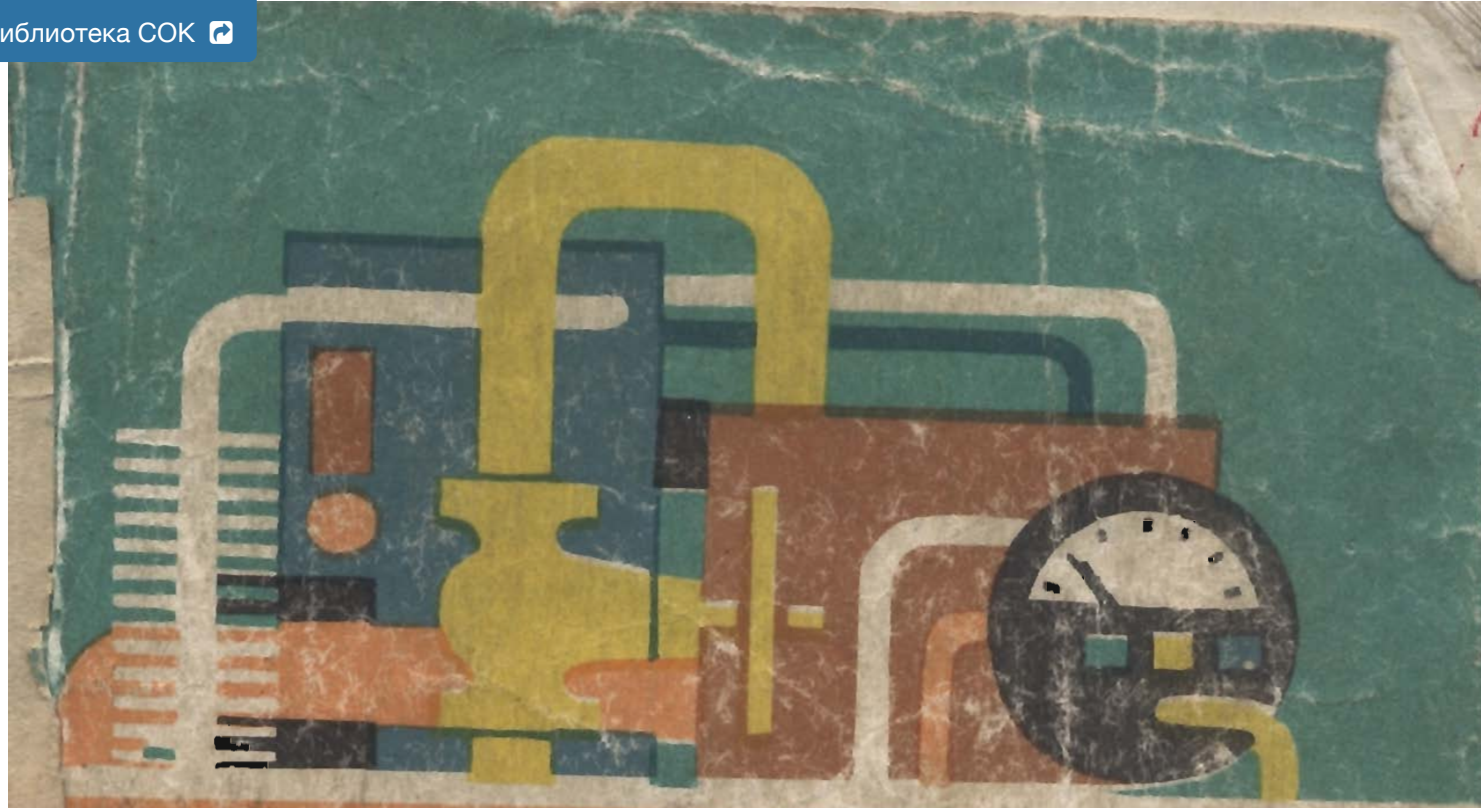
Библиотека СОК



В. П. Чеботарев

СПРАВОЧНИК РАБОТНИКА ГАЗИФИЦИРОВАННЫХ КОТЕЛЬНЫХ



ББК 31.3я2
Ч-34
УДК 697.4(031)

В справочнике обобщены основные сведения о газифицированных котельных, их эксплуатации и автоматизации, газообразном топливе и его рациональном сжигании.

Рассчитан на машинистов газифицированных котельных, мастеров, занятых наладкой, эксплуатацией и ремонтом котельных установок, учащихся техникумов и профессионально-технических училищ.

Рецензенты:
кандидат технических наук *А. Т. Курносов*;
старший научный сотрудник кафедры промышленной теплоэнергетики Днепропетровского металлургического института имени Л. И. Брежнева *В. Ф. Степаненко*

Ч $\frac{3206000000\text{-}055}{\text{M219(04)-83}}$ 42-83

© Издательство «Промінь», 1983.

За годы последних пятилеток значительно возросло жилищное, общественное, коммунально-бытовое и промышленное строительство. В связи с этим все шире развивается система центрального отопления и горячего водоснабжения: сооружаются отопительные и промышленные котельные, оснащенные сложной аппаратурой и автоматическими устройствами.

Ввод в эксплуатацию новых котельных и модернизация действующих, необходимость экономии топливных и энергетических ресурсов требуют повышения квалификации и качественной подготовки кадров, обслуживающих такие установки, так как от этого в значительной степени зависит надежная, бесперебойная и экономичная работа котельных.

В связи с тем, что во всех нормативных документах по строительству, каталогах заводов — изготовителей оборудования и материалов продолжает применяться техническая система измерения единиц МКГСС, она использована в таблицах и расчетах настоящего справочника, а в скобках дается пересчет этих величин в единицах СИ с точностью до 2%.

ГАЗООБРАЗНОЕ ТОПЛИВО И ЕГО СЖИГАНИЕ

Классификация и свойства горючих газов

Природные газы, полученные из чисто газовых месторождений, состоят в основном из метана, количество которого колеблется от 70 до 98%, и отличаются относительным постоянством состава. Сжиженные газы получают на нефтеперерабатывающих заводах из газов нефтяных и газоконденсатных месторождений. Это смесь тяжелых углеводородов, в основном пропана и бутана, которые при нормальных условиях находятся в газообразном состоянии, а при давлении 6—16 кгс/см²

(0,6—1,6 МПа) переходят в жидкое. Хранят сжиженные газы в емкостях и резервуарах, транспортируют к газораздаточным станциям (ГРС) в железнодорожных цистернах, а к потребителям — в автоцистернах или баллонах.

Искусственные горючие газы получают путем термической обработки жидкого и твердого топлива, а также как вторичный продукт коксового, доменного, сланцевого, нефтеперерабатывающего и других производств. В котельных они применяются редко: только на некоторых металлургических и коксовых заводах используют коксовый и доменный.

Применение газа имеет ряд преимуществ в сравнении с твердым топливом: отсутствие золы и выноса твердых частичек в атмосферу, высокая теплота сгорания, удобство транспортирования и сжигания. Кроме того, облегчается труд обслуживающего персонала, улучшаются санитарно-гигиенические условия и в котельной, и в прилегающих к ней районах, появляется возможность автоматизации и интенсификации рабочих процессов.

Однако использование природного газа требует особых мер предосторожности из-за возможных утечек его через неплотности в местах соединения газопроводов и арматуры. Наличие в помещении более 20% газа вызывает удушье, скопление его в закрытом объеме от 5 до 15% может привести к взрывам газовоздушных смесей, при неполном сгорании образуется ядовитая окись углерода.

Основными физико-химическими свойствами горючих газов, применяемых в котельных, являются: состав, теплота сгорания, плотность, температура горения (жаропроизводительность) и воспламенения, пределы воспламеняемости (взрываемости) и скорость распространения пламени.

В *составе* любого газообразного топлива входят горючие и негорючие вещества. К горючим относятся преимущественно водород и углерод в химических соединениях и водород в свободном состоянии: углеводороды C_nH_m, водород H_2, сероводород H_2S, окись углерода CO; к негорючим — углекислый газ CO_2, кислород O_2, азот N_2 и водяной пар H_2O.

Теплота сгорания — это количество тепла, выделяемое при полном сгорании 1 м³ газа. Измеряется в основном в ккал/м³ (кДж/м³). Различают высшую теплоту сгорания $Q_в$, когда учитывается теплота, затраченная на конденсацию водяного пара, содержащегося в продуктах сгорания; и низшую $Q_н$, когда эта теплота не учитывается,— ею обычно пользуются при расчетах.

На практике применяют газы различной теплоты сгорания. Для сравнительной оценки их качества, а также твердого или жидкого топлива применяют так называемое условное топливо, за единицу которого применяют 1 кг топлива, имеющего низшую теплоту сгорания 7000 ккал/кг (29 300 кДж/кг).

Плотность газообразного вещества — это величина, определяемая отношением массы вещества к занимаемому им объему; основная единица измерения — кг/м³. Отношение плотности газообразного вещества к плотности воздуха при одинаковых условиях (температуре и давлении) называется относительной плотностью.

Максимальная температура горения бывает теоретическая — учитывающая потери тепла на диссоциацию (распадение) продуктов сгорания (углекислого газа и водяного пара), и калориметрическая, названная Д. И. Менделеевым жаропроизводительностью,— полученная при полном сгорании газа без учета тепла, затраченного на диссоциацию продуктов сгорания.

Действительная температура горения топлива зависит от условий сжигания.

Температура воспламенения — это минимальная температура, при которой начинается процесс горения. Она не постоянная и зависит от вида и содержания газа в газовоздушной смеси, степени смешения и давления, под которым находится газовоздушная смесь, размеров и формы емкости, от других факторов.

Пределы воспламеняемости (взрываемости). Смесь газов с воздухом в одних случаях горит, а в других может взрываться. Если температура источника тепла равна температуре

воспламенения или выше ее, при приближении к газовоздушной смеси на выходе из горелки произойдет воспламенение и горение, а если источник тепла внести в замкнутый объем, заполненный газовоздушной смесью, произойдет взрыв. При этом быстро нагретые до высокой температуры продукты сгорания создают повышенное давление, достигающее 7—8 кгс/см² (0,7—0,8 МПа), что приводит к разрушению обмуровки топки котла и газоходов, другим опасным последствиям.

Границы, в которых газовоздушная смесь воспламеняется (взрывается), называют пределами воспламеняемости (взрываемости). Минимальное содержание газа, при котором возможно воспламенение или взрыв, называют нижним пределом, а максимальное, при повышении которого смесь уже не воспламеняется без дополнительного тепла извне,— верхним пределом воспламеняемости. Газовоздушная смесь, содержащая количество газа менее нижнего предела, не горит и не взрывается. Верхний предел характеризуется таким содержанием газа в газовоздушной смеси, при котором взрыв не происходит, а смесь продолжает гореть.

Данные о природных и некоторых горючих газах приведены в табл. 1 и 2.

Таблица 1. **Характеристика природных газов некоторых месторождений СССР**

Месторождение	Состав, %							Плотность, кг/м³	Низшая теплота сгорания	
	метан CH_4	этан C_2H_6	пропан C_3H_8	бутан C_4H_{10}	пентан C_5H_{12}	CO_2	азот и другие		ккал/м³	кДж/м³
Ленинградское, Краснодарский край	86,9	6	1,6	1	0,5	1,2	2,8	0,833	9 150	38 354
Северо-Ставропольское, Ставропольский край	98,7	0,33	0,12	0,04	0,01	0,1	0,7	0,727	8 520	35 695
Медвежье, Тюменская область	99	0,1	0,005	—	—	0,095	0,8	0,723	8 380	35 123
Заполярное, Тюменская область	98,5	0,2	0,05	0,01	0,001	0,5	0,7	0,729	8 430	33 482
Уренгойское, Тюменская область	97,64	0,1	0,01	—	—	0,3	1,95	0,73	8 100	34 926
Газлинское, Узбекская ССР	93	3,1	0,7	0,6	—	0,1	2,5	0,77	8 750	36 654
Ачакское, Туркменская ССР	93	3,6	0,95	0,25	0,31	0,4	1,3	0,776	8 860	37 125
Вуктыльское, Коми АССР	74,8	8,8	3,9	1,8	6,4	—	4,3	1,043	11 330	47 458
Шебелинское, Украинская ССР	93,3	4	0,6	0,4	0,3	0,1	1,3	0,772	8 930	37 405
Оренбургское, Оренбургская область (содержание H_2S—1,3%)	85	4,9	1,6	0,75	0,55	0,6	5,3	0,784	8 360	35 112

Таблица 2. Свойства некоторых горючих газов

Газ	Низшая теплота сгорания		Плотность, кг/м³	Относительная плотность
	ккал/м³	кДж/м³		
Ацетилен	13 590	57 078	1,71	0,91
Бутан	28 300	118 860	2,703	2,08
Водород	2 570	10 794	0,089	0,07
Окись углерода	3 018	12 676	1,25	0,97
Сероводород	5 610	23 562	1,539	1,19
Метан	8 500	35 931	0,717	0,55
Этан	15 226	63 949	1,357	1,04
Пропан	21 795	91 539	2,16	1,67
Природный	8 500	35 700	0,78	0,6
Коксовый	4 300	18 060	0,483	0,37
Доменный	900	3 780	1,295	1

Температура, °С		Пределы взрываемости, %		Давление при взрыве	
горения	воспламенения	нижний	верхний	кгс/см²	МПа
2 620	395—500	2,5	80	9,7	0,97
2 118	490—565	1,86	8,4	8,3	0,83
2 235	530—590	4,1	74,6	7,1	0,71
2 370	610—658	12,5	74,2	7,9	0,79
1 850	290—487	45,3	45,5	—	—
2 043	645—800	5	15	8	0,8
2 097	530—694	3,1	12,5	8,2	0,82
2 110	530—558	2,1	9,5	7,8	0,78
2 050	600—750	4,7	15	8,6	0,86
2 120	640	5,6	31	7,7	0,77
1 500	680	65	73	5,2	0,52

Требования к газу

Газ, используемый в качестве топлива, должен отвечать требованиям ГОСТ 5542—50. Содержание вредных примесей не должно превышать (в граммах на 100 м³): сероводорода — 2, аммиака — 2, цианистых соединений в пересчете на синильную кислоту — 5, смолы и пыли — 0,1, нафталина летом — 10, зимой — 5; кислорода — 1% по объему; запах нетоксичных газов должен ощущаться при содержании их в воздухе не более 1/5 нижнего предела взрываемости, а токсичных — допустимом санитарными нормами количестве.

Согласно ГОСТ 10196—62 в сжиженных газах содержание сероводорода не должно превышать 5 г на 100 м³, запах одорированного газа должен ощущаться при содержании его в воздухе 0,5% по объему.

Почти все природные и некоторые искусственные горючие газы не имеют запаха. Просачиваясь через неплотности в газопроводах и оборудовании, они могут создать опасную концентрацию в помещении или топке котла. Для своевременного обнаружения в воздухе, быстрого и точного отыскания мест утечки перед подачей потребителю в газ добавляют вещества (одоранты), обладающие резким специфическим запахом, то есть производят одоризацию. Чаще всего используют этилмеркаптан (C_2H_5SH). Практикой установлено, что на 1 м³ природного газа его нужно 16 мг, а для такого же объема сжиженного — 40 мг. Одоризация в основном производится на газораспределительных и газораздаточных станциях.

Горение газа и его регулирование

Горение — это процесс быстрого окисления горючих компонентов топлива кислородом воздуха с выделением тепла и света. Полное сгорание происходит при достаточном количестве кислорода. Недостаток его обусловливает неполное сгорание, при котором выделяются тепло (меньшее количество, чем при полном) и окись углерода, действующая

отравляюще на обслуживающий персонал; образуется сажа, которая, осаждаясь на поверхности нагрева котлов, увеличивает потери тепла, что приводит к перерасходу топлива и снижению кпд котлоагрегата; загрязняется атмосфера.

Реакция горения углеводородов с общей формулой C_nH_m описывается уравнением:

$$C_nH_m + (n + m/4)O_2 = nCO_2 + m/2H_2O.$$

В соответствии с этим можно записать реакции горения основных компонентов природного и сжиженного газов и определить необходимое количество кислорода и воздуха (табл. 3):

метан: $CH_4 + 2O_2 = CO_2 + H_2O$;
пропан: $C_3H_8 + 5O_2 = 3C_2 + 4H_2O$;
бутан: $C_4H_{10} + 6{,}5O_2 = 4CO_2 + 5H_2O$.

Однако в топку котла воздух подают с небольшим избытком. Отношение действительно расходуемого его количества $V_д$ к теоретически необходимому $V_т$ называют **коэффициентом избытка воздуха** $\alpha = V_д/V_т$. Этот показатель зависит от конструкции газовой горелки и топочного устройства: чем они

Таблица 3. **Расход кислорода и воздуха, объем продуктов сгорания некоторых горючих газов, м³/м³**

Газ	Расход		Продукты сгорания			
	кислорода	воздуха	CO_2	H_2O (пар)	N_2	всего
Водород	0,5	2,38	—	1	1,88	2,88
Окись углерода	0,5	2,38	1	—	1,88	2,88
Метан	2	9,52	1	2	7,52	10,52
Этан	3,5	16,66	2	3	13,16	18,16
Пропан	5	23,8	3	4	18,8	25,8
Бутан	6,5	30,94	4	5	24,44	33,44
Сероводород	1,5	5,98	1	1	5,64	7,64

Примечание. Для приближенных расчетов расход воздуха на горение принимается равным 1,13 м³ на 1000 ккал (4200 кДж) тепла, выделенного при сгорании.

совершеннее, тем меньше α. Необходимо следить, чтобы коэффициент избытка воздуха не был меньше 1, так как это приведет к неполному сгоранию газа. Полноту сгорания можно определить с помощью газоанализатора и визуально — по цвету и характеру пламени: фиолетово-голубое — сгорание полное, соломенно-красное, с длинными факелами — неполное.

Горение регулируется увеличением подачи воздуха в топку котла (горелку) или уменьшением подачи газа. В этом процессе используются первичный (смешивается с газом в горелке — до горения) и вторичный (соединяется с газом или газовоздушной смесью в топке котла в процессе горения) воздух.

В котлах, оборудованных диффузионными горелками без принудительной подачи воздуха, вторичный воздух под действием разрежения поступает в топку через поддувальную дверцу;

в котлах, снабженных инжекционными горелками, первичный воздух поступает в горелку за счет инжекции и регулируется регулировочной шайбой, вторичный — через поддувальную дверцу;

в нагревательных котлах со смесительными горелками первичный воздух подается в горелку вентилятором и регулируется воздушными заслонками. Подача газа регулируется рабочими кранами (задвижками), установленными непосредственно перед горелками.

КОТЕЛЬНЫЕ УСТАНОВКИ

Назначение и классификация котельных

Комплекс устройств, расположенных в специальных помещениях, предназначенных для получения тепловой энергии в виде пара или горячей воды, называется котельной установкой. По назначению их подразделяют на отопительные, производственные, производственно-отопительные и энергети-

ческие, а по масштабу обслуживания — на индивидуальные (местные), групповые, квартальные и районные.

В соответствии с Правилами Котлонадзора к помещению котельной предъявляются следующие требования: здания и конструктивные элементы должны выполняться из несгораемых материалов; чердачные надстройки не допускаются; запрещается устройство котельных под театрами, клубами, больницами, магазинами и т. п., а также внутри помещений, где бывает много людей; допускается примыкание котельного помещения к производственному, если они разделены противопожарной стеной, а двери открываются в сторону котельной; уровень пола ее нижнего этажа не должен быть ниже территории, прилегающей к зданию.

В котельной следует иметь на каждом этаже не менее двух выходов в противоположных сторонах. При площади этажа менее 200 м² и наличии пожарной лестницы, а также в одноэтажных котельных, где длина помещения вдоль фронта котлов не превышает 12 м, разрешается один выход. Во время работы нельзя запирать двери на замок или другой какой-либо запор, они должны легко открываться наружу, а из служебных, бытовых и вспомогательных производственных помещений — в сторону котельной.

Помещение обеспечивается достаточным дневным, а в ночное время — электрическим освещением. Помимо рабочего, должно быть аварийное электрическое освещение от источников питания, не зависящих от общей электроосветительной сети котельной,— оно обязательно в следующих местах: фронт котлов, проходы, площадки и лестницы между ними; тепловые щиты и пульты управления, водоуказательные и измерительные приборы; вентиляционные и дымососные площадки; помещения для баков и деаэраторов; насосное отделение.

Для котельных с площадью этажа до 250 м² в качестве аварийного освещения разрешается применять переносные фонари электрические или типа «летучая мышь».

Электролампы общего и местного освещения, подвешиваемые на высоте ниже 2,5 м над полом или площадками, должны быть напряжением не более 36 В. Лампы на 127 и 220 В допустимы при условии, если устройство осветительных приборов не позволяет производить их замену лицам, на которых это не возложено инструкцией, и защищены от случайного прикосновения к ним. При ремонте, очистке и осмотре внутренних частей котлов, топок и газоходов применяются электрические лампы напряжением 12 В. Котельные, работающие на газообразном топливе, оборудуются освещением во взрывобезопасном исполнении, выключатели находятся вне помещения.

В котельной обязательны вентиляция и отопление — для удаления излишков влаги, вредных газов и пыли, поддержания необходимой температуры; зимой в зоне постоянного пребывания людей она должна быть не ниже 12 °С, летом — не более чем на 5 °С выше температуры наружного воздуха.

К размещению котлов и вспомогательного оборудования на газовом и жидком топливе Правила Котлонадзора предъявляют следующие требования: расстояние от выступающих частей горелочных устройств до стены — не менее 1 м, между фронтом котлов и выступающими частями расположенных друг против друга топок — не менее 4 м, между горелочными устройствами — не менее 2 м; ширина прохода между котлами и выступающими их частями — не менее 0,8 м.

Типы котлов, их устройство и работа

Котлами называются устройства, имеющие топку, обогреваемые продуктами сжигаемого в ней топлива и предназначенные для получения пара или нагрева воды давлением выше атмосферного, используемых вне самих устройств.

Выпускается много разнообразных типов и конструкций котлов, которые можно разделить по следующим признакам: по вырабатываемому теплоносителю — *паровые* и *водогрейные*; по материалу — *чугунные* и *стальные*; по принципу движения теплоносителя — с *естественной* или *искусственной циркуляцией*. Паровые котлы с искусственной циркуляцией бывают

с многократным перемещением пароводяного потока и однократным (прямоточные). Водогрейные котлы любой конструкции выполняются только как прямоточные; *по давлению — низкого* (до 0,7 кгс/см²), *среднего* (от 0,7 до 39 кгс/см²), *высокого* (от 39 до 140 кгс/см²), *сверхвысокого* (свыше 140 кгс/см²).

Водогрейные котлы. Простота конструкции, небольшие размеры, возможность подбора необходимой поверхности нагрева способствовали широкому внедрению секционных котлов для отопления жилых и общественных зданий.

Чугунные секционные котлы в качестве водогрейных применяются для нагрева воды до 115 °С со статическим давлением в системе отопления, не превышающим 6 кгс/см² (0,6 МПа). Основной характеристикой этих котлов является поверхность нагрева, измеряемая в квадратных метрах. Это поверхность стенок труб или секций котла, которая с одной стороны обогревается продуктами сгорания топлива, а с другой охлаждается водой. Измеряется по газовой стороне.

Широкое применение в котельных получили чугунные секционные котлы шатрового типа с нижней топкой. К их числу относятся котлы, выпускаемые в настоящее время: КЧМ-1, «Универсал-6», «Универсал-6М», «Тула-3», «Минск-1», ГАЗ-900, а также снятые с производства, но находящиеся еще в эксплуатации «Энергия-6», «Тула-1» и др. (табл. 4). Они собираются из Р-образных секций, соединенных между собой через верхние и нижние ниппельные головки стальными коническими ниппелями, образуя пакет секций. После сборки он скрепляется стяжными болтами, имеющими на концах специальные скобы (планки). Для создания герметичности ниппели в головки устанавливаются на графитной или суриковой пасте с подмоткой асбестового шнура, пропитанного той же пастой. Зазор между секциями допускается не более 2 мм. Собранные таким образом два пакета в зеркальном изображении устанавливаются на огнеупорную кирпичную кладку, которая представляет собой топку котла и боковые газоходы.

Таблица 4. **Техническая характеристика чугунных секционных котлов**

Марка	Количество секций	Площадь поверхности нагрева, м²	Теплопроизводительность		Габаритные размеры, мм		
			Гкал/ч	МВт	длина	ширина	высота
КЧМ-1	12	8,4	0,109	0,128	890	1610	1950
	16	11,2	0,146	0,17	1145		
	20	14	0,182	0,211	1400		
«Универсал-6»	26	28,6	0,314	0,365	1737	1946	2030
	30	33	0,363	0,422	1987		
	34	37,4	0,411	0,479	2237		
	38	41,8	0,459	0,533	2487		
	42	46,2	0,508	0,59	2737		
«Универсал-6М»	18	22,4	0,197	0,228	1584	2070	2100
	38	41,8	0,49	0,569	2660		
«Энергия-6»	20	27,9	0,375	0,436	1709	2460	2390
	28	40,3	0,484	0,562	2247		
	36	52,7	0,632	0,735	2785		
«Искитим-1»	22	35	0,347	0,403	1709	2660	2630
	30	48,5	0,486	0,565	2410		
	38	62,5	0,624	0,725	2940		
«Тула-1»	16	43,2	0,432	0,502	1690	2850	2244
	22	59,4	0,594	0,69	2215		
	30	81	0,81	0,942	2745		
«Тула-3»	18	28,08	0,462	0,537	1545	2300	2361
	26	40,56	0,67	0,779	2247		
	34	53,04	0,89	1,035	2785		
«Минск-1»	18	20,8	0,75	0,872	1700	2330	2434
	34	40,6	1,05	1,121	2770		
ГАЗ-900	12	23,2	680/300	788/349	2500	900	1540
	16	31,5	927/450	1078/523	2930		
	20	39,8	1175/600	1367/698	3350		
	40	79,7	2350/1200	2733/1396	3770		

Примечание. Теплопроизводительность котлов ГАЗ-900 указана в числителе при работе на искусственной тяге, в знаменателе — на естественной.

Пакеты соединяются между собой коллекторами: через задний нижний подается обратная вода в котел на подогрев, а через передний верхний горячая поступает в систему отопления или горячего водоснабжения. На верхние ниппельные головки задних секций и нижние головки передних ставят заглушки. К передним нижним заглушкам подсоединяют сливные или продувочные линии с вентилями. Стенки котла покрываются теплоизоляционной мастикой (70% белой глины и 30% асбестовой крошки) и обмуровываются сначала огнеупорным, а затем красным кирпичом.

В топку устанавливают газовые горелки. Продукты сгорания газа поднимаются вверх, обогревая секции, заполненные водой, и, повернув на 180°, опускаются в боковые газоходы и через боров направляются в дымовую трубу. Для регулирования тяги в газоходах за котлом устанавливаются шиберы, подъем которых осуществляется с фронта котла при помощи троса, перекинутого через блочки.

Некоторые конструктивные изменения имеет новый котел «Минск-1», в котором к стяжным болтам привариваются шайбы со срезами в чередующемся порядке — они меняют направление движения воды на 180°, то есть придают ей прямоточность. Продукты сгорания газа из топки поступают в опускные каналы, откуда направляются в сборный газоход, и движутся в переднюю часть котла, вверх, попадая в межтрубные горизонтальные газоходы, и через боров направляются в дымовую трубу. При работе на искусственной тяге в горизонтальных газоходах ставят перегородки, увеличивающие путь движения продуктов сгорания, что способствует уменьшению потерь тепла.

ГАЗ-900 является автоматизированным котлоагрегатом, работающим только на газообразном топливе. В качестве водогрейного он служит для централизованного отопления и горячего водоснабжения, а при установке паросборника работает как паровой с давлением до 0,7 кгс/см² (0,07 МПа). Этот котел имеет высокий кпд (выше 90%), поставляется заводом-изготовителем в собранном виде в комплекте с газогорелочным устройством и приборами автоматики. Его можно устанавливать без фундамента непосредственно на бетонное основание пола котельной.

Стальные секционные котлы НР-18, НИИСТУ-5 и Надточия (табл. 5) собираются методом сварки из труб секций разной формы. Для увеличения поверхности нагрева к ним приваривают стальные пластины. В основном котлы работают как водогрейные с нагревом воды до 95 °С, а при установке паросборника и соответствующей арматуры применяются для получения пара с давлением до 0,7 кгс/см² (0,07 МПа). Котлы обмуровывают кирпичом.

Котлы ТВГ (теплофикационные, водогрейные, газовые) применяются в основном двух типоразмеров — ТВГ-4Р и ТВГ-8М. Они имеют одинаковое устройство и отличаются только габаритами (рис. 1). Котлы прямоточные, секционные,

Таблица 5. **Техническая характеристика стальных секционных котлов**

Марка	Количество секций	Площадь поверхности нагрева, м²	Теплопроизводительность, Мкал/ч	Габаритные размеры, мм		
				длина	ширина	высота
НР-18	16	27	324	1860	2385	2600
	24	40	480	2420		
	32	53	636	2980		
Надточия, модель 3	3	20	240	1560	1800	2350
	4	29	348	1960		
	5	38	456	2360		
	6	47	564	2760		
НИИСТУ-5	4	25,2	306	2015	2105	2800
	5	32,3	392	2465		
	6	39,4	479	2915		
	7	46,5	565	3365		

оборудуются отдельными дымососами и вентиляторами. Имеют две поверхности нагрева. Радиационная выполнена из пяти топочных секций (экранов), две из которых односветные, три — двухсветные. Они образуют четыре отсека, в которые устанавливают газовые подовые (щелевые) горелки. Каждый топочный экран состоит из верхнего и нижнего коллекторов, в которые вварено по 40 вертикальных труб диаметром 51×2,5 мм. Чтобы создать два хода движения воды, верхние коллекторы каждого топочного экрана посредине имеют перегородки.

Конвективная поверхность нагрева состоит из двух секций с верхними и нижними коллекторами, соединенными между собой восемью стояками, в каждый из которых вварено по четыре тройных змеевика диаметром 25 мм. Для направления движения воды по змеевикам в стояках есть перегородки.

Потолочный экран, переходящий во фронтовой, состоит из 32 труб диаметром 51×2,5 мм и имеет передний (нижний) и задний (верхний) коллекторы. Циркуляция воды в котлах ТВГ осуществляется таким образом: обратная вода из теплосети поступает во входные нижние коллекторы и двумя потоками движется по стоякам и змеевикам конвективной поверхности нагрева, поступает в верхние коллекторы, а затем, повернув на 90°, движется по 16 средним трубам потолочного экрана и поступает в передний коллектор с перегородкой посредине — вода разветвляется вправо и влево, движется по 16 крайним трубам потолочного экрана, попадает в его задний коллектор, смешивается и уже одним потоком через перепускные трубы поступает в заднюю часть верхнего коллектора топочного экрана, затем движется вниз по 20 экранным трубам и поступает в нижний коллектор, перемещается по нему вперед и, двигаясь вверх, поступает в переднюю часть верхнего коллектора, через перепускные трубы (калачи) переходит в следующий топочный экран и таким образом последовательно проходит все, нагревается и подается в теплосеть (табл. 6).

