БИБЛИОТЕКА ТЕПЛОМОНТАЖНИКА

А. К. Зыков

ПАРОВЫЕ И ВОДОГРЕЙНЫЕ КОТЛЫ

Справочное пособие



МОСКВА ЭНЕРГОАТОМИЗДАТ 1987

ББК 31.37
З-96
УДК [621.181+697.326] (035.5)

Редакционная коллегия:
Салимов Ю. Т. (председатель), Бережной Ю. С., Волков А. В., Волобуева И. В., Забержинский Р. И., Ковшов А. И., Кузнецов А. А., Лошаков А. М., Семенов Л. А., Сидоров В. Я., Уланов Г. А., Шаларев П. И.

Рецензент А. А. Ахгырский

Зыков А. К

З-96 Паровые и водогрейные котлы: Справочное пособие. – М.: Энергоатомиздат, 1987. – (Б-ка тепломонтажника).128 с.; ил.

В книге приведены технические характеристики современных паровых и водогрейных котлов, выпускаемых отечественным энергомашиностроением для промышленных предприятий, отопительных котельных, агропромышленных комплектов, рассмотрено котельно-вспомогательное оборудование. Даны сведения об унифицированных системах автоматики типа АМК и КУРС.

Книга рассчитана на инженерно-технических работников, занятых монтажом, ремонтом, реконструкцией и наладкой паровых и водогрейных котлов.

З $\frac{2303020100\text{-}434}{051\,(01)\text{-}87}$ 221-87 ББК 31.37

© Энергоатомиздат, 1987

ПРЕДИСЛОВИЕ

Интенсификация народного хозяйства связана с ростом его энерговооруженности. Для механизации и автоматизации трудоемких процессов широко применяется электрическая и тепловая энергия. Потребности в тепловой энергии все в большей степени удовлетворяются за счет источников централизованного теплоснабжения от тепловых электрических станций. Вместе с тем суммарная тепловая мощность паровых и водогрейных котлов, эксплуатируемых на промышленных и сельскохозяйственных предприятиях, превосходит тепловую мощность котлов на тепловых электростанциях. В сельском хозяйстве расширение применения тепловой энергии осуществляется строительством котельных, оборудованных паровыми и водогрейными котлами общего назначения, а также котлами специальной конструкции, например пароводогрейными котлами для теплиц, выпускаемыми отечественным энергомашиностроением.

Монтажом, наладкой, эксплуатацией и ремонтом паровых и водогрейных котлов занято большое число специалистов, от уровня профессиональных знаний которых в значительной степени зависит надежная и безопасная работа этого оборудования, а также рациональное и экономное использование топлива.

В помощь монтажному и ремонтному персоналу в настоящей книге даны описания конструкций паровых котлов паропроизводительностью до 25 т/ч и водогрейных котлов тепловой мощностью до 34,9 МВт, работающих на твердом, жидком и газообразном топливе, приведены сведения о топочных и горелочных устройствах, водоподготовительных установках и системах автоматического регулирования работы таких котлов, а также сведения по конструкции и работе паровых и водогрейных электродных котлов.

Изложенные требования Правил Госгортехнадзора СССР к качеству питательной воды для котлов, а также сведения об устройстве и работе водоподготовительных установок

вместе с описанием устройства и принципа действия систем автоматического регулирования помогут эксплуатационному персоналу организовать эксплуатацию котлов.

Автор обращается ко всем читателям настоящей книги с просьбой сообщать свои замечания и пожелания, которые будут приняты с благодарностью; их следует направлять по адресу: 113114, Москва, М-114, Шлюзовая наб., 10, Энергоатомиздат.

Автор

Глава первая

ВОДОТРУБНЫЕ ПАРОВЫЕ КОТЛЫ МАЛОЙ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ

1. КОТЛЫ КПА-500Г И КПА-500Ж

Котлы КПА-500Г и КПА-500Ж применяются на предприятиях коммунально-бытового обслуживания и предназначены для выработки насыщенного водяного пара, используемого для технологических нужд. Расчетным топливом для котлов являются природный газ и дизельное топливо. Техническая характеристика котлов приведена в табл. 1.

