° С, а затем в топочной камере доводят ее температуру до 98—100° С. Этот способ нагрева воды высокоэкономичен, а аппараты для такого нагрева просты по конструкции и надежны в эксплуатации.

В настоящее время разработаны и внедряются каскадно-дисковые, форсуночные, контактно-поверхностные и контактно-радиационные газовые водонагреватели.

На рис. 40 показан контактный водонагреватель каскадного типа. Цилиндрический корпус аппарата имеет двойные стенки, образующие водяную рубашку. Вода поступает на диски каскадной части аппарата через отверстия диаметром 6 *мм* во внутренней стенке водяной рубашки. Каскадная часть аппарата набрана из ряда дисков, изготовленных из листовой стали. В дисках выштампованы отверстия диаметром 1,7 *мм* с шагом 10 *мм*. Через эти отверстия вода стекает мелкими струями с диска на диск и нагревается продуктами горения газа. По краям нижнего диска сделаны отверстия диаметром 5,5 *мм*, из которых нагретая вода сливается в кольцевой

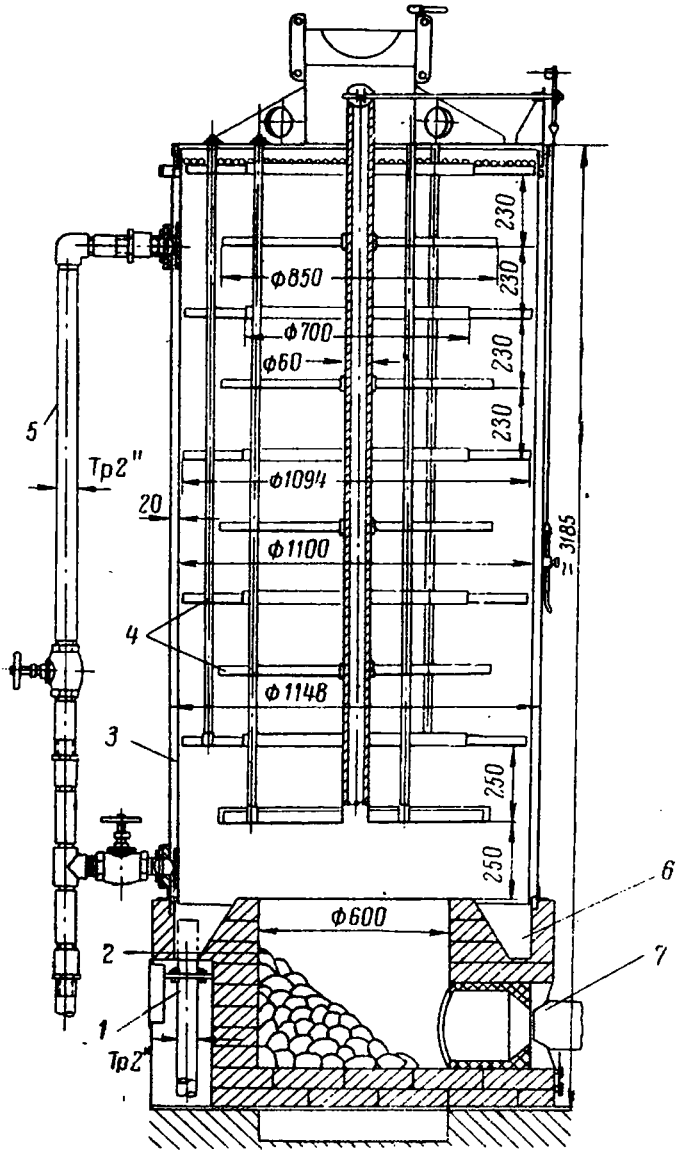


Рис. 40. Газовый контактный водонагреватель каскадного типа ЛНИИ АКХ.

1 — переливная труба; *2* — топочная камера; *3* — корпус; *4* — диски; *5* — подводящий водопровод; *6* — кольцевой приемник горячей воды; *7* — горелка.

приемник, имеющий коническую внутреннюю стенку. Струи воды падают на коническую поверхность, а не на зеркало воды в приемнике, не вызывая образования брызг и тем самым предохраняя топку от попадания воды.

Из приемника горячая вода сливается по трубе самотеком в расходный бак, если аппарат установлен на верхнем этаже здания, или подается в расходные баки насосом, если аппарат установлен внизу.

Топка аппарата оборудована инжекционными горелками среднего давления. Продукты горения газа удаляются в дымовую трубу за счет естественной тяги. Для предохранения от коррозии диски аппарата изготовляют из нержавеющей стали или алюминия. Диаметр аппарата 1200 *мм*, высота 3250 *мм*, вес металлической части 350 *кг*, вес кладки 1000 *кг*.

Опыт эксплуатации аппарата в 1956—1964 гг. и проведенные испытания показали, что при тепловой нагрузке 600 000 *ккал/ч* достигается к. п. д. 90% (по высшей теплоте сгорания газа) или 100% по низшей теплоте сгорания при нагреве 10 *т/ч* до 70° С.

Газовые контактные водонагреватели форсуночного типа состоят из двух основных частей: топочной камеры и контактной камеры. В контактной камере размещаются форсунки для разбрызгивания воды. Для равномерного размещения потоков нагреваемой воды по сечению контактной камеры форсунки размещают на разных уровнях и устанавливают в шахматном порядке. Чтобы уменьшить унос водяных паров, на выходе из аппарата устанавливают каплеуловитель в виде насадки из керамических колец Рашига 25 × × 25 × 3 *мм*. Продукты горения газа из топочной камеры поступают в верхнюю контактную камеру и в противотоке отдают свое тепло каплям нагреваемой воды. Вокруг топки размещена кольцевая камера (водосборник), куда собирается нагретая вода, поступающая из теплообменной камеры. Из водосборника горячая вода поступает в сборный бак, откуда подается насосами к потребителям. В табл. 30 приведены основные характеристики водонагревателей форсуночного типа. Аппарат КВТ-0,2 предназначен в основном для использования в банях небольшой пропускной способности и в душевых павильонах. Аппарат КВТ-2,0 служит для обеспечения горячей водой промышленных объектов и общественных зданий.

Газовый контактно-поверхностный водонагреватель форсуночно-насадочного типа (рис. 41) состоит из контактной камеры, топки и вытяжного устройства. Контактная камера выполнена в виде цилиндра, внутри которого размещаются насадки из керамических колец Рашига и форсунки. В ней происходит непосредственное соприкосновение горячих продуктов горения с водой. В верхней части контактной камеры размещается малая насадка высотой 100 *мм*, являющаяся влагоуловителем. Она предотвращает попадание брызг и капель в дымовую трубу. Ниже расположена основная насадка высотой 300 *мм*. Вода в аппарат подается двумя потоками: на основную насадку и в расположенные под ней форсунки.

Для равномерного распределения разбрызгиваемой воды по сечению камеры она подается на различных уровнях через форсунки, установленные в шахматном порядке.

Вода, нагретая в контактной камере высокотемпературными продуктами горения, стекает на надтопочный диск и затем сливается через четыре соединительные трубки в нижнюю часть топки.

Вода, насыщенная углекислотой и кислородом в контактной камере, доводится в топке до объемного кипения. При кипении из воды выделяются коррозионные компоненты: углекислота и кислород, которые вместе с водяным паром собираются в газопаросборнике и затем поступают в контактную камеру, откуда вместе с продуктами сгорания газа удаляются дымососом в атмосферу. Топочная камера представляет собой вертикально установленный цилиндр, внутри которого происходит сжигание газа. Удаление продуктов сгорания из аппарата осуществляется центробежным вентилятором ЭВР-3.

Размеры аппарата, *мм*: диаметр контактной камеры 1100, диаметр топочной камеры 1700, ширина аппарата 2000, общая высота 3600. Вес металлических частей (включая горелки) 1900 *кг*, общий вес (с футеровкой) 4200 *кг*.

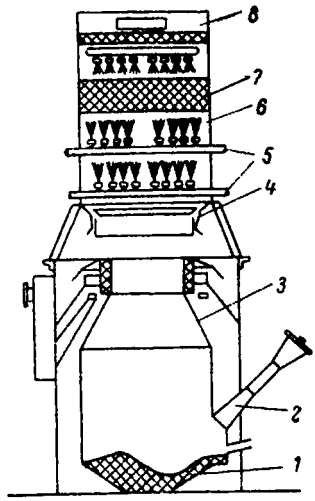


Рис. 41. Газовый контактно-поверхностный водонагреватель форсуночно-насадочного типа АКХ.