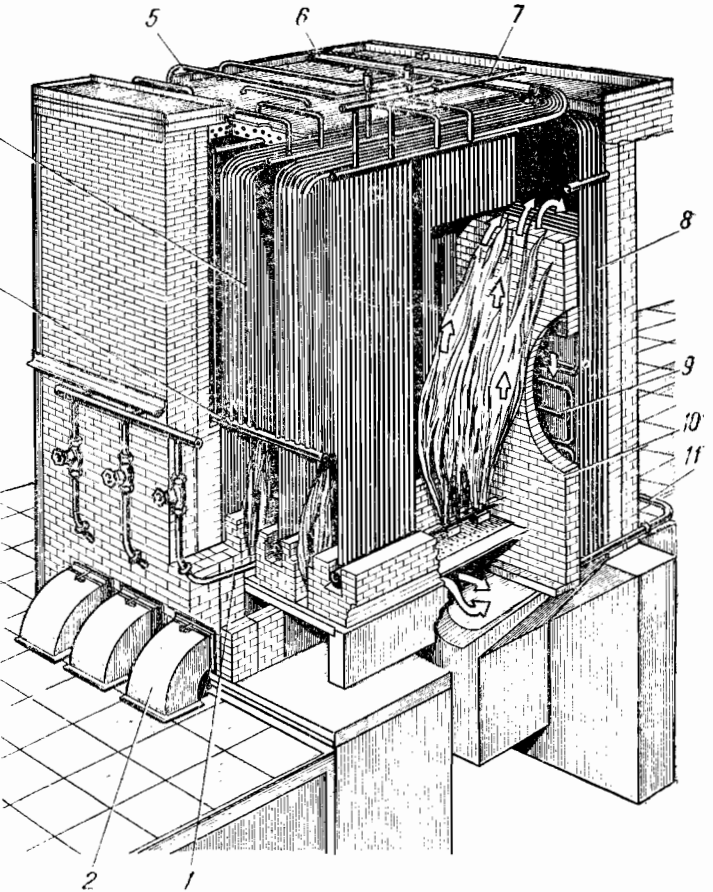


Рис. 1. Водогрейный котел ТВГ-8М:

1 — газовые горелки; *2* — воздуховоды; *3* — передний коллектор; *4* — труба потолочного переходящего во фронтовой экрана; *5* — перепускные трубы; *6* — задний коллектор; *7* — трубопровод выхода горячей воды; *8* — трубы конвективной поверхности нагрева (стояки); *9* — змеевики; *10* — перегородка из огнеупорного кирпича; *11* — трубопровод входа обратной воды.

Таблица 6. **Техническая характеристика котлов ТВГ**

Показатели	ТВГ-4Р	ТВГ-8М
Мощность, Гкал/ч (МВт)	4,3(5)	8,3(9,6)
Температура воды, °С		
на выходе	150	150
на входе	70	70
Давление воды, кгс/см² (МПа)		
максимальное	14(1,4)	14(1,4)
минимальное	8(0,8)	8(0,8)
Водяной объем, м³	2,8	4
Расход газа (природного), м³/ч	557	1100
Площадь поверхности нагрева, м²		
радиационная	35,5	76
конвективная	54,8	109,6
КПД котла при максимальном режиме, %	90	90
Габаритные размеры, мм		
длина	3410	4870
ширина	3840	3840
высота	3970	4650

Котлы ПТВМ (пиковые, теплофикационные, водогрейные газомазутные) (табл. 7) применяются нескольких типоразмеров. ПТВМ-30 (рис. 2) работает по П-образной схеме и имеет теплопроизводительность при работе на газе 40 Гкал/ч (46,5 МВт), а на мазуте — 35 Гкал/ч (40,7 МВт). Поверхности нагрева соединены между собой поворотной камерой. Радиационная поверхность состоит из фронтового, заднего и боковых топочных экранов, конвективная — из заднего и боковых экранов. В боковые вварены два пакета змеевиков из труб диметром 28×3 мм с шагом 64 и 40 мм. Стенки радиационной поверхности нагрева и задняя стенка конвективной экранированы трубами диаметром 60×3 мм с шагом 64 мм, а боковые стенки конвективной — трубами диаметром 83×4 мм с шагом 128 мм.

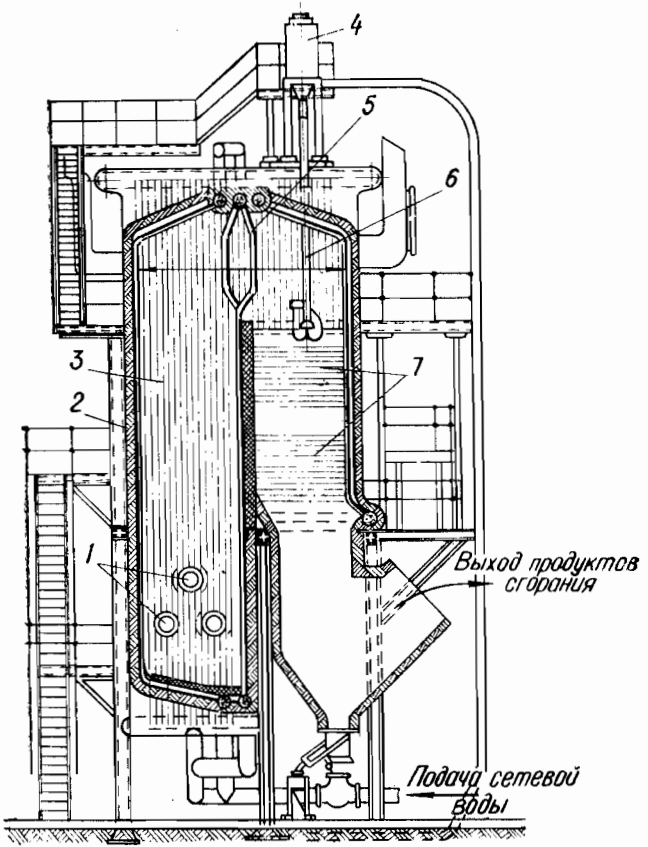


Рис. 2. Водогрейный котел ПТВМ-30М:
1 — газомазутные горелки; *2* — каркас; *3* — топочная камера; *4* — дробеочистительное устройство; *5* — фестон; *6* — поворотная камера; *7* — змеевики.

Таблица 7. **Техническая характеристика котлов ПТВМ**

Показатели	ПТВМ-30М	ПТВМ-50	ПТВМ-100
Мощность, Гкал/ч (МВт)	35—40(40,7—46,5)	50(58)	100(116)
Температура воды при основном режиме, °С			
на выходе	150	150	150
на входе	70	70	70
Температура воды при пиковом режиме, °С			
на выходе	150	150	150
на входе	104	100—110	100—110
Давление воды, кгс/см² (МПа)			
максимальное	20(2)	25(2,5)	25(2,5)
минимальное	8(0,8)	8(0,8)	8(0,8)
Водяной объем, м³	13	16	30
Расход воды, м³/ч			
при основном режиме	375	625	1 250
при пиковом режиме	750	1 200	2 140
Площадь поверхности нагрева, м²			
радиационная	129	138	224
конвективная	698	1 110	2 960
КПД котла при максимальном режиме, %	90	88	88
Количество горелок	6	12	16
Расход газа, м³/ч	5 130	6 550	13 280
Расход мазута, кг/ч	4 830	6 170	11 769
Габаритные размеры, мм			
длина	9 360	9 200	11 200
ширина	8 240	8 680	10 620
высота	12 280	12 540	11 600

ПТВМ-30М с нижним подводом и отводом воды. Для направления ее движения по заданной схеме соответствующие коллекторы имеют перегородки. Продукты сгорания из топки поднимаются вверх и через фестон заднего экрана направляются в конвективную поверхность нагрева и, отдав часть своего тепла, через газоходы поступают в дымовую трубу.

ПТВМ-50 и ПТВМ-100 предназначены для выработки перегретой воды с расчетным температурным перепадом при основном режиме 70—150 °С и при пиковом — 100—150 °С. Котлы прямоточные, с башенной компоновкой. Радиационная поверхность нагрева представляет собой топочную камеру, экранированную со всех сторон трубами диаметром 60×3 мм; эта камера почти квадратной формы с размерами 4160×4180 мм в котлах ПТВМ-50 и 6200×6230 мм в котлах ПТВМ-100. Конвективная поверхность нагрева котлов располагается непосредственно над топкой, выполняется однотипной и отличается только числом секций и длиной змеевиков. В стояки секций вваривают змеевики. Для направления движения по ним воды в стояках имеются перегородки. Змеевики выполняются из труб диаметром 28×3 мм. В котлах ПТВМ-50 секция состоит из 24 змеевиков, в котлах ПТВМ-100 — из 28. Обмуровка котла облегченная — натрубная. Очистка поверхностей нагрева от сажи осуществляется обмывкой щелочной водой давлением не более 2,5 кгс/см² (0,25 МПа). Для отвода обмывочной воды в нижней части топки имеется желоб с двумя отводами диаметром 150 мм.

Циркуляция воды в котлах ПТВМ-50 может осуществляться по четырехходовой (основной режим) и двухходовой (пиковый режим) схемам. При четырехходовой вода подается только в один нижний коллектор и последовательно проходит все экраны радиационной и конвективной поверхностей нагрева, совершая при этом ряд подъемных и опускных движений, и отводится в теплосеть также через один нижний коллектор. При двухходовой схеме вода одновременно подается в два нижних коллектора, поднимается вверх, проходя фронтовой экран и конвективный пучок (змеевики),

поступает в верхние коллекторы и, разветвившись вправо влево, опускается по левым и правым боковым экранам через четыре нижних коллектора подается в теплосеть.

Для сжигания топлива котел ПТВМ-50 оборудован а ПТВМ-100 — 16 газомазутными горелками ГМГ, которы устанавливаются в топку со стороны боковых топочны экранов, соответственно по шесть или восемь с каждой ст роны, с индивидуальными дутьевыми вентиляторами.

Котлы с башенной компоновкой работают на естественно тяге, создаваемой дымовой трубой, высота которой от уро ня земли должна быть не менее 55 м; труба располагает над котлом и крепится к его каркасу. Котлы устанавлива ются полуоткрыто: нижняя часть до отметки 6—7 м в по мещении, остальная — на открытом воздухе.

Паровые котлы. В соответствии с ГОСТ 3619—69 паровы стационарные котлы регламентируются по паропроизводи тельности — от 0,16 до 2500 т/ч (0,044—695 кг/с) и давле нию — от 9 до 255 кгс/см² (0,9—25,5 МПа).

ГОСТ предусматривает следующую маркировку паровы котлов: **Пр** — с принудительной циркуляцией без перегре пара; **Е** — с естественной циркуляцией с перегревом и бе перегрева пара; **Е** — с естественной циркуляцией с перегре вом и промежуточным перегревом пара; **П** — прямоточные перегревом и промежуточным перегревом пара. К обозначе нию типа котлов добавляется паропроизводительность в т/ абсолютное (в котлах выпуска до 1963 г. — избыточное давление в кгс/см²; буквой обозначается топка для сжига ния: **Г** — газа, **М** — мазута, **С** — твердого топлива в слое **К** — комбинированное сжигание топлива. Цифра в скобка обозначает температуру перегретого пара.

Паровые котлы с естественной циркуляцией перед включе нием их в работу заполняются водой до нижнего уровня п водоуказательному прибору. При работе агрегата над водо образуется пар, поэтому пространство, занятое водой, назы вают водяным, а занятое паром — паровым. Поверхность воды, разделяющая их, именуется зеркалом испарения

Для безаварийной работы паровых котлов очень важно следить за месторасположением огневой линии — наивысшей линии поверхности нагрева. Согласно правилам Госгортехнадзора она должна располагаться ниже нижнего уровня воды по водоуказательному прибору не менее чем на 100 мм. Эта величина может быть уменьшена, если это оговорено в паспорте (инструкции) завода-изготовителя. Простейшим паровым котлом может служить чугунный или стальной секционный водогрейный котел с установленным над ним паросборником с соответствующей арматурой.

Вертикально-цилиндрические котлы имеют небольшую паропроизводительность — до 1 т/ч (0,272 кг/с) и рабочее давление пара не более 8 кгс/см² (0,8 МПа). Они вырабатывают насыщенный пар, поэтому их целесообразно применять в котельных небольших промышленных и коммунально-бытовых предприятий, а также для систем отопления (табл. 8).

ММЗ-0,8-8 состоит из двух цилиндров — внутреннего и наружного, которые в нижней части соединены плоским утор-

Таблица 8. **Техническая характеристика вертикально-цилиндрических котлов**

Показатели	ММЗ-0,8-8	ВГД-28-8	ТМЗ-1-8
Паропроизводительность, т/ч (кг/с)	0,8 (0,222)	0,7 (0,195)	1 (0,278)
Рабочее давление пара кгс/см² (МПа)	8 (0,8)	8 (0,8)	8 (0,8)
Поверхность нагрева, м²	25	28	33,4
Водяной объем, м²	1,78	2,7	2,79
Диаметр и толщина стенки наружного цилиндра, мм	1416×8	1526×7	1526×7
Количество труб (51×2,5 мм) кипятильных	78	33	72
газовых	—	64	64
Объем топки, м³	1,47	1,5	1,4

ным кольцом, а сверху двумя сферическими днищами, в которые в верхней части вваривается дымогарная труба с шибером для регулирования тяги. Полость внутреннего цилиндра при работе на газообразном топливе является продолжением топки котла. Для создания большей поверхности нагрева и улучшения циркуляции воды в стенки внутреннего цилиндра со стороны топки под углом 5° вальцованы кипятильные трубы диаметром 51×2,5 мм. В средней части имеется меньшее количество кипятильных труб, что дает возможность применять устройство для обдувки труб и внутреннего цилиндра от сажи. Для очистки кипятильных труб от накипи имеются два люка, расположенные с противоположных сторон.

Для установки газовых горелок делают выносную топку под котлом. Внутри топки выкладывают горку из битого огнеупорного кирпича на растворе. Вода подается через питательную линию с вентилем и обратным клапаном. Для определения ее уровня имеются водоуказательные стекла, водопробные краны и сигнализаторы предельных уровней. Пружинный манометр, предназначенный для определения давления пара, подсоединяется к паровому пространству через сифонную трубку с трехходовым краном. В сферическом днище наружного барабана имеются штуцеры для установки главного парозапорного вентиля и предохранительных клапанов.

Котлы ВГД и ТМЗ по техническим данным отличаются мало. ТМЗ-1-8 выше и имеет большее количество труб; в отличие от ММЗ, в нем вместо одной установлено несколько газовых труб и вместо двух газонаправляющих перегородок — одна, а также пароосушитель.

Вертикально-цилиндрические котлы работают на естественной тяге, создаваемой дымовой трубой высотой 15—25 м, которая может устанавливаться непосредственно на дымовую коробку котла или на специальный цоколь; в последнем случае соединяются стальным коленом. Эти агрегаты отличаются простотой конструкции, компактностью, транспортабельностью, отсутствием тяжелой кирпичной обмуровки. К недостаткам можно отнести трудность очистки от накипи и сажи, сложность ремонта кипятильных и газовых труб, ненадежную конструкцию соединения с помощью уторных колец (особенно плоских), плохую циркуляцию воды, высокую температуру уходящих продуктов сгорания и др. Из-за этого имеющиеся в эксплуатации паровые котлы постепенно заменяются новыми, усовершенствованными автоматизированными микрокотлами.

МЗК (Е-1/9Г) (рис. 3) — автоматизированные, вертикально-цилиндрические, паропроизводительностью 1 т/ч (МЗК-7Г) и 0,4 т/ч (МЗК-8Г), с абсолютным давлением 9 кгс/см² (0,9 МПа). МЗК-7Г (Е-1/9Г) состоит из верхней и нижней кольцевых камер, соединенных между собой прямыми вертикальными трубами, которые размещаются в шахматном порядке, образуя конические окружности. Внутренний ряд экранных труб диаметром 38×4 мм образует цилиндрическую топочную камеру (радиационную поверхность нагрева), шаг между ними позволяет вваривать их в кольцевые коллекторы. Соединенные мембранами, они образуют газоплотную топочную камеру, для выхода продуктов сгорания оставлены промежутки. Наружный ряд труб диаметром 38×2,5 мм образует конвективную поверхность нагрева.

Для осмотра, чистки и ремонта котла на камерах есть трубные решетки и съемные крышки. На верхней крышке имеются штуцеры для установки главного парозапорного вентиля и предохранительных клапанов, на верхней камере установлены пружинный манометр, водоуказательные стекла и уровнемерная колонка. Для периодической продувки котла в нижней кольцевой камере имеются две продувочные линии с вентилями.

Котел оборудован газовой горелкой Г-1. Топка работает под наддувом. Воздух подается дутьевым вентилятором в канал газовой обшивки, затем, пройдя воздуховод и воздушный регистр, поступает в горелку. Питание водой осуществляется питательным насосом.

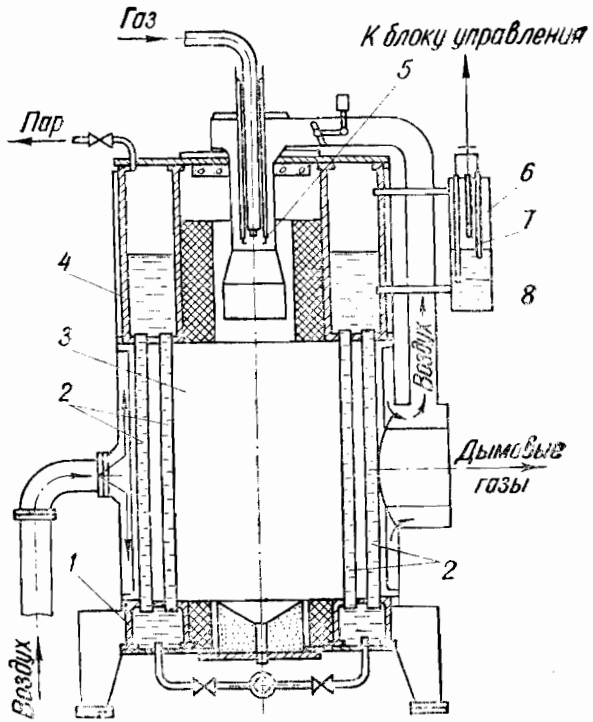


Рис. 3. Паровой котел МЗК-7Г (Е-1/9Г):

1 — нижняя кольцевая камера; *2* — трубные пучки; *3* — трубы; *4* — верхняя кольцевая камера; *5* — газовая горелка; *6* — уравнительная колонка; *7* — электрод нижнего уровня; *8* — электрод аварийного уровня.

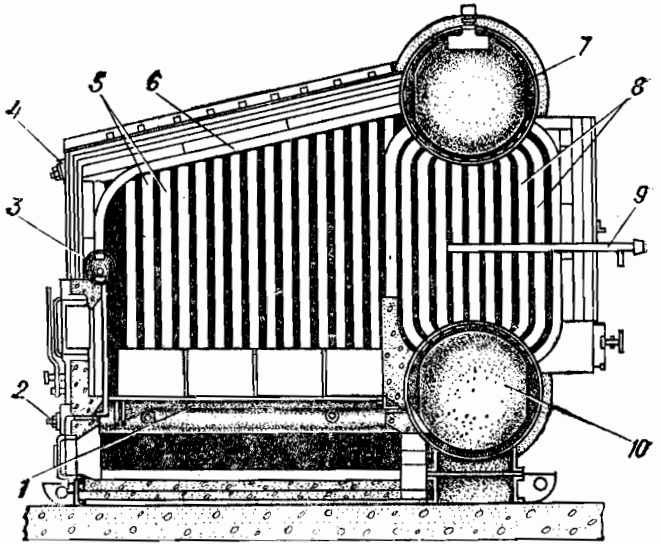


Рис. 4. Паровой котел ММЗ (Е-1/9-1Г):

1 — подгорелочный колосниковый лист; *2* — нижний коллектор; *3* — передний коллектор; *4* — верхний коллектор; *5* — экранные трубы; *6* — трубы потолочного экрана, переходящего во фронтовой; *7* — верхний барабан; *8* — трубы конвективного пучка; *9* — обдувочное устройство; *10* — нижний барабан.

ММЗ (Е-1/9-1Г) (рис. 4) — автоматизированные, паропроизводительностью 1 т/ч (0,278 кг/с) (табл. 9) относятся к водотрубным двухбарабанным с естественной циркуляцией воды. ММЗ состоит из верхнего и нижнего барабанов, соединенных между собой трубами, образующими конвективную поверхность нагрева. В барабаны вварниваются по два коллектора, которые соединяются между собой экранными трубами, образуя правый и левый топочный экраны. Противоположные концы труб потолочного, переходящего во фронтовой, экрана вварены в верхний барабан и в передний коллектор, соединенный для циркуляции воды с нижними коллекторами двумя циркуляционными трубами. Между трубами конвективной поверхности нагрева установлены две перегородки из жаростойкой стали, которые меняют направление потока продуктов сгорания, что способствует улучшению теплообмена.

Таблица 9. **Техническая характеристика котлов МЗК и ММЗ**

Показатели	МЗК-8Г (Е-0,4/9Г)	МЗК-7Г (Е-1/9Г)	ММЗ (Е-1/9-1Г)
Паропроизводительность, т/ч (кг/с)	0,4 (0,111)	1 (0,278)	1 (0,278)
Давление, кгс/см² (МПа)			
абсолютное	9 (0,9)	9 (0,9)	9 (0,9)
рабочее	8 (0,8)	8 (0,8)	8 (0,8)
Влажность, пара, %	2	2	2
Поверхность нагрева, м²	7,4	17,1	30
Водяной объем, м³	0,19	0,39	1,05
Объем топочной камеры, м³	0,27	0,61	2,24
Температура питательной воды, °С (не менее)	56	56	56
Расход газа, м³/ч	36	90	90
КПД, %	86	86	86

На сферическом днище верхнего барабана размещены два водоуказательных стекла, уровнемерная колонка и штуцер для присоединения питательной линии, а в верхней части — два предохранительных клапана, манометр и паропроводящий штуцер, на котором устанавливается главный парозапорный вентиль. Внутри верхнего барабана сепарационное устройство и труба ввода питательной воды. На нижнем барабане и нижних коллекторах имеются штуцеры для подсоединения продувочных линий. Трубная часть собрана на одной общей раме. Котел оборудован автоматикой типа АМК.

Котлы ДКВР (двухбарабанные вертикально-водотрубные реконструированные) предназначены для выработки насыщенного и перегретого пара. Они реконструированы из котлов ДКВ и в отличие от них имеют меньшие габариты (короче верхний и нижний барабаны, поперечный шаг кипятильных труб уменьшен со 130 до 110 мм, а продольный шаг — со 115 до 100 мм), но прежнюю паропроизводительность.

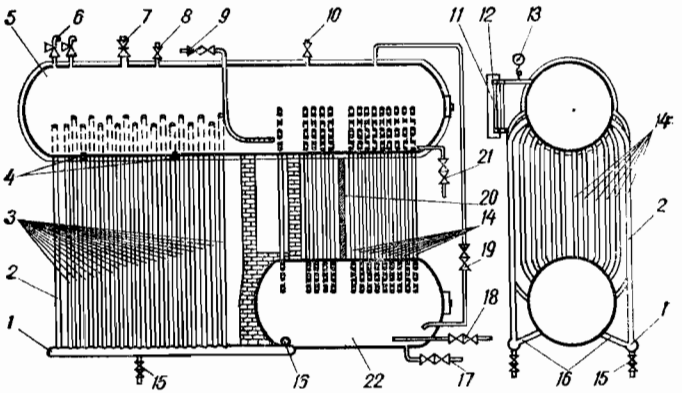


Рис. 5. Паровой котел ДКВР-6,5-13:

1 — нижние боковые коллекторы; *2* — водоопускные трубы; *3* — экранные трубы; *4* — легкоплавкие пробки; *5* — верхний барабан; *6* — предохранительные клапаны; *7* — главный парозапорный вентиль; *8* — линия собственных нужд; *9* — питательная линия с вентилем и обратным клапаном; *10* — воздушная линия; *11* — водоуказательные стекла; *12* — уровнемерная колонка; *13* — манометр; *14* — трубы конвективного пучка; *15* — вентили на продувочных линиях нижних боковых коллекторов; *16* — перепускные трубы; *17* — сливная линия с вентилями; *18* — линия периодической продувки нижнего барабана; *19* — линия подогрева нижнего барабана с вентилем и обратным клапаном; *20* — чугунная перегородка; *21* — линия постоянной продувки котла с двумя вентилями; *22* — нижний барабан.

ДКВР-6,5-13 (рис. 5) состоит из продольно расположенных верхнего и нижнего барабанов, соединенных рядами кипятильных труб, образующих конвективную поверхность нагрева. На уровне нижнего барабана установлены боковые коллекторы, от которых идут перепускные трубы. Верхний барабан с боковыми коллекторами соединяется в районе топки экранными трубами, в передней части — водоопускными.

В котле устанавливаются две шамотные перегородки, образуя топку котла и камеру догорания, а чугунная перегородка делит пространство конвективного пучка труб на два газохода — первый и второй. Перегородки выполнены таким образом, что продукты сгорания омывают трубы конвективного

пучка поперечным потоком, что дает возможность эффективнее использовать тепло. В котлах с пароперегревателями последний размещается в первом газоходе после второго или третьего ряда кипятильных труб — часть их для размещения пароперегревателя не устанавливается.

В средине верхнего барабана есть сепарационное устройство (пар, отделившись от капелек воды, подается потребителю), а сверху установлены водоуказательные стекла, сигнализатор предельных уровней, пружинный манометр и предохранительные клапаны. Питание котла водой осуществляется через верхний барабан, для этого в нем смонтированы две перфорированные трубы (в котлах паропроизводительностью 2,5 т/ч — одна труба). Кроме того, здесь имеются штуцеры для подсоединения линий непрерывной продувки и подогрева нижнего барабана, где размещены перфорированная труба для периодической продувки и труба для выпуска воды при ремонте. Боковые коллекторы также имеют линии периодической продувки.

ДКВР-10-13 (рис. 6) имеют дополнительные коллекторы: передний соединяется с верхним барабаном водоопускными и экранными трубами, задний — с нижним барабаном водоопускными трубами, а с верхним — экранными. Оба коллектора имеют линии периодической продувки. Циркуляция воды естественная. В котлах паропроизводительностью 2,5, 4 и 6,5 т/ч (0,695, 1,112 и 1,807 кг/с) вода циркулирует по следующим контурам: первый: верхний барабан→правая водоопускная труба→часть парового бокового коллектора→→часть правых экранных труб→верхний барабан; второй: верхний барабан→левая водоопускная труба→часть левого бокового коллектора→часть левых экранных труб→верхний барабан; третий: верхний барабан→последние 2—3 ряда кипятильных труб→нижний барабан→остальные кипятильные трубы→верхний барабан; четвертый: нижний барабан→→правая перепускная труба→остальная часть правого бокового коллектора→остальные правые экранные трубы→верхний барабан; пятый: нижний барабан→левая перепускная труба→остальная часть левого бокового коллектора→остальные левые экранные трубы→верхний барабан.

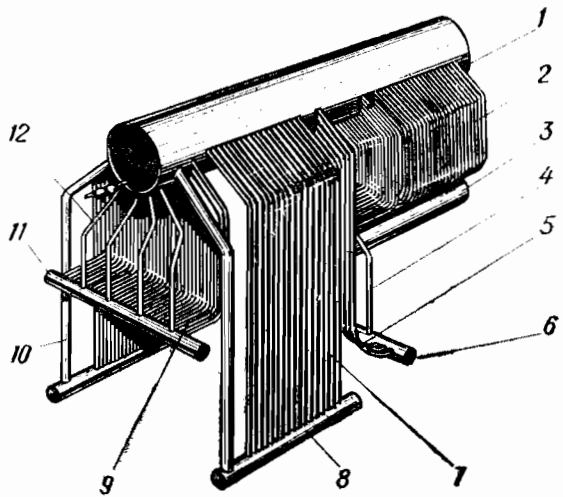


Рис. 6. Паровой котел ДКВР-10-13:
1 — верхний барабан; *2* — конвективный пучок труб; *3* — нижний барабан; *4, 10, 12* — водоопускные трубы; *5, 7, 9* — экранные трубы; *6* — задний коллектор; *8* — нижние боковые коллекторы; *11* — передний коллектор.

Контуры циркуляции воды в котлах ДКВР паропроизводительностью 10 т/ч (2,87 кг/с) следующие: первый: верхний барабан→водоопускные трубы переднего коллектора→→передний коллектор→экранные трубы переднего коллектора→верхний барабан; второй: верхний барабан→правая водоопускная труба→правый боковой коллектор→правые экранные трубы→верхний барабан; третий: верхний барабан→левая водоопускная труба→левый боковой коллектор→→левые экранные трубы→верхний барабан; четвертый: верхний барабан→последние 3—4 ряда кипятильных труб→→нижний барабан→остальные кипятильные трубы→верхний

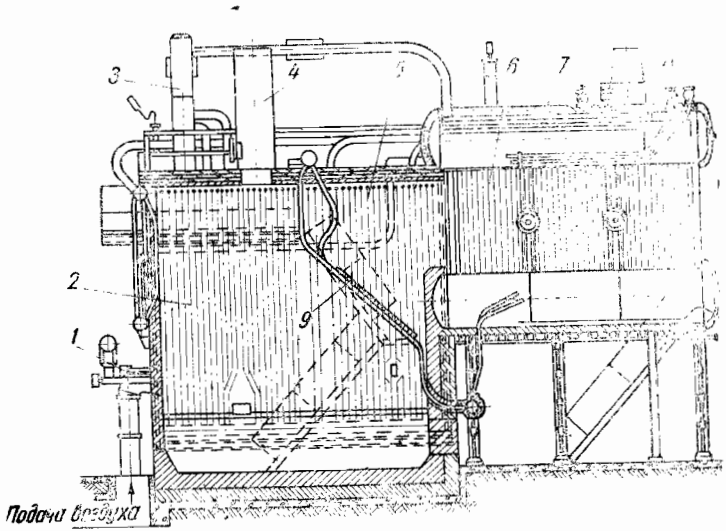


Рис. 7. Паровой котел ДКВР-20-13:

1 — газомазутная горелка; *2* — передний топочный блок; *3* — выносные циклоны; *4* — взрывные клапаны; *5* — второй топочный блок; *6* — трубы конвективного пучка; *7* — верхний барабан; *8* — нижний барабан; *9* — задний экран.

барабан; пятый: нижний барабан→водоопускные трубы заднего коллектора→задний коллектор→экранные трубы заднего коллектора→верхний барабан.

В *котлах ДКВР-20-13* (рис. 7) верхний и нижний барабаны одинаковой длины — по 4,5 м, диаметр 1026×13 мм, перегородок нет, то есть применена пролетная схема движения продуктов сгорания.

Котлы ДКВР паропроизводительностью 20 т/ч (5,56 кг/с) состоят из трех основных топочных блоков. В первый блок входят фронтовой и два передних боковых экрана, переходящие в верхней части в потолочный; во второй — два задних боковых экрана, также переходящие в потолочный и задний; в третий — верхний и нижний барабаны и конвективный пучок труб. Основными конструктивными узлами котла являются топочная камера, экранная поверхность нагрева, барабаны с конвективным пучком труб, выносные циклоны, газоходы и воздуховоды.

Радиационная поверхность нагрева состоит из фронтового, боковых, заднего и потолочного экранов. Рециркуляционные трубы фронтового экрана вынесены на фронт котла. Топочная поверхность экранов состоит из скрещивающихся под потолком топки труб диаметром 51×2,5 мм. Верхний коллектор левого бокового экрана связан с нижним коллектором правого экрана рециркуляционными трубами, расположенными в обмуровке котла.