Таблица 1. Техническая характеристика котлов КПА-500Г и КПА-500Ж

Наименование	Марка котла	
	КПА-500Г	КПА-500Ж
Паропроизводительность, кг/ч	400	400
Давление пара, МПа (кгс/см^2) *	0,9 (9)	0,9 (9)
Топливо	Природный газ	Дизельное
Объем, м^3:		
водяной	0,062	0,062
топочного пространства	0,20	0,20
Коэффициент полезного действия, %	80	80
Потребляемая мощность, кВт	1,6	1,6
Габаритные размеры, мм:		
длина	1290	1290
ширина	895	895
высота	1810	1810
Масса, кг	1050	1050

* 1 000 000 Па = 1 МПа;
100 000 Па = 0,1 МПа ≈ 1 кгс/см^2.

Как видно из табл. 1, котлы практически ничем не отличаются друг от друга, одинакова у них и конструктивная схема, которая поясняется рис. 1. В комплект входят паровой котел с автоматикой, горелочное устройство, питательный насос с электродвигателем, дутьевой вентилятор с электродвигателем, расходный бак питательной воды вместимостью 600 л, автоматизированная химводоочистка АХВ-1, дозатор фосфата и гидразина, расходомер.

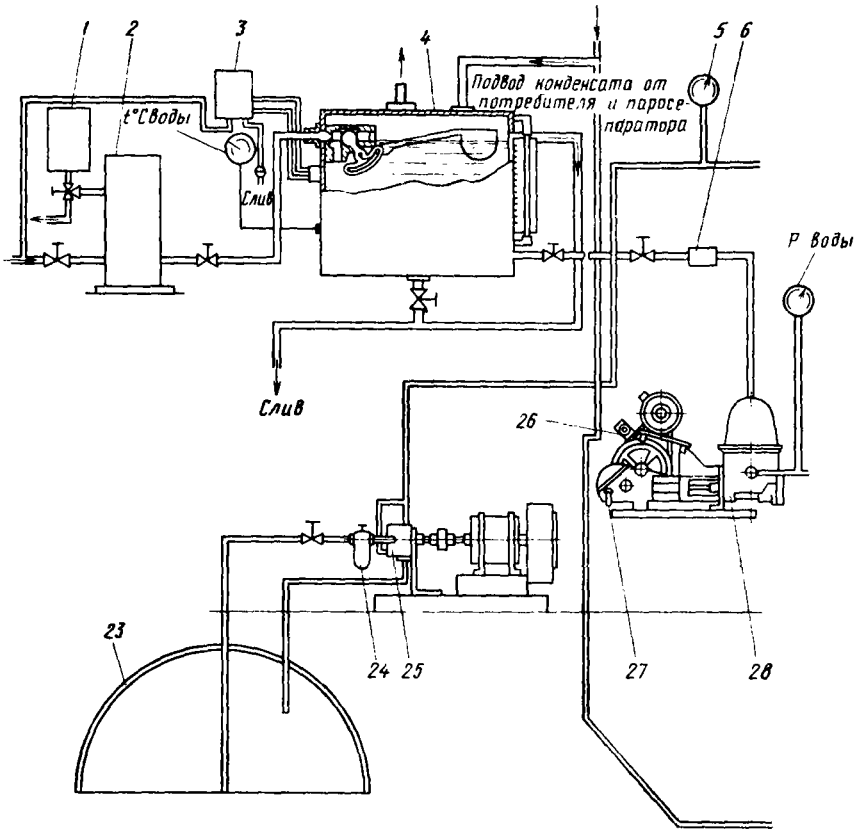
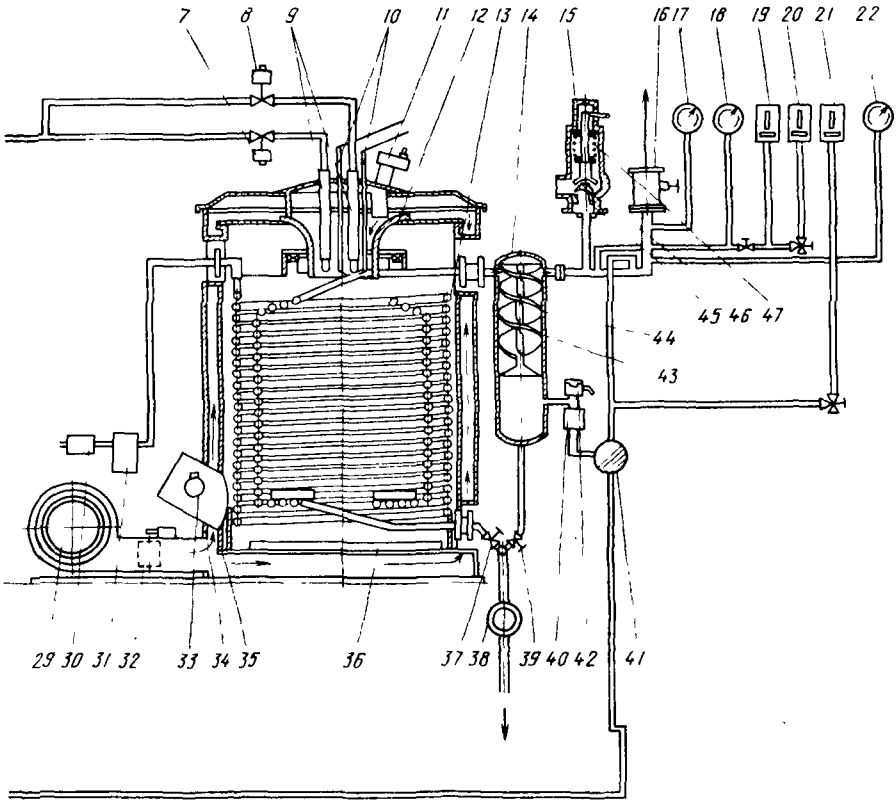