1 — шамотная засыпка; *2* — газовые горелки; *3* — топочная камера; *4* — надтопочный диск; *5* — форсунки; *6* — контактная камера; *7* — насадка из керамических колец Рашига; *8* — влагоуловитель.

Балансовые испытания газового контактно-поверхностного водонагревателя, проведенные в 1962 г. АКХ, показали, что средний

Таблица 30

Технические характеристики газовых контактных водонагревателей форсуночного типа

Показатели	КВТ-0,2	КВТ-2,0
Номинальная производительность, *ккал/ч*	200 000	2 000 000
Температура нагрева воды, °С	80	
Количество нагреваемой воды (Δt - 70° С), *т/ч*	3,0	35
Давление воды перед форсунками, *кГ/см²*	0,5—2,0	0,5—2,5
Температура продуктов сгорания на выходе, °С	25 -35	25—30
К. п. д., %	95 -97	95—98
Диаметр контактной камеры, *мм*	800	1600
Общая высота, *мм*	3200	5000
Вес металлических частей, *кг*	800	3500
Общий вес (с футеровкой топки), *кг*	2000	6500

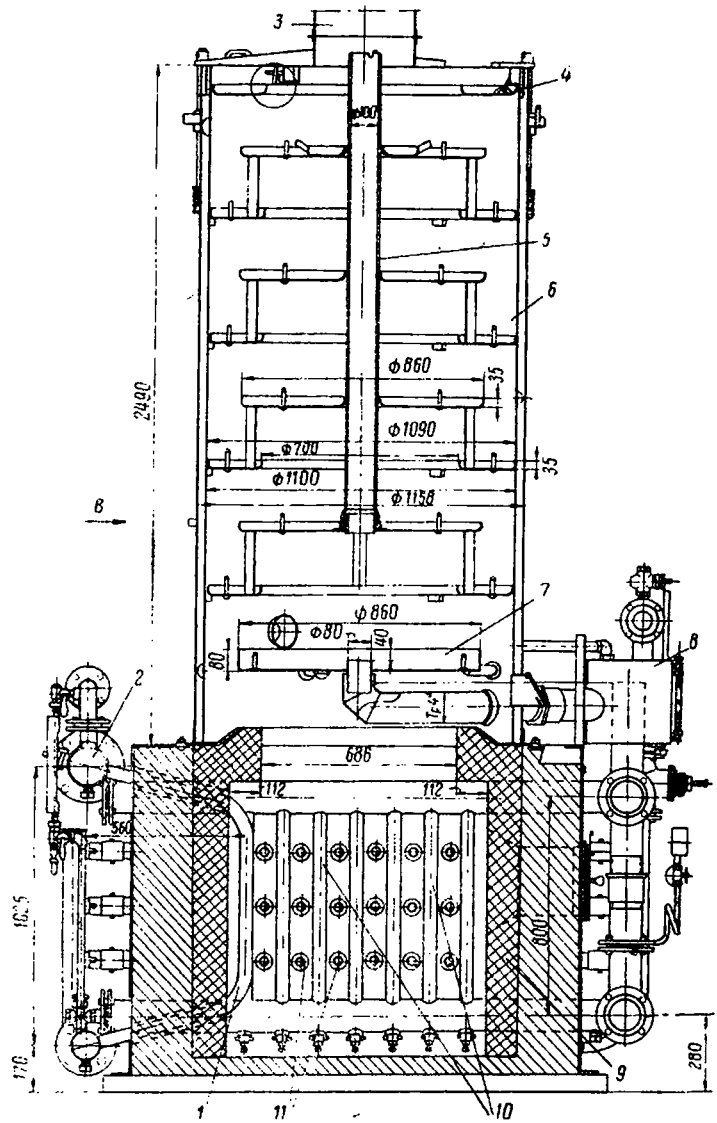


Рис. 42. Газовый контактно-радиационный водонагреватель каскадно-дискового типа.

1 — трубы парового экрана; *2* — паросборник; *3* — труба для отвода продуктов сгорания; *4* — крышка водонагревателя; *5* — перепускная труба; *6* — контактная камера; *7* — нижний диск; *8* — переливной бачок; *9* — топочная камера; *10* — радиационные трубки водяного экрана; *11* — инжекционные горелки.

к. п. д. аппарата при отопительной нагрузке и горячем водоснабжении (по высшей теплоте сгорания газа) за год составил 92%. Тепловая нагрузка аппарата 1 млн. *ккал/ч*, температура нагретой воды около 100° С. Аппарат может нагреть до 10 *т/ч* воды. При работе аппарата только на отопление его среднегодовой к. п. д. 87, а при работе только на горячее водоснабжение 97%.

За последние годы в ЛНИИ АКХ разработана конструкция газового контактно-радиационного водонагревателя каскадно-дискового типа. Водонагреватели этой конструкции в отличие от контактно-поверхностных имеют в топочной камере трубчатые экраны для нагрева воды до 95—170° С и выработки насыщенного пара с избыточным давлением 0,7—7 *ат*. Они предназначены для комплексного теплоснабжения зданий.

У водонагревателя (рис. 42) контактная камера каскадно-дискового типа, которая была описана выше, расположена под топочной камерой. В контактной камере вода нагревается до 40—70° С и попадает в радиационные трубы водяного экрана, в которых она догревается до 95—100° С. Для получения пара в радиационные трубы парового экрана подается либо водопроводная вода, либо деаэрированная контактная вода. Из паросборника пар подается на технологические нужды или используется для дополнительного нагрева воды в деаэраторе до температуры 102—104° С. При желании можно перевести паровой экран на режим нагрева воды.

Топочная камера оборудована многосопловыми инжекционными горелками среднего давления. Продукты сгорания проходят контактную камеру и удаляются в атмосферу через дымовую трубу. Аппарат работает на естественной тяге. Теплопроизводительность аппарата 600 000 *ккал/ч*, давление насыщенного пара 0,7 *ат*. Размеры аппарата, *мм*: диаметр контактной камеры 1100, общая высота 3850.

Водонагреватели этой конструкции целесообразно применять для отопления и горячего водоснабжения в банях, имеющих парильные отделения и дезинфекционные камеры. Для систем теплоснабжения от домовых и квартальных котельных разработана конструкция контактно-радиационного водонагревателя теплопроизводительностью 3 млн. *ккал/ч* с нагревом воды до температуры 170° С и выработкой насыщенного пара с избыточным давлением 7 *ат*.

В НИИСТ (Киев) разработан контактно-поверхностный газовый водонагреватель для отопления и горячего водоснабжения. Водонагреватель (рис. 43) состоит из топки, охлаждаемого подтопочного зонта, насадка I ступени, насадка II ступени, водораспределителя и сборников воды обеих ступеней. В I ступени происходит подогрев воды, циркулирующей в отопительной системе , а во II — в системе горячего водоснабжения. Оба потока воды не смешиваются друг с другом. Вода, идущая на отопление, после нагрева до 85° С в контактной части подогревается затем до температуры около 100° С. Дополнительный подогрев воды осуществляется в корпусе топочной камеры и в зонде над топкой. Топка футеруется в 1/4 кирпича, и поэтому через стенку около 10% тепла передается нагреваемой воде.

При контакте дымовых газов и воды в насадке I ступени влагосодержание газов увеличивается. Охлажденные и увлажненные продукты горения поступают во II ступень, где подогревается вода для горячего водоснабжения. После I ступени теплосодержание дымовых газов весьма велико, поэтому работа водонагревателя только с отопительной нагрузкой не экономична.