Задний топочный экран состоит из 20 труб диаметром 51×2,5 мм. В топочном пространстве на высоте 1600 мм задний экран закрыт асбестовым листом и шамотным кирпичом, экран расположен наклонно в сторону топки. Внутри верхнего барабана расположено сепарационное устройство, обеспечивающее равномерную нагрузку поверхности испарения в паровом пространстве барабана. По всей его длине по окружности расположены отбойные листы для гашения скорости входа пароводяной смеси.

С обеих сторон передних боковых экранов установлены выносные циклоны, представляющие собой вертикально расположенные трубы диаметром 325 мм, в которые из переднего коллектора по тангенциально подведенным трубам поступает пароводяная смесь. Для лучшей сепарации пара в верхней части циклона расположен дырчатый лист.

Продукты сгорания газа выходят из котла и поступают в экономайзер, а затем дымососом направляются в дымовую трубу. Воздух для горения газа и мазута подается в топку дутьевым вентилятором.

Перечисленные конструктивные особенности, применение в этой модификации котлоагрегата двухступенчатого испарения воды позволяют уменьшить долю непрерывной продувки и улучшить качество пара при работе на питательной воде с

повышенным солесодержанием и щелочностью. В первую ступень испарения входят задние боковые и фестонный, фронтовой экраны, во вторую ступень — передние боковые экраны и выносные циклоны.

Первоначальное заполнение водой циркуляционных контуров производится в такой последовательности. Вода через питательную линию подается в верхний барабан и по трубам конвективного пучка поступает в нижний барабан, из которого начинается заполнение задних боковых и фестонного экранов; затем вода поступает в выносные циклоны, из них — в передние боковые экраны; фронтовой экран заполняется из верхнего барабана в последнюю очередь.

Циркуляция пароводяной смеси первой ступени: горячая вода из нижних коллекторов заднего бокового, фронтового и заднего фестонного экранов поднимается по подъемным трубам в верхние коллекторы, оттуда по двум трубам каждого из них отводится в верхний барабан.

Пароводяная смесь второй ступени циркулирует иначе: вода из нижнего барабана поступает в выносные циклоны, из которых осуществляется питание передних боковых экранов, из нижних коллекторов передних боковых экранов пароводяная смесь поднимается в верхние коллекторы и по трубам поступает в циклоны, где происходит отделение пара от влаги: пар поступает в верхний барабан, вода — в передние экраны. Наличие циркуляционных труб, соединяющих накрест верхние и нижние коллекторы боковых экранов, способствует улучшению качества пара, отводимого в циклоны и верхний барабан.

Техническая характеристика котлов ДКВР приведена в табл. 10.

Паровые котлы ДКВР применяются и в отопительных котельных. Для этого их переводят на водогрейный режим, устанавливают над ними водоподогреватели (бойлеры), и котлы работают по схеме котел-бойлер.

Наиболее распространенная схема отопления показана на рис. 8. Остывшая в теплосети вода сетевым насосом подается в экономайзер, подогревается на 8—10 °С и направляется в водоподогреватель, куда из котла поступает пар. Нагретая до 130—150 °С вода снова подается в теплосеть, а сконденсировавшийся в водоподогревателе пар стекает в нижний барабан. Надежность слива конденсата обеспечивается разностью уровней водоподогревателя и оси барабана не менее чем 1,5 м.

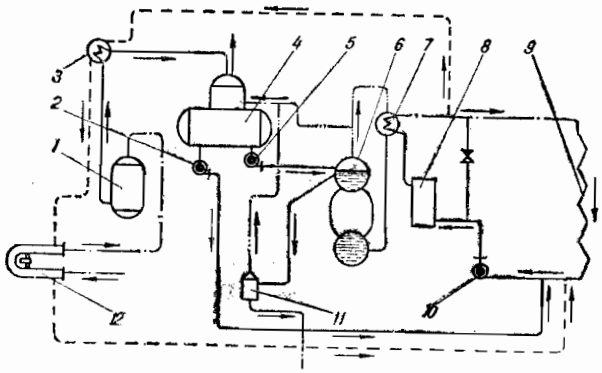


Рис. 8. Схема пароводогрейной котельной с котлами-бойлерами:

1 — катионитовый фильтр; *2, 5* — насосы подпиточные; *3, 7, 12* — водоподогреватели; *4* — деаэратор; *6* — паровой котел; *8* — экономайзер; *9* — теплосеть; *10* — насос циркуляционный; *11* — сепаратор непрерывной продувки.

Так как эта схема замкнутая, то потери воды незначительны, и котел подпитывается не более двух раз в смену. Это исключает необходимость непрерывной продувки — достаточно периодической.

Котлоагрегаты ГМ-50-14(250) — паропроизводительность 50 т/ч (13,9 кг/с), абсолютное давление 14 кгс/см² (1,4 МПа), температура перегретого пара 250 °С — включает двухбарабанные вертикально-водотрубные котлы и экранированную со всех сторон топку, выполнены по П-образной схеме (рис. 9). Радиационная поверхность нагрева образует топочную камеру

Таблица 10. Техническая характеристика котлов ДКВР

Показатели	ДКВР-2,5-13	ДКВР-4-13	ДКВР-4-13 (250)	ДКВР-6,5-13 ДКВР-6,5-23	ДЕВР-6,5-13 (250) ДКВР-6,5-23 (250)	ДКВР-10-13 ДКВР-10-23	ДКВР-10-13 (250) ДКВР-10-23 (370)	ДКВР-20-13 ДКВР-20-23	ДЕ-20-13 (370)
Паропроизводительность, т/ч (кг/с)	2,5 (0,695)	4 (1,112)	4 (1,112)	6,5 (1,807)	6,5 (1,807)	10 (2,78)	10 (2,78)	20 (5,56)	20 (5,56)
Рабочее давление, кгс/см² (МПа)	13 (1,3)	13 (1,3)	13 (1,3)	13/23 (1,3/2,3)	13/23 (1,3/2,3)	13/23 (1,3/2,3)	13/23 (1,3/2,3)	13/23 (1,3/2,3)	13 (1,3)
Площадь поверхности нагрева, м²									
радиационная	16,7	21	21	21	27	37	37	59,7	59,7
конвективная	58	99	88	171	151	227	202	301	284
Объем котла, м³									
водяной	3,92	5,28	5,28	7,38	7,38	9,04	9,04	10,5	10,5
паровой	1,5	1,98	1,98	2,43	2,43	2,56	2,56	1,8	1,8
Диаметр труб, мм									
экранных и кипятильных	51×2,5	51×2,5	51×2,5	51×2,5	51×2,5	51×2,5	51×2,5	51×2,5	51×2,5
передних опускных и пароперегревателей	127×4	140×4,5	140×4,5 32×3	159×4,5	159×4,5 32×3	159×4,5	159×4,5 32×3	159×4,5	159×4,5 32×3
Количество труб, шт.									
экранных	46	60	60	72	72	98	98	171	171
кипятильных	220	340	313	528	485	616	557	872	798
Расход газа, м³/ч	286	446	470	720	770	1105	1180	2060	2180

состоит из переднего, заднего и боковых экранов. Трубы фронтового и заднего экранов в нижней части подходят одна к другой, образуя двускатный под. Трубы боковых экранов сверху соединяются с коллекторами (потолок топки). Трубы заднего экрана в верхней части разведены и образуют фестон, через который продукты сгорания из топки поступают в конвективную часть котла. На боковых экранах расположены газомазутные горелки (по две с каждой стороны). Вода в котле циркулирует по восьми контурам.

В конвективную поверхность нагрева входит пучок труб диаметром 60×3 мм, вальцованных в поперечные верхний и нижний барабаны. В верхнем барабане размещается чистый отсек, который считается первой ступенью испарения, второй ступенью являются передний топочный экран и выносные циклоны. Верхний и нижний барабаны по торцам соединены двумя рядами нагреваемых труб диаметром 133 мм, а в центре конвективного пучка расположен ряд обогреваемых труб диаметром 219 мм.

Питание первой ступени испарения осуществляется из нижнего барабана, а второй — из верхнего через выносные циклоны. В нижнем барабане имеется устройство для подогрева воды при первоначальном пуске котла.

За конвективным пучком в опускной шахте расположен горизонтальный пароперегреватель, выполненный из стальных

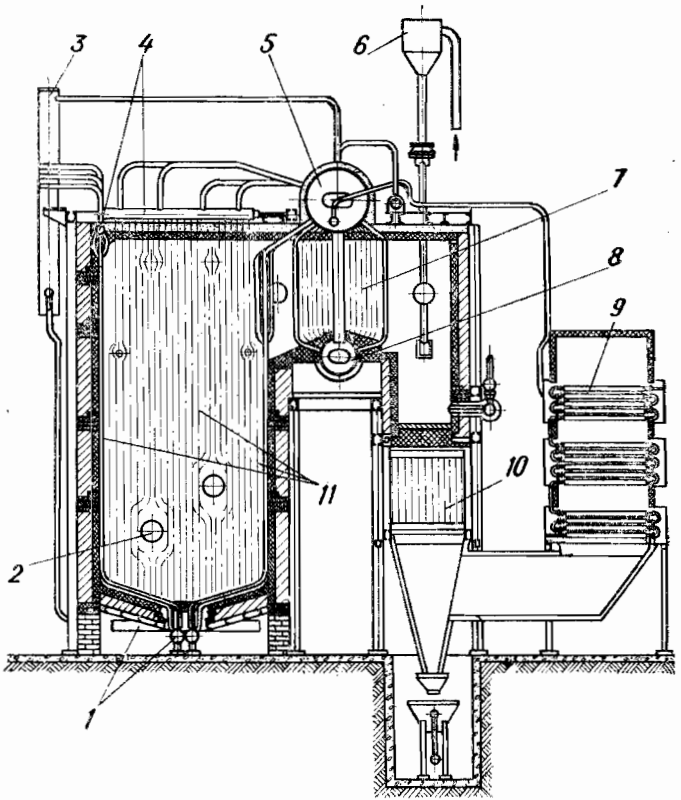


Рис. 9. Паровой котел ГМ-50-14:

1 — нижние коллекторы; *2* — газомазутные горелки; *3* — выносные циклоны; *4* — верхние коллекторы топочных экранов; *5* — верхний барабан; *6* — дробеочистительное устройство; *7* — трубы конвективного пучка; *8* — нижний барабан; *9* — экономайзер; *10* — воздухоподогреватель; *11* — трубы топочных экранов.

змеевиков диаметром 32×3 мм. Если котел без пароперегревателя, то вместо него устанавливается петля для подсушки пара. Далее, по ходу движения продуктов сгорания, расположен трубчатый воздухоподогреватель.

Экономайзер располагается за котлом и соединяется с ним газоходом, а подогретая вода подается в верхний барабан. Выработанный пар из верхнего барабана поступает в пароперегреватель и при температуре 250 °С подается на потребление.

Воздух для горения топлива подается дутьевым вентилятором в воздухоподогреватель и оттуда по специальному воздуховоду направляется к газомазутным горелкам. Продукты сгорания из топки через фестон поступают в межтрубное пространство конвективного пучка и далее в пароперегреватель, проходят воздухоподогреватель, экономайзер и, охладившись до 140—160 °С, дымососом удаляются через дымовую трубу в атмосферу.

При работе на мазуте для очистки труб пароперегревателя и воздухоподогревателя от отложений применяется дробоочистительная установка.

Техническая характеристика котлоагрегатов ГМ приведена в табл. 11.

ВСПОМОГАТЕЛЬНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ КОТЕЛЬНЫХ

Вспомогательные поверхности нагрева

Пароперегреватели предназначены для перегрева насыщенного пара и состоят из стальных змеевиков, изготовленных из цельнотянутых труб небольшого диаметра (28—42 мм). Одни концы змеевиков прикрепляются к входному коллектору, в который из котла поступает насыщенный пар, а вторые — к выходному, через который перегретый пар подается в общий паропровод. В котлах ДКВР один конец змеевиков для поступления насыщенного пара подсоединяется непосред-

Таблица 11. Техническая характеристика котлоагрегатов ГМ

Показатели	ГМ-50-14	ГМ-50-14(250)
Паропроизводительность, т/ч (кг/с)	50(13,9)	50(13,9)
Давление, кгс/см² (МПа)		
абсолютное	14(1,4)	14(1,4)
рабочее	13(1,3)	13(1,3)
Объем топочной камеры, м³	133	133
Площадь поверхности нагрева, м²		
радиационная	158	158
конвективного пучка	375	375
фестона	32	32
пароперегревателя	—	165
экономайзера	1062	1062
воздухоподогревателя	496	1000
Температура, °С		
перегретого пара	—	250
питательной воды	100	100
газов после воздухоподогревателя	146	146
уходящих продуктов сгорания	140	140

сгорания к паровым пространствам верхнего барабана. На выходе из топочной камеры пароперегреватель разделяют на ступени: радиационные и верхние. В котлах ТКВР применяются только верхние.

Температуру перегретого пара регулируют впрыском собственного конденсата, в корпусе которого размещен пучок стальных труб. По ним вода проходит по трубам пароохладителя, а пар — в межтрубном пространстве. Температура перегретого пара регулируется изменением количества питательной воды, проходящей через пароохладитель.

Водяные экономайзеры предназначены для подогрева питательной воды отходящими продуктами сгорания, которые для лучшего теплообмена движутся сверху вниз, а вода — снизу вверх (по принципу противотока).

Чугунные экономайзеры состоят из ребристых труб, соединенных между собой чугунными калачами таким образом, чтобы питательная вода могла последовательно пройти по всем трубам; стальные — из змеевиков, изготовленных из труб диаметром 28—38 мм и толщиной стенки 3—4 мм.

Экономайзер считается отключаемым, если имеются обводы, по которым вода и продукты сгорания могут проходить, минуя его. Такие экономайзеры удобнее в эксплуатации, чем неотключаемые, так как их можно ремонтировать, не выключая котлов.

В экономайзерах некипящего типа температура нагреваемой воды должна быть ниже температуры насыщенного пара в котле не менее чем на 20 °С. В экономайзерах кипящего типа допускается испарение воды в пределах 10—15%. Чугунные экономайзеры работают с давлением до 24 кгс/см² (2,4 МПа) и бывают только некипящего типа. Стальные выдерживают и более высокое давление, могут быть кипящего и некипящего типов. Температура воды, входящей в экономайзер любого типа, должна быть на 5—10 °С выше температуры точки росы.

На отключаемом по воде экономайзере устанавливаются арматура и КИП: на входе — термометр, манометр, задвижка и предохранительный клапан; на выходе — термометр, манометр, предохранительный клапан, задвижка и обратный клапан. Кроме того, на питательном трубопроводе на месте подсоединения обводной линии нужен обратный клапан. Между котлом и экономайзером кипящего типа арматура не устанавливается.

Воздухоподогреватели предназначены для подогрева воздуха за счет утилизации тепла отходящих продуктов сгорания. Улучшение условий сжигания топлива в подогретом воздухе приводит к увеличению кпд котельного агрегата. Воздухоподогреватели располагают обычно за экономайзерами по ходу движения продуктов сгорания, но если требуется подогрев

воздуха до температуры 300—400 °С, его разделяют на две части и размещают в «рассечку» с экономайзером, то есть сначала устанавливают первые части экономайзера и воздухоподогревателя, а затем — вторые.

Наибольшее применение получили трубчатые воздухоподогреватели, изготовляемые из тонкостенных труб диаметром 40×1,5 мм, вальцованных в трубные решетки. Продукты сгорания движутся по трубам сверху вниз, а нагреваемый воздух перемещается горизонтальным потоком в межтрубном пространстве, омывая трубы снаружи. Для лучшего подогрева воздух делает несколько ходов, для чего устанавливают поперечные перегородки и перепускные короба.

Расчетная скорость движения продуктов сгорания в трубчатых воздухоподогревателях принимается 10—12 м/с, а воздуха 5—6 м/с. Во избежание деформации труб температура продуктов сгорания не должна превышать 500—550 °С.

Арматура

Арматурой называют приборы и устройства, обеспечивающие безопасную и безаварийную работу котлоагрегатов и котельного оборудования.

В соответствии с Правилами Госгортехнадзора на арматуре обязательна четкая маркировка: наименование и товарный знак завода-изготовителя, условный проход, условное или рабочее давление и температура среды; направление потока; на маховиках указывается направление вращения при открывании и закрывании.

На всех трубопроводах котлов, пароперегревателей, экономайзеров присоединение должно выполняться фланцами, а при давлении более 39 кгс/см² (3,9 МПа) — сваркой. В котлах паропроизводительностью не более 1 т/ч (0,278 кг/с) допускается использование арматуры на резьбе при условном проходе не более 25 мм и рабочем давлении насыщенного пара не выше 8 кгс/см² (0,8 МПа).

По назначению арматуру подразделяют на: запорную — для включения и выключения котельного агрегата или его элементов, отдельных участков или всего трубопровода, должна обеспечивать высокую плотность закрывания и иметь небольшое гидравлическое сопротивление при протекании через нее пара, воды или газа; регулирующую — для поддержания в заданных пределах давления или расхода пара, воды, газа. В качестве запорной и регулирующей арматуры применяются задвижки, вентили и краны; предохранительную — для предохранения от повышения давления, ограничения расхода и направления движения среды (предохранительные и обратные клапаны, легкоплавкие пробки); контрольную — для проверки наличия уровня жидкости в трубопроводах, котлах и других емкостях (водопробные и трехходовые краны, указатели уровня).

Наиболее распространенной арматурой в котельных и тепловых сетях являются задвижки, вентили, краны, предохранительные и обратные клапаны.

Задвижки, создающие небольшое сопротивление потоку среды, по конструкции затвора бывают параллельные и клиновые с выдвижным и невыдвижным шпинделем. Пар, вода или газ могут подаваться с любой стороны.

Параллельная задвижка (рис. 10) изготовляется из чугуна, с трубопроводом соединяется фланцами с помощью болтов. Имеет корпус с крышкой и диски, свободно закрепленные на шпинделе. Между дисками устанавливается распорный клин. При вращении маховика по часовой стрелке шпиндель вместе с дисками опускается, клин, упираясь в корпус, раздвигает диски, которые прижимаются к бронзовым кольцам и закрывают проход пару, воде или газу. Для плотного закрывания задвижки диски и кольца притираются. Когда маховик вращается против часовой стрелки, шпиндель вместе с дисками поднимается, клин опускается, ослабляя диски, и задвижка открывается.

В клиновых задвижках проход в корпусе перекрывается клинообразным круглым диском, укрепленным на шпинделе,

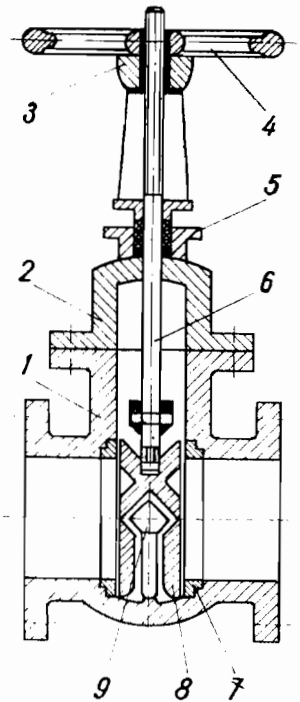


Рис. 10. Параллельная задвижка:
1 — корпус; *2* — крышка корпуса; *3* — втулка; *4* — маховик; *5* — сальник; *6* — шпиндель; *7* — седло; *8* — запорные параллельные диски; *9* — распорный клин.

который перемещается между наклонными уплотняющими кольцами в гнезде корпуса. В задвижках с выдвижным шпинделем (шпиндель и маховик имеют квадратную резьбу) при вращении маховика шпиндель вывинчивается или ввинчивается в него, увлекая за собой диски,— задвижка открывается или закрывается. По выступающему шпинделю можно определить, открыта она или нет. В задвижках с невыдвижным шпинделем последний вращается вместе с маховиком. На конце шпинделя и на дисках имеется резьба. При вращении маховика вращается и шпиндель, диски по резьбе поднимаются или опускаются, открывая или закрывая проход.

Уплотнение шпинделя в местах прохода через крышку корпуса в обоих случаях производится салышковой набивкой — для ее уплотнения в процессе эксплуатации крышку сальника необходимо подтягивать с помощью болтов.

Вентили бывают муфтовые и фланцевые, с прямым или с наклонным шпинделем. Вентиль (рис. 11) состоит из чугунного или бронзового корпуса, закрываемого крышкой на резьбе, и запорного (регулирующего) органа. Через крышку проходит шпиндель с резьбой, на одном конце которого

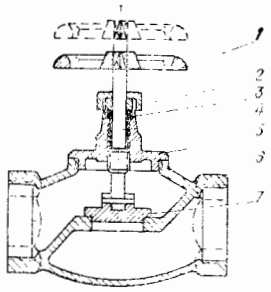


Рис. 11. Вентиль
2 — [illegible]; *3* — накидная [illegible]; *4* — сальник; *5* — крышка корпуса; *7* — клапан.

[illegible] закреплен клапан, на другом — маховик. Пространство между крышкой корпуса и шпинделем заполняется сальниковой набивкой, уплотняемой с помощью втулки, положение которой регулируется накидной гайкой. В круглое отверстие на корпусе устанавливается бронзовое кольцо (седло). При вращении маховика по часовой стрелке шпиндель, двигаясь по резьбе, опускается, и клапан принимает нижнее положение над седлом, изменяя проходное сечение. При опускании клапана на седло проход закрывается. Чтобы открыть его, маховик следует повернуть против часовой стрелки. Плотность прилегания клапана к седлу обеспечивается прокладкой. В паровых вентилях она отсутствует: плотность при закрывании обеспечивается притиркой клапана к рабочим седла. Вентили устанавливаются таким образом, чтобы направление движения среды совпадало с указательной стрелкой. Обычно среда подается под клапан.

Положительные качества вентилей — плавное регулирование расхода среды и плотность закрывания, недостаток — большое местное сопротивление (следствие поворотов движущегося потока).

Пробковые краны (рис. 12) по способу уплотнения бывают сальниковые и натяжные; по конструкции соединительных элементов — муфтовые, цапковые и фланцевые; по материалу корпуса и пробки — чугунные, бронзовые и комбинирован-

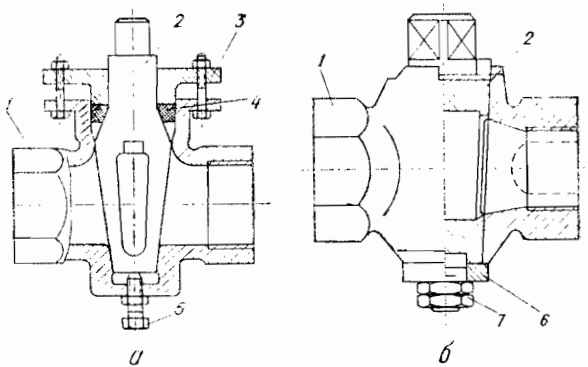


Рис. 12. Пробковые краны муфтовые:
а — сальниковый; *б* — натяжной; *1* — корпус; *2* — пробка; *3* — крышка сальника; *4* — сальниковая набивка; *5* — ограничительный болт; *6* — шайба; *7* — натяжная гайка.

ные (чугунный корпус с бронзовой пробкой). Запорным элементом является коническая пробка с прорезью для прохода среды. На четырехгранной головке под ключ наносятся риска, совпадающая с направлением прорези. Если риска совпадает с направлением трубопровода, на котором установлен кран,— проход открыт, а если она расположена поперек трубопровода — проход закрыт.

Плотность в сальниковых кранах (рис. 12 а) обеспечивается сальниковой набивкой. Уплотнение ее производится затягиванием сальника с помощью накидной гайки или крышки. В натяжных кранах (рис. 12 *б*) в нижней части пробки имеется шпилька с резьбой, на которую надевается шайба и навертывается гайка. Плотность в этих кранах достигается натяжением гайки. Краны, устанавливаемые на газопроводах, должны снабжаться упорами, ограничивающими поворот пробки в пределах 90°.

Трехходовой кран устанавливается между манометром и сифонной трубкой. На его ручке в виде буквы Т нанесены

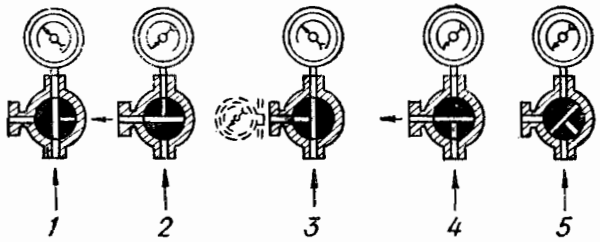


Рис. 13. Положения трехходового крана:
1 — рабочее; *2* — проверка исправности рабочего манометра постановкой стрелки на нуль; *3* — проверка рабочего манометра контрольным; *4* — продувка сифонной трубки; *5* — нейтральное.

риски, совпадающие с направлением каналов в пробке; вращая ее, можно поставить кран в следующие положения (рис. 13): *1* — манометр соединен с котлом; *2* — манометр соединен с атмосферой; *3* — все отверстия в пробке совпадают с отверстиями в корпусе крана; *4* — котел соединен с атмосферой; *5* — отверстия в пробке и корпусе не совпадают (для охлаждения воды или конденсации пара). В этом положении можно заменять неисправный манометр.

Предохранительные клапаны (рис. 14) обеспечивают автоматический выпуск пара или воды из котлов, пароперегревателей и отключаемых (по воде) экономайзеров, в которых давление поднялось выше нормы. Они делятся на рычажно-грузовые, пружинные и импульсные. Принцип работы заключается в срабатывании клапана и открывании прохода в сбрасывающий участок при повышении давления в агрегате сверх того, на которое рассчитан клапан,— он осуществляет сброс до тех пор, пока не установится допустимое давление. В рычажно-грузовых и пружинных клапанах закрытие клапана и поддержание его в этом состоянии происходит под действием груза или пружины.

На котлах паропроизводительностью более 100 кг/ч (0,028 кг/с) должно устанавливаться не менее двух клапанов,

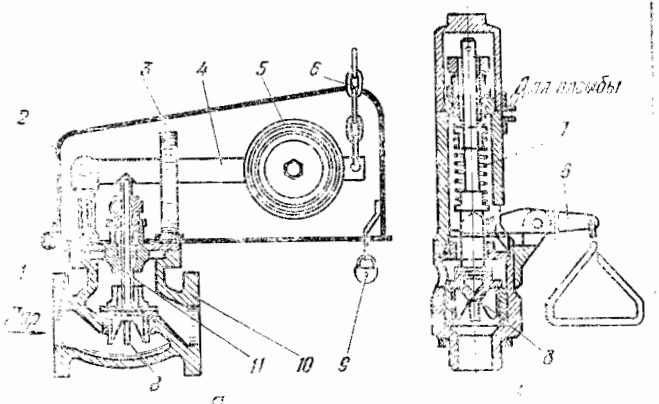


Рис. 14. Предохранительные клапаны:
а — пружинно-грузовой; *б* — пружинный; *1* — крышка корпуса; *2* — корпус; *3* — направляющая вилка; *4* — рычаг; *5* — груз; *6* — приспособление для подрыва клапана; *7* — пружина; *8* — клапан (тарелка); *9* — замок; *10* — корпус; *11* — шток

…ждый из них контрольный. Последний должен быть в корпусе, задвижка на замок или опломбирован, иметь приспособление для подрыва. Предохранительные клапаны паровых котлов регулируются на давление, не превышающее величин, приведенных в табл. 12. В водогрейных они должны быть отрегулированы на начало открывания при давлении не более 120% рабочего давлений в котлах.

Таблица 12. **Регулирование предохранительных клапанов паровых котлов**

Номинальное избыточное давление, кгс/см²	Давление в начале открывания предохранительных клапанов	
	рабочего	контрольного
До 13	$P_{раб}+0{,}3$ кгс/см²	$P_{раб}+0{,}2$ кгс/см²
13—69	$1{,}05 \cdot P_{раб}$	$1{,}03 \cdot P_{раб}$

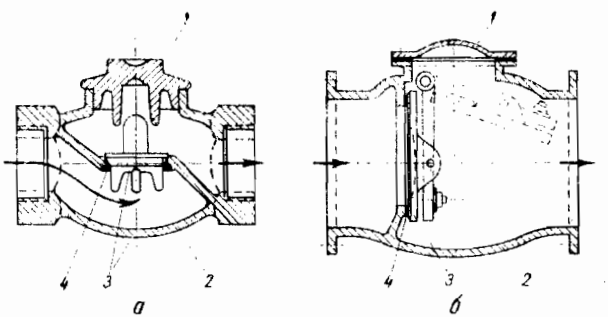


Рис. 15. Обратные клапаны:
а — подъемный, *б* — поворотный; *1* — крышка корпуса; *2* — корпус; *3* — тарелка (захлопка); *4* — седло.

Предохранительные клапаны отключаемого водяного экономайзера должны быть отрегулированы на начало открывания со стороны входа в экономайзер при давлении, превышающем рабочее давление в котле на 25%, и со стороны выхода воды из экономайзера — на 10%. Исправность предохранительных клапанов котлов пароперегревателей и экономайзеров с давлением до 24 кгс/см² (2,4 МПа) проверяется методом подрыва не реже одного раза в сутки.

Обратные клапаны (рис. 15) предназначены для предотвращения обратного потока транспортируемой среды. По устройству они делятся на подъемные и поворотные, по способу соединения с трубопроводом — на муфтовые и фланцевые.

Обратный подъемный клапан (рис. 15 а) состоит из корпуса, в круглое проходное отверстие которого впрессовано бронзовое седло, закрываемое клапанной тарелкой (золотником). Для плотного закрывания клапана тарелка притирается к седлу. Сверху есть крышка, куда входит направляющий шток тарелки — при движении воды она поднимается, проходное отверстие открывается, и вода проходит через клапан. При движении в обратном направлении клапанная тарелка опускается, и обратное движение воды прекращается.

Обратный поворотный клапан (рис. 15 *б*) состоит из корпуса с шарнирно закрепленной захлопкой, которая под давлением движущейся среды поднимается,— клапан открывается. При выключении насоса или аварийном снижении давления в питательном трубопроводе захлопка падает, клапан закрывается, и обратное движение воды прекращается.

Подъемные клапаны применимы только на горизонтальных участках трубопроводов, поворотные — на горизонтальных и вертикальных. Обратные клапаны на питательных линиях котлов и нагнетательных линиях насосов необходимо устанавливать до отключающего устройства по ходу движения среды.

Легкоплавкие пробки предназначены для предохранения котлов ДКВР от повреждения при упуске воды. Они имеют конусную форму с наружной резьбой и ввертываются в нижнюю часть верхнего барабана со стороны топки. Отверстие пробки заливается легкоплавким сплавом — 90% свинца и 10% олова, температура плавления которого 280—310 °С. При нормальном уровне воды в паровом котле легкоплавкий сплав охлаждается водой и не плавится. При упуске воды пробки не охлаждаются, вместе с тем со стороны топки они продолжают нагреваться продуктами сгорания топлива, и легкоплавкий сплав расплавляется. Через образовавшееся отверстия пароводяная струя под давлением с шумом выходит в топку, что служит сигналом обслуживающему персоналу для аварийной остановки парового котла.