Рис. 1. Принципиальная схема паро-

1 – солерастворитель; *2* – водоумягчительная установка; *3* – дозатор гидра- *6* – фильтр; *7, 8* – электромагнитные клапаны; *9* – топливные форсунки; *10* – евиковая поверхность нагрева котла; *14* – сепаратор пара; *15* – предохранитель- туры пара; *18* – манометр, показывающий давление пара; *19* – автомат контроля пара; *22* – датчик температуры пара; *23* – бак жидкого топлива; *24* – топливный питательного насоса; *27* – масломерная линейка; *28* – питательный насос; *29* – питательном трубопроводе; *32* – воздушная дроссельная заслонка; *33* – термо- для удаления шлама; *38* – смотровое окно для контроля заполнения котла водой; *43* – корпус сепаратора пара; *44* – шнек; *45* – корпус предохранительного кла-

Прямоточный котел предназначен для работы под избыточным давлением в топке (под наддувом), что позволяет обходиться без дымососа. Топочная камера образована внутренним цилиндрическим змеевиком поверхности нагрева. Экранами топки служат вертикально и горизонтально расположенные спирали змеевика. Конвективная поверхность нагрева включает наружный змеевик и тыльную часть внутрен-



генераторной установки КПА-500Ж:
зина и фосфата; *4* – бак питательной воды; *5* – манометр на топливопроводе; электроды зажигания топлива; *11* – фотосопротивление; *12* – горелка; *13* – зменый клапан; *16* – парозапорный клапан; *17* – термометр для контроля темпера-давления АКД-1; *20* – автомат коитроля давления АКД-2; *21* – датчик давления фильтр; *25* – топливный насос; *16* – датчик контроля натяжения ремней привода воздушный вентилятор; *30* – обратный клалан; *31* – предохранительный клапан на стат; *34* – кожух котла; *35* – корпус котла; *36* – шамотный настил; *37* – кран *39* – сливной кран; *40* – фильтр; *41* – конденсатоотводчик; *42* – воздушник; пана; *46* – клапан; *47* – пружина предохранительного клапана

него змеевика. Под топочной камеры имеет защитный слой из жаро-упорного бетона, который является также и стабилизатором горения. Каркасом котла служат две концентрические цилиндрические обечайки.