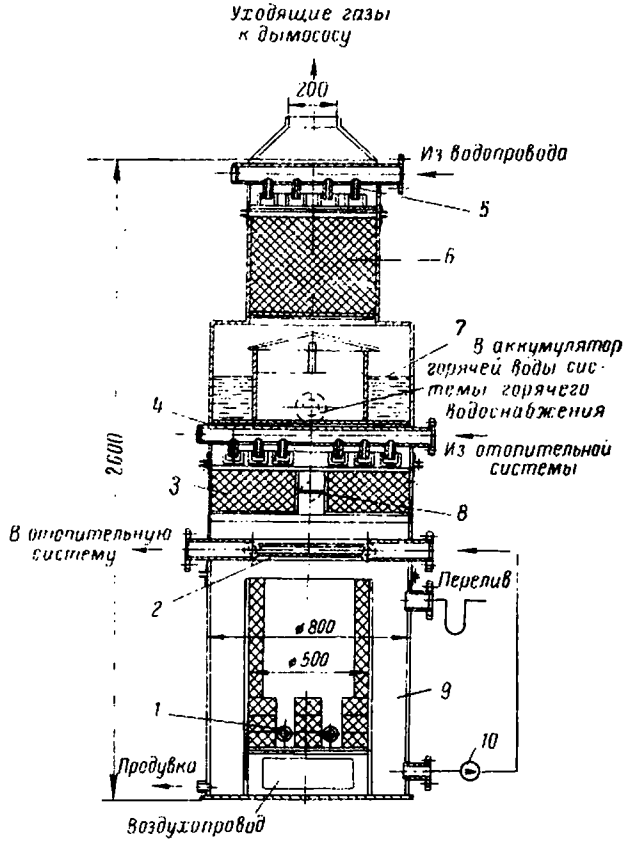


Рис. 43. Газовый контактно-поверхностный водонагреватель НИИСТ.

1 — топка; *2* — надтопочный зонд; *3* — насадка I ступени; *4* — водораспределитель I ступени; *5* — водораспределитель II ступени; *6* — насадка II ступени; *7* — сборник воды II ступени; *8* — перепускной газоход с заслонкой; *9* — сборник воды I ступени; *10* — циркуляционный насос.

Наличие II ступени позволяет обеспечивать глубокое охлаждение газов и конденсацию паров, содержащихся в продуктах горения. Двухступенчатый водоподогреватель весьма экономичен, особенно при значительной нагрузке II ступени. Вода во II ступени нагревается до 75° С, что вполне достаточно для горячего водоснабжения. Для перераспределения тепла между I и II ступенями в зависимости от нагрузки предусмотрен в I ступени перепускной газоход с заслонкой.

Опытный образец описанного контактно-поверхностного водонагревателя для отопления и горячего водоснабжения проверен в эксплуатационных условиях в Киеве.

ГАЗОВОЗДУШНЫЕ КАЛОРИФЕРЫ

Системы отопления с газовоздушными калориферами являются экономичными, так как по сравнению с водяным отоплением значительно уменьшается расход металла на их устройство (отпадает необходимость устанавливать нагревательные приборы). Накоплен уже значительный опыт эксплуатации систем отопления с газовоздушными калориферами как у нас в стране, так и за рубежом.

Для отопления производственного корпуса кубатурой около 30 000 $м^3$ одна из заграничных фирм использует систему газовоздушного отопления. На крыше здания установлено три газовых теплообменника. Вентиляторы производительностью 840 $м^3/мин$ прогоняют через теплообменники воздух и подают его в отапливаемые помещения. Такая система отопления создает хорошие гигиенические условия: создаваемое вентилятором небольшое избыточное давление в помещении позволяет в любое время года держать окна открытыми и предотвращает образование сквозняков при открывании дверей в противоположных концах здания. Экономия от применения такой системы отопления составила уже в первый год эксплуатации около 60 тыс. руб. Институтом газа АН УССР разработан газовоздушный калорифер теплопроизводительностью 30 000 *ккал/ч* для отопления крупных производственных зданий.

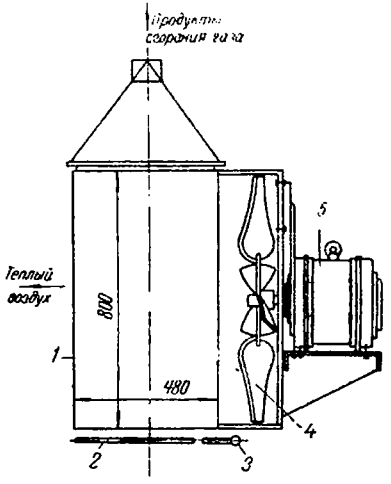


Рис. 44. Газовоздушный калорифер ИГ АН УССР.

1 — пластинчатый калорифер; *2* — газовая горелка; *3* — газовый коллектор; *4* — вентилятор; *5* — электродвигатель.

На рис. 44 показан этот калорифер. Он представляет собой пластинчатый или трубчатый теплообменник. В нижней части калорифера размещена газовая горелка. Внутри труб пропускаются продукты горения, которые затем отводятся в дымоход, а между труб проходит нагреваемый воздух.

Газовоздушный калорифер оборудован пропеллерным вентилятором. Газовая горелка состоит из 15 трубок, газ к ним подается от общего коллектора диаметром 1″. Габариты пластинчатой части калорифера 480 × 500 × 800 *мм*.

Эксплуатация калориферов такой конструкции на Харьковском заводе швейных машин показала, что во всех помещениях здания поддерживалась необходимая температура воздуха.

Газовоздушный калорифер, созданный в НИИСТ (Киев), предназначен для отопительно-вентиляционных систем промышленных зданий (рис. 45).

ОТОПЛЕНИЕ И СУШКА СТРОЯЩИХСЯ ЗДАНИЙ

Отопление и сушку строящихся зданий осуществляют в основном теплым сухим воздухом, который получают в специальных отопительно-вентиляционных установках. Этим агрегатам присущ ряд недостатков: малая теплопроизводительность, большой вес и низкий к. п. д.

Институтом газа АН УССР разработан универсальный теплогенератор УТ-130, рассчитанный для работы на газовом (природный или сжиженный газы) или жидком (бензин, керосин) топливе. На рис. 46 показана конструкция универсального теплогенератора,

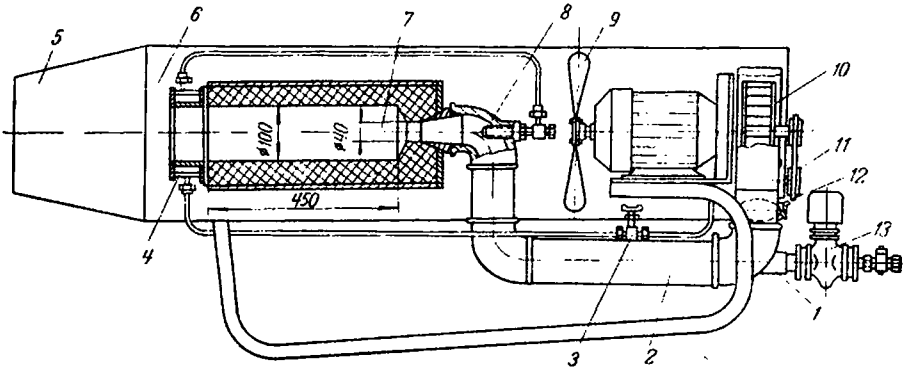


Рис. 46. Универсальный теплогенератор УТ-130.

1 — газовое сопло; *2* — смеситель; *3* — игольчатый вентиль; *4* — испаритель; *5* — конфузор; *6* — камера смешения; *7* — камера сгорания; *8* — форсунка; *9* — осевой вентилятор; *10* — центробежный вентилятор; *11* — шестеренчатый насос; *12* — дроссельная заслонка; *13* — электромагнитный вентиль.

работающего на газе. Газ подается от сети низкого или среднего давления через сопло в смеситель, где происходит полное перемешивание его с воздухом. Воздух нагнетается в смеситель центробежным вентилятором производительностью 200 *м*³/*ч*, давление 80 *мм вод. ст.* Перед смесителем установлена дроссельная заслонка, которая служит для регулирования количества подаваемого для горения воздуха. Газовоздушная смесь поступает затем в камеру сгорания, выполненную в виде цилиндрического огнеупорного туннеля. Продукты горения газа смешиваются с воздухом, подаваемым осевым вентилятором, при этом осуществляется их двадцатикратное разбавление. В зависимости от температуры забираемого на разбавление воздуха температура теплоносителя колеблется в пределах 80—100° С. При подключении теплогенератора к сети среднего давления или к емкости со сжиженным газом перед электромагнитным клапаном устанавливается дроссель с проходным сечением, соответствующим расходу газа.