В процессе работы легкоплавкие пробки могут покрываться с одной стороны накипью, с другой — сажей. Это искажает расчетные режимы службы легкоплавкой вставки, и пробка уже не может отвечать своему назначению. Для надежной работы пробки необходимо заменять или перезаплавлять не реже чем через три месяца. При замене ставится клеймо с указанием даты.

Водоуказательные приборы. В котельных для определения уровня воды применяются водоуказательные стекла, спиженные указатели уровня и водопробные краны.

Водоуказательное стекло является основным прибором для определения уровня воды в паровых котлах — на каждом должно быть не менее двух водоуказательных приборов. У котлов паропроизводительностью менее 0,7 т/ч (0,195 кг/с) возможна замена одного из них двумя пробными кранами, которые размещаются на низшем и высшем допустимых в котле уровнях воды.

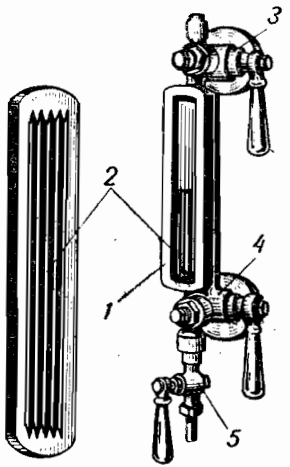


Рис. 16. Водоуказательное стекло:

1 — корпус и рамка; *2* — стекло; краны: *3* — паровой, *4* — водяной, *5* — продувочный.

Водоуказательное стекло (рис. 16) состоит из круглого или плоского стекла и кранов — парового, водяного и продувочного. Круглые стекла для замеров уровня жидкости в паровых котлах с давлением до 0,7 кгс/см² (0,07 МПа), деаэраторах, баках-мерниках и других емкостях имеют следующие размеры: наружный диаметр — 8—20 мм, толщина стенок — 2,5—3,5 мм, длина трубок — 200—1500 мм. Их устанавливают в арматуру и уплотняют с помощью набивки и колец. Плоские стекла (гладкие и рифленые) закрепляются в металлической рамке, устанавливаются в арматуру и уплотняются (табл. 13).

Если при работе парового котла краны водоуказательного стекла не засорены, уровень воды в нем слегка колеблется. При загрязнении водяного крана уровень воды остается неподвижным, а если забился паровой, водоуказательное стекло заполняется водой выше действительного уровня.

Продувку водоуказательного стекла для предотвращения его загрязнения необходимо проводить каждую смену; из рабочего положения (паровой и водяной краны открыты,

Таблица 13. **Размеры плоских водоуказательных стекол**

Номер стекла	Длина, мм		Номер стекла	Длина, мм	
	рифленого	гладкого		рифленого	гладкого
1	115	140	6	250	340
2	140	160	7	280	—
3	160	220	8	320	—
4	190	260	9	340	—
5	220	280			

а продувочный закрыт) последовательность этой операции такова:

открыть продувочный кран — продувка паром и водой;

закрыть водяной кран — продувка только паром;

открыть водяной кран — снова продувка паром и водой;

закрыть паровой кран — продувка только водой;

открыть паровой кран — продувка в третий раз паром и водой;

закрыть продувочный кран — вода должна быстро подняться до определенного уровня и колебаться — его надо сравнить с уровнем второго водоуказательного стекла. При такой последовательности продувки стекло будет все время горячим — это обеспечивает его целость.

Если водоуказательные стекла расположены на высоте более 6 м от площадки наблюдения или уровень воды в стекле плохо просматривается, допускается установка двух сниженных указателей уровня воды, на которых должны быть нанесены низший и высший уровни воды по водоуказательному стеклу, установленному на том же котле. В этих случаях допускается установка одного водоуказательного стекла прямого действия.

Гарнитура

Гарнитурой называют устройства, предназначенные для обслуживания котлоагрегата и защиты обмуровки от разрушения при взрыве.

Люки-лазы служат для осмотра, очистки и ремонта внутренних частей котлов, топок и газоходов. Лазы в барабанах котлов должны быть овальной формы, размером 325×400 мм, в обмуровке — прямоугольные, 400×450 мм, или круглые диаметром не менее 450 мм. *Гляделки* — небольшие отверстия в топке и газоходах для наблюдения за горением, состоянием поверхностей нагрева и футеровки. *Лючки* — для установки обдувочных устройств и термопар, для внесения запальника при розжиге горелок. На дверцах люков-лазов и топок необходимы прочные запоры. Конструкция крышек лючков и гляделок должна исключить возможность самопроизвольного их открывания и препятствовать выбрасыванию продуктов сгорания.

Взрывные клапаны устанавливаются в котлах с камерным сжиганием газообразного и жидкого топлива и служат для снижения силы взрыва и предохранения обмуровки котлоагрегатов и кладки газоходов от разрушения. Клапаны размещаются в местах, где они не представляют угрозы для обслуживающего персонала; если этого сделать нельзя, взрывные клапаны снабжаются отводными коробами или ограждаются щитами со стороны возможного нахождения людей. В котлах паропроизводительностью от 10 до 60 т/ч (от 2,78 до 16,68 кг/с) общее сечение взрывных клапанов, установленных в верхней части обмуровки над топкой, должно быть не менее 0,2 м²; на газоходах и барабане должно быть как минимум два взрывных клапана сечением не менее 0,4 м². Для котлов паропроизводительностью менее 10 т/ч (2,78 кг/с) количество, сечение и размещение взрывных клапанов устанавливаются проектом.

Поворотные и выдвижные заслонки (шиберы) служат для регулирования тяги. В котлах, работающих на газообразном

топливе, в верхней части шибера предусмотрено отверстие, величина которого устанавливается проектом, но не менее 50 мм; в шиберах, расположенных горизонтально, отверстие может быть в любом месте.

Обдувочные аппараты предназначены для очистки паром или сжатым воздухом наружных поверхностей нагрева котлоагрегата от загрязнений и сажи. Выпускаются стационарные (вращающиеся и выдвижные) и переносные (с ручным обслуживанием) аппараты. В котлоагрегатах большой производительности применяются также специальные методы очистки — ударно-акустическая, вибрационная и ударная (с помощью чугунной дроби).

Тягодутьевые устройства

Для непрерывного подвода в топку котла воздуха, необходимого для горения топлива, и отвода продуктов сгорания в атмосферу применяются тягодутьевые устройства. К ним относятся дутьевые вентиляторы, дымососы и дымовые трубы.

Газы, двигаясь по газовоздушному тракту, преодолевают силы сопротивления (трение о стенки, повороты, сужения и расширения). Для этого в топке котла должна быть тяга, под действием которой возникает поток газов.

Естественная тяга создается *дымовой трубой* и зависит от ее высоты и разности плотностей наружного (холодного) воздуха и горячих продуктов сгорания: тяга тем больше, чем выше дымовая труба и больше разность плотностей наружного воздуха и продуктов сгорания топлива.

Дымовые трубы могут быть кирпичные, стальные и железобетонные. Стальные (высота не более 35 м) применяются при использовании малосернистого топлива. Кирпичные трубы (высота до 80 м) выполняются из красного кирпича, при высокой температуре продуктов сгорания внутри футеруются огнеупорным. Железобетонные трубы возводятся высотой 100 м и более. Высота дымовой трубы определяется необходимой тягой или санитарными условиями выброса продуктов сгорания.

Искусственная тяга применяется в котельных средней и большой производительности. При этом воздух в топку котла обычно подается дутьевыми вентиляторами, а тяга осуществляется дымососами.

Дутьевой вентилятор состоит из улиткообразного корпуса, рабочего колеса и направляющего аппарата. Рабочее колесо представляет собой устройство, состоящее из диска, по окружности которого приварены или приклепаны лопатки. Концы лопаток соединяются между собой кольцом. Диск насажен на втулку, через которую проходит вал. При вращении рабочего колеса воздух захватывается вращающимися лопатками, отбрасывается центробежной силой от центра к краям лопаток и создающимся давлением нагнетается в воздухопровод. В центре рабочего колеса создается разрежение, куда беспрерывно поступает наружный воздух.

Дымосос состоит из тех же деталей, что и вентилятор, и служит для удаления из топки котла продуктов сгорания топлива, поэтому он устанавливается между котлоагрегатом и дымовой трубой. Конструктивно отличается от дутьевого вентилятора более прочными лопатками и корпусом. Кроме того, дымосос отсасывает продукты сгорания с температурой 200—250°С, поэтому для охлаждения масла, смазывающего подшипники, в масляной ванне устанавливают змеевик, через который проходит холодная вода. Дутьевые вентиляторы ВД (табл. 14) и дымососы Д (табл. 15) по принципу работы и конструктивной схеме относятся к центробежным вентиляторам.

При эксплуатации котельного агрегата приходится менять нагрузку, то есть уменьшать или увеличивать подачу воздуха и тягу. Это делается с помощью *направляющего аппарата*, устанавливаемого на всасывающих патрубках дымососов и вентиляторов. Состоит он из обечайки с лопатками внутри. С помощью поворотного механизма, установленного с наружной стороны, лопатки поворачиваются на одинаковый угол

Таблица 14. **Характеристика вентиляторов типа ВД**

Тип	Частота вращения, об/мин	Производительность, тыс. м³/ч	Напор		Потребляемая мощность, кВт
			мм вод. ст.	кПа	
ВД-6	970	2,5—4,4	87—98	0,87—0,98	1—2,83
	1450	3,8—6,5	194—219	1,91—2,19	3,2—5,6
ВД-8	730	4,4—12,1	87—99	0,87—0,99	1,8—5,1
	970	5,6—16,1	152—175	1,52—1,75	3,8—12
ВД-10	485	5,5—15,5	60—68	0,6—0,68	1,5—4,6
	730	8,5—23,5	136—155	1,36—1,55	5—15,6
	970	11,5—31	242—272	2,42—2,72	12—38,5
ВД-12	485	9,2—27,5	85—98	0,85—0,98	38—4,6
	730	15—41	195—222	1,95—2,22	13—39,2
	970	20—55	350—392	3,5—3,92	31—93,5
ВД-13,5	730	26—65,5	263—288	2,63—2,89	24—76
	970	35—87,5	457—506	4,57—5,06	68—187
ВД-15,5	585	30,5—80	218—246	2,18—2,46	28,5—81
	730	38—100	340—378	3,4—3,78	56—154
	970	52—120,5	604—668	5,04—6,68	136—350

Таблица 15. **Характеристика дымососов типа Д**

Тип	Частота вращения, об/мин	Производительность, тыс. м³/ч	Напор		Потребляемая мощность, кВт
			мм вод. ст.	кПа	
Д-8	970	4,4—12,1	54—62	0,54—0,62	1,1—3,2
	1450	5,6—16,1	94—109	0,94—1,09	2,3—7,5
Д-10	485	5,5—15,5	37—42	0,37—0,42	0,9—2,8
	730	8,5—23	84—96	0,84—0,96	3,1—9,6
	970	11,5—31	151—169	1,51—1,69	7,5—24
Д-12	485	6,2—27,5	53—61	0,53—0,61	2,2—7,2
	730	15—41	122—138	1,22—1,38	8—24,7
	970	20,5—55	217—245	2,17—2,45	19—57,5
Д-13,5	730	26—65,5	163—179	1,63—1,79	18—46,5
	970	35—87,5	285—315	2,85—3,15	43—114
Д-15,5	585	30,5—80	38—160	0,38—1	52—129,5
	730	38—100	211—235	2,11—2,35	35—95,5
	970	52—129,5	375—415	3,75—4,15	84—217

и таким образом плавно регулируют подачу воздуха или тягу. Тяга в топках котлов поддерживается в пределах 1—5 мм вод. ст. (10—50 Па), в котлах башенного типа она может быть несколько выше.

Питательные устройства

Для питания котлов, подпитки и циркуляции воды в системе отопления применяются центробежные и поршневые насосы с электрическим или паровым приводом, пароструйные инжекторы, ручные насосы — последние для периодической подпитки паровых котлов с рабочим давлением не более 4 кгс/см² (0,4 МПа) и паропроизводительностью не более 150 кг/ч (0,042 кг/с). Безнасосная подача воды (из водопровода) может использоваться в качестве резервного источника питания котлов с рабочим давлением не более 4 кгс/см² (0,4 МПа) и паропроизводительностью не более 1 т/ч (0,278 кг/с), если давление воды в водопроводе непосредственно у котла превышает разрешенное давление в котле не менее чем на 1,5 кгс/см² (0,15 МПа).

На корпусе каждого питательного устройства указываются наименование завода-изготовителя, год выпуска и заводской номер, номинальная подача при номинальной температуре воды (м³/ч или л/мин), число оборотов в минуту для центробежных или число ходов поршня в минуту для поршневых насосов, максимальный напор при номинальной подаче [м вод. ст. или кгс/см² (МПа)]; номинальная температура воды перед насосом (°С). При отсутствии заводского паспорта, а также после капитального ремонта должно быть проведено испытание насоса для определения его производительности и напора.

Для питания паровых котлов устанавливается не менее двух приводимых в действие независимо друг от друга насосов, из которых один или более — с паровым приводом. Суммарная подача насосов с электрическим приводом должна быть не менее 110%, а с паровым — не менее 50% номиналь-

ной паропроизводительности всех работающих котлов. При паропроизводительности не более 1 т/ч (0,278 кг/с) допускается один питательный насос с электроприводом, если агрегаты снабжены автоматикой безопасности, исключающей возможность понижения уровня воды и повышения давления выше нормы.

Для подпитки водогрейных котлов с естественной циркуляцией необходимо не менее двух насосов, а с искусственной — не менее чем по два подпиточных и циркуляционных, причем их напор и производительность следует выбирать с таким расчетом, чтобы при выходе из строя самого мощного из них оставшиеся могли обеспечить нормальную работу. Вместо одного питательного устройства можно использовать водопровод, если давление в нем непосредственно у места присоединения к котлу превышает сумму статического и динамического напоров системы не менее чем на 1,5 кгс/см² (0,15 МПа). Насосы для водогрейных котлов теплопроизводительностью 4 Гкал/ч (4,65 МВт) и более должны иметь два независимых источника питания электроэнергией. Напор, создаваемый циркуляционными и подпиточными насосами, должен исключать возможность вскипания в котле и системе.

Наибольшее применение в котельных и особенно в отопительных системах получили горизонтальные, одноступенчатые центробежные насосы консольного типа одностороннего всасывания (рис. 17).

Центробежный насос типа К (табл. 16) состоит из следующих основных частей: корпус представляет собой чугунную отливку, внутренняя полость которой выполнена в виде спирали с диффузорным каналом и напорным патрубком под углом 90° к оси насоса; крышка корпуса крепится шпильками и является всасывающим патрубком; рабочее колесо состоит из двух дисков, соединенных лопатками, закрепляется на валу с помощью шпонки и гайки. Вход жидкости в него — осевой. Возникающее во время работы осевое усилие воспринимается подшипниками. При вращении вода под действием центробежной силы отбрасывается к стенкам

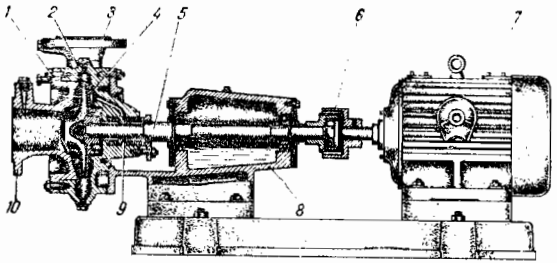


Рис. 17. Центробежный насос:

1 — крышка корпуса; *2* — корпус; *3* — нагнетательный патрубок; *4* — рабочее колесо; *5* — вал; *6* — муфта; *7* — электродвигатель; *8* — масляная ванна; *9* — сальниковое уплотнение; *10* — всасывающий патрубок.

и через нагнетательный патрубок подается на потребление; вал насоса выполняется из качественной углеродистой стали. На одном конце его насажено рабочее колесо, на другом — полумуфта, соединяющая его с валом электродвигателя. Со стороны подшипников находится сальниковое уплотнение для уменьшения утечек жидкости. Все узлы и детали монтируются на опорном кронштейне, а насос в сборе с электродвигателем устанавливается на фундаментной плите.

В самой высокой точке корпуса имеется закрытое пробкой отверстие для выпуска воздуха из корпуса и всасывающего трубопровода в момент заливки насоса при первоначальном пуске. Продолжительные остановки требуют слива жидкости из насоса. Делается это через отверстие, расположенное в нижней части корпуса, также закрытое пробкой.

Одноступенчатые насосы имеют одно рабочее колесо, создают сравнительно небольшой напор, поэтому применяются для котлов малой производительности. Многоступенчатые насосы состоят из 3—12 ступеней (рабочих колес), имеют большую скорость вращения и высокую производительность.

На центробежных насосах устанавливается следующая арматура и КИП: на всасывающей линии — приемный клапан, вентиль или задвижка и термометр; на нагнетательной ли-

Таблица 16. **Характеристика центробежных горизонтальных консольных насосов типа К**

Марка	Производительность		Полный напор		Мощность, кВт		КПД, %	Допустимая вакуумметрическая высота всасывания, м вод. ст.	Диаметр рабочего колеса, мм
	м³/ч	л/с	м вод. ст.	МПа	на валу насоса	электродвигателя			
1,5К-6	6	1,6	20,3	0,203	0,7	1,7	44	6,6	128
	11	3	17,4	0,174	0,9		55,5	6,7	
	14	3,9	14	0,14	1		53	6	
1,5-6а	5	1,4	16	0,16	0,6	1,7	38	6,5	115
	9,5	2,6	14	0,14	0,7		51,5	6,9	
	13,5	3,8	11,2	0,112	0,9		50	6,1	
1,5К-6б	4,5	1,3	12,8	0,128	0,5	1,1	35	6,4	105
	9	2,5	11,4	0,114	0,6		49	7	
	13	3,6	8,8	0,088	0,7		45	6,3	
2К-9	11	3	21	0,21	1,2	2,8	56	8	129
	20	5,5	18,5	0,185	1,5		68	6,8	
	22	6,1	17,5	0,175	1,6		66	6,4	
2К-9а	10	2,8	16,8	0,168	0,8	1,7	54	8,1	118
	17	4,7	15	0,15	1,1		65	7,3	
	21	5,8	13,2	0,132	1,2		63	6,6	
2К-9б	10	2,8	13	0,13	0,7	1,7	51	8,1	106
	15	4,2	12	0,12	0,8		60	7,6	
	20	5,5	10,3	0,103	0,9		62	6,8	
2К-6	10	2,8	34,5	0,345	1,8	4,5	50,6	8,7	162
	20	5,5	30,8	0,308	2,7		64	7,2	
	30	8,3	24	0,24	3,1		63	5,7	
2К-6а	10	2,8	28,5	0,285	1,4	2,8	54,5	8,7	148
	20	5,5	25,2	0,252	2,1		65,6	7,2	
	30	8,3	20	0,2	2,6		64,1	5,7	

2К-6б	10 20 25	2,8 5,5 6,9	22 18,8 16,4	0,22 0,188 0,164
3К-9	30 45 54	8,3 12,5 15	34,8 31 27	0,348 0,31 0,27
3К-9а	25 35 45	7 9,7 12,5	24,2 22,5 19,5	0,242 0,225 0,195
4К-18	60 80 100	16,7 22,2 21,8	25,7 22,8 19,8	0,257 0,228 0,189
4К-18а	50 70 90	13,9 19,5 25	20,7 18,2 14,3	0,207 0,182 0,143

ния — обратный клапан, вентиль или задвижка и манометр. Для предупреждения перегрева и повреждения насоса при отсутствии расхода воды необходим рециркуляционный трубопровод с вентилем.

В котельных, кроме консольных типа К, применяются и другие типы центробежных насосов:

пропеллерные типа ПРОН — в небольших местных системах водяного отопления в качестве циркуляционных насосов. Они могут устанавливаться непосредственно на трубопроводе. Поставляются комплектно с электродвигателем типа АО-41-2-Ф2 мощностью 1,7 кВт;

Центробежно-вихревые двухступенчатые горизонтальные типа 2,5 ЦВ предназначены для питания паровых котлов паропроизводительностью 2—10 т/ч (0,56—2,78 кг/с), давлением

1,2 1,6 1,7	2,8	54,9 65 64	8,7 7,2 6,6	132
4,6 5,5 5,8	7	62 71 71,5	7 6 2,9	168
2,7 3,1 3,4	4,5	62,5 70 71	7 6,9 6	143
5,6 6,3 6,7	7	76 79,5 77	5,4 5,3 4,2	140
3,9 4,5 4,7	7	73 78 75	5,4 5,3 5,2	136

до 14 кгс/см² (1,4 МПа) при температуре питательной воды до 105 °С. Изготовляются четырех типоразмеров. Диаметры патрубков у насосов всех марок: всасывающего — 60 мм, напорного — 50 мм. Направление вращения вала насоса — по часовой стрелке, если смотреть со стороны электродвигателя;

конденсатные типа КС — для подачи конденсата с температурой до 120 °С. Агрегат состоит из насоса и электродвигателя, соединенных втулочно-пальцевой муфтой и смонтированных на общей фундаментной плите или сварной раме. Эти насосы горизонтальные, многоступенчатые, спирального типа с односторонним подводом жидкости к рабочим колесам;

вихревые двухступенчатые электронасосы типа ЭСН предназначены для подачи раствора соли в установках химводо-

очисток котельных. Они выпускаются двух типоразмеров: ЭСН-1А и ЭСН-2А производительностью соответственно 7—12 и 3—8 м³/ч;

насосы конструкции ЦНИПС служат для подмешивания воды в абонентских тепловых пунктах. Выпускаются двух типоразмеров ЦНИПС-10 и ЦНИПС-20 производительностью соответственно 10 и 20 м³/ч. Монтируются на одном валу с электродвигателем.

Перед пуском насоса необходимо провести осмотр и проверить наличие смазки в корпусе подшипников; отсутствие заеданий в насосе (вручную повернуть муфту); набивку сальников (сальник должен быть тщательно набит и равномерно слабо подтянут: слишком подтянутый скоро нагревается и повышает расход электроэнергии).

Чтобы пустить насос в работу, необходимо залить его и всасывающий трубопровод водой, открыть задвижку или вентиль на всасывающем трубопроводе, включить электродвигатель, открыть задвижку на нагнетательном трубопроводе и установить необходимый напор по показанию манометра. В случае ненормальной работы агрегата выключить электродвигатель и устранить причину.

Во время работы насосов необходимо следить за температурой подшипников, которая не должна превышать 60—70 °С, и состоянием упругой муфты и сальниковой набивки (при правильной подтяжке через сальник должна просачиваться рабочая жидкость — 15—20 капель в минуту), показаниями манометра, термометра и вакуумметра.

Останавливается насос в такой последовательности: закрывается задвижка на нагнетательном трубопроводе, выключается электродвигатель, закрывается задвижка на всасывающем трубопроводе, сливается вода из насоса и трубопровода.

Паровые поршневые насосы (табл. 17) применяются в котельных в качестве резервных устройств для питания паровых котлов водой. Вертикальный прямодействующий поршневой насос (рис. 18) состоит из двух блоков, причем если в одном блоке происходит всасывание, то в другом — нагнетание.

Таблица 17. **Техническая характеристика вертикальных поршневых насосов ПНП**

Показатели	ПНП-1	ПНП-3
Производительность, м³/ч	10—25	5,5—14
Высота всасывания воды при температуре 30 °С, м	6	6
Габаритные размеры, мм		
длина	780	620
ширина	560	475
высота	1405	1240
Масса, кг	630	370

Примечание. Для ПНП-1 и ПНП-3 давление, создаваемое насосом, равно 20 кгс/см² (2 МПа), пара перед насосом — 11 кгс/см² (1,1 МПа), отработанного пара — 2 кгс/см² (0,2 МПа).

Каждый блок состоит из поршневой паровой машины и поршневого парового насоса.

Паровая поршневая машина состоит из парового цилиндра с поршнем и парораспределительной коробки с цилиндрическим золотником, в которой имеются два крайних канала для впуска пара и два средних — для выпуска отработанного пара. Водяная часть состоит из водяного цилиндра с поршнем и коробки с всасывающим и нагнетательным клапанами. Поршень водяного цилиндра получает движение от поршня паровой машины, находящегося с ним на одном штоке.

Принцип работы парового поршневого насоса заключается в следующем. При нижнем положении цилиндрического золотника (рис. 18 а) в верхнюю часть парового цилиндра через верхний впускной канал поступает пар и под его давлением поршень опускается вниз, а отработанный пар из нижней части парового цилиндра по внутреннему каналу подается в паровыпускной патрубок. Синхронно паровому поршню вниз движется водяной, в результате чего в водяном цилиндре и клапанной коробке образуется разрежение,

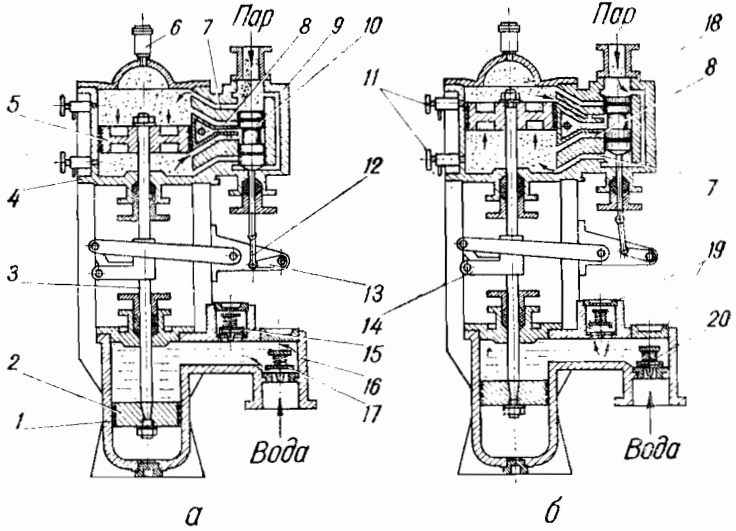


Рис. 18. Принцип работы парового поршневого насоса:

а — всасывание; *б* — нагнетание; *1* — водяной цилиндр; *2*, *5* — поршни; *3* — шток; *4* — паровой цилиндр; *6* — масленка; *7* — наружный канал; *8* — внутренний канал; *9* — золотниковая коробка; *10* — цилиндрический золотник; *11* — продувочные краны; *12* — тяга золотника; *13* — рычаг тяги; *14* — муфта; *15* — нагнетательный клапан; *16* — клапанная коробка; *17* — всасывающий клапан; *18* — паровой патрубок; *19* — крышка; *20* — пружина клапана.

за счет которого нагнетательный клапан закрывается, а всасывающий открывается, и вода поступает в водяной цилиндр.

Как только поршни достигли своего нижнего положения, стойка рычагов механизма парораспределения перемещает цилиндрический золотник вверх (рис. 18 б), при этом открывается нижний впускной канал, и пар поступает в нижнюю часть парового цилиндра, под давлением которого паровой поршень вместе с водяным начинает двигаться вверх. При этом в водяном цилиндре и клапанной коробке создается давление, за счет которого всасывающий клапан закрывается, а

нагнетательный открывается, и вода поступает на питание котла. Необходимое для этого давление создается в насосах за счет разности площадей парового и водяного цилиндров: диаметр парового поршня примерно в 1,5 раза больше диаметра водяного. Золотники отрегулированы так, что пар поступает в цилиндры насоса в течение всего хода поршня, поэтому его можно пускать в работу при любом положении.

Оборудование паровых поршневых насосов: манометр на нагнетательной полости водяного цилиндра или на питательном трубопроводе (ближе к насосу); отключающие устройства на всасывающем и нагнетательном трубопроводах; вентиль на паропроводе к паровой машине насоса; предохранительный клапан между насосом и запорным вентилем на нагнетательном трубопроводе; продувочные краны для выпуска конденсата из цилиндров. Для равномерной подачи воды и смягчения толчков, возникающих при работе, на паровых насосах устанавливаются воздушные клапаны, а для смазки золотников и поршней паровых цилиндров — масленка.

Прежде чем пустить насос в работу, его нужно осмотреть, проверить наличие масла в масленках паровых цилиндров и смазать трущиеся детали. После этого закрыть запорные вентили на всасывающем и нагнетательном трубопроводах и все продувочные краники. Если вентили на питательной линии от насоса до входа воды в котел открыты, можно плавно, осторожно открыть паровой пусковой вентиль, при этом насос должен приходить в движение медленно, постепенно. Через продувочные краники должен выходить пар. Закрыть их можно только тогда, когда из них пойдет сухой пар. Затем воздушным краником на нагнетательной линии следует проверить отсутствие воздуха и больше открыть паровпускной вентиль для создания необходимой производительности насоса.

При появлении стуков необходимо усилить смазку и выпустить конденсат из паровых цилиндров, открыв для этого продувочные краники. По манометру на нагнетательном трубопроводе нужно следить за давлением, которое должно

превышать давление в котле не менее чем на 0,5—1,5 кгс/см² (0,05—0,15 МПа).

Для остановки парового поршневого насоса необходимо закрыть паровыпускной вентиль, затем задвижки на нагнетательном и всасывающем трубопроводах и открыть спускные краники у паровых цилиндров, чтобы выпустить конденсат.

Паровые поршневые насосы работают при давлении пара более 2 кгс/см² (0,2 МПа), они просты в эксплуатации, но не экономичны, так как расходуют много пара.

ГАЗОПРОВОДЫ И ГАЗОРЕГУЛЯТОРНЫЕ УСТАНОВКИ КОТЕЛЬНОЙ

Газопроводы

Газопроводы на территории городов и населенных пунктов, а также промышленных, коммунальных и бытовых потребителей бывают низкого давления — до 0,05 кгс/см² (5 кПа), среднего — от 0,05 до 3 кгс/см² (5 кПа—0,3 МПа), высокого — свыше 3 кгс/см² (0,3 МПа). Давление природного газа перед котлом в зависимости от мощности и назначения котельной может быть в пределах 40—200, 200—400 или 500—3400 мм вод. ст. (0,4—2, 2—4 или 5—34 кПа) и др.

В котельных прокладываются газопроводы только низкого и среднего давления, в расположенных в отдельно стоящих зданиях допустимы газопроводы высокого давления, но не более 6 кгс/см² (0,6 МПа).

На вводе газа в котельную в освещенном и удобном для обслуживания месте должна быть задвижка. На каждом отводе от распределительного газопровода к котлу предусматривается не менее двух отключающих устройств, одно из которых устанавливается непосредственно перед горелкой. Кроме арматуры и контрольно-измерительных приборов, на газопроводе перед каждым котлом обязательно автоматическое устройство, обеспечивающее безопасную работу. Для

предотвращения попадания газа в топку котла при неисправных отключающих устройствах необходимы продувочные свечи и газопроводы безопасности с отключающими устройствами, которые при неработающих котлах должны быть открыты.

Газопроводы котельной окрашиваются в желтый цвет с красными кольцами.

Газорегуляторные установки

Для получения необходимого давления в котельных устанавливаются газорегуляторные установки (ГРУ), в которых давление газа снижается и поддерживается в заданных пределах независимо от колебания расхода и давления в сети.

Помещение, где находится ГРУ, следует проветривать и хорошо освещать, оборудование и приборы должны быть защищены от механических повреждений и воздействия сотрясений и вибрации. Основной проход между оборудованием ГРУ и котельной (или стеной здания) — не менее 0,8 м.