В кольцевой зазор между обечайками вентилятором подается воздух, необходимый для горения топлива. Воздух, охлаждая наружную и внутреннюю обечайки, одновременно нагревается, что способствует стаби-

лизации горения топлива. Применение охлаждаемого воздухом кольцевого канала позволяет отказаться от обмуровки конвективного газохода котла.

Вода из магистрали поступает на вход автоматизированной химводоочистки, где происходит ее умягчение для предотвращения образования накипи в поверхности нагрева котла. Умягченная вода поступает в расходный бак, куда дозатором добавляются фосфаты и гидразин для предотвращения коррозии внутренних поверхностей нагрева котла. В расходный бак поступают также конденсат от потребителей пара и вода из сепаратора, которые в смеси с химически очищенной водой образуют питательную воду. Из расходного бака питательная вода через фильтр поступает на всас питательного насоса. На нагнетательном трубопроводе питательного насоса последовательно установлены обратный и предохранительный клапаны. Питательным насосом вода подается в змеевиковую поверхность котла.

Топливо к двум форсункам подается топливным насосом. На топливопроводах установлены два электромагнитных клапана, служащих для регулирования производительности котла. Зажигание топлива осуществляется от электрической искры запального устройства.

Регулирование коэффициента избытка воздуха при работе котла на двух режимах осуществляется дроссельной заслонкой, управляемой электромагнитным клапаном, которая установлена на воздуховоде между вентилятором и котлом.

При горении топлива в топке вода, проходящая по змеевику, нагревается. Пароводяная смесь, образующаяся при температуре насыщения (кипения), сепарируется на пар и воду в сепараторе, установленном на выходе из змеевиковой поверхности нагрева. Пар из сепаратора направляется к потребителю, а отсепарированная вода через фильтр и конденсатоотводчик – в расходный бак воды. Скопившийся в нижней части сепаратора и в нижней части змеевика поверхности нагрева шлам при заполнении котла водой удаляется через сливной кран в канализацию.

Центробежный сепаратор пара, примененный в котле, состоит из корпуса, в котором установлен шнек. Пароводяная смесь, поступающая в сепаратор, проходя по спирали шнека, получает вращательное движение. Под действием центробежных сил капли воды и частицы шлама оседают на внутренней поверхности корпуса сепаратора и стекают в нижнюю его часть.

В комплект котла входит шестеренчатый топливный насос.

2. ВЕРТИКАЛЬНЫЕ ВОДОТРУБНЫЕ КОТЛЫ

Вертикальные водотрубные котлы паропроизводительностью 1000 кг/ч имеют две модификации: котел Е-1,0-9Г – рассчитан для работы на природном газе и котел Е-1,0-9Ж – для работы на дизельном топливе, соляро-

вом масле и печном топливе. Техническая характеристика котлов приведена в табл. 2.