Для подачи жидкого топлива в конструкции теплогенератора предусмотрен шестеренчатый питательный насос, испаритель и фор-

сунка. Для регулирования расхода жидкого установлен игольчатый вентиль. Техническая характеристика теплогенератора УТ-130 приведена ниже:

Теплопроизводительность, *ккал/ч*	130 000
Производительность по теплоносителю, *м³/ч*	3200—3500
Температура теплоносителя, °С	80—100
Расход топлива, *м³/ч*:	
природный газ ($Q_н = 8500$ *ккал/м³*)	15,3
сжиженный газ ($Q_н = 22\,000$ *ккал/м³*)	5,9
бензин, керосин, *кг/ч*	12
К. п. д., %	97
Габариты, *мм*:	
длина	2300
ширина	770
высота	630
Вес, *кг*	150

Теплогенератор оборудован электрической схемой управления, автоматикой защиты и аварийной звуковой сигнализацией. В схеме теплогенератора предусмотрены автоматическое зажигание горелки от электроискрового запальника, дистанционное включение газа и блокировка автоматики безопасности в период пуска. Автоматика защиты служит для отключения газа при отрыве пламени, прекращении подачи газа и электроэнергии. При срабатывании автоматики защиты включается звуковая сигнализация. Один оператор может одновременно обслуживать четыре теплогенератора.

На рис. 47 показана разработанная в Ленгипронижпроекте передвижная газовая воздухонагревательная печь для отопления и сушки зданий во время строительных работ. В качестве теплоносителя используется смесь продуктов горения газа с воздухом, которая подается по воздуховодам в здание. Установка может работать на природном и сжиженном газах. Для использования сжиженного газа имеется испаритель и передвижной резервуар емкостью 2.5 *м³*.

Установка состоит из воздухонагревательной печи, испарителя, передвижной базы хранения сжиженного газа. Камера горения воздухонагревательной печи снабжена горелкой полного предварительного смешения с принудительной подачей воздуха. Выполнена камера горения в виде цилиндрического керамического туннеля. Воздух в горелку, а также в печь для нагрева подается вентилятором среднего давления. Испаритель состоит из вертикального кожухотрубного теплообменника и топки с газовой горелкой. В жаровую трубу ∅ 89 поступают продукты горения газа из топки. Межтрубное пространство испарителя образуется наружным кожухом ∅ 133 и жаровой трубой.

Жидкая фаза поступает в нижнюю часть межтрубного пространства испарителя, а газовая отводится сверху, через вентиль. Максимальный уровень жидкой фазы ограничивается поплавковым регулятором. Запас жидкости в испарителе при предельном

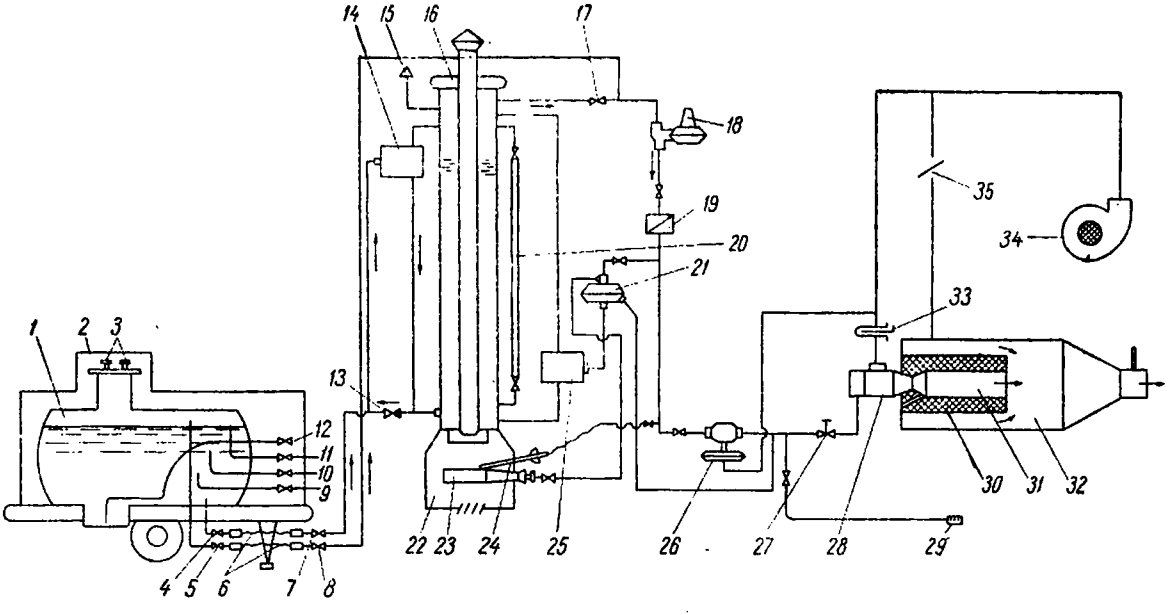


Рис. 47. Технологическая схема установки для сушки зданий.

1 — резервуар; *2* — защитный кожух; *3* — предохранительный пружинный клапан; *4* — вентиль жидкой фазы на резервуаре; *5* — вентиль паровой фазы на резервуаре; *6* — резиновые шланги; *7* — вентиль жидкой фазы на рампе; *8* — вентиль паровой фазы на рампе; *9* — вентиль уровнемерной трубки 25% заполнения; *10* — вентиль уровнемерной трубки 50% заполнения; *11* — вентиль уровнемерной трубки 85% заполнения; *12* — вентиль трубки отстойника; *13* — обратный клапан; *14* — поплавковый регулятор максимального уровня; *15* — пружинный предохранительный клапан; *16* — вертикальный кожухотрубный теплообменник испарителя; *17* — вентиль паровой фазы после испарителя; *18* — регулятор давления РД-32; *19* — газовый счетчик РС-40; *20* — уровнемерное стекло; *21* — клапан-отсекатель; *22* — топка испарителя; *23* — инжекционная горелка испарителя; *24* — запальник испарителя; *25* — поплавковый регулятор минимального уровня; *26* — клапан блокировки газ — воздух КБ-50; *27* — вентиль для регулирования подачи газа на горелку; *28* — горелка; *29* — запальник; *30* — воздухонагревательная печь; *31* — камера сгорания; *32* — камера смешения; *33* — шибер для регулирования подачи воздуха на горелку; *34* — вентилятор; *35* — поворотная воздушная заслонка для регулирования воздуха на нагрев.

заполнении 5 *л*. Изменение уровня жидкости в испарителе контролируется по уровнемерному стеклу.

Производительность испарителя регулируется изменением тепловой нагрузки горелки, уменьшением или увеличением подачи газа в горелку краном и автоматически.

Газовая топка испарителя имеет жалюзийную решетку для подвода и регулирования вторичного воздуха и смотровое отверстие, через которое вводится запальник для зажигания горелки испарителя. Производительность регазификационной установки 30 *кг/ч* (15 *м*^{3}/*ч*) сжиженного газа.

Сжиженный газ испаряется за счет тепла дымовых газов, получаемых при сжигании газа многофакельной инжекционной горелкой низкого давления с расходом газа 0,2 *м*^{3}/*ч*.

Передвижная база хранения сжиженного газа состоит из одноосного прицепа, оборудованного двумя домкратами — подставками, и резервуара емкостью 2,5 *м*^{3} с патрубками для паровой и жидкой фазы. Резервуар оборудован уровнемерными трубками, манометром и запорной арматурой. В верхней части резервуара установлены два предохранительных пружинных клапана, в нижней части находится отстойник. Для защиты от теплового действия солнечных лучей резервуар покрыт металлическим кожухом с дверцами на задней стенке. Емкость снабжена двумя гибкими резиновыми шлангами длиной 6 *м* и диаметром 25 *мм* для соединения ее с испарителем. Жидкая фаза сжиженного газа из резервуара по шлангу поступает через поплавковый регулятор максимального уровня в нижнюю часть испарителя, обогреваемого газовой горелкой.

Поступление жидкой фазы из резервуара в испаритель осуществляется за счет давления, создаваемого в резервуаре насыщенными парами. Уровень жидкой фазы в испарителе первоначально устанавливается с помощью крана подачи газа на горелку испарителя, а в дальнейшем, в зависимости от производительности, регулируется автоматически. Контроль за уровнем осуществляется визуально по уровнемерному стеклу. При установившемся равновесии между приходом жидкой фазы в испаритель и расходом газовой фазы сжиженного газа уровень жидкости в испарителе остается постоянным или колеблется в пределах 20—30 *мм*.