На рис. 19 показана схема газорегуляторной установки с размещением основного оборудования, арматуры и контрольно-измерительных приборов. В комплект ГРУ входят: регуляторы давления газа для снижения его давления и автоматического регулирования в заданных пределах; предохранительный запорный клапан для автоматического отключения подачи газа при неисправности регулятора давления; фильтр для очистки газа от механических примесей; предохранительные сбросные устройства (гидрозатвор или пружинный клапан) для сброса избытка давления газа при резком повышении давления; обводной газопровод (байпас) — через него подают газ, минуя основное оборудование; КИП — манометры, расходомеры; импульсные трубки — для подачи импульсов давления; отключающие устройства (задвижки, краны).

Регуляторы давления газа по способу воздействия на регулирующий орган бывают: прямого действия — орган, который воспринимает измерительный импульс, непосредственно осуществляет перемещение регулирующего органа; непрямого

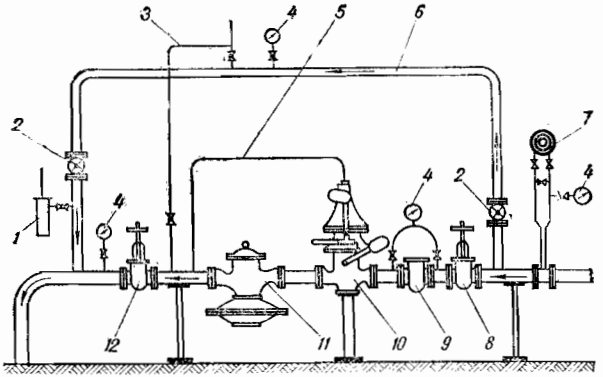


Рис. 19. Схема газорегуляторной установки:

1 — сбросное устройство; *2* — задвижки на байпасной линии; *3* — продувочная свеча; *4* — манометры; *5* — импульсная линия ПКН; *6* — байпасная линия; *7* — расходомер; *8* — задвижка на входе; *9* — фильтр; *10* — ПКН; *11* — регулятор давления; *12* — задвижка на выходе.

действия — чувствительный орган воздействует на регулирующее устройство через привод исполнительного механизма; беспилотные типа РД разделяются по условному проходу — РД-25, РД-32 и РД-50. В настоящее время промышленность выпускает модернизированные регуляторы типа РД-32М и РД-50М с двумя входными штуцерами; пилотные РДУК-2 — универсальной конструкции, состоящие из собственно регулятора и регулятора управления (пилота). Они широко применяются в ГРУ котельных.

Для получения давления газа на выходе 0,005—0,6 кгс/см² (0,0005—0,06 МПа) применяют пилот КН-2; 0,6—6 кгс/см² (0,06—0,6 МПа) — пилот КВ-2 (табл. 18). Их конструкции сходны. КВ-2 снабжены более сильной пружиной, тонкая тарелка мембраны, которая имеется у КН-2, заменена кольцом.

На рис. 20 показана принципиальная схема РДУК-2. Работа регулятора основана на следующем принципе. Чтобы

Таблица 18. **Характеристика регуляторов управления (пилотов)**

Показатели	КН-2	КВ-2	
Диаметр проволоки пружины, мм	4,5	5	6
Давление газа, кгс/см² (МПа)			
входное	12(1,2)	12(1,2)	12(1,2)
выходное	0,005—0,6 (0,0005—0,06)	0,3—0,6 (0,03—0,06)	1—6 (0,1—0,6)
Диаметр, мм			
клапана	3,5	3,5	3,5
мембранной коробки	160	160	160
Активная площадь мембраны, см²	97	18	18
Ход клапана, мм	1,5—2	1,5—2	1,5—2
Высота клапана, мм	183	188	188
Масса, кг	4,5	5,2	5,25

получить необходимое давление, после регулятора надо вкрутить резьбовой стакан *6* пилота *2*, в результате чего мембрана *4* под действием пружины *5* поднимается и клапан *3* открывает проход импульсному газу, который через импульсную трубку *7* поступит в трубку *15*. При этом часть импульсного газа через дроссель *16*, установленный на трубке *14*, сбрасывается в газопровод после регулятора, остальной газ через дроссель *12* поступает в подмембранную полость регулятора, под действием которого мембрана *11*, а следовательно, и клапан *9* поднимаются и открывают калиброванное отверстие *10* со сменным седлом. Таким образом, давление газа, проходящего через калиброванное отверстие, снижается. Кроме того, газ через импульсную трубку *1* воздействует на мембрану *4* пилота, в результате чего происходит уравновешивание сниженного газа, и по манометру можно определить его величину. Регулирование давления в заданных пределах производится перемещением клапана *9* относительно калибро-

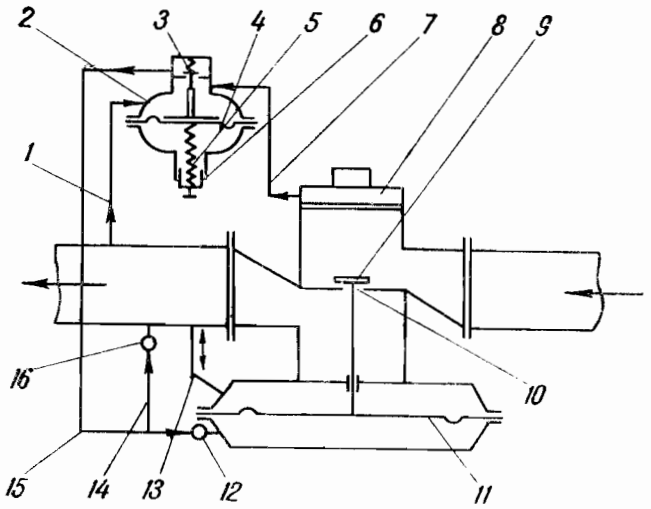


Рис. 20. Принципиальная схема регулятора давления РДУК-2:

1, 7, 13, 14, 15 — импульсные трубки; *2* — регулятор управления; *3, 9* — клапаны; *4, 11* — мембраны; *5* — пружина; *6* — резьбовой стакан; *8* — фильтр; *10* — седло; *12, 16* — дроссели.

ванного отверстия. Например, при уменьшении расхода газа давление после регулятора начинает возрастать. Это передается по импульсной трубке *1* на мембрану *4* пилота сверху; мембрана, опускаясь, прикрывает клапан пилота. Проход газа по импульсной трубке *15* уменьшается, следовательно, он с меньшей силой давит на мембрану *11*, при этом клапан *9* опустится, прикроет отверстие *10*, и давление газа восстановится до заданной величины.

При увеличении расхода газа давление после регулятора уменьшается. Это передается по импульсной трубке *1* на мембрану пилота и под действием пружины *5* мембрана, а следовательно, и клапан поднимутся и увеличат проход

импульсного газа по импульсной трубке *15*. Это давление с большей силой будет действовать на мембрану регулятора, поднимая ее и клапан, при этом приоткрывается калиброванное отверстие и давление газа увеличивается до заданного.

При увеличении давления перед регулятором давление сниженного газа также возрастает, и регулятор начнет действовать так же, как и при уменьшении расхода, и наоборот, при уменьшении давления газа перед регулятором — как при увеличении расхода.

Регуляторы ДРУК-2 с условным проходом 50, 100 и 200 мм в компоновке с регуляторами управления КН-2 и КВ-2 с применением сменных седел диаметром 35, 50, 70 и 140 мм позволяют получить десять модификаций по выходному давлению и пропускной способности (табл. 19).

Наиболее распространенными *предохранительными запорными клапанами* являются ПКН и ПКВ (соответственно низкого и высокого давления), выпускаемые с условным проходом 50, 80, 100 и 200 мм. Они устанавливаются перед регулятором давления, а импульс подается с низкой стороны регулятора, и если давление газа после него больше или меньше заданной величины, то клапан отсекает подачу газа.

При установке клапана (рис. 21) в рабочее (открытое) положение нужно поднять рычаг *5* и зацепить его крючком анкерного рычага *1* за штифт *4*, а молоточек *3* поставить в вертикальное положение и зацепить штифтом *18* за правый конец коромысла *17*. При этом клапан *7* через зубчатое соединение поднимается, и если импульсное давление, передаваемое в подмембранное пространство через штуцер *2*, равно силе пружины верхнего предела *12*, клапан продолжает находиться в открытом положении — через него проходит газ. При повышении конечного давления сверх допустимого мембрана *8* поднимается, сжимая пружину *12*, и шток *11* вместе с левым концом коромысла *17* поднимется, а правый конец опустится, выйдя из зацепления со штифтом *18* молоточка. Последний падает и ударяет по анкерному рычагу *1*, который выйдет из зацепления с рычагом *5*,— клапан закро-

Таблица 19. **Характеристика регуляторов давления РДУК-2**

Модификация	Условный проход, мм	Диаметр клапана, мм	Выходное давление				Масса, кг
			кгс/см²	кПа	Площадь клапана, см²	Коэффициент расхода	Пропускная способность, м³/ч	
РДУК-2Н-50/35	50	35	0,005—0,6	0,5—60	8,5	0,6	270	45
РДУК-2В-50/35	50	35	0,6—6	60—600	8,5	0,6	270	45
РДУК-2Н-100/50	100	50	0,005—0,6	0,5—60	18	0,42	375	80
РДУК-2В-100/50	100	50	0,6—6	60—600	18	0,42	375	80
РДУК-2Н-100/70	100	70	0,005—0,6	0,5—60	37	0,4	730	80
РДУК-2В-100/70	100	70	0,6—6	60—600	37	0,4	730	80
РДУК-2Н-200/105	200	105	0,005—0,6	0,5—60	84	0,49	2000	300
РДУК-2В-200/105	200	105	0,6—6	60—600	84	0,49	2000	300
РДУК-2Н-200/140	200	140	0,005—0,6	0,5—60	151,5	0,4	3000	300
РДУК-2В-200/140	200	140	0,6—6	60—600	151,5	0,4	3000	300

ется. При понижении конечного давления газа шток *11* под действием малой пружины *14* опустится вместе с правым концом коромысла. При этом левый конец его поднимется и расцепится со штифтом молоточка. Тот падает, ударяет по анкерному рычагу, и клапан, как и при повышении давления, закрывается.

В отличие от ПКН, клапан ПКВ не имеет опорной тарелки, в нем уменьшена площадь мембраны клапана за счет установки металлического кольца между фланцами головки. На верхний предел заданного давления клапан настраивается сжатием пружины *12*, а на нижний — сжатием пружины нижнего предела *11*.

Предохранительные сбросные устройства устанавливаются на ГРУ для сброса в атмосферу небольшого избытка давления газа при его повышении после регулятора, что возможно при внезапном отключении одного или нескольких котлов, увеличении давления перед регулятором, а также при пользовании байпасом, когда давление регулируется вручную.

Сбросное устройство настраивается на меньшее давление, чем запорное, чтобы предотвратить нежелательное его срабатывание,— это привело бы к прекращению подачи газа ко всем котлам.

По конструкции и принципу действия сбросные устройства бывают гидравлические, мембранно-пружинные, пружинные и рычажно-грузовые. Наиболее широко применяются первые два.

Гидравлическое сбросное устройство (гидрозатвор) применяется только на газопроводах низкого давления, состоит из металлической емкости цилиндрической формы, в которую через отверстие в верхней части заливают жидкость — воду, глицерин, веретенное масло и др. Уровень жидкости определяется по установленному на корпусе водоуказательному стеклу. Гидрозатвор срабатывает, когда в газопроводе давление после регулятора становится больше давления столба жидкости в гидрозатворе. Газ давит на жидкость, вытесняет ее, поднимаясь, выбрасывается в атмосферу через трубу, присоединенную к штуцеру. Гидрозатворы надежны в эксплуатации, но громоздки и требуют постоянного наблюдения за ними обслуживающего персонала котельных.

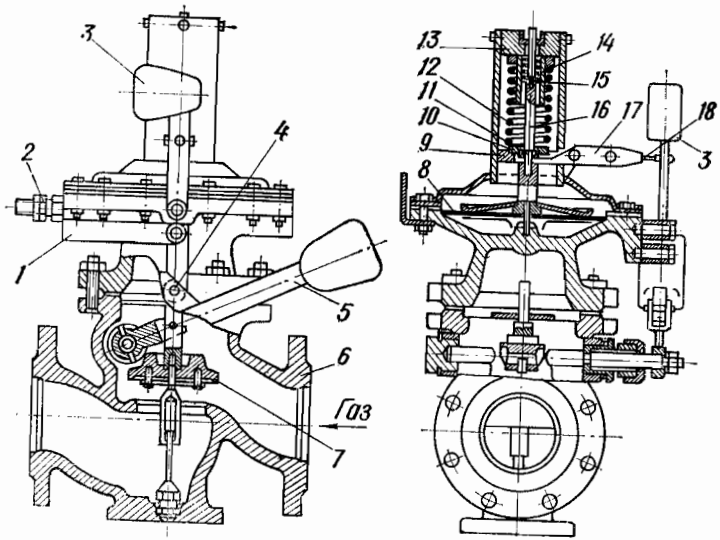


Рис. 21. Предохранительно-запорный клапан типа ПКН (ПКВ): *1* — анкерный рычаг; *2* — штуцер; *3* — молоточек; *4* — штифт рычага; *5* — рычаг; *6* — корпус; *7* — клапан; *8* — мембрана; *9* — крышка; *10* — тарелка; *11* — шток; *12* — пружина верхнего предела; *13* — регулировочный винт; *14* — пружина нижнего предела, *15* — гайка; *16* — шток; *17* — коромысло; *18* — штифт молоточка.

Мембранно-пружинные клапаны ПСК, выпускаемые с условным проходом 25 (ПСК-25) и 50 (ПСК-50) мм, используются на газопроводах низкого и среднего давления и конструктивно почти не отличаются друг от друга. Клапаны снабжены двумя сменными пружинами. Принцип их работы следующий. При нормальном режиме давление газа на мембрану уравновешивается пружиной: клапан, соединенный с мембраной, входит в седло, предотвращая выброс газа. Когда давление газа повышается сверх допустимого, мембрана, преодолевая давление пружины, опускается, увлекая

за собой клапан, при этом открывается отверстие, через которое газ выбрасывается в атмосферу. Под действием пружины мембрана поднимается, закрывая клапан.

Клапаны должны устанавливаться на газопроводе в строго вертикальном положении. Настройка ПСК на заданное давление выполняется регулировочным винтом.

ГАЗОГОРЕЛОЧНЫЕ УСТРОЙСТВА

Горелка — устройство, предназначенное для подачи газа к месту сжигания, смешения его с воздухом и обеспечения стабильного сжигания и регулировки горения. В зависимости от давления газа и воздуха они бывают: низкого давления — газа до 500 мм вод. ст. (5 кПа), воздуха до 100 мм вод. ст. (1 кПа); среднего давления — газа 500—10000 мм вод. ст. (5—100 кПа), воздуха 100—300 мм вод. ст. (1—3 кПа); высокого давления — газа свыше 1000 мм вод. ст. (10 кПа), воздуха более 300 мм вод. ст. (3 кПа).

В *диффузионных горелках* газ смешивается с воздухом вследствие взаимной диффузии газа и воздуха на границах истекающей струи. Их называют еще горелками внешнего смешения. Они представляют собой заглушенный с торца отрезок трубы, вдоль которого в два ряда в шахматном порядке просверлены отверстия. Диаметр, количество отверстий и шаг между ними зависят от производительности. Эти горелки отличаются простотой конструкции и обслуживания, бесшумны; основные недостатки — затруднения, связанные с регулированием горения, высокий коэффициент избытка воздуха.

Разновидность диффузионных горелок — подовая (щелевая) горелка. Коллектор диаметром 1,5—2 дюйма размещен на подгорелочном колосниковом листе в кирпичном канале, представляющем собой щель на поде котла. Такими горелками оборудуются котлы системы ТВГ и некоторые секционные. Эти горелки могут работать на низком и

средним давлении газа, при естественной и искусственной тяге.

В *инжекционных горелках* первичный воздух всасывается за счет инжектируемого действия струи газа, вытекающего из сопла. Для улучшения инжекции горелка имеет суживающуюся часть (конфузор), цилиндрическую и расширяющуюся (диффузор). Образовавшаяся в горелке газовоздушная смесь через отверстия насадки или стабилизатора поступает в топку котла, где смешивается со вторичным воздухом и сгорает. С увеличением расхода газа в горелке увеличивается скорость его истечения из сопла и соответственно возрастает количество подсасываемого воздуха.

Инжекционная горелка низкого давления (рис. 22 *а*) состоит из сопла, регулятора расхода первичного воздуха (регулировочной шайбы), смесительной камеры и горелочной насадки. В горелках среднего давления (рис. 22 *б*) на выходе газа из горелки для предотвращения отрыва и проскока пламени имеется туннель или устанавливается пластинчатый стабилизатор, представляющий собой пакет расположенных на расстоянии 1,5 мм друг от друга пластин шириной 16 и толщиной 0,5 мм.

Горелки с полной инжекцией первичного воздуха типа ИГК (конструкции Казанцева) состоят из регулятора расхода первичного воздуха, одновременно выполняющего роль глушителя шума, сопла, конфузора, смесительной камеры и насадки с пластинчатым стабилизатором. Они стабильно работают при изменении давления газа от 300 до 5000 мм вод. ст. (от 3 до 50 кПа).

Разновидностью инжекционных являются разработанные Укргипронижпроектом форкамерные горелки, получившие широкое применение. Бывают низкого и среднего давления и работают на номинальном давлении газа соответственно 130 мм вод. ст. (1,3 кПа) и 3000 мм вод. ст. (30 кПа). Идентичные по конструкции, они состоят из трех частей: заглушенной с одного конца стальной газовой трубы, вдоль которой для выхода газа в один ряд просверлены отверстия

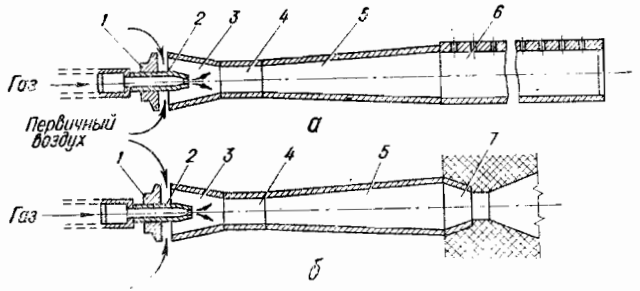


Рис. 22. Инжекционные горелки:

а — низкого давления; *б* — среднего давления; *1* — регулировочная шайба; *2* — сопло; *3* — конфузор; *4* — горловина; *5* — диффузор; *6* — газораспределительный коллектор; *7* — туннель (огневой насадок).

диаметром 3—6 мм и шагом 140 мм; кирпичного моноблока, образующего ряд каналов-смесителей сечением 180×75 мм и высотой 250 мм; форкамеры (туннеля) из огнеупорного кирпича высотой 170 мм. Каждая газовая струя имеет свой самостоятельный канал-смеситель прямоугольного сечения, в который струей газа инжектируется воздух, образуя газовоздушную смесь. Нагреваясь до 700—800 °С, она загорается. В дальнейшем основная часть газовоздушной смеси сгорает в форкамере при 1100—1200 °С и небольшом коэффициенте избытка воздуха.

Горелки с принудительной подачей воздуха вентилятором называют двухпроводными, смесительными (газ и воздух подаются по двум трубам и смешиваются в горелке). Они работают в основном на низком давлении газа, но некоторые конструкции рассчитаны и на среднее.

Многосопловые горелки Мосгазпроекта применяются для сжигания газа низкого и среднего давления, выпускаются восьми типоразмеров с номинальным расходом газа от 139 до 946 м³/ч. Газ в этих горелках подается в трубы, снабженные наконечниками с мелкими отверстиями, смешивается с воздухом, который поступает в кольцевое пространство между

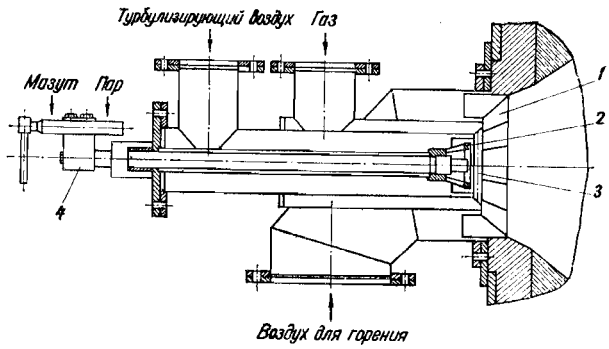


Рис. 23. Газомазутные горелки типа ГМГ и НГМГ:
1 — регистры воздуха, подаваемого на горение; *2* — регистры турбулизирующего воздуха; *3* — коническое кольцо с отверстиями для выхода газа; *4* — мазутная форсунка.

газовыми трубами и трубной решеткой, и завихривается лопатками, укрепленными на насадках.

В котельных установках наиболее широко применяются *газомазутные горелки* — паромеханические ГМГ и низконапорные пневмомеханические НГМГ (рис. 23). Они состоят из трех вставленных друг в друга цилиндрических камер: в среднюю подается газ, который выходит в амбразуру через отверстия, расположенные по окружности; через наружную поступает воздух для горения, а через внутреннюю — турбулизирующий для улучшения процесса смешения. Для завихривания воздуха на выходе из наружной камеры установлены регистры. В центре горелки — мазутная форсунка.

ВОДОПОДГОТОВКА

Природная вода и ее поведение в котельных установках

Природная вода имеет в своем составе механические примеси, растворенные химические вещества и газы. Атмосферная (дождевая) вода поглощает содержащиеся в воздухе кислород, азот, углекислый газ, пыль и другие загрязняющие ее вещества. Проникая в почву, она растворяет встречающиеся на ее пути соли натрия, кальция, магния и др. Подземная вода прозрачна, не имеет взвешенных частиц, но содержит много растворенных минеральных веществ. К поверхностной воде относят речную, озерную и морскую.

Совокупность свойств воды, характеризующаяся концентрацией содержащихся в ней примесей, называют **качеством воды.** Основными показателями качества природной воды являются жесткость, щелочность, сухой остаток, прозрачность и содержание масла.

Жесткость — свойство природной воды, обусловленное присутствием в ней растворенных солей кальция и магния. Суммарное их содержание называют общей жесткостью, которая включает карбонатную и некарбонатную. Карбонатную жесткость можно снизить нагреванием воды, поэтому ее именуют временной. Так, при температуре выше 70 °С соли кальция $Ca(HCO_3)_2$ и магния $Mg(HCO_3)_2$ распадаются и образуют слаборастворимые соли $CaCO_3$ и $MgCO_3$, выпадающие в осадок в виде шлама и удаляемые из котла при продувке. Некарбонатная жесткость не изменяется при кипячении и нагревании, поэтому называется постоянной. Она определяется концентрацией в воде сернокислых ($CaSO_4$ и $MgSO_4$) и хлористых ($CaCl_2$, $MgCl_2$) солей кальция и магния.

За единицу измерения жесткости принимают мг-экв/кг, то есть содержание в 1 кг воды 1 мг-экв кальция (Ca) или магния (Mg). 20,04 мг Ca^{2+} или 12,16 мг Mg^{2+} в 1 кг воды

составляет 1 мг-экв кальция или магния, а в пересчете на CaO и MgO соответственно 28 и 20 мг.

При питании котлов жесткой водой на стенках барабанов и труб отлагается накипь, составляющие соединения которой прочно сцепляются с поверхностью металла. Накипь, а также образовавшийся при этом шлам имеют низкую теплопроводность, в результате чего ухудшается теплопередача через загрязненные стенки. Это вызывает следующие нежелательные явления: местный перегрев стенок котла, вследствие чего образуются выпучины и свищи, разрывы жаровых, кипятильных, экранных и дымогарных труб и даже взрыв котлов; резкое снижение тепло- и паропроизводительности котельных агрегатов; перерасход топлива; сокращение сроков между чистками, а следовательно, и увеличение простоев котельных агрегатов, связанных с удалением накипи; усиление процесса коррозии; нарушение плотностей вальцовочных соединений и образование течи в местах вальцовки дымогарных и кипятильных труб.

Щелочность воды характеризуется присутствием в ней бикарбонатов кальция $Ca(HCO_3)_2$ и магния $Mg(HCO_3)_2$, карбоната натрия Na_2CO_3 и щелочей, образующихся при обработке воды. Единица измерения щелочности — мг-экв/кг. Она соответствует содержанию в 1 кг воды примерно 53 мг кальцинированной соды Na_2CO_3 или 40 мг каустической соды (едкого натра) NaOH или 54,7 мг тринатрийфосфата $Na_3PO_4 \cdot 12H_2O$ и т. д.

Кислотность воды определяется присутствием в ней свободных минеральных и органических кислот.

Сухой остаток — это общее количество растворенных в воде веществ (солей или оснований кальция, магния, натрия, аммония, железа, алюминия и др.), остающихся после выпаривания воды и высушивания остатка при температуре 110 °С до постоянной массы. Сухой остаток выражается в мг/кг чистой воды.

Масло попадает в питательную воду от паровых поршневых насосов, а также при использовании для питания котлов

конденсата, загрязненного маслом в условиях змеевикового подогрева нефтепродуктов и отсутствия достаточной плотности паровых змеевиков.

Вредное действие на стенки котлоагрегатов и трубопроводов оказывают растворенные в питательной воде *газы*. В природной воде в растворенном состоянии присутствуют все газы, с которыми она находится в контакте в процессе своего кругооборота. В поверхностных водах это кислород и углекислый газ. Последний является основным растворенным газом для многих подземных вод. Кислород вызывает коррозию, а углекислый газ, химически взаимодействуя с водой, образует слабую угольную кислоту, способствующую коррозии. Наиболее полное удаление этих газов из воды — один из основных процессов в водоподготовке.

Для определения произведения концентрации ионов водорода и гидроксила в воде используют ионное произведение ($K_в$). При температуре 22 °С в чистой воде $K_в$ определяется следующим равенством:

$$K_в = [H^+] \cdot [OH^-] = 10^{-14}.$$

Десятичный логарифм концентрации водородного или гидроксильного иона с обратным знаком называется водородным или гидроксильным показателем и обозначается pH и pOH, следовательно:

$$pH = -\log[H^+] \text{ и } [H^+] = 10^{-pH};$$

$$pOH = -\log[OH^-] \text{ и } [OH^-] = 10^{-pOH}.$$

Подставив в уравнение для $K_в$, получим: $K_в = 10^{-pH} \times 10^{-pOH} = 10^{-14}$. Отсюда следует, что $pH + pOH = 14$, а $pH = pOH = 7$. Эта величина принята за критерий оценки реакции среды. Водородный показатель ниже 7 свидетельствует о кислой реакции (концентрация ионов водорода больше, чем в чистой воде), значение водородного показателя выше 7 указывает на щелочную реакцию; если значение водородного показателя равно 7, реакция нейтральная. Водородный ион — активный участник многих химических процессов, в

том числе и коррозии металлов. Поэтому контроль и регулирование pH воды является важной задачей водоподготовки любого теплоэнергетического объекта.

Требования к качеству питательной воды

Нормы водного режима для котлов с естественной циркуляцией, давлением более 39 кгс/см² (3,9 МПа) и прямоточных котлов Правилами Госгортехнадзора СССР не регламентированы. Качество питательной воды для них должно удовлетворять требованиям Правил технической эксплуатации электрических станций и сетей.

Для котлов с естественной циркуляцией, паропроизводительностью 0,7 т/ч и выше, давлением до 39 кгс/см² (3,9 МПа) нормы качества питательной воды не должны превышать:

общая жесткость (мгк-экв/кг): 30 — для газо- и жаротрубных котлов, работающих на газообразном и жидком топливе, 20 — для водотрубных котлов с рабочим давлением до 13 кгс/см² (1,3 МПа), 15 — для водотрубных котлов с рабочим давлением от 13 до 39 кгс/см² (от 1,3 до 3,9 МПа);

содержание растворенного кислорода для котлов паропроизводительностью 2 т/ч (0,556 кг/с) и рабочим давлением до 39 кгс/см² (3,9 МПа) (мкг/кг): 100 — с чугунными экономайзерами или без них, 30 — со стальными экономайзерами;

содержание масла (мг/кг): 5 — для котлов с рабочим давлением до 13 кгс/см² (1,3 МПа), 3 — для котлов с рабочим давлением свыше 13 кгс/см² (1,3 МПа);

относительная щелочность — не выше 20%.

Качество подпиточной воды *для водогрейных котлов* должно удовлетворять следующим нормам: карбонатная жесткость — не более 700 мкг-экв/кг; содержание растворенного кислорода — до 50 мкг-кг; содержание взвешенных веществ — не более 5 мг/кг; свободная углекислота не допускается; pH — не менее 7.

Для паровых котлов паропроизводительностью менее 0,7 т/ч (0,195 кг/с) водоподготовка не проводится. Устанавливается

период между чистками, гарантирующий толщину отложений не более 0,5 мм на особенно теплонапряженных участках поверхности нагрева котла к моменту его остановки.

Водоподготовка в котельных малой и средней мощности

Водоподготовка — это совокупность методов очистки воды для промышленных целей. В зависимости от мощности и назначения котельных установок, а также от состава исходной воды применяют осветление, умягчение и деаэрацию.

Осветлением воды называется процесс освобождения ее от взвешенных веществ и в зависимости от характера примесей может проводиться в механических фильтрах или с помощью коагуляции. Если вода, подаваемая на химводоочистку, содержит большое количество грубодисперсных взвешенных веществ (глина, песок, ил), ее осветляют отстаиванием в резервуарах-отстойниках больших размеров или фильтрованием в механических фильтрах — цилиндрических емкостях, в которых в качестве фильтрующего материала применяют кварц, дробленый антрацит, обожженный доломит, мраморную крошку, керамзит, кокс и др.

Если вода содержит минеральные и органические коллоидно-дисперсные частицы, замедляющие реакции водоумягчения, то такую воду подвергают *коагуляции* — укрупнению частиц в дисперсной системе путем их взаимного слипания. Мельчайшие примеси воды, особенно частицы глины, слабо поддаются отстаиванию. В таких случаях для наиболее полного осветления воды используют химический способ осаждения мути: к воде, поступающей в отстойник, прибавляют некоторые реактивы — коагулянты. Они обладают свойством собирать взвешенные коллоидные частицы в хлопья, в результате хлопьевидный осадок выпадает на дно. В качестве коагулянтов применяют сернокислый алюминий, железный купорос, хлорное железо и др.

Умягчение — это наиболее приемлемый метод подготовки воды в промышленно-отопительных котельных. Он заключается в снижении концентрации катионов кальция и магния, обусловливающих жесткость воды.

Наиболее распространенный способ умягчения воды в котельных с давлением свыше 0,7 кгс/см² (0,07 МПа) — **катионитовый**. Он основан на способности некоторых практически не растворимых в воде органических и неорганических веществ, называемых катионитами, обменивать содержащиеся в них активные группы катионов натрия и водорода на катионы кальция и магния. Сырую воду пропускают через фильтр, загруженный катионитовым материалом (сульфоуглем, глауконитом, синтетическими смолами), при этом катионы кальция (Ca^{2+}) и магния (Mg^{2+}) переходят из воды в катионит, а в воду переходят катионы натрия (Na^{+}) или водорода (H^{+}), в результате чего вода умягчается. В процессе работы умягчающая способность катионита постепенно снижается. Ее можно восстановить регенерацией.