Таблица 2. Техническая характеристика вертикальных водотрубных котлов

Наименование	Марка котла	
	Е-1,0-9Г	Е-1,0-9Ж
Давление пара, МПа (кгс/см^2)	0,9 (9)	0,9 (9)
Номинальная паропроизводительность, кг/ч	1000	1000
Влажность пара, % (не более)	2,0	2,0
Топливо	Природный газ	Жидкое топливо
Теплота сгорания (низшая) топлива, кДж/м^3, кДж/кг* (ккал/м^3, ккал/кг)	33494 (8000)	41868 (10000)
Расход топлива при номинальной нагрузке, м^3/ч, кг/ч	90	72
Поверхность нагрева полная, м^2	17,1	17,1
Теплонапряжение топочного объема, кДж/(м^3·ч) [ккал/(м^3·ч)]	$5{,}02 \cdot 10^6$ $(1{,}20 \cdot 10^6)$	$5{,}23 \cdot 10^6$ $(1{,}25 \cdot 10^6)$
Теплонапряжение радиационной поверхности нагрева, кДж/(м^2·ч) [ккал/(м^2·ч)]	$391{,}76 \cdot 10^3$ $(93{,}5 \cdot 10^3)$	$527{,}9 \cdot 10^3$ $(126 \cdot 10^3)$
Объем, м^3:		
водяной	0,39	0,39
паровой	0,35	0,35
топочной камеры	0,61	0,61
Площадь зеркала испарения, м^2	0,63	0,63
Температура, °С:		
питательной воды	50	50
уходящих газов	250–270	300–320
Коэффициент избытка воздуха	1,15–1,20	1,15–1,20
Коэффициент полезного действия, %	86,0	84,0
Потребляемая электрическая мощность, кВт	2,6	3,7
Масса металла котла под давлением, кг	1860	1860
Общая масса котла, кг	2800	2800
Габариты котла, мм:		
длина	2300	2300
ширина	1525	1525
высота	2750	2750

* 4,1868 кДж = 1 ккал.

На рис. 2 показано устройство котла Е-1,0-9Г со вспомогательным оборудованием и системой автоматики. Устройство котла Е-1,0-9Ж аналогично приведенному.

Котел, представленный на рис. 3, состоит из верхней и нижней кольцевых камер, соединенных прямыми вертикальными трубами, которые

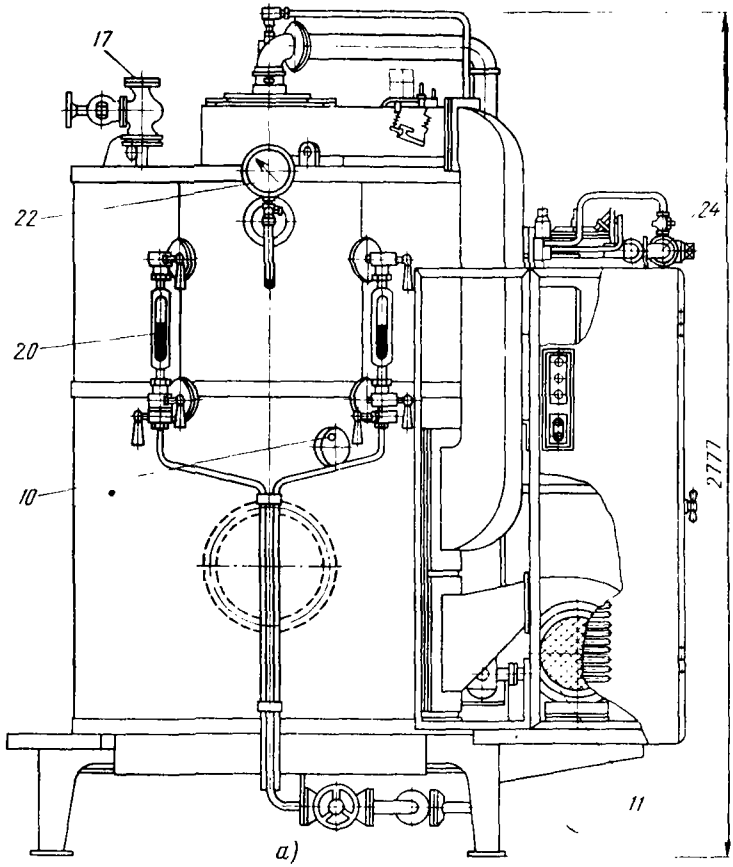