Образующийся в испарителе газ через регулятор, счетчик, клапан блокировки газа и воздуха поступает к горелке печи. Тепловая нагрузка горелки печи изменяется с помощью регулировочного вентиля перед горелкой. При увеличении тепловой нагрузки печи начинается более интенсивный отбор газа из испарителя, при этом давление в испарителе начинает падать. В резервуаре давление при этом не изменяется (давление в резервуаре зависит только от температуры наружного воздуха), а поэтому появляется перепад давлений, жидкость в испаритель будет поступать более интенсивно и уровень ее в испарителе повысится. С увеличением поверхности испарения увеличится количество газа, а давление его поднимется до установления прежнего равновесия.

При еще большем увеличении расхода уровень жидкости в испарителе будет продолжать подниматься, при этом может возникнуть опасность переполнения испарителя и проникновения жидкой фазы в регулятор и горелку. Это может также произойти при потухании горелки испарителя.

Для предотвращения переполнения испарителя установлен поплавковый регулятор максимального уровня.

При повышении уровня жидкости в испарителе до максимального поплавок, находящийся в камере, поднимается в крайнее верхнее положение, клапан закрывает отверстие и прекращает поступление жидкости через камеру регулятора в испаритель. При уменьшении расхода газа в испарителе повысится давление. Для предотвращения этого установлен обратный клапан, который открывается при повышении давления в испарителе на 1 *кГ/см*^{2} по сравнению с давлением в резервуаре. Открывшись, клапан перепускает жидкую фазу из испарителя в резервуар. При этом поверхность испарения уменьшается и вновь устанавливается равновесие.

Для предотвращения перегрева испарителя установлен поплавковый регулятор минимального уровня. При понижении жидкой фазы в испарителе до минимального уровня поплавок опускается в крайнее нижнее положение, игольчатый клапан открывается и паровая фаза поступает в мембранную коробку клапана-отсекателя, благодаря чему пружина закрывает клапан и прекращает поступление газа в горелку испарителя. Горелка испарителя выключается из работы, предохраняя испаритель от перегрева. Температура стенок испарителя уменьшается, давление падает, и уровень жидкости повышается. Клапан открывается, и газ вновь поступает в горелку испарителя. Зажженный запальник во время работы постоянно находится у огневых отверстий горелки испарителя, поэтому горелка зажигается автоматически.

Паровая фаза из испарителя поступает в горелку, а по воздухопроводу поступает воздух от вентилятора. Клапан блокировки газа с воздухом предотвращает подачу в горелку газа в тех случаях, когда вентилятор не включен или прекратилась подача электроэнергии во время работы. Смесь газа с воздухом из камеры смешения горелки поступает в камеру сгорания воздухонагревательной печи.

Снаружи туннель омывается воздухом, поступающим по воздуховоду от вентилятора. Холодный воздух предохраняет туннель от перегрева и одновременно сам несколько нагревается. На выходе из туннеля происходит смешение продуктов сгорания с воздухом. Количество подаваемого воздуха на нагрев регулируется поворотной заслонкой.

Давление газа и воздуха устанавливается по манометру согласно режимной карте. В результате получается смесь воздуха с продуктами сгорания газа с температурой +70° С. Для контроля за процессом горения газа в конце туннеля предусмотрены смотровые лючки. Газовая горелка печи рассчитана для работы на сжиженном

и природном газах. Техническая характеристика воздухонагревательной печи приведена ниже:

Теплопроизводительность, *ккал/ч*:	
на природном газе	500 000
на сжиженном газе	350 000
Температура нагретого воздуха, °С	70
Количество нагретого воздуха, *м³/ч*	12 000
Давление, создаваемое вентилятором, *мм вод. ст.*	220
Производительность испарителя сжиженного газа, *кг/ч*	30
Тепловая нагрузка горелки испарителя, *ккал/ч*	4500
Максимальное давление в испарителе, *кГ/см²*	10

Розжиг горелки производится при давлении газа перед горелкой 30 *мм вод. ст.* и давлении воздуха 10 *мм вод. ст.* Воздух на подогрев закрыт. Через 15—20 *мин* работы установки, когда керамический туннель раскалится докрасна, можно переходить на рабочий режим.

В зависимости от температуры наружного воздуха устанавливается работа установки по режимной карте. Режимная карта (табл. 31) составлена так, что установка вне зависимости от температуры наружного воздуха подает в помещение воздух с температурой 70° С.

Таблица 31

Режимная карта работы установки для подогрева воздуха ($t_в$ = 70° С)

Температура наружного воздуха, °С	Давление, *мм вод. ст.*			Расход сжиженного газа на горелку, *м³/ч*
	газа перед горелкой	воздуха перед горелкой	воздуха на подогрев	
—20	120	105	135	14,2
—10	100	95	135	12,8
0	85	70	135	11,3
+10	75	65	135	9,6
+20	50	45	135	8,1

Для нагрева воздуха с большим успехом может быть использован струйный метод сжигания газа, разработанный в Киевском политехническом институте (КПИ). Две возможные схемы устройств для нагрева воздуха представлены на рис. 48. По схеме рис. 48, *а* КПИ и Укргипрогорпромгазом был спроектирован и изготовлен переносной подогреватель воздуха, предназначенный для сушки зданий при проведении строительно-ремонтных работ.

Подогреватель представляет собой легкий, изготовленный из листового металла кожух длиной 0,86 *м*, в котором смонтирован осевой вентилятор и горелочное устройство. Вентилятор типа ПАД, диаметром 300 *мм* с электродвигателем мощностью 0,1 *квт* на 2900 *об/мин*. Производительность вентилятора — до 400 *м³/ч* воздуха. Для устранения крутки потока за вентилятором установлена спрямляющая решетка. После нее воздух поступает в цилиндрическую трубу

диаметром 200 *мм*, все сечение которой занимает перфорированный конус струйного горелочного устройства. Конус имеет 17 секторов, образованных радиальными рядами воздушных отверстий с диаметром, нарастающим от 2 *мм* в центре до 10 *мм* на периферии конуса. В центре конуса установлена газовая горелка с коническим колпачком, имеющим соответственно 17 отверстий диаметром 1 *мм*. Топливо поступает в горелку через электромагнитный клапан диаметром 1/2″.

Зажигание факела осуществляется установленной на конусе электроискровой свечой (автомобильного типа) при нажатии кнопки привода электромагнитного клапана. Напряжение к бобине свечи

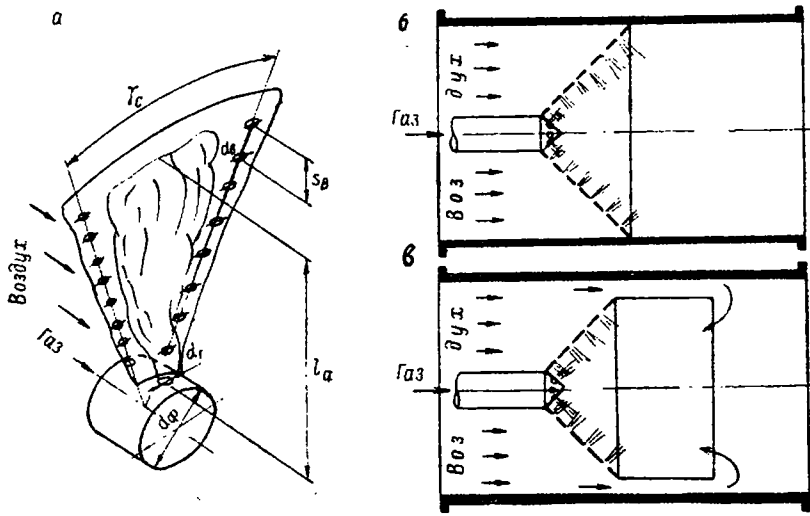


Рис. 48. Струйный способ сжигания газа (*а*) и схемы устройств для подогрева воздуха: *б* — подача всего воздуха через фронтовое устройство горелки; *в* — обвод части воздуха мимо горелочного устройства.

подается через понижающий трансформатор 380/12 *в* одновременно с включением вентилятора. Контроль за горением осуществляется хромель-алюмелевой термопарой, включенной в цепь электромагнитного клапана. В случае прекращения горения клапан автоматически прекращает подачу газа к горелке.

Все узлы подогревателя смонтированы на кожухе, который установлен на легкой треноге. Шарнирное соединение кожуха с подставкой позволяет различным образом ориентировать его выходное сопло по отношению к объекту сушки. Общий вес подогревателя с треногой не превышает 25 *кг*, что делает его легко транспортабельным.