При Na-катионитовом умягчении воды обменные реакции выражаются в следующем виде:

$$2Na(K) + \frac{Ca(HCO_3)_2}{Mg(HCO_3)_2} = \frac{Ca(K)_2}{Mg(K)_2} + 2NaHCO_3;$$

$$2Na(K) + \frac{CaSO_4}{MgSO_4} = \frac{Ca(K)_2}{Mg(K)_2} + Na_2SO_4.$$

(K) — комплекс катионита, практически не растворимого в воде. Преимущество Na-катионитового способа заключается в высокой степени умягчения воды, компактности аппаратуры и несложности ухода за ней. Кроме того, для регенерации катионита используется недорогая поваренная соль. К недостаткам этого способа следует отнести высокую щелочность умягченной воды.

Умягчение воды H-катионитовым способом проходит по следующим реакциям:

$$2H(K) + \frac{CaSO_4}{MgSO_4} = \frac{Ca(K)_2}{Mg(K)_2} + H_2SO_4 \text{ и т. д.}$$

При этом вода умягчается за счет замещения катионов кальция и магния катионами водорода с образованием серной кислоты.

Таким образом, после Na-катионирования получается щелочной фильтрат, а после H-катионирования — кислый и если смешать оба фильтрата в определенной пропорции, можно получить практически полностью умягченную воду с заданной величиной щелочности.

Раньше в качестве катионитового материала применяли глауконитовый песок, то есть естественный катионит, имеющий малую обменную способность (100—150 г-экв/м³). В последние годы синтезирован ряд катионитовых материалов как на базе природного сырья (сульфоугли), так и из искусственных смол (табл. 20).

Таблица 20. **Характеристика катионитов**

Показатели	Сульфоуголь		КУ-1	КУ-2
	первый сорт, мелкий СМ-1	второй сорт, крупный СК-2		
Сырье для изготовления	Каменный уголь, серная кислота		Формальдегид, фенолсульфокислота	Стирол, дивинилбензол
Насыпная масса, т/м³				
воздушно-сухого	0,55	0,6	0,74	0,71
разбухшего в воде	0,42	0,47	0,44	0,5
Коэффициент набухания	1,32	1,28	1,6	1,42
Размер зерен, мм	0,25—0,7	0,3—1,5	0,3—2	0,3—1,5
Полная обменная способность, г-экв/м³	550—600	500—550	650—700	1500—1700
Допустимая температура умягчаемой воды, °С	30—40 — при слабощелочной воде, 60 — при нейтральной и слабокислой		До 100	До 120

Сейчас наиболее широко применяется сульфоуголь, полученный путем обработки каменных углей дымящей (высококонцентрированной) серной кислотой. Универсальность сульфоугля обусловливается его достаточно высокой обменной способностью, возможностью использования в циклах Na- и H-катионирования, а также сравнительно невысокой стоимостью.

Применение более дорогих катионитов может быть оправдано в том случае, если их повышенная стоимость компенсируется большей обменной способностью. При этом уменьшаются размеры или количество фильтров, упрощается обслуживание катионитовой установки.

В некоторых котельных применяют катионит КУ-2, зернистый материал желтоватого цвета. Сырье для его получения — стирол, дивинилбензол. Обменная способность 1500—1700 г-экв/м³ — почти в три раза выше, чем у сульфоугля (500—600 г-экв/м³).

Каждый катионит обладает обменной способностью, определяемой тем количеством катионов, которое может задержать (обменять) катионит в течение цикла фильтрования. В практике водоподготовки обменную способность катионита выражают в г-экв задержанных катионов на 1 м³ катионита, разбухшего после пребывания в воде. Обычно рабочий цикл фильтрования на катионитовом фильтре продолжают до момента проскока в фильтрат солей жесткости, затем фильтр останавливают на регенерацию.

Катионитовые фильтры выпускаются серийно шести размеров (670, 1030, 1525, 2000, 2500, 3040 мм), с различной высотой загрузки, рассчитанные на рабочее давление 6 кгс/см² (0,6 МПа).

Катионитовый фильтр (рис. 24) состоит из цилиндрического корпуса со сферическими днищами. Фильтр загружается кварцевым песком и катионитом через верхний люк, а выгружается через нижний. На бетонной подушке устанавливается дренажное устройство, предназначенное для равномерного распределения воды, проходящей по всему сечению фильтра.

Оно состоит из коллекторов и системы труб, к которым приварены патрубки с резьбой. На них навинчиваются пластмассовые или кварцевые колпачки с отверстиями или щелями размером 0,3 мм. Слой кварцевого песка, насыпанного на поверхность бетонной подушки, имеет крупность зерен от 1 до 10 мм (крупность зерен увеличивается сверху вниз).

Для равномерного распределения по поверхности катионита вода подается в фильтр через воронку, обращенную широким концом кверху, а регенерирующий раствор — через кольцевую дырчатую трубу. Трубопроводы малых диаметров служат для отбора проб воды. Конструктивно Na- и H-катионитовые фильтры различаются лишь тем, что внутренняя поверхность H-катионитовых фильтров и детали, соприкасающиеся с водой, предохраняются от воздействия агрессивной среды специальными защитными покрытиями.

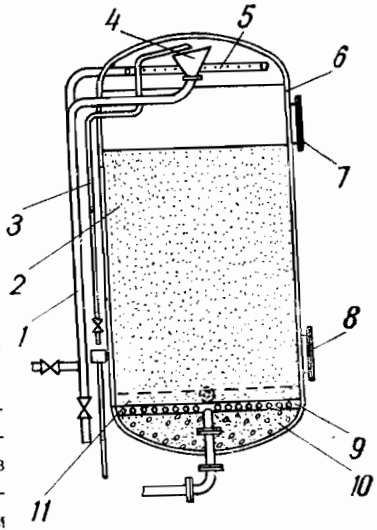


Рис. 24. Катионитовый фильтр:

1 — трубопровод для подачи воды на умягчение или раствора соли на регенерацию; *2* — катионит; *3* — трубка для отбора проб; *4* — воронка; *5* — кольцевая дырчатая труба; *6* — корпус; *7* — верхний люк; *8* — нижний люк; *9* — дренажное устройство; *10* — бетонная подушка; *11* — слой крупнозернистого песка.

Каждый катионитовый фильтр оборудован отключающими устройствами для управления работой фильтров, отбора проб воды, контроля за наполнением и для выпуска воздуха. Кроме того, каждый фильтр снабжен следующей контрольно-измерительной аппаратурой: расходомер для замера мгновен-

ной производительности фильтра; суммирующий счетчик для замера общего количества умягченной воды; два манометра: один показывает давление воды до фильтра, а другой — после него. Если в фильтрат попадают соли жесткости, катионитовый фильтр останавливают на **регенерацию**, которая состоит из последовательно проводимых операций: взрыхления, непосредственно регенерации и отмывки.

Взрыхление катионита производится током воды снизу вверх с целью устранения спрессованности катионита, образовавшейся при фильтровании воды под давлением. Спрессованность может привести к ненормальному прохождению регенерирующего раствора через всю толщину катионита, то есть к неполной регенерации.

Непосредственно регенерация заключается в пропуске сверху вниз регенерирующего раствора через слой катионита. При Na-катионировании регенерацию проводят 8—10%-ным раствором поваренной соли NaCl, а при H-катионировании — 1,5—2%-ным раствором серной кислоты H_2SO_4 (соляная кислота HCl более дорогостоящая). При регенерации Na- или H-катионита катионы Na^+ и H^+, содержащиеся в регенерирующем растворе, вытесняют катионы Ca^{2+}, Mg^{2+} и частично Na^+, задержанные в процессе фильтрования, и они переходят в раствор. Катионит же, вновь обогащенный обменными катионитами Na^+ или H^+, восстанавливает свою обменную способность. Регенерация катионита происходит по следующим реакциям:

$$\frac{Ca(K)_2}{Mg(K)_2} + NaCl \rightleftarrows 2Na(K) + \frac{CaCl_2}{MgCl_2};$$

$$\frac{Ca(K)_2}{Mg(K)_2} + H_2SO_4 \rightleftarrows 2H(K) + \frac{CaSO_4}{MgSO_4}.$$

Отмывка катионита заключается в том, что током воды сверху вниз катионит очищается от избытка регенерирующего раствора и от продуктов регенерации (соединений Ca и Mg), вытесняемых из катионита.

Таким образом, катионит, обогащенный катионами натрия или водорода и отмытый от продуктов регенерации, вновь получает способность умягчать жесткую воду, и фильтр можно включить в работу. Регенерацию катионитовых фильтров проводят один-два раза в сутки. Продолжительность всех операций 1—1,5 ч, поэтому в котельной необходим резервный фильтр.

В котельных малой и средней мощности при Na-катионитовом умягчении воды применяют «мокрое» хранение соли. Соль выгружают в бетонный резервуар (1,5 м³ его объема на 1 т соли) и заливают водой. Получается раствор с концентрацией около 25%. Его подают насосом в фильтр солевого раствора, затем в бак-мерник, где разбавляется до концентрации 8—10%, и далее поступает для регенерации катионитового фильтра. В котельных установках малой производительности при расходе соли менее 3 т в месяц допускается ее «сухое» хранение. В этом случае для получения раствора соли необходимой концентрации фильтры солевого раствора используют в качестве солерастворителей.

В котельных, кроме описанной выше докотловой обработки воды, применяют *внутрикотловую* обработку: в котел вместе с питательной водой вводят осадительные реагенты — антинакипины, переводящие накипеобразующие соли в шлам, не прикипающий к стенкам котла и легко удаляемый вместе с продувочной водой. Чтобы избежать накопления шлама, вспенивания и перебросов воды, котел необходимо чаще продувать. В качестве осадительных веществ применяются фосфатные смеси, состоящие из тринатрийфосфата, кальцинированной или каустической соды и дубильного экстракта. Щелочи и дубильный экстракт защищают котел от коррозии. Кроме того, дубильный экстракт уменьшает вспенивание воды и предотвращает каустическую хрупкость металла.

Внутрикотловая обработка воды антинакипинами вместе с проведением регулярных продувок котла приостанавливает образование накипи, поверхность котла покрывается тонким слоем легко счищаемого шлама. При хорошо организованной

внутрикотловой обработке воды паровые котлы малой мощности среднего давления могут работать без остановки в течение года. Для этого необходимо правильно дозировать осадительные вещества, так как их недостаток приводит к образованию накипи, а избыток — к вспениванию и перебросам воды в пароперегреватель и паропроводы.

Магнитная обработка заключается в том, что вода перед поступлением в котел или теплосеть подвергается воздействию магнитного поля, и при этом накипеобразующие соли выделяются в виде мелкодисперсных частиц, которые становятся центрами кристаллизации. Наличие огромного количества центров кристаллизации с поверхностью, во много раз превосходящей площадь поверхности нагрева котельного агрегата, приводит к тому, что накипеобразующие соли переходят в твердую фазу не на поверхности нагрева, а в объеме воды на поверхности центров кристаллизации и превращаются в шлам, легко удаляемый продувкой. Преимущество магнитной обработки воды — в простоте, безопасности и минимальных эксплуатационных расходах.

Кислород и углекислый газ, растворенные в воде, вызывают коррозию стенок котлов, трубопроводов и арматуры, причем с повышением давления коррозия увеличивается. Растворенные газы и воздух удаляются из воды **деаэрацией (дегазацией)**. Известно несколько ее способов: термический, химический, электромагнитный, высокочастотный и ультразвуковой. Три последних еще недостаточно освоены. В настоящее время в паровых и водогрейных котельных наибольшее распространение получил *термический* способ: растворение в воде газов уменьшается с повышением температуры и совершенно прекращается при достижении температуры кипения, когда растворенные газы полностью удаляются из воды.

Существует несколько типов термических деаэраторов, но в паровых котельных применяются в основном смешивающие атмосферного типа (рис. 25). Такой деаэратор представляет собой вертикальную цилиндрическую колонку *7* диаметром 1—2 м и высотой 1,5—2 м, установленную на горизонтальном

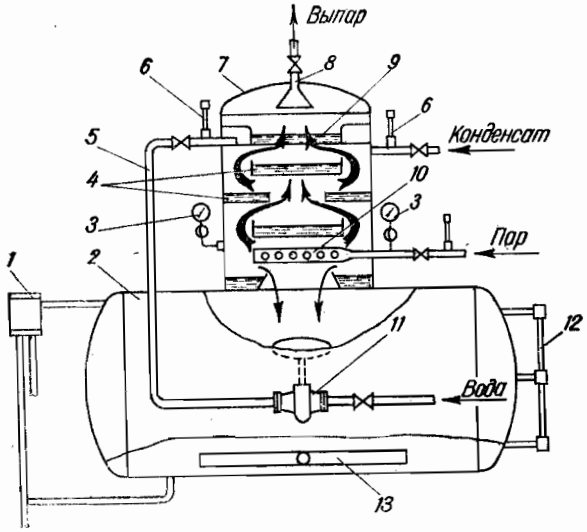


Рис. 25. Атмосферный деаэратор:

1 — гидрозатвор; *2* — бак деаэрированной воды; *3* — манометры; *4* — дырчатые тарелки; *5* — трубопровод подачи воды на деаэрацию; *6* — термометры; *7* — деаэраторная колонка; *8* — трубопровод для удаления выпара; *9* — водораспределительное устройство; *10* — парораспределительная камера; *11* — поплавковый регулятор питания; *12* — водоуказательные стекла; *13* — трубопровод подачи воды к питательным насосам.

цилиндрическом баке 2, предназначенном для хранения запаса деаэрированной воды. После умягчения вода, подлежащая деаэрации, по трубопроводу *5* подается на водораспределительное устройство *9*, переливается через его край, стекает вниз через систему дырчатых тарелок *4*, разбрызгивается на струйки, попадает в бак деаэрированной воды *2*. Из парового котла в нижнюю часть деаэраторной колонки через парораспределительную камеру *10* подается пар и, поднимаясь вверх, подогревает воду до температуры кипения (102—104 °С). При этом из воды выделяются кислород и углекислый

тёз и вместе с остатком несконденсировавшегося пара через трубопровод 6 выбрасываются в атмосферу, а деаэрированная вода из бака по трубопроводу *13* подается к питательным насосам. Уровень воды в баке поддерживается с помощью поплавкового регулятора питания *11*, регулирующего положение задвижки трубопровода питательной воды, и определяется по водоуказательным стеклам *12*. Колонка и бак снабжены гидрозатворами, предотвращающими повышение давления выше допустимых пределов.

Для деаэрации подпиточной воды тепловых сетей в отопительных котельных с мощными водогрейными котлами применяются вакуумные деаэраторы, так как отсутствие пара и сравнительно невысокая температура подогрева сетевой воды в летнее время исключает возможность применения атмосферной деаэрации. Вакуумный деаэратор, как и атмосферный, состоит из колонки и бака деаэрированной воды. Вакуум в деаэраторе создается водоструйным эжектором, присоединенным к верхней части деаэраторной колонки. Для облегчения работы эжектора перед ним устанавливают охладитель выпара, так как водоструйный эжектор работает лучше, если температура выпара ниже. Вода через эжектор перекачивается насосом, создает разрежение, за счет которого из деаэратора отсасывается выпар и, смешиваясь с водой, поступает в бак-газоотделитель. Там вода опускается вниз, а выпар остается наверху и удаляется затем в атмосферу. Вода после умягчения, пройдя охладитель выпара и водоподогреватель второй ступени, подогревается до 75—80 °С и подается в деаэратор, где закипает при давлении ниже атмосферного. Освободившись от кислорода и углекислого газа, стекает в бак для деаэрированной воды. Оттуда подготовленная вода подается насосом на подпитку теплосети.

Чтобы деаэрированная вода, собирающаяся в баке, сохранила температуру кипения, в нем размещают змеевик, подогреваемый горячей водой из водогрейных котлов. Вакуумные деаэраторы работают при давлении 0,3 абсолютной атмосферы, чему соответствует температура кипения воды 68,9 °С.

ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИЕ ИЗМЕРЕНИЯ И АВТОМАТИЗАЦИЯ КОТЕЛЬНЫХ

Котельные должны эксплуатироваться экономично и безаварийно, а этому способствует применение соответствующих контрольно-измерительных приборов — для определения температуры, давления, разрежения (тяги), расхода и уровня, а также средств автоматики.

Приборы для измерения температуры

В котельных для измерения температуры воды, пара, газа, мазута, продуктов сгорания, воздуха, подаваемого на горение, а также в помещении применяются приборы, принцип работы которых основан на использовании свойств, проявляемых веществами при нагревании: изменение объема — в термометрах расширения; повышение давления жидкостей или газов, находящихся в замкнутой системе,— в манометрических; образование термоэлектродвижущей силы — в термоэлектрических; изменение электрического сопротивления проводников — в термометрах сопротивления.

Жидкостные стеклянные термометры — самые простые и наиболее распространенные приборы для измерения температуры: лабораторные (ТЛ), технические (ТТ) и контактные (ТК). Они состоят из стеклянной трубки, укрепленной на шкале, градуированной в градусах Цельсия. Трубка соединена с резервуаром, заполненным рабочей жидкостью — ртутью или спиртом, окрашенным в темно-красный или фиолетовый цвет (температура кипения ртути 357 °С, а спирта 78,3 °С). Для повышения точки их кипения пространство над ртутью или спиртом в капиллярной трубке заполнено инертным газом под давлением.

При нагревании резервуара заполняющая его жидкость увеличивается в объеме и поднимается, а при охлаждении опускается по капиллярной трубке. Ртутным термометром можно измерить температуру от минус 30 до +600 °С, спиртовым — от минус 70 до +150 °С.

Для удобства установки и отсчета показаний технические термометры изготовляются прямыми (тип А) и угловыми (тип Б). В последних угол отклонения от вертикали может составлять 90, 120 или 135°. На котлах и трубопроводах термометры устанавливаются в металлические гильзы. Для защиты от повреждения на гильзу навертывается оправа. Ее внутренний диаметр на 2—3 мм больше наружного диаметра термометра. На горизонтальных участках трубопроводов и поворотах термометры устанавливают резервуаром навстречу потоку измеряемой среды, а на вертикальных — под углом 30°.

Для лучшего восприятия тепла гильзы заполняют машинным маслом при измерении температуры среды до 150 °С, при определении более высоких температур — мелкими опилками отожженной красной меди.

Манометрические термометры служат для дистанционного измерения температуры. Принцип их действия основан на зависимости давления жидкости или газа, находящихся в замкнутой системе, от температуры. Род рабочего вещества манометрических термометров определяет их вид: жидкостные заполняются ртутью, газовые — инертными газами (азотом и др.), паровые — легкокипящей жидкостью (спиртом, эфиром, ксилолом и др.). Пределы измеряемой температуры от минус 50 до +550 °С зависят от свойств рабочего вещества.

Манометрические термометры состоят из помещенного в измеряемую среду термобаллона, манометрической пружины и соединяющей их капиллярной трубки. При нагревании термобаллона рабочее вещество увеличивается в объеме. Под действием давления пружина, выпрямляясь, воздействует на тягу с зубчатым сектором и поворачивает стрелку или перо самопишущего прибора. Шкала прибора градуируется в градусах Цельсия.

Термоэлектрический термометр используется для измерения температуры до +1700 °С, а также передачи показаний на тепловой щит. Он состоит из термопары, соединительных проводов и измерительного прибора. Термопара представляет собой соединение двух проводников (термоэлектродов), изготовленных из разных металлов (платина, медь) или сплавов (платинородий, константан, хромаль, алюмель, копель), изолированных друг от друга фарфоровыми бусами или трубочками. Одни концы термоэлектродов спаиваются, образуя так называемый горячий спай, а вторые остаются свободными (холодный спай). Для удобства при пользовании термопару заключают в стальную, медную или кварцевую трубку (чехол).

При нагревании горячего спая образуется термоэлектродвижущая сила, величина которой зависит от температуры горячего спая и материала термоэлектродов. Измеряемым прибором может служить милливольтметр или потенциометр. Шкала прибора размечается в градусах Цельсия с указанием типа градуировки (ТПП, ТХА, ТХК и др.). Термоэлектродвижущая сила через соединительные провода поступает на измерительный прибор, стрелка которого отклоняется, показывая температуру измеряемой среды. Для более точного определения термопара должна устанавливаться так, чтобы горячий спай погружался в центр потока среды на глубину не менее 100 мм, а на трубопроводах малого диаметра — навстречу потоку.

Термометры сопротивления используются для измерения температуры до +650 °С. В котельных для измерения температуры воды и пара используются термометры сопротивления типа ЭТ-1. В них на слюдяную пластинку наматывается платиновая проволока, к концам которой припаяны изолированные фарфоровыми изоляторами выводы из серебряной проволоки и присоединены к зажимам в головке термометра. Слюдяная пластинка с обмоткой изолирована с двух сторон слюдяными накладками, связана в общий пакет серебряной лентой и образует чувствительный элемент термометра, который вставлен в алюминиевый вкладыш и вместе с ним помещен в трубчатый чехол в защитной стальной оболочке. На последней имеется штуцер для установки термометра на трубопроводах. В качестве показывающего прибора обычно используется магнитоэлектрический логометр.

Приборы для измерения давления и разрежения

Приборы для измерения давления и разрежения получили общее название — манометрические.

Для измерения давления жидкостей и газов предназначены манометры, атмосферного давления — барометры, разрежения (тяги) — вакуумметры (тягомеры), для одновременного измерения давления и разрежения (тяги) — мановакуумметры (тягонапоромеры). Дифференциальными называют манометры, применяемые для определения перепада (разности) давлений на контролируемом участке трубопровода. В котельных по перепаду определяют засоренность газового счетчика и фильтра на ГРУ.

Приборы для измерения давления подразделяются на следующие основные группы: деформационные, в которых измеряемое давление определяется по величине деформации упругих чувствительных элементов (пружинные и мембранные манометры, мембранные тягомеры); жидкостные, в которых измеряемое давление уравновешивается давлением столба жидкости соответствующей высоты.

Пружинные манометры применяются в котельной для измерения давления пара и воды в котлах, а также воды, мазута и газа в трубопроводах. Основной частью прибора (рис. 25) является латунная пружина *4*. Ее свободный конец через тягу (поводок) *6* соединен с зубчатым сектором *5* и центральной шестеренкой, на оси которой насажена стрелка *3*. Под давлением измеряемой среды трубчатая пружина выпрямляется, поворачивая при этом зубчатый сектор и шестеренку, а следовательно, и стрелку. По шкале *1* отсчитывают величину измеряемого давления. Плавное движение стрелки обеспечивает спиральная пружина (волосок) *2*.

К котлу манометры присоединяются через сифонную трубку, в которой конденсируется пар или охлаждается вода, и давление передается через остывшую воду, чем предохраняется механизм прибора от теплового воздействия пара или горячей воды. Класс точности манометров должен быть не

ниже 2,5 — для рабочего давления до 23 кгс/см² (2,3 МПа) и 1,6 — свыше 23 кгс/см² (2,3 МПа). Это допустимая погрешность показаний, выраженная в процентах от максимального значения шкалы.

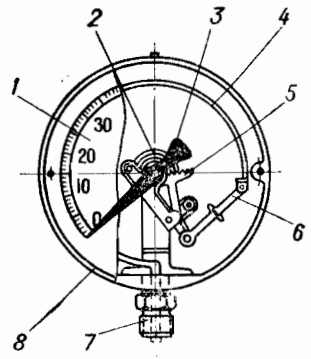


Рис. 26. Пружинный манометр:

1 — шкала; *2* — спиральная пружина; *3* — стрелка; *4* — латунная пружина; *5* — зубчатый сектор; *6* — тяга; *7* — штуцер; *8* — корпус.

Правилами Госгортехнадзора к манометрам предъявляются следующие требования: при рабочем давлении стрелка должна находиться в средней трети шкалы; на нее наносится красная черта — по высшему допустимому рабочему давлению в котле, а для сниженных манометров — с учетом добавочного давления от массы столба жидкости. Взамен красной черты разрешается прикреплять к корпусу манометра металлическую пластинку, окрашенную в красный цвет и плотно прилегающую к стеклу; манометр устанавливается так, чтобы его показания были отчетливо видны обслуживающему персоналу: шкала в вертикальной плоскости или с наклоном вперед до 30°; номинальный диаметр манометров на высоте до 2 м от уровня площадки наблюдения должен быть не менее 100 мм, от 2 до 5 м — не менее 150 мм, более 5 м — 250 мм.

Манометры контролируются госпроверкой — не реже раза в год с постановкой клейма или пломбы, где должна указываться дата проверки (квартал и год); администрацией котельной — раз в шесть месяцев с записью в журнале; обслуживающим персоналом — каждую смену постановкой стрелки манометра на нуль.

Манометры нельзя применять, если нет клейма или пломбы с отметкой о проведении проверки; истек ее срок; стрелка

при соединении манометра с атмосферой не возвращается к нулевому показанию шкалы на величину, превышающую половину допускаемой погрешности; разбито стекло или имеются другие повреждения, которые могут отразиться на правильности его показаний.

Мембранные манометры. Чувствительным элементом этих приборов является пластинчатая волнистая мембрана, которая под действием давления измеряемой среды прогибается и с помощью передаточного механизма поворачивает стрелку, указывающую по шкале величину измеряемого давления. В зависимости от этого показателя меняется прогиб мембраны, а следовательно, и поворот стрелки. Мембранные манометры менее чувствительны и точны, чем пружинные. Их выпускают с пределами измерения от 1 до 25 кгс/см² (от 0,1 до 2,5 МПа), с классом точности 2,5 и 4; применяют на передвижных установках.

Жидкостные манометры (рис. 27) применяются для измерения небольших давлений газа и воздуха. Они представляют собой открытую с обеих сторон стеклянную трубку, согнутую в виде латинской буквы *U*. Она укрепляется вертикально на деревянной или металлической панели, на которой закреплена шкала с нулевой отметкой посредине, до которой манометр заправляется водой или ртутью. Шкала градуируется в миллиметрах, а цифры ставятся на десятках миллиметров. Величина давления равна разности высот уровней воды или ртути в обоих коленах или сумме вытолкнутой ниже нуля и поднятой выше нуля жидкости. Как показано на рис. 27 а, давление равно: 50+50=100 мм вод. ст. (1 кПа).

Для удобства отсчета и упрощения измерения в практике часто применяются манометры с удвоенной шкалой, в которых цифры от нуля вверх и вниз идут с интервалом 20: 0—20—40—60 и т. д. При этом отпадает необходимость суммирования перепада уровней жидкости, достаточно определить показания манометра по уровню одного колена стеклянной трубки (рис. 27 б). Если показания в коленах не одинаковы (рис. 27 в), находят среднеарифметическую величину, то есть

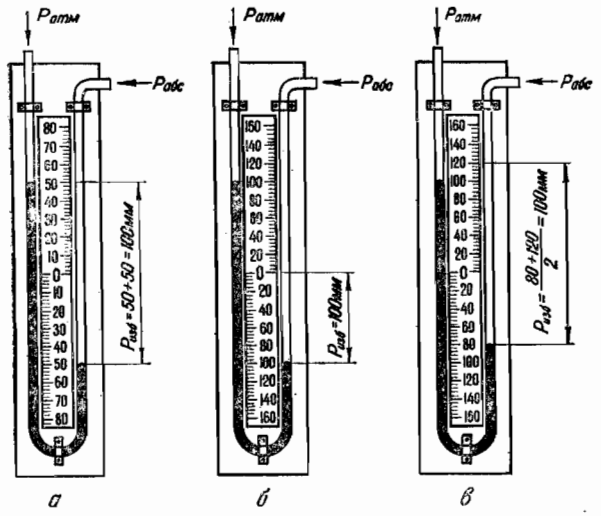


Рис. 27. U-образные жидкостные манометры:
а — с одинарной шкалой; *б, в* — с удвоенной шкалой — правильная (слева) и неправильная (справа) заправка.

(80+120):2=100 мм вод. ст. (1 кПа). На практике часто пользуются однотрубными (чашечными) манометрами, в которых одно колено заменено сосудом площадью, в несколько раз превышающей площадь второго колена. Пренебрегая изменением уровня в сосуде, отсчет можно вести по уровню жидкости в трубке.

Измерение малых давлений или разрежений — до 25 мм вод. ст. (до 250 Па) — однотрубными или U-образными жидкостными манометрами приводит к большим ошибкам из-за неточности отсчета. Для увеличения масштаба показаний однотрубного манометра трубку наклоняют. Чем больше отклонение трубки от вертикального положения, тем меньшие показания давления (разрежения) можно измерить, так как высота перемещения уровня жидкости от этого не меняется.

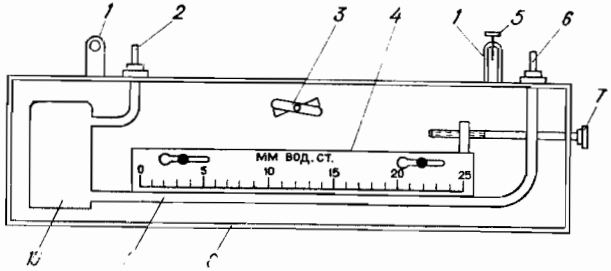


Рис. 28. Тягонапоромер жидкостный ТНЖ:

1 — ушки для крепления; *2* — штуцер для заправки тягомера жидкостью; *3* — уровень; *4* — шкала; *5* — винт для установки тягомера по уровню; *6* — штуцер для подсоединения тягомера к топке; *7* — винт для передвижения шкалы; *8* — корпус; *9* — стеклянная трубка; *10* — колба.

На таком принципе основана работа *жидкостных тягонапоромеров* ТНЖ (рис. 28), заправляемых спиртом плотностью 0,85 г/см². Жидкость вытесняется из стеклянного сосуда в наклонную трубку *9*, вдоль которой расположена шкала *4*, градуированная в мм вод. ст., или кгс/м² (Па). Заправляется тягонапоромер через штуцер *2*, а соединяется с топкой котла через штуцер *6*. При неправильной заправке шкала перемещается с помощью винта *7* относительно трубки, пока нулевая отметка шкалы не совместится с мениском жидкости. Для правильной установки тягонапоромера имеется уровень *3*, установка по нему обеспечивается винтом *5*.

При измерении разрежения (тяги) импульс подводится к штуцеру *6*, соединенному с топкой, при определении давления — к штуцеру *2*. Каждые десять дней необходимо контролировать правильность заправки тягонапоромера жидкостью. Для этого проверяют его установку по уровню и отсоединяют от топки котла. Если уровень жидкости ниже нулевой отметки, нужно дозаправить тягонапоромер, если выше — передвижением шкалы совместить нулевую отметку с мениском жидкости.

Мембранные тягомеры. В котельных применяют мембранные тягомеры типа ТМ-890. Чувствительным элементом этого прибора является спаянная из двух гофрированных мембран коробка, внутренняя полость которой импульсной трубкой соединена с топкой котла. При измерении разрежения мембранная коробка сожмется или разожмется, что вызовет перемещение ведущего штифта. Его движение через рычажную систему передается на стрелку прибора, и она перемещается вдоль шкалы, показывая величину разрежения. На нуль ее устанавливают с помощью винта-корректора.

Приборы для измерения расхода и количества вещества

Количество вещества, протекающее по трубопроводу в единицу времени, называется расходом, приборы, измеряющие его,— расходомерами, или счетчиками. Измерение расхода имеет большое значение для рациональной организации производственного процесса, учета отпущенного потребителями пара, горячей воды, использованного топлива. Расход газа определяется газовыми ротационными счетчиками, пара, воды и газа — расходомерами переменного перепада.