Испытания опытного образца подогревателя проведены на природном (от сети низкого давления) и на сжиженном газе. Многократные запуски подогревателя показали стопроцентную надежность примененной системы зажигания: ни срывов факела, ни хлопков

при запуске не наблюдалось. Устойчивое горение обеспечивалось во всем диапазоне давлений газа: от максимального (на природном газе 150 *мм вод. ст.*) до нулевого. Переход с одного вида топлива на другой осуществляется чрезвычайно свободно, без всяких затруднений.

Основные замеры при испытаниях были произведены при давлении подачи природного газа 50, 100 и 150 *мм вод. ст.* Некоторые из полученных результатов приведены в табл. 32. Отбор проб газа с последующим анализом на хроматографе показал малое содержание продуктов недожога в горячей смеси.

Таблица 32

Результаты испытания переносного воздухоподогревателя

Величины	Режим		
	I	II	III
Давление газа, *мм вод. ст.*	50	100	150
Расход газа, *м³/ч*	1,1	1,5	1,8
Теплопроизводительность агрегата ($Q_н$=8620 *ккал/м³*), *ккал/ч*	9500	12 850	15 650
Расход воздуха, *м³/ч*	395	387	385
Коэффициент избытка воздуха	38	27	22,5
Потери тепла от химического недожога, %	1,25	0,98	0,82
К. п. д.	98,8	99,0	99,2
Средняя температура воздуха на выходе из подогревателя *, °С	100	135	150

* Температура воздуха на входе в подогреватель 20° С.

Как видно из табл. 32, химический недожог (q_3) на всех режимах не превышал 1—1,3%. Температуры стенок наиболее нагретых деталей (как показали результаты замеров) находятся на низком уровне. Так, максимальная температура стенок конуса горелки не превышала 375° С.

ГАЗОВОЕ ОТОПЛЕНИЕ В СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

Газовое топливо находит все большее применение во многих отраслях сельскохозяйственного производства: для отопления животноводческих помещений, особенно помещений для молодняка, отопления обычных и пленочных теплиц, сушки зерна и т. д.

Основными преимуществами отопления теплиц непосредственным сжиганием газа по сравнению с водяным или паровым отоплением являются: значительное снижение расхода топлива; повышенное содержание углекислоты в атмосфере, способствующее росту и созреванию растений и повышению урожайности; простота

конструкции системы отопления и низкий расход металла; небольшая тепловая инерция; легкость обслуживания.

Имеется некоторый опыт по отоплению теплиц при непосредственном сжигании газа. Первоначально горелки устанавливались непосредственно в теплице на высоте 400 *мм* от грунта и крепились к стойкам. Со стороны теплицы горелки были ограждены металлическими сетками. В теплице кубатурой около 600 $м^3$ было установлено 10 инжекционных горелок низкого давления (по 5 горелок на каждой продольной стене) теплопроизводительностью по 7000 *ккал/ч*. Насадок горелки выполнен в виде трубы с отверстиями диаметром 3 *мм* и шагом 9 *мм*. Вентиляция теплиц осуществлялась открытием части рам продольных стен и проемов кровли.

Для выращивания теплолюбивых культур необходим обогрев грунта теплицы, для чего обычно применяют трубы с циркуляцией горячей воды. При непосредственном сжигании газа в теплице оказалось возможным отказаться от этого метода, так как в верхней зоне теплицы при закрытых вентиляционных проемах температура воздуха достигает 35° С (при температуре 20° С в нижней зоне), и этот воздух может быть использован для обогрева грунта. Нагретый воздух забирался воздухопроводом, проложенным в верхней зоне, и вентилятором подавался в асбестоцементные трубы, заложенные на глубине 0,5 *м* от поверхности почвы. Такая система обеспечила трехкратный воздухообмен в теплице (приток происходил за счет инфильтрации) и нагрев почвы до 20° С.

Кроме того, воздух из труб подпочвенного обогрева может быть направлен на подпочвенный обогрев грунта между теплицами. Проведенные опыты показали, что урожай значительно повысился, а себестоимость выращенных овощей снизилась.

Однако более целесообразно производить сжигание газа не в атмосферных горелках, а в специальных газовых агрегатах с подачей смеси продуктов горения газа и воздуха в теплицы через каналы. Это позволяет более полно использовать преимущества газообразного топлива.

При наличии таких установок появляется возможность охлаждать теплицы в летнее время (для предупреждения перегрева) подачей через систему наружного воздуха. Кроме того, теплый воздух, отбираемый из верхней зоны теплиц, используется для подогрева грунта или поддонов (при выращивании растений на искусственных питательных средах). Применение газовых отопительных агрегатов для теплиц позволяет значительно упростить условия автоматизации управления тепловым режимом.

Так, для теплиц кубатурой $\sim$ 2000 $м^3$ с искусственными питательными средами система газового отопления и вентиляции может решаться с помощью следующих устройств: приточной, вытяжной систем и естественной вентиляции.

В приточную систему подается наружный воздух из шахты воздухозабора и воздух из помещения теплицы. Весь воздух поступает в два огневых газовых калорифера теплопроизводительностью

по 140 000 *ккал/ч*, где он смешивается с продуктами горения газа и поступает в два раздаточных коллектора. Коллекторы выполнены из асбестоцементных перфорированных труб и уложены на полу вдоль стен теплицы.

На рис. 49 показано устройство газового калорифера. Он состоит из вентилятора с электрическим приводом, смесителя, инжекционной горелки с керамическим туннелем и корпуса с патрубками. Природный газ среднего давления сжигается в инжекционной горелке полного предварительного смешения, и выходящие из туннеля продукты горения смешиваются с воздухом, поступающим снаружи и из помещения теплицы. Смесь забирается вентилятором ЭВР № 5 и подается через патрубок, заделанный в стену теплицы, в раздаточный коллектор. Регулирование теплопроизводительности калорифера достигается изменением давления газа перед горелкой.

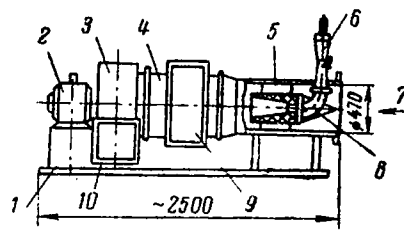


Рис. 49. Огневой газовый калорифер.

1 — рама; *2* — электродвигатель; *3* — вентилятор; *4* — смеситель; *5* — корпус калорифера; *6* — инжекционная газовая горелка; *7* — вход наружного воздуха; *8* — направляющий конус; *9* — вход воздуха из теплицы; *10* — выход газовоздушной смеси в коллектор.

Подогретый продуктами сгорания воздух омывает ограждения теплицы, при этом создается тепловая завеса, которая защищает растения от токов холодного воздуха. Общее количество воздуха, забираемое извне и из теплицы, неизменно, а теплопроизводительность калорифера изменяется в зависимости от теплопотерь, поэтому температура выходящего из раздаточных коллекторов воздуха меняется. Так, при температуре наружного воздуха минус 35° С температура смеси составляла 60—65° С, а при температуре наружного воздуха минус 20° С всего 40—45° С.

В жаркие солнечные дни газовые горелки калориферов выключаются, а в помещение теплицы может быть подана либо смесь наружного воздуха и воздуха из теплицы, либо только наружный воздух. Регулирование количества воздуха, подаваемого извне и из теплицы, осуществляется дроссельным клапаном шахты воздухозабора и жалюзийной решеткой воздухозабора из теплицы.

Вытяжная система вентиляции рассчитана на создание трехкратного воздухообмена в теплице. Она состоит из вытяжного вентилятора, который забирает воздух из верхней зоны теплицы (его температура 30—35° С) и подает его для подогрева снизу поддонов. Забор воздуха осуществляется через трубопровод, расположенный под коньком теплицы, имеющий по всей длине воздухозаборные щели.

Когда тепла в воздухе недостаточно для подогрева поддонов, на всасывающем патрубке вентилятора устанавливают огневой газовый калорифер теплопроизводительностью 40 000 *ккал/ч*,

изготовлена из нержавеющей листовой стали толщиной 1,7 *мм* и имеет следующие размеры, *мм*: диаметр 70, длина 170. Установка не требует дутьевого вентилятора, что является существенным преимуществом. Запуск аппарата осуществляется стартером, который автоматически отключается, как только устанавливается режим вибрационного горения. При каждом импульсе горения примерно 40% всего количества продуктов сгорания образуют поток, направленный в сторону входной части камеры. Для предотвращения этого явления, которое может привести к существенной потере тепла, в конструкции камеры предусмотрено устройство для реверсирования направления указанного потока. Выхлопная часть камеры окружена трубой диаметром 140 *мм*, по которой проходит воздух, охлаждающий стенки камеры. Этот воздух затем смешивается с выходящими продуктами сгорания, снижая их температуру. Охлаждающая труба является первичным усилителем тяги. Вторичным усилителем тяги служит примыкающий к камере специальный профилированный патрубок.