Газовый счетчик типа РГ состоит из корпуса, двух восьмеркообразных роторов, счетного механизма и дифманометра. Под действием проходящего газа роторы вращаются в противоположных направлениях. Вал одного из них соединен с редуктором счетного механизма, фиксирующего объем газа в соответствии с количеством оборотов ротора. Нормальное направление движения потока — сверху вниз. По дифманометру устанавливают перепад давления газа перед счетчиком и за ним, и, пользуясь таблицами, определяют засоренность счетчика. Количество газа, протекающего через счетчик, равно разности показаний в начале и конце данного периода времени. Счетчики типа РГ выпускаются с номинальной пропускной способностью 40, 100, 250, 400, 600, 1000, 1200 и 2000 м³/ч.

Расходомеры переменного перепада. Принцип измерения расхода методом переменного перепада основан на сужении потока среды, движущейся по трубопроводу. Это приводит к возрастанию его средней скорости, а следовательно, и к увеличению кинетической и уменьшению потенциальной энергии. Перепад давления до и после суживающего устройства зависит от расхода измеряемой среды: чем больше перепад, тем выше расход.

Наиболее распространенными суживающими устройствами, применяемыми в котельных, являются диафрагмы. Они бывают камерные и бескамерные. Их диски из нержавеющей стали толщиной 3—6 мм имеют конусное отверстие под углом 30°, направленное суженной частью навстречу потоку. Диафрагмы зажимаются болтами между фланцами трубопровода. Трубки, получающие импульс давления от диафрагмы, изготовляются из бесшовных стальных труб с внутренним диаметром 8—10 мм. На них в непосредственной близости от диафрагмы устанавливают вентили, позволяющие отключить трубопровод от соединительных линий на случай ремонта прибора. Перепад давления в диафрагме измеряют показывающими и самопишущими дифманометрами — наиболее распространены поплавковые и мембранные.

Поплавковый дифманометр типа ДП состоит из двух сообщающихся сосудов, заполненных ртутью или другой жидкостью с большим удельным весом. У плюсовых сосудов, находящихся под более высоким давлением, диаметр больше, чем у минусовых (под меньшим давлением). Плюсовые сосуды изготовляют одного диаметра для дифманометров с разными пределами измерения, минусовые — разных диаметров (в зависимости от пределов измерения). В сосуде большего диаметра размещается металлический поплавок, который при наличии перепада давлений перемещается вместе с жидкостью и поворачивает ось, выходящую из камеры через специальное уплотнение. Ось через передаточный механизм перемещает стрелку показывающего прибора и перо самопишущего устройства. Поплавковые дифманометры надежны в работе

и обеспечивают высокую точность измерения. Их недостаток — большой расход ртути.

Мембранные дифманометры (рис. 29) преобразуют измеряемую разность давлений в электрический сигнал, вырабатываемый дифференциально-трансформаторным датчиком. Чувствительный элемент прибора — соединенные каналом *11* мембранные коробки *2* и *4* заполнены дистиллированной водой. Одна из них расположена в так называемой положительной камере, вторая — в отрицательной. На каждой из трех импульсных линий установлены запорные вентили, на перемычке между ними — уравнительный.

При работе прибора под воздействием разности давлений нижняя мембранная коробка *2* сжимается, и вода поступает в верхнюю коробку *4*. Последняя, разжимаясь, перемещает вверх сердечник *10*, который входит в дифференциально-трансформаторный датчик *7*, посылающий сигнал вторичному прибору, шкала которого отградуирована в величинах расхода.

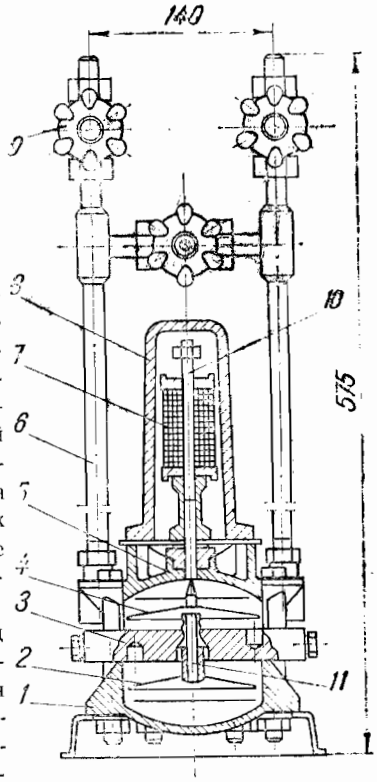


Рис. 29. Мембранный дифманометр ДМ:

1, 5 — крышки; *2, 4* — мембранные коробки; *3* — подушка; *6* — импульсная трубка; *7* — дифференциально-трансформаторный датчик; *8* — колпак; *9* — вентиль; *10* — сердечник; *11* — канал.

Для измерения расхода пара на импульсных трубках, ведущих к дифманометру, устанавливают уравнительные (конденсационные) сосуды, предназначенные для поддержания постоянного уровня конденсата в обеих соединительных линиях. Для измерения расхода газа и воздуха используют разделительные сосуды, когда дифманометр расположен ниже диафрагмы.

Автоматические системы управления

Автоматизация — это комплекс технологических, организационных и других мероприятий, позволяющих вести процессы без непосредственного участия в них человека с целью снижения себестоимости и улучшения качества продукции, повышения надежности действия оборудования, устранения вредных для человека условий работы и повышения ее безопасности, а также осуществления таких процессов, управление которыми человеку недоступно.

Пневматическая автоматика АГК-2 предназначена для управления водогрейными (АГК-2У) и паровыми (АГК-2П) котлами. Она обеспечивает автоматическое регулирование давления газа, подает сигнал на диспетчерский пункт при нарушении нормального режима работы котлов и производит отсечку газа в случаях снижения его давления ниже 20 мм вод. ст. (200 Па), снижения тяги в топке котла ниже 0,8 мм вод. ст. (8 Па), погасания запальника и неисправности автоматики.

Кроме того, система АГК-2У обеспечивает регулирование нагрева воды в соответствии с температурой наружного воздуха и срабатывает при перегреве воды в котле выше 95 °С, а система АГК-2П регулирует уровень воды и стабилизацию давления пара в паросборнике и отсекает подачу газа при повышении давления пара выше 0,7 кгс/см² (0,07 МПа) и упуске воды в котле.

В комплект автоматики системы АГК-2У (рис. 30) входят: регуляторы — давления газа РДГ, расхода газа РРГ, соотношения температуры РСТ, расхода воздуха РРВ; электромагнитный клапан ЭМК, реле тяги РТ, стабилизатор тяги СТ, запальник с термопарой и огневой дорожкой ЗТ и ОД, кран рода работ КРР, щит приборов ЩП, сигнальное реле СР и сигнальный щиток СЩ.

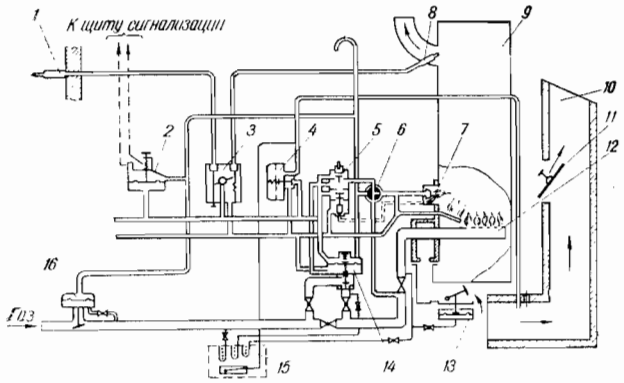


Рис. 30. Схема автоматики АГК-2У:

1, 8 — термобаллоны; *2* — сигнальное реле; *3* — регулятор соотношения температур; *4* — реле тяги; *5* — электромагнитный клапан; *6* — кран рода работ; *7* — запальник с термопарой и огневой дорожкой; *9* — котел; *10* — газоход; *11* — стабилизатор тяги; *12* — горелка; *13* — регулятор расхода воздуха; *14* — регулятор расхода газа; *15* — щит приборов; *16* — регулятор давления газа.

Стабилизация давления газа в пределах 80—100 мм вод. ст. (0,8—1 кПа) осуществляется *регулятором давления газа,* в котором регулирующий орган связан с мембраной рычажной системой. Изменение давления газа через импульсную трубку, установленную после регулятора давления, воздействует на мембрану, которая, перемещаясь, прикрывает или приоткрывает регулирующий орган. Чтобы мембрана регулятора могла свободно перемещаться, ее надмембранная полость связана с атмосферой. Регуляторы давления выпускаются производительностью 50 и 250 м³/ч.

Автоматическое регулирование нагрева воды в котле в соответствии с температурой наружного воздуха ведется регулятором расхода газа совместно с регулятором соотношения температур, снабженным датчиками температуры горячей воды и наружного воздуха. Термобаллоны датчиков соединены с регулятором соотношения температур капиллярными трубками, заполненными керосином. При повышении температуры наружного воздуха жидкость в термобаллоне датчика температуры наружного воздуха расширяется и, попадая в рабочий сильфон регулятора соотношения температур, растягивает его. Конец рабочего сильфона нажимает на клапан и открывает сброс импульсного газа из подмембранного пространства регулятора расхода газа. Мембрана с клапаном под действием верхней пружины опускается, уменьшая поступление газа к горелке.

При нагреве воды в котле выше 95 °С жидкость в термобаллоне датчика горячей воды расширяется, рабочий сильфон, растягиваясь, увеличивает до максимума сброс газа из подмембранного пространства регулятора расхода газа, и поступление газа к горелке полностью прекращается.

При работе автоматики запальник нагревает горячий спай термопары. Образующаяся термоэлектродвижущая сила поступает на электромагнитную катушку ЭМК, удерживая нижний клапан в закрытом положении. Средний и верхний клапаны остаются открытыми, кран рода работ находится в положении «Работа». Через средний клапан и кран рода работ газ поступает к запальнику и огневой дорожке, через верхний клапан — в подмембранное пространство регулятора расхода газа и импульсные трубки автоматики.

При погасании запальника термопара остывает, и термоэлектродвижущая сила исчезает. Шток с нижним и средним клапанами поднимается под действием пружины. Средний клапан закрывает доступ газу, идущему к запальнику. В это время нижний клапан открывает сбросное отверстие, через которое газ из подмембранного пространства регулятора расхода газа подается к огневой дорожке, главный клапан под

действием верхней пружины опускается, прекращая подачу газа к основной горелке.

Реле тяги контролирует тягу в топке котла: при нормальной мембрана прижимается к клапану и закрывает сбросное отверстие, при тяге ниже 0,8 мм вод ст. (8 Па) мембрана под действием груза или пружины отходит вправо, открывая сбросную линию, через которую газ выходит из подмембранного пространства РРГ, и подача газа к горелке прекращается.

В любом случае сброса газа снижается давление в подмембранных пространствах РРГ и реле, в результате чего мембрана опускается и замыкает электрический контакт — подается звуковой сигнал о срабатывании автоматики. Когда мембрана опускается, размыкается электроцепь низковольтного напряжения — на сигнальном щите гаснет лампочка, указывая, в каком котле произошла отсечка газа.

Стабилизатор тяги поддерживает в заданных пределах тягу в газоходе котла или борове котельной. Он представляет собой поворачивающуюся на оси металлическую заслонку. При увеличении тяги выше нормы заслонка поворачивается внутрь газохода и образует щель, через которую в газоход поступает холодный воздух. Продукты сгорания газа охлаждаются, тяга уменьшается, и заслонка под действием груза возвращается в исходное положение, закрывая щель в газоходе.

С помощью *крана рода работ* автоматику можно установить в положения «Пуск», «Работа», «Продувка» и «Выключено».

Регулятор расхода воздуха служит для подачи в топку котла воздуха пропорционально расходу газа. Его устанавливают перед котлом и соединяют с топкой через поддувальное пространство. От газопровода газ поступает по импульсной трубке в подмембранное пространство. При изменении расхода газа меняется соответственно и его давление, под действием которого мембрана поднимает шток, тот, в свою очередь, перемещаясь, поворачивает воздушную заслонку и увеличивает подачу воздуха в топку котла. При уменьшении

расхода газа мембрана со штоком опускается, и воздушная заслонка прикрывает подачу воздуха.

На *щите приборов* установлены три *U*-образных жидкостных манометра и тягомер. Левый манометр показывает давление газа перед котлом (автоматикой), средний — плотность клапана в регуляторе расхода газа или давление импульсного газа, правый — давление газа перед горелкой, тягомер — тягу в топке котла. АГК-2П отличается от АГК-2У тем, что регулятор соотношения температур заменен стабилизатором давления пара СДП, кроме того, имеется устройство автоматической подпитки котла водой.

Чувствительным элементом *стабилизатора давления пара* в автоматике АГК-2П (рис. 31) является сильфон, соединенный с паровым пространством котла через конденсационный бачок. При повышении давления пара сильфон перемещается, открывается сопло, через которое импульсный газ поступает в сбросную линию. Давление в подмембранном пространстве регулятора расхода газа снижается, уменьшается подача газа к горелке — давление пара падает; в случае повышения его сверх допустимого стабилизатор обеспечивает отсечку газа к основной горелке.

Регулятор уровня автоматики подпитки включает или выключает питательный насос при достижении верхнего или нижнего уровня воды в барабане котла, а реле отсекает подачу газа при упуске или перепитке котла водой.

До включения в работу автоматики необходимо убедиться, что приборы заправлены жидкостью до отметки «0», давление газа перед автоматикой не менее 40 мм вод. ст. (400 Па), краны на газовой разводке закрыты и кран рода работ установлен в положение «Продувка».

При включении автоматики проверяют наличие тяги в топке, в водогрейных котлах открывают задвижки на входе и выходе воды, в паровых котлах проверяют уровень (если уровня нет, подпитывают котел до нижнего предела). Затем кран рода работ устанавливают в положение «Пуск» и открывают краны перед автоматикой и за ней. По левому

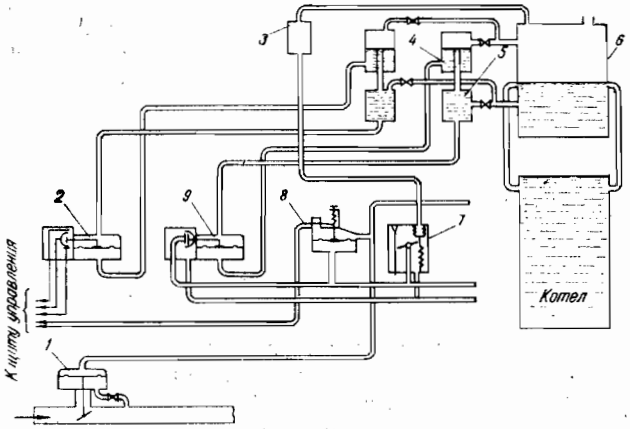


Рис. 31. Схема дополнительных узлов автоматики АГК-2П:

1 — регулятор давления газа; *2* — регулятор уровня; *3* — конденсатный бачок; *4* — бачок постоянного уровня; *5* — отстойник; *6* — паросборник; *7* — реле уровня; *8* — сигнальное реле; *9* — стабилизатор давления пара.

манометру определяют давление газа перед автоматикой и одной рукой вносят горящую спичку в запальное окно, а второй нажимают на кнопку электромагнитного клапана (в этом положении кнопка должна находиться 1—1,5 мин). После розжига запальника и огневой дорожки кнопку электромагнитного клапана отпускают. Убедившись, что запальник и огневая дорожка не погасли, можно нажать на пусковую кнопку регулятора расхода газа. По среднему манометру следят, чтобы импульсные трубки были заполнены газом. Затем надо открыть кран перед горелкой, убедиться, что горелка горит устойчиво, и только после этого кран рода работ устанавливают в положение «Работа». Паровые котлы с автоматикой АГК-2П разжигают аналогично, отличие лишь в том, что после достижения заданного давления пара открывают задвижку на паропроводе и переводят тумблер на щите приборов в положение «Авт.».

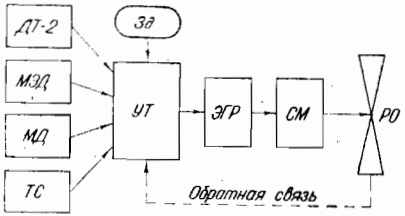


Рис. 32. Принципиальная схема автоматики регулирования системы «Кристалл»:
ДТ-2 — дифференциальный тягомер; *МЭД* — манометр электродистанционный; *МД* — дифференциальный манометр; *ТС* — термометр сопротивления; *Зд* — задатчик; *УТ* — транзисторный усилитель; *ЭГР* — электрогидравлическое реле; *СМ* — сервомотор; *РО* — регулирующий орган.

При выключении автоматики кран рода работ устанавливают в положение «Выключено» и закрывают краны перед горелкой, до автоматики и за ней. Когда горелки и запальник погаснут, кран рода работ переводят в положение «Продувка». На паровых котлах, наряду с этим, тумблеры ТВ и ГЗ на щите управления устанавливают в положение «Ручн.» и «Ост.».

Электронно-гидравлическая автоматика системы «Кристалл» используется для автоматизации котлов ДКВР и других паровых и водогрейных котлов, служит для регулирования и безопасности их работы. На рис. 32 показана принципиальная схема автоматики регулирования. Основными узлами в ней являются: первичные приборы (датчики), задатчик (Зд), транзисторный усилитель УТ, электрогидравлическое реле ЭГР и гидравлический исполнительный механизм ГИМ.

Первичные приборы контролируют: тягу в топке котла, давление газа и воздуха — дифференциальные тягомеры ДТ-2; давление пара и воды в котлах — манометры электрические дистанционные МЭД; уровень воды в паровых котлах и деаэраторах — дифференциальные манометры ДМ; температуру воды на выходе из котла или бойлера — термометры сопротивления.

Автоматика регулирования работает по следующему принципу: транзисторный усилитель, получив от задатчика нуж-

ный параметр, а от первичного прибора фактический, сравнивает эти величины. Если они одинаковые, тогда команда усилителя равна нулю. При этом катушки ЭГР (рис. 33) обесточены, и клапаны находятся в нижнем положении, закрывая слив из верхней и нижней полостей сервомотора. Давление на его поршень сверху и снизу одинаковое, следовательно, шток и рычаги не движутся, регулирующий орган находится в прежнем положении.

Если величина контролирующего параметра (например, давление пара $P=14$ кгс/см^2) не соответствует заданию ($P_3=13$ кгс/см^2), то сигналы задатчика (C_3) и датчика ($C_д$) будут не одинаковы ($C_3<C_д$). Транзисторный усилитель сравнивает величину сигнала датчика с заданным сигналом (C_3—$C_д$), определяя знак и величину расхождения. Знак показывает, на какую катушку необходимо подать сигнал, а величина расхождения определяет его продолжительность.

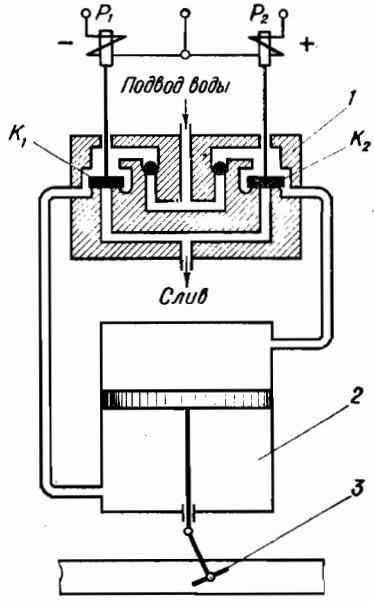


Рис. 33. Схема управления гидравлическим сервомотором:
P_1, P_2 — электромагнитные катушки; K_1, K_2 — клапаны; *1* — электрогидравлическое реле; *2* — сервомотор; *3* — регулирующий орган.

Для данного примера сигнал от транзисторного усилителя подается на электромагнитную катушку P_1, которая втягивает в себя сердечник, и клапан K_1 поднимается, перекрывая под-

вод воды и открывая слив из нижней полости сервомотора. Под давлением воды в верхней полости поршень опускается, приводит в движение рычажную систему регулирующего органа, прикрывающего подачу топлива, и давление пара в котле восстанавливается до заданного. Аналогичным образом регулируется тяга в топке. Например, заданная тяга 3 мм вод. ст. (30 Па), а фактическая 1 мм вод. ст. (10 Па). В этом случае сигнал подается на катушку $Р_2$, регулирующий орган на дымососе прикрывается, тяга восстанавливается до заданной. Когда разница между заданным и контролируемым параметром станет достаточно малой, подача сигнала на электрогидравлическом реле прекращается, при этом напряжение на катушке исчезает, сердечник падает под давлением собственной массы, и клапан закрывает слив воды. В это время в рассматриваемой полости сервомотора устанавливается необходимое давление, и поршень останавливается.

Сейчас выпускаются исполнительные механизмы, где электрогидрореле в них заменено электрическим контактором.

Автоматика безопасности обеспечивает безаварийную работу котла при его пуске и эксплуатации. Она срабатывает, если автоматика регулирования по каким-либо причинам не может обеспечить необходимую величину параметра до заданной. Основным органом, отсекающим подачу газа, является предохранительный клапан низкий ПКН с электромагнитной приставкой, который устанавливается на газовом коллекторе котла. Если все параметры, контролируемые автоматикой безопасности, в норме, на электромагнитную приставку подается напряжение. Сердечник втягивается в электромагнитную катушку, и вилка, расположенная на конце сердечника, заходит в зацепление с фиксатором молоточка — к горелкам проходит газ. Если какой-либо из параметров не соответствует нормальным пределам, прибор, контролирующий его, размыкает электрическую цепь. Вилка под действием пружины поднимается и выходит из зацепления молоточка. Последний падает, ударяя по рычагам ПКН, подача газа к горелкам прекращается. Одновременно замыкается электрический контакт, подающий напряжение на звуковой сигнал и световое табло, указывающее, по какому из параметров сработала автоматика безопасности: отсутствие электроэнергии; погасание факела; давление газа выше или ниже допустимого; отсутствие тяги; низкое давление воздуха; упуск или перепитка парового котла; повышение давления пара в котле; перегрев воды в водогрейном котле; понижение или повышение давления воды, снижение ее расхода в водогрейном котле.

Унифицированная система автоматики типа АМК предназначена в основном для комплексной автоматизации паровых микрокотлов Е-1/9-1Г и Е-1/9Г паропроизводительностью 0,2—1 т/ч (0,056—0,278 кг/с) и обеспечивает автоматическое двухпозиционное регулирование основных технологических параметров: поддерживает в заданных пределах давление пара и уровень воды в паровых, температуру в водогрейных котлах, регулирует горение газа, а также обеспечивает автоматический пуск и остановку котла, сигнализацию о нормальной работе и аварийных ситуациях.

Автоматика прекращает подачу газа к горелкам по следующим параметрам: упуск воды, превышение давления пара или температуры горячей воды, отсутствие тяги, электроэнергии, погасание пламени горелки, прекращение подачи воздуха.

Основными узлами автоматики АМК (рис. 34) являются блок управления и блок соленоидов.

Через *блок управления* осуществляются электропитание схемы и электрическая связь с датчиками и исполнительными механизмами, так как здесь расположены трансформатор, магнитный пускатель, предохранители и другие элементы электрической схемы. На его стенке расположены сигнальные лампы: белая — «Напряжение», зеленая — «Норм. работа», красная — «Воды нет», кнопки «Пуск» и «Стоп».

Блок соленоидов обеспечивает подачу газа к запальному устройству, производит включение и выключение газовых клапанов «большого» и «малого» горения, которые различаются между собой только размерами и пропускной способ-

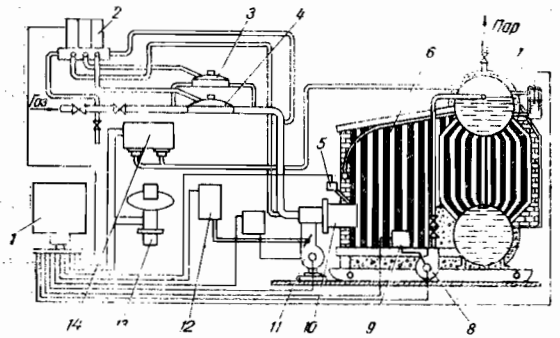


Рис. 34. Принципиальная схема автоматики АМК:
1 — блок управления; *2* — блок соленоидов; *3* — клапан малого горения; *4* — клапан большого горения; *5* — трансформатор зажигания; *6* — котел АМК; *7* — уровнемерная колонка; *8* — питательный насос; *9*, *12* — электромагнитные исполнительные механизмы; *10* — горелка; *11* — вентилятор; *13* — сигнализатор падения давления воздуха; *14* — датчик давления.

ностью. Каждый разделен мембраной на две полости: верхняя соединяется с блоком соленоидов, через нижнюю проходит газ.

Давление пара регулируется двухпозиционным регулятором, обеспечивающим нормальную работу котла в пределах 40—100% от номинальной производительности. Питание котла водой осуществляется с помощью двухпозиционного регулятора уровня воды, смонтированного в уровнемерной колонке. Его чувствительные элементы — электроды, контролирующие нижний и верхний уровни. Питательный насос включается электромагнитным исполнительным механизмом, с помощью которого масло перепускается в систему гидравлического привода мембранного насоса. При открывании клапана перепуска масла происходит отключение насоса от работающего электродвигателя.

Подача воздуха регулируется электромагнитным исполнительным механизмом, открывающим заслонку на воздухо-

воде. В качестве датчика падения воздуха используется сигнализатор падения давления типа СПД или ДНТ-100.

Автоматикой предусмотрена защита котла при упуске воды. В уровнемерной колонке расположен электрод аварийного уровня, последовательно с ним включена обмотка реле аварийного уровня блока управления. При упуске воды в котле цепь реле размыкается, включается сигнальная лампочка «Воды нет».

Для включения автоматики подают напряжение к блоку управления и электродвигателям; воду — к питательным насосам; газ — сначала к блоку соленоидов, затем — к газовым клапанам. Нажимают на кнопку «Пуск» и следят за работой системы, через 3—5 мин вторично нажимают на кнопку. При появлении пламени в топке (о чем свидетельствует загорание индикаторной лампочки) закрывают кран продувочной «свечи». Когда давление пара в котле будет равно давлению в паропроводе или на 0,5 кгс/см² (0,05 МПа) меньше, полностью открывают задвижку на паропроводе котла.

Для выключения автоматики прекращают подачу газа и открывают кран продувочной «свечи», нажимают на кнопку «Стоп». Провентилировав топку 4—5 мин, вторично нажимают на кнопку, отключают электропитание от блока управления и электродвигателей.

ЭКСПЛУАТАЦИЯ КОТЕЛЬНЫХ

Требования к обслуживанию котлов

К обслуживанию котлов на газообразном топливе допускаются лица не моложе 18 лет, прошедшие медицинское освидетельствование, обученные по соответствующей программе, сдавшие экзамен квалификационной комиссии и имеющие удостоверение на право обслуживания котлов. Аттестация машинистов (кочегаров) котлов и водосмотров должна проводиться при специальных профессионально-технических училищах, учебных комбинатах и учебных заведениях, а также

на предприятиях и в организациях, располагающих необходимыми условиями и специалистами по согласованию с местным органом Госгортехнадзора. Участие его представителя в работе квалификационной комиссии обязательно. Дата и место проведения экзаменов сообщаются не позднее чем за 10 дней.

Проверка знаний машинистов (кочегаров) котельных, использующих газовое топливо, проводится при участии участкового газового инспектора местного органа Госгортехнадзора — ему извещают о работе комиссии не позднее чем за 5 дней. Повторно обслуживающий персонал экзаменуется периодически, но не реже одного раза в год, а также при переходе на другое предприятие, в случаях перевода на обслуживание котлоагрегатов другого типа, перевода котлов с твердого топлива на жидкое или газообразное — комиссией непосредственно на предприятии или в организации без участия инспектора Госгортехнадзора.

К обслуживанию котлов предъявляются следующие требования:

запрещается машинисту (кочегару) котельной, находящемуся на дежурстве, выполнять во время работы котла какие-либо другие обязанности, не предусмотренные производственной инструкцией, оставлять работающие котлы без присмотра даже на короткое время или поручать наблюдение лицам, не имеющим на это права. Котел может быть оставлен без присмотра после полного прекращения подачи газа и когда в паровом котле давление пара снизится до нуля, а в водогрейном — температура воды на выходе станет равной температуре на входе в котел. Исключение составляют котлы, не имеющие кирпичной кладки, в которых снижение давления до нуля после удаления топлива не обязательно, если помещение котельной закрыто на замок;

работа котла при камерном сжигании топлива допустима без постоянного надзора обслуживающего персонала при наличии автоматики, обеспечивающей ведение нормального режима с пульта контроля и управления;

при эксплуатации котельных установок обслуживающий персонал должен руководствоваться производственной инструкцией, разработанной на основании Типовой инструкции с учетом местных условий эксплуатации, типа котлов и вида топлива. Этот документ с приложением оперативной схемы трубопроводов вывешивается на рабочем месте и, кроме того, выдается персоналу;

в котельной должны быть часы, телефон, звуковая сигнализация для вызова в экстренных случаях представителей администрации предприятия и связи с местами потребления пара или горячей воды;

в котельную не должны допускаться посторонние лица. В необходимых случаях они получают разрешение администрации и сопровождаются ее представителем;

при работе в котле, топке и газоходах должно использоваться переносное освещение напряжением не более 12 В; применять керосиновые и другие лампы с легко воспламеняющимися материалами запрещается.

Подготовка котлов к растопке

Перед растопкой котла машинист обязан тщательно проверить: нет ли людей или посторонних предметов в котле, топке или газоходах; исправность топки и газоходов, запорных и регулирующих устройств; наличие и исправность контрольно-измерительных приборов, арматуры и гарнитуры; жидкостные приборы должны быть заправлены до нуля; состояние и положение отключающих устройств у работающих котлов, а также находящихся в резерве или ремонте; исправность питательных устройств, дымососов и вентиляторов, газовых горелок; наличие естественной тяги в топке; положение кранов на газопроводе перед котлом — все краны должны быть закрыты, кроме тех, что на газопроводах безопасности и продувочных «свечах»; отсутствие утечек газа из газопроводов, газового оборудования и арматуры методом обмыливания; заполнение котла водой до низшего уровня, а при наличии

водяного экономайзера — и его заполнение; нет ли заглушек перед предохранительными клапанами и после них, на паро- и газопроводах, на питательной, спускной и продувочных линиях.

Растопка котла

К растопке котла приступают только при наличии в сменном журнале письменного распоряжения лица, ответственного за котельную: указывается продолжительность заполнения котла водой и ее температура. Персонал котельной должен быть заблаговременно предупрежден о времени растопки.

Растопка парового котла производится в течение времени, установленного администрацией, при слабом огне, уменьшенной тяге, закрытом паровом вентиле (задвижке) и открытом предохранительном клапане или вентиле для выпуска воздуха. При растопке водогрейных котлов повышение температуры воды в теплосети не должно превышать 30 °С в час.

При наличии у пароперегревателя котла устройства для предохранения его элементов от перегрева при растопке котла необходимо его включить. Если у водяного экономайзера есть обводной газоход, горячие газы из котла следует направить через него, закрыв заслонки для пропуска газов через экономайзер. Переводить горячие газы на газоход экономайзера следует только после того, как установится регулярное питание котла.