Установка может работать на природном и сжиженном газе. К недостаткам установки следует отнести сильный шум, создаваемый ею. Так, на расстоянии около 1 *м* сила шума от аппарата составляет 100—105 *дб*.

Преимущество использования таких агрегатов заключается в том, что значительно сокращается время, необходимое для сушки, вследствие увеличения интенсивности теплопередачи. Отсутствие в конструкции движущихся частей снижает эксплуатационные затраты.

ГЛАВА VI

ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ РАЗЛИЧНЫХ СИСТЕМ ГАЗОВОГО ОТОПЛЕНИЯ

Здания могут отапливаться как централизованно от ТЭЦ или котельных, так и от местных источников тепла (квартирные котлы, печи, нетеплоемкие приборы). В настоящей главе рассматриваются сравнительные экономические показатели перевода на газовое топливо отопительных котельных различной теплопроизводительности и систем местного отопления.

Технико-экономические показатели перевода отопительных котельных на газовое топливо в основном зависят от их теплопроизводительности. Чем больше теплопроизводительность котельной, тем меньше удельные капиталовложения, которые нужно затратить на ее переоборудование. Так, удельные капиталовложения в зависимости от теплопроизводительности котельных колеблются от 1,59 до 7,82 тыс. руб. на 1 *Гкал/ч*.*

В табл. 33 приведены усредненные показатели удельных капиталовложений в переоборудование котельных различной теплопроизводительности для сжигания газового топлива (независимо от типа установленных котлов). Для удобства пользования отдельно выделены стоимости газового оборудования, автоматики и строительства внешних газопроводов.

Однако наиболее эффективным является не переоборудование на газовое топливо уже существующих котельных, работающих на твердом топливе, а строительство котельных, рассчитанных на сжигание газа. В табл. 34 приведены технико-экономические показатели отдельно стоящих отопительных котельных с котлами ДКВР. Сопоставим данные по котельной с тремя котлами ДКВР-10-13 на газе и твердом топливе. Капиталовложения в котельную на твердом топливе при наличии механизации топливоподачи и шлакоудаления, золоулавливания и автоматики составляют 317,5 тыс. руб.; удельные капиталовложения на 1 *Гкал/ч* — 14,0 тыс. руб. Капиталовложения в такую же котельную на газе, как видно из табл. 34, составляют 178,2 тыс. руб., а удельные капиталовложения на 1 *Гкал/ч* — 6,0 тыс. руб., т. е. более чем в два раза ниже, чем при использовании твердого топлива.

---

* Здесь и далее значения капиталовложений, эксплуатационных расходов и приведенных затрат даются в ценах, действовавших до 1 июля 1967 г.

Таблица 33

Технико-экономические показатели переоборудования котельных на газовое топливо

Тепловая мощность котельной, *Гкал/ч*	Капиталовложения, тыс. руб.			
	Показатели на 1 *Гкал/ч* тепловой мощности котельной			
	Газовое оборудование котельной	Автоматика	Ввод газа	Всего
До 0,5	4,37	2,51	0,94	7,82
0,5—1,0	2,76	2,04	0,62	5,44
1,0—2,0	2,00	1,30	0,45	3 75
2,0—3,0	1,60	1,20	0,36	3,16
3,0—5,0	1,58	1,11	0,56	3,25
5,0—10	1,45	0,83	0,37	2,65
10—20	0,87	0,78	0,43	2,08
20—30	0,60	0,60	0,39	1,59

Примечание. Устройство регуляторных станций учтено в стоимости газового оборудования котельной.

В городах и населенных пунктах до настоящего времени широкое распространение, в особенности при одноэтажной и малоэтажной застройке, имеет печное и квартирное отопление. В табл. 35 и 36 приведены технико-экономические показатели устройств газопечного и квартирного отопления на природном газе для старого и нового жилого фонда. В капиталовложениях на устройство местных

Таблица 34

Технико-экономические показатели отдельно стоящих отопительных котельных с тремя котлами ДКВР и теплофикационными экономайзерами

Тип котлов	Капиталовложения, тыс. руб.		
	Показатели на одну котельную	Показатели на 1 *Гкал/ч* тепловой мощности котельной	
		без учета форсировки	с учетом форсировки *
ДКВР-4-13	127,2	14,2	11,1
ДКВР-6,5-13	147,8	10,3	7,9
ДКВР-10-13	178,2	7,9	6,0

* Форсировка на 30% при переоборудовании котлов на газовое топливо принята по рекомендации ЦКТИ.

систем отопления (табл. 35 и 36) учтены не только затраты на переоборудование для сжигания газа существующих отопительных приборов и установку специально газовых печей, но и дополнительные капиталовложения во внутридомовые и дворовые газовые сети.

Таблица 35

Технико-экономические показатели устройства местного отопления природным газом на 100 квартир (для старого жилого фонда)

Система отопления	Расход труб, *т*	Капиталовложения *, тыс. руб.	Эксплуатационные расходы, тыс. руб.	Приведенные затраты, тыс. руб.
Перевод на газ существующих печей с автоматикой безопасности:				
одноэтажные здания	2,4	10,7	0,60	2,10
малоэтажные здания	3,2	11,2	0,63	2,20
Установка печей непрерывного действия: **				
одноэтажные здания	2,3	16,7	1,00	3,34
малоэтажные здания	2,7	17,0	1,02	3,40
Перевод на газ систем квартирного отопления с котлами ВНИИСТО-Мч:				
одноэтажные здания	1,4	15,0	0,72	2,82
малоэтажные здания	1,9	15,3	0,75	2,89

* Без учета установки газового счетчика.

** Показатели отопления с печами непрерывного действия учитывают их стоимость.

Таблица 36

Технико-экономические показатели устройства местного отопления природным газом на 100 квартир (для нового жилого фонда)

Система отопления	Расход труб, *т*	Капиталовложения, * тыс. руб.	Эксплуатационные расходы, тыс. руб.	Приведенные затраты, тыс. руб.
Перевод на газ существующих печей с автоматикой безопасности:				
одноэтажные здания	1,9	7,1	0,40	1,39
малоэтажные здания	2,5	7,5	0,45	1,50
Установка печей непрерывного действия: **				
одноэтажные здания	1,8	11,1	0,67	2,22
малоэтажные здания	2,1	11,4	0,69	2,29
Перевод на газ систем квартирного отопления с котлами ВНИИСТО-Мч:				
одноэтажные здания	1,4	15,0	0,72	2,82
малоэтажные здания	1,9	15,3	0,75	2,89

* Без учета установки газового счетчика.

** Показатели отопления с печами непрерывного действия учитывают их стоимость.

Минимальные затраты при переводе отопления на газ в одноэтажных зданиях обусловлены тем, что трубы минимальных диаметров, обычно используемые для газовых вводов и дворовых сетей в этих зданиях, как правило, достаточны для подачи всего газа, включая отопление.

Расчетами АКХ показана несомненная эффективность переоборудования печей на режим непрерывной топки. Кроме гигиенических преимуществ этот метод дает также значительный экономический эффект. Отпадает необходимость футеровки топливника огнеупорным кирпичом, так как снижается температура в топливнике; ввиду малых расходов газа (не более 0,5 $м^3/ч$) подводящие газопроводы к печам и уличные газопроводы могут выполняться из труб меньшего диаметра, вследствие чего достигается экономия металла до 30%.

Наибольшая экономия достигается за счет повышения к. п. д. печей при непрерывном режиме топки и ликвидации ремонта футеровки и стенок печи. Рассмотрим для примера Украинскую ССР, где в 1963 г. было переведено 525 тыс. печей на сжигание газа. При этом, если принять среднюю годовую норму расхода природного газа на одну печь средней теплоемкости при продолжительности отопительного сезона 180 дней за 630 $м^3$, то общий расход газа составит $831 \cdot 10^6$ $м^3$ при периодической топке. При непрерывной топке печей с газооборудованием АКХ-СМ-3 расход газа снизится на $40 \cdot 10^6$ $м^3$. При отпускной цене газа 2 коп. за 1 $м^3$ экономия составит 0,08 млн. руб. в год.