Чтобы предупредить нагрев воды в экономайзере сверх допустимой температуры при отсутствии обводного газохода, через экономайзер перекачивается вода, направляемая по сточной линии в бак или дренаж. Когда из открытого предохранительного клапана или воздушного вентиля начнет выходить пар, необходимо их закрыть и открыть продувочный вентиль за пароперегревателем (если он есть). Необходимо контролировать перемещение элементов котла при тепловом расширении по указателям (реперам).

Растопка котла, оборудованного подовыми (щелевыми) горелками, производится в такой последовательности:

провентилировать топку котла и газоходы в течение 10—15 мин, для чего открыть шибер (если он есть), включить дымосос и вентилятор и открыть направляющий аппарат дымососа и воздушную заслонку вентилятора. До включения дымососа, вручную поворачивая ротор, необходимо убедиться, что он не задевает корпус. Наличие тяги в топке проверяют по тягомеру;

отрегулировать тягу в пределах 2—3 мм вод. ст. (20—30 Па). Для этого прикрывают воздушную заслонку вентилятора и направляющий аппарат дымососа;

предохранительный клапан низкий установить в рабочее положение; если котел с автоматикой, снять его с защиты;

открыть задвижку на газопроводе перед котлом, проверить давление газа по манометру;

закрыть кран продувочной «свечи»;

разжечь запальник и быстро внести его в топку котла через лючок для розжига горелки;

открыть контрольную задвижку и закрыть кран газопровода безопасности;

убедившись, что запальник не погас, открыть рабочий кран, наблюдая по манометру за давлением газа перед горелкой;

если газ горелки загорелся, необходимо выключить запальник и вынести его из топки котла;

отрегулировать горение, добиваясь устойчивого пламени фиолетово-голубого цвета. Таким же образом разжечь остальные горелки;

сделать запись в сменном журнале с указанием времени растопки котла.

Включение парового котла в работу

Перед включением котла в работу необходимо: проверить исправность действия предохранительных клапанов, водоуказательных приборов, манометров и питательных устройств;

сверить показания сниженных указателей уровня воды с указателями уровня воды прямого действия; продуть котел.

Запрещается пуск котла в работу с неисправными арматурой, питательными приборами, автоматикой безопасности, средствами противопожарной защиты и сигнализации.

Включение котла в бездействующий паропровод должно производиться медленно, после тщательного прогрева и продувки паропровода. При этом необходимо следить за исправностью паропровода, компенсаторов, опор или подвесок, а также за равномерным расширением паропровода. При возникновении вибрации или резких ударов нужно приостановить прогрев до устранения дефектов.

При включении котла в действующий паропровод давление в котле должно быть равно или на 0,5 кгс/см² (0,05 МПа) меньше давления в паропроводе. По мере повышения нагрузки котла продувка пароперегревателя уменьшается, а при достижении примерно половины нормальной нагрузки прекращается. После включения котла в паропровод и достижения заданных параметров котел ставят на защиту и делают запись в сменном журнале с указанием времени включения котла в работу.

Обслуживание котлов

Обслуживающий персонал во время работы обязан: на основании показаний контрольно-измерительных приборов вести сменный журнал и суточную ведомость;

на *паровых* котлах следить за давлением пара по манометру, не допускать, чтобы его стрелка заходила за красную черту; не реже одного раза в смену проверять работу манометра постановкой стрелки на нуль; наблюдать за уровнем воды по водоуказательным стеклам, не допускать упуска или перепитки котла водой; не реже одного раза в смену продувать водоуказательные стекла;

на *водогрейных* котлах контролировать, чтобы нагрев воды соответствовал графику температурного режима или режимной карте, проверять заполнение гильз для термометров маслом или опилками отожженной красной меди;

следить за работой предохранительных клапанов и проверять их исправность методом подрыва в соответствии с требованиями Правил Госгортехнадзора; проверять наличие тяги и поддерживать ее в пределах от 1 до 5 мм вод. ст. (от 10 до 50 Па); не допускать неполного сгорания газа;

наблюдать за питательными устройствами, исправность резервуарных проверять методом кратковременного включения в работу;

следить за работой тягодутьевых устройств, состоянием подшипников, наличием масла и его температурой в масляных ваннах дымососов и вентиляторов, отсутствием вибрации и стуков у вращающихся механизмов; раз в смену проводить периодическую продувку котлов; в установленные инструкцией сроки котельные агрегаты обдувать от сажи и т. д.

Непрерывная продувка котлов служит для постоянного удаления из котлов воды с повышенным содержанием солей и щелочи с последующей подпиткой котла питательной водой из деаэратора. Забор воды производится в месте максимальной концентрации солей и примесей, то есть при выходе пароводяной смеси из кипятильных труб вблизи уровня воды в верхнем барабане. Количество продуваемой воды регулируют игольчатым вентилем. Во время работы котла регулярно проверяют солесодержание и щелочность воды и насыщенного пара, при отклонении от норм увеличивают продувку.

Периодическая продувка служит для удаления шлама и грязи из нижних частей котла, где наиболее вероятно скопление тяжелых шламовых частиц. Проводится один раз в смену. При плохом качестве воды по рекомендации лаборанта химводоочистки делают повторную продувку.

Продолжительность и очередность этой операции указываются в производственной инструкции для каждого котла.

Выполняется строго по графику в присутствии ответственного за котельную лица. О предстоящей периодической продувке предупреждают персонал котельной, а также всех, кто занят ремонтом соседних котлов.

Периодическую продувку парового котла следует производить в следующей последовательности: проверить исправность продувочной арматуры; продуть водоуказательные стекла; запитать котел водой до верхнего уровня по водоуказательным стеклам; на линии, которая по инструкции должна продуваться первой, открыть второй вентиль от котла, затем медленно (для прогрева дренажного трубопровода) открыть первый. После продувки закрыть сначала первый, затем второй вентили. Таким же образом продуть остальные линии, наблюдая при этом за уровнем воды по водоуказательным стеклам.

После продувки сделать запись в сменном журнале с указанием времени ее начала и окончания. Через 30 мин следует проверить, насколько плотно закрыта продувочная арматура. Если труба после запорного устройства горячая, это значит, что вентиль пропускает воду. В этом случае необходимо доложить ответственному за котельную, продолжая наблюдать за уровнем воды в котле.

Остановка паровых котлов

Остановка котлов бывает нормальная — по письменному распоряжению лица, ответственного за котельную, и аварийная, производимая без распоряжения, с последующим уведомлением администрации.

Последовательность *нормальной* остановки:

снизить нагрузку, по возможности в несколько этапов, добиваясь постепенного охлаждения котла и топки; выключить газовые горелки — закрыть рабочий кран и контрольную задвижку, открыть кран газопровода безопасности; закрыть задвижку перед котлом и открыть кран продувочной «свечи» газового коллектора; отключить котел от общего паропровода; если давление растет выше допустимого, стравить его через предохранительный клапан в атмосферу; по мере необходимости поддерживать уровень воды между верхним и нижним; через 12—15 мин выключить вентилятор и дымосос, дальнейшее охлаждение топки производить естественным путем. Повторная искусственная вентиляция топки разрешается только через 6—8 ч; сделать запись в сменном журнале с указанием времени остановки.

Аварийная остановка котлов незамедлительно проводится в случаях, предусмотренных производственной инструкцией, и в частности: при выходе из строя более 50% предохранительных устройств; если давление в котле повысилось выше разрешенного более чем на 10% и продолжает расти, несмотря на уменьшение подачи топлива, тяги, дутья и усиленное питание котла водой; при упуске воды (подпитка категорически запрещается); если уровень воды быстро снижается, несмотря на усиленное питание ею; если уровень воды поднялся выше видимой кромки водоуказательного прибора (перепитка), и продувкой котла снизить его не удается; при выходе из строя всех питательных устройств или водоуказательных приборов; если в основных элементах котла (барабане, коллекторе, камере, огневой коробке, трубной решетке, паропроводе и др.) обнаружены трещины, выпучины, пропуски в сварных швах; при повреждении элементов котла и его обмуровки, создающем опасность для обслуживающего персонала или угрозу разрушения котла; если давление газа выше или ниже заданных пределов; при взрыве газовоздушной смеси в топке котла, газоходе или борове; в случае прекращения подачи электроэнергии при искусственной тяге или в котельных с водогрейными котлами; при пожаре в котельной или загорании сажи в топке или газоходах.

В такой ситуации следует быстро нажать кнопку аварийной остановки котла; выключить газовые горелки — закрыть рабочие краны и контрольные задвижки на газопроводе, открыть краны газопроводов безопасности; отключить котел

от общего паропровода; следить за давлением пара по манометру и, если оно повышается, стравить его через предохранительный клапан в атмосферу; контролировать уровень воды по водоуказательным стеклам и поддерживать его между верхним и нижним, кроме упуска воды. В этом случае необходимо охладить котел и топку до 60—70 °С, осмотреть его в присутствии администрации и только после письменного разрешения запитать котел водой до нижнего уровня и произвести его растопку; сделать запись в сменном журнале с указанием причины и времени аварийной остановки котла.

ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ И ПРОТИВОПОЖАРНЫЕ МЕРОПРИЯТИЯ

Меры безопасности при обслуживании котлов и электрооборудования

Для нормальной и безаварийной работы котельных и поддержания в соответствующем состоянии котлоагрегатов и газового оборудования необходимо строго соблюдать производственные инструкции и правила техники безопасности.

Большое значение имеет правильная организация рабочих мест обслуживающего персонала: они должны быть хорошо освещены; проходы перед фронтом котлов, между котлами и во всех помещениях — свободные; вращающиеся части, узлы насосов и тягодутьевых устройств, электрооборудование защищены специальными ограждениями или щитками; электрические кабели и провода надежно изолированы, а корпусы электродвигателей и трансформаторов, рукоятки и кожухи пусковых устройств — заземлены. В котельной должна быть аптечка с самыми необходимыми медикаментами. На видных местах вывешиваются производственные инструкции, режимные карты и плакаты по технике безопасности. Ее требования таковы:

при работе в котельной обслуживающий персонал должен быть в головном уборе и в аккуратно заправленной рабочей одежде, обувь — на низком каблуке, резиновой подошве;

нельзя загромождать котельную посторонними предметами, ее надо содержать в чистоте и порядке;

обслуживающий персонал должен быть обеспечен средствами индивидуальной защиты (очки, резиновые перчатки, диэлектрические коврики и боты, рукавицы и др.);

для отыскания места утечки газа запрещается пользоваться открытым огнем — необходимо применять мыльную эмульсию;

обдувка котлов от сажи, продувка котлов и водоуказательных приборов, розжиг газовых горелок проводятся в защитных очках и рукавицах;

разжигают газовые горелки только после вентилирования топки;

если при розжиге или во время работы погаснут все или часть горелок, следует немедленно прекратить подачу газа к ним, провентилировать топку и газоходы в течение 10—15 мин и только после этого повторно разжигать горелки, при этом нельзя стоять против смотровых отверстий, чтобы не пострадать от случайно выброшенного из топки пламени;

перед вскрытием лазов котла необходимо убедиться, что в котле нет давления, для чего открывают воздушный кран или продувочный кран водоуказательного стекла;

прежде чем произвести ремонт внутри котла, следует проверить, поставлены ли заглушки на паровой, питательной и спускной линиях;

при обдувке от сажи не разрешается пускать пар в шланг обдувочного устройства раньше, чем его наконечник будет введен в газоход;

при открывании и закрывании вентилей и кранов на продувочных спускных и паровых линиях котлов нельзя удлинять рукоятку ключа;

нельзя подтягивать болты и гайки при работе вращающегося оборудования.

При обслуживании электрооборудования котельной необходимо выполнять следующие меры безопасности:

следить за тем, чтобы освещение котельной, особенно у манометров, водоуказательных приборов и других контрольно-измерительных приборов и устройств автоматизации, было всегда исправно;

при запахе газа нельзя включать и отключать электрические приборы. Разрешается пользоваться электроосвещением во взрывоопасном исполнении, выключатель которого располагается вне помещения котельной;

при включении и выключении электродвигателей насосов, дымососов и вентиляторов надевать диэлектрические резиновые перчатки и боты (последние можно заменить резиновым ковриком). Резиновые перчатки должны проверяться на диэлектрическую проницаемость раз в шесть месяцев, коврик — раз в два года, боты — раз в три года.

ремонт электрооборудования нужно проводить только после полного его отключения с обязательным вывешиванием предупредительного плаката «Не включать! Работают люди». Снять его можно только после окончания ремонта;

при работе внутри котла для освещения необходимо пользоваться только низковольтной переносной электролампой напряжением не более 12 В. Перед началом ремонта необходимо проверить исправность изоляции электропроводов;

все электрооборудование должно быть заземлено — это защитит обслуживающий персонал от поражения электрическим током при неисправности оборудования. Сопротивление заземления не должно превышать 4 Ом.

Противопожарные мероприятия

При пожаре в котельной машинист обязан вызвать пожарную команду по телефону 01, сообщить администрации и приступить к тушению огня. При этом необходимо наблюдать за работой котлов и, если пожар угрожает им или газопроводам, выключить в аварийном порядке.

В котельных должен быть противопожарный инвентарь: ящик с сухим чистым песком (не менее 0,5 м³), щит с огнетушителями, пожарными ведрами, лопатами, багром и ломом, кошма, шланг для водопроводного крана.

Одним из распространенных и эффективных средств тушения пожара являются огнетушители — пенные, углекислотные и порошковые.

Пенный огнетушитель ОХП-10 (ОП-5) состоит из цилиндрического корпуса с крышкой, через которую пропущен шток, на одном его конце укреплен резиновый клапан для закрывания, а на другом — рукоятка для открывания стакана с кислотной частью. Для приведения огнетушителя в действие необходимо иглой прочистить спрыск, повернуть рукоятку в вертикальной плоскости на 180° и перевернуть огнетушитель вверх дном. При этом кислотная часть смешивается со щелочной, выделяется углекислый газ, который, скапливаясь, с силой выбрасывает жидкость из корпуса огнетушителя через спрыск. Образующуюся струю пены направляют непосредственно в очаг пожара. Длина струи пены достигает 8 м. Продолжительность действия огнетушителей около 1 мин, поэтому прежде чем привести огнетушитель в действие, его необходимо по возможности ближе поднести к очагу горения.

Пенные огнетушители нельзя применять для тушения электропроводов и электроустановок, находящихся под напряжением, а также веществ, воспламеняющихся при соприкосновении с водой.

Углекислотные огнетушители ОУ-2, ОУ-5, ОУ-8 служат для тушения различных горючих веществ и материалов, в том числе и таких, которые нельзя тушить водой или пеной, а также электроустановок, находящихся под напряжением.

Ручной углекислотный огнетушитель ОУ-2 представляет собой стальной баллон емкостью 2 л, в горловину которого ввернут латунный вентиль с сифонной трубкой и предохранительным устройством (мембраной). Баллон заправляется жидкой углекислотой под давлением 60 кгс/см² (6 МПа).

При выходе в атмосферу углекислота переходит в газообразное состояние, значительно снижая при этом температуру. Для приведения в действие огнетушителя необходимо открыть вентиль. Углекислота по сифонной трубке поступает в раструб снегообразователя, откуда выбрасывается в виде хлопьев снега и газа, обволакивающих горящий предмет и гасящих огонь. Время действия огнетушителя 25—30 с, длина струи 1,5 м.

Огнетушители ОУ-5 и ОУ-8 отличаются от ОУ-2 емкостью баллонов (5 и 8 л).

При пользовании *порошковым огнетушителем* необходимо снять его крышку вращением по направлению стрелки, затем подойти как можно ближе к очагу загорания, взяв за нижнюю часть корпуса, энергично встряхнуть его и направить порошок в огонь.

Оказание первой помощи при несчастных случаях

Отравление окисью углерода. Природный газ, не содержащий заметного количества сероводорода, при наличии его в помещении более 20% может вызвать удушье у обслуживающего персонала.

Опасной для здоровья и жизни людей является окись углерода (угарный газ), содержащаяся в искусственных и смешанных газах и в продуктах неполного сгорания природных газов. Степень отравления зависит от содержания окиси углерода в воздухе и длительности нахождения человека в загазованной среде. Содержание 0,01—0,02% окиси углерода в воздухе может вызвать легкое отравление, а более значительное — тяжелое и даже смерть.

Признаки отравления окисью углерода — головная боль, головокружение, усиленное сердцебиение, слабость, тошнота, рвота, озноб. При сильном отравлении появляются сонливость, тяжесть в теле, апатия, наступает потеря сознания, иногда прекращается дыхание.

Пострадавшего нужно быстро вывести или вынести на свежий воздух или в другое помещение, освободить от стесняющей одежды, дать 2—3 ложки горячего чая или кофе и вызвать скорую помощь по телефону 03. До приезда врача надо согреть конечности пострадавшего грелками или бутылками с горячей водой, проследить, чтобы он не заснул.

Если отравившийся потерял сознание, его приводят в чувство — дают понюхать нашатырный спирт с промежутками в 1—2 мин или натирают виски. Если нет нашатырного спирта, следует обрызгать лицо холодной водой.

Если пострадавший не дышит, нужно сделать искусственное дыхание способом «изо рта в рот» или «изо рта в нос». Человека кладут на спину, положив под лопатки валик из одежды, освобождают рот от посторонних предметов, удаляют вставные челюсти. Если рот крепко стиснут, раскрывают его так: большими пальцами берут край нижней челюсти и выдвигают ее вперед, чтобы нижние зубы находились впереди верхних. Затем оказывающий помощь делает глубокий вдох, плотно прижимает свой рот ко рту или носу пострадавшего и с силой вдувает воздух, откидывается назад и снова делает глубокий вдох. Грудная клетка пострадавшего опускается, он делает пассивный выдох. Вдувание воздуха следует делать с периодичностью 10—12 раз в минуту.

При отсутствии пульса одновременно с искусственным дыханием надо производить закрытый (непрямой) массаж сердца: оказывающий помощь накладывает на нижнюю часть грудины пострадавшего обе руки одну на другую ладонями вниз так, чтобы при надавливании на грудину они не касались грудной клетки. Надавливать на грудину следует быстрым толчком такой силы, чтобы сместить ее на 4—5 см. После каждого надавливания следует отнимать руки от грудины, чтобы не мешать свободному выпрямлению грудной клетки. При этом кровь из вен поступает в сердце. Нельзя надавливать на верхнюю часть грудины, ребра, мягкие ткани (печень), чтобы не повредить их. Частота надавливания — раз в секунду.

Для проверки устойчивости пульса массаж прерывают на 2—3 с. Если пульс сохраняется, значит сердечная деятельность восстановилась. Исчезновение пульса указывает на остановку сердца. В этом случае следует немедленно возобновить массаж и продолжать его до прибытия врача или доставки пострадавшего в лечебное учреждение. Характерный признак эффективности оказываемой помощи — сужение зрачков; их расширение — признак ухудшения кровообращения мозга.

При поражении электрическим током пострадавшего прежде всего освобождают от действия тока — как можно быстрее отключают ту часть электроустановки, которой он касается, с помощью ближайших рубильника, кнопочного магнитного пускателя или выключателя. Если пострадавший находится на высоте, то необходимо принять меры, предупреждающие или обеспечивающие безопасное его падение.

Когда установку быстро отключить невозможно, пострадавшего следует оттянуть от токоведущих частей за сухую одежду, например, полы пиджака или пальто. При этом нельзя касаться его тела, сырой одежды и других заземленных предметов; на руки надо надеть диэлектрические перчатки или обмотать их сухой тканью, шарфом, платком и т. п. Можно также воспользоваться сухой доской, деревянной палкой или другими подобными предметами для того, чтобы отбросить провод, которого касается пострадавший, или перерубить провода топором или лопатой с сухой деревянной ручкой.

После освобождения пострадавшего от действия тока следует вызвать врача и приступить к оказанию первой помощи. Если человек пришел в сознание, его следует уложить на что-нибудь мягкое, до прибытия врача обеспечить полный покой, наблюдать за пульсом и дыханием. Если он дышит очень редко, судорожно, следует приступить к искусственному дыханию и массажу сердца.

Ожоги бывают трех степеней: легкое покраснение — первая, образование пузырей — вторая, омертвение и обугливание

обширных участков кожи — третья. При поверхностных, незначительных по размеру термических (вызванных воздействием высокой температуры) ожогах сразу же после травмы обожженное место надо подержать под струей холодной воды 5—10 мин, кроме ожогов негашеной известью. Это уменьшит боль и ослабит жжение. Помогают и холодные примочки. Если на коже нет пузырей, пораженное место можно смочить спиртом или одеколоном, затем наложить стерильную повязку. Можно использовать чистую ткань, желательно проглаженную утюгом. Рана от ожога, будучи загрязнена, начинает гноиться и долго не заживает.

Обрабатывать место ожога спиртом, когда образовался пузырь, нельзя, достаточно наложить сухую стерильную повязку. Ни в коем случае нельзя прокалывать пузырь, так как можно внести инфекцию в рану. При любом ожоге не следует смазывать пораженную кожу препаратами, содержащими красящие вещества, например, раствором марганца, зеленкой, йодной настойкой, так как это может помешать врачу определить тяжесть поражения.

При воспламенении одежды прежде всего необходимо погасить пламя, сорвать с пострадавшего загоревшуюся одежду или набросить на него кошму, одеяло, плотную ткань, плащ и т. д., чтобы, прекратив доступ воздуха, погасить пламя. При обширных тяжелых ожогах тела, не раздевая пострадавшего, укрыть его наиболее чистой частью одежды (лучше чистой простыней) и немедленно отправить в больницу.

АВАРИИ И НЕПОЛАДКИ В РАБОТЕ ОБОРУДОВАНИЯ КОТЕЛЬНЫХ

Аварии и неполадки вызывают большие простои оборудования котельных, перерывы в снабжении потребителей теплом и паром, выводится из строя на длительный срок оборудование, разрушаются сооружения и травмируется обслуживающий персонал. В большинстве случаев они происходят из-за

несоблюдения работниками инструкций и правил техники безопасности, слабой трудовой и производственной дисциплины, низкой квалификации, некачественного ремонта оборудования.

Основными причинами аварий и неполадок являются:

заводской брак в котле, не обнаруженный при внутреннем осмотре и гидравлическом испытании;

неудовлетворительное состояние оборудования из-за некачественного монтажа или ремонта, а также износа или плохого качества материала, из которого изготовлены отдельные узлы;

питание котлов и подпитка отопительных систем неподготовленной или плохо подготовленной водой, в результате чего на внутренних поверхностях нагрева образуется накипь, межкристаллитная, химическая (при наличии в воде свободного кислорода и углекислого газа) коррозия. Из-за накипи тепло продуктов сгорания не передается воде, а так как пар или вода должны быть нагреты до соответствующих параметров, приходится больше расходовать топлива, что приводит к перегреву поверхностей. В результате образуются выпучины и течи, а в конечном итоге это может привести к взрыву котлов.

Накипь скапливается в нижних частях котлов, образуя завалы, а это нарушает циркуляцию воды. Кроме того, она уменьшает сечение труб, поэтому через них проходит меньшее количество воды и они перегреваются, а это ведет к образованию выпучин и разрывов.

Отложение накипи также отрицательно влияет на экономическую работу котлоагрегатов, так как это приводит к большому перерасходу топлива. Например, при толщине накипи 0,5 мм расход топлива увеличивается на 1%, а при слое в 1 мм — на 3—3,5%.

Кислород и углекислый газ, имеющиеся в воде, корродируют поверхности нагрева котлов, они становятся тоньше и даже при незначительном повышении давления это может стать причиной аварии.

При наличии в воде повышенного содержания щелочи образуется межкристаллитная коррозия, которая так названа потому, что мелкие начальные трещины идут по границам кристаллов или зерен металла. Ее еще именуют каустической, или щелочной хрупкостью металла, или коррозионным растрескиванием. Этот вид коррозии очень опасен потому, что трещины развиваются в недоступных осмотру местах — в зазорах заклепочных и вальцовочных соединений. Если эти трещины своевременно не обнаружены, они могут привести к разрыву шва, что сопровождается взрывом котла. Это происходит потому, что при разрыве шва пар из котла выбрасывается наружу и давление падает, а вода в паровом котле имеет температуру выше 100 °С, поэтому она мгновенно вскипает, сильно увеличиваясь в объеме, и котел взрывается, а это приводит к большим разрушениям и несчастным случаям. При межкристаллитной коррозии на вальцовочных концах кипятильных и экранных труб образуются кольцевые трещины, которые могут привести к вырыванию трубы из гнезда, к аварии и несчастным случаям с обслуживающим персоналом (ожоги, травмы).

Трещины в трубах появляются при частой и чрезмерной вальцовке, что вызывает большие напряжения в металле, или если концы труб не отожжены перед вальцовкой. Отжиг производится для придания металлу труб большей вязкости. В результате недостаточного отжига на кромках труб во время вальцовки появляются продольные трещины. Неплотности заклепочных и вальцовочных соединений возможны из-за резкой смены температур, например, при быстрой растопке или быстром охлаждении, при заполнении котла перед растопкой очень холодной или очень горячей водой, при ее упуске и т. п.

Авария может произойти также в результате:

технической неисправности водоуказательных приборов, продувочной и питательной арматуры, питательных и сигнальных устройств — при упуске воды в паровых котлах металл кипятильных и экранных труб, частей барабанов, обогреваемых

горячими продуктами сгорания, перегревается, вследствие чего теряет свою прочность, деформируется, а иногда и разрушается. Особенно большие аварии происходят, если при глубоком упуске котел подпитывается водой: попадая на раскаленный металл, она сильно увеличивается в объеме, образуя недопустимо высокое давление. Последствия взрыва котла тем серьезнее, чем больше воды было в котле и чем выше ее давление и температура;

значительной перепитки котла водой. При этом котловая вода вместе с паром забрасывается в пароперегреватель (если не успеет испариться), может быть вынесена в паропровод. Двигаясь вместе с паром с очень большой скоростью, вода образует гидравлические удары, которые бывают чрезвычайно большой силы и могут вызвать повреждения паропроводов и арматуры. Такое же явление может произойти и в котельных с водогрейными котлами при неисправности всех питательных устройств или при отключении электроэнергии. При этом вода не движется, а кирпичная кладка горячая и сохраняет тепло, поэтому вода перегревается и даже может вскипеть, а это сопровождается ударами;

вспенивания воды в котле при нарушении водного режима (повышенная щелочность и попадание в воду масла). Вспенивание создает обманный уровень в водоуказательных стеклах и может привести к упуску воды из котла или перепитку его водой с соответствующими последствиями;

загазованности топки или недостаточной вентиляции перед розжигом газовых горелок — происходят взрывы и хлопки в топках и газоходах, так как при концентрации газа в воздухе от 5 до 15% образуется взрывоопасная газовоздушная смесь, которая при наличии источника тепла, равного температуре воспламенения, взрывается. При этом давление и температура резко возрастают, вследствие чего происходит разрушение обмуровки и даже самого котла. Кроме того, взрыв и пожар в котельной, травмирование обслуживающего персонала возможны при утечке газа из-за несоблюдения правил безопасности в газовом хозяйстве;

нарушения режима работы горелочных устройств как следствия неправильной их регулировки, неудачного выполнения или выхода из строя отдельных узлов. Так, при работе горелок с неполным сгоранием газа часто наблюдается вибрация арматуры, гарнитуры и трубной системы котла. В некоторых случаях неправильный выбор газогорелочных устройств приводит к аварии обмуровки топки;

быстрого падения давления газа, которое влечет за собой опасность попадания воздуха в газопровод.

Расследование аварий и несчастных случаев должно производиться в порядке, установленном Госгортехнадзором. О каждом происшествии администрация котельной сообщает инспектору местного органа Госгортехнадзора СССР и до прибытия его на предприятие обеспечивает сохранность всей обстановки, если это не опасно для жизни людей и не вызывает дальнейшего развития аварии.

ПРИКНИЖНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Берсенев И. С., Бекетов П. Н., Вигдорчик Д. Я. Слесарь-газовик: Справ. пособие.— М.: Недра, 1977.— 339 с.

Богуславский Л. Д., Малина В. С. Санитарно-технические устройства зданий.— М.: Высш. школа, 1974.— 240 с.

Борщов Д. Я. Устройство и эксплуатация отопительных котельных малой мощности.— М.: Стройиздат, 1982.— 360 с.

Бугай И. П. Коммунальные и бытовые отопительные котельные.— К.: Стройиздат, 1973.— 240 с.

Днепров Ю. В., Смирнов Д. Н., Файнштейн М. С. Монтаж котельных установок малой и средней мощности.— М.: Высш. школа, 1980.— 335 с.

Ионин А. А. Газоснабжение.— М.: Стройиздат, 1981.— 416 с.

Киселев Н. А. Котельные установки.— М.: Высш. школа, 1979.— 266 с.

Кязимов К. Г. Основы газового хозяйства.— М.: Высш. школа, 1981.— 320 с.

Онищенко Н. П. Техника безопасности при эксплуатации котельных установок.— М.: Стройиздат, 1971.— 239 с.

Панин В. И. Котельные установки малой и средней мощности.— М.: Стройиздат, 1975.— 384 с.

Панин В. И. Обслуживание коммунальных котельных и тепловых сетей.— М.: Стройиздат, 1974.— 244 с.

Правила безопасности в газовом хозяйстве.— М.: Недра, 1980.— 176 с.

Правила устройства и безопасной эксплуатации паровых и водогрейных котлов.— М.: Недра, 1976.— 144 с.

Смолянов Л. С. Инженерное оборудование коммунальных предприятий.— К.: Будівельник, 1978.— 256 с.

Справочник по объектам Котлонадзора/Под ред. И. А. Молчанова.— М.: Энергия, 1974.— 440 с.

Справочник эксплуатационника газовых котельных/Под ред. Е. Б. Столпнера.— М.: Недра, 1976.— 528 с.

Столпнер Е. Б. Пособие для персонала газифицированных котельных.— Л.: Недра, 1979.— 314 с.

Столпнер Е. Б. Устройство и эксплуатация домовых отопительных котельных.— Л.: Стройиздат, 1975.— 56 с.

СОДЕРЖАНИЕ

Газообразное топливо и его сжигание 3
Классификация и свойства горючих газов 3
Требования к газу 8
Горение газа и его регулирование 9
Котельные установки 11
Назначение и классификация котельных 11
Типы котлов, их устройство и работа 13
Вспомогательное оборудование котельных 41
Вспомогательные поверхности нагрева 41
Арматура 44
Гарнитура 55
Тягодутьевые устройства 56
Питательные устройства 59
Газопроводы и газорегуляторные установки котельной 70
Газопроводы 70
Газорегуляторные установки 71
Газогорелочные устройства 79
Водоподготовка 83
Природная вода и ее поведение в котельных установках 83
Требования к качеству питательной воды 86
Водоподготовка в котельных малой и средней мощности 87
Теплотехнические измерения и автоматизация котельных 97
Приборы для измерения температуры 97
Приборы для измерения давления и разрежения 100
Приборы для измерения расхода и количества вещества 105
Автоматические системы управления 108
Эксплуатация котельных 119
Требования к обслуживанию котлов 119

Подготовка котлов к растопке 121
Растопка котла 122
Включение парового котла в работу 123
Обслуживание котлов 124
Остановка паровых котлов 126
Техника безопасности и противопожарные мероприятия 128
Меры безопасности при обслуживании котлов и электрооборудования 128
Противопожарные мероприятия 130
Оказание первой помощи при несчастных случаях 132
Аварии и неполадки в работе оборудования котельных 135
Прикнижный указатель использованной литературы 140