При периодической топке печей из-за резких температурных колебаний (от топки до топки) происходит растрескивание футеровки, и эти печи необходимо ремонтировать не реже одного раза в пять лет. Средний ремонт печи стоит 10 руб., т. е. 2 руб. в год. Для печей, переведенных на непрерывный режим топки, ремонт кладки не требуется. Если учесть рассмотренное выше количество печей, то экономия от ремонта печей составит 1,05 млн. руб. Общая экономия при эксплуатации печей с газооборудованием АКХ-СМ-3 в рассмотренном примере может составить 1,13 млн. руб. в год.

Из разобранного примера видно, какая большая экономия может быть достигнута по всей стране в целом при переводе всех эксплуатирующихся на газе печей на режим непрерывной топки.

Перспективны также отопление нетеплоемкими отопительными приборами и системы воздушного отопления от газовых калориферов, обеспечивающие значительное сокращение расхода металла. Если учитывать прокладываемые к приборам трубопроводы, то затраты металла на 1000 *ккал/ч* теплопроизводительности составляют, *кг*:

Воздушное отопление от газовых калориферов	9—18
Металлические нетеплоемкие приборы	42—60
Водяное отопление от водонагревателей АГВ и котлов ВНИИСТО-Мч	100—110

Колебания металлоемкости при неизменной системе отопления объясняются конструкцией приборов, этажностью строений, планировкой квартир и т. д.

Таблица 37

Капиталовложения при различных вариантах теплоснабжения малоэтажных домов (в руб.) на 1000 $м^3$ строительного объема

Вариант теплоснабжения (отопление и горячее водоснабжение)	Внутридомовое оборудование	Котельная	Тепловые сети	Газовые сети	Итого
Газовая котельная с котлами ДКВР . . .	670	390	410	40	1510
Котельная с котлами «Универсал» на газе; газовые водонагреватели	1015	455	150	105	1725
Емкостные водонагреватели типа АГВ-120	1330	—	—	125	1455
Газовые конвекторы; газовые водонагреватели	890	—	—	125	1015

Таблица 38

Сравнительные технико-экономические данные различных отопительных систем для теплиц (на 1 $м^2$)

Показатели	Система отопления					
	Водяная (трубы $d = 89$ *мм*)	Водяная (с конвекторными отопительными приборами 20 КП-1,25)	Воздушная (с агрегатами АПВ-200/140)	Комбинированная (агрегат АПВ-200/140)	Комбинированная (конвекторы 20 КП-1,25 и агрегаты АПВ-200,140)	Контактно-газовая (с комбинированными агрегатами «Мосгазпроект — ПНИОХ»)
Капиталовложения в систему, *руб/м²*	6,44	5,68	1,06	4,8	4,3	1,68
Эксплуатационные расходы, *руб/м²*	3,66	3,57	3,23	3,5	3,5	3,00
Приведенные затраты, *руб/м²*	5,27	5,00	3,52	4,7	4,6	3,42
Приведенные затраты с учетом смежных отраслей, *руб/м²*	7,70	7,56	6 00	7,2	7,1	4,72
Вес металла системы отопления, *кг/м²*	18,40	6,17	2,08	13,5	4,8	1,10

Примечания. 1. Для всех систем, кроме последней, источником теплоснабжения принята котельная на газе. 2. Расчетная температура воздуха 30° С, а температура теплоносителя 70 – 130° С.

Для выбора наиболее эффективной системы отопления малоэтажных домов сопоставим первоначальные затраты на различные варианты теплоснабжения. Рассмотрим капиталовложения, которые необходимы для различных вариантов теплоснабжения (табл. 37):

1) отопление и горячее водоснабжение от газовой котельной с тремя котлами ДКВР и бойлерной установкой;

2) отопление от групповой котельной с четырьмя котлами «Универсал» поверхностью нагрева по 46,2 $м^2$ на газе; горячее водоснабжение от газовых быстродействующих водонагревателей;

3) поквартирное отопление и горячее водоснабжение от емкостных водонагревателей типа АГВ-120;

4) отопление газовыми конвекторами; горячее водоснабжение от газовых быстродействующих водонагревателей.

Из приведенных данных видно, что применение газовых конвекторов дает существенную экономию первоначальных затрат по сравнению с другими вариантами теплоснабжения.

Помимо повышения урожайности, на что указывалось выше, газовое отопление теплиц дает значительную экономию по сравнению с водяным или паровым отоплением.

Одной из наиболее существенных статей эксплуатационных расходов в тепличном овощеводстве являются расходы на обогрев теплиц. В среднем они составляют 20—30% от общей себестоимости продукции. В работе [Сивашинский, 1967] проведено сопоставление технико-экономических показателей различных отопительных систем для теплиц. Для сравнения приведены данные по системам, применяемым в типовых проектах, где за источник теплоснабжения принята котельная на газе и контактно-газовая система с агрегатами «Мосгазпроект — НИИОХ». Как видно из табл. 38, контактно-газовая система отопления имеет преимущества по сравнению с другими как по эксплуатационным расходам, так и по приведенным затратам. Вес металла, необходимого для изготовления этой системы отопления, также минимальный.

ЛИТЕРАТУРА

Берхман Е. И. Экономика систем газоснабжения. Л., Недра, 1964.

Белодворский Ю. М. Газоснабжение предприятий. Л., Изд-во литературы по строительству, 1964.

Букшпун И. Д. Газификация городов сжиженными газами. Киев, Госстройиздат УССР, 1960.

Богородская М. Т., Столпнер Е. Б. Газовые бытовые приборы. Л., Недра, 1967.

Захарова З. Л., Рачинский Л. В., Кузьмин П. А. Газовые контактные водонагреватели и их применение в народном хозяйстве. Л., Недра, 1966.

Иссерлин А. С. Газовые горелки. Л., Недра, 1966.

Иссерлин А. С. Газовое отопление. Л., Недра, 1966.

Иссерлин А. С. и др. Нагрев технологического воздуха природным газом. В сб. Теория и практика сжигания газа, IV. Л., Недра, 1968.

Кнапп К. К. Новое коммунально-бытовое газовое оборудование. Изд-во МКХ РСФСР, 1962.

Марковский А. В. Универсальный теплогенератор УТ-130 для сушки и отопления зданий при строительстве. Газовая промышленность, № 12, 1965.

Нечаев М. А. и др. Справочник работника газового хозяйства. Л., Недра, 1965.

Спиашинский И. И. Комбинированный контактно-газовый обогрев теплиц. Газовая промышленность, № 12, 1967.

Смирнов А. П. Использование газообразного топлива в отопительных печах. Изд-во литературы по строительству, 1964.

Соснин Ю. П. Газовые отопительные и отопительно-варочные печи. Изд-во МКХ РСФСР, 1960.

Соснин Ю. П. Перевод местного отопления на газовое топливо. Изд-во МКХ РСФСР, 1963.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Стр.

От издательства 3

Предисловие 5

Глава I

Общие сведения 7

Характеристика различных систем отопления . . . . . —
Теплотехнические расчеты 9
Сжигание газового топлива в отопительных установках 13
Пересчет горелок при изменении характеристик газа 17

Глава II

Газопечное отопление 21

Краткая характеристика отопительных печей . . . . . —
Газогорелочные устройства для печей 24
Переоборудование печей на периодический режим отопления 35
Переоборудование печей на непрерывный режим отопления 41
Газовые отопительные печи 47
Отопительно-варочные печи 51
Эксплуатация и ремонт печей 56

Глава III

Местные газовые отопительные приборы малой теплоемкости 60

Газовые отопительные приборы без отвода продуктов горения в дымоход . . . . . —
Газовые камины 64
Отопление газовыми инфракрасными излучателями 68

Глава IV

Квартирное газовое отопление 80

Отопление водонагревателями типа АГВ . . . . . —
Отопительные котлы ВНИИСТО-Мч 92
Газовоздушные калориферы 98

Глава V

Системы центрального отопления на газовом топливе 103

Контактный нагрев воды для отопления и горячего водоснабжения . . . . . —

Газовоздушные калориферы 111

Отопление и сушка строящихся зданий 114

Газовое отопление в сельскохозяйственном производстве . . . 121

Глава VI

Технико-экономические показатели различных систем газового отопления 127

Литература 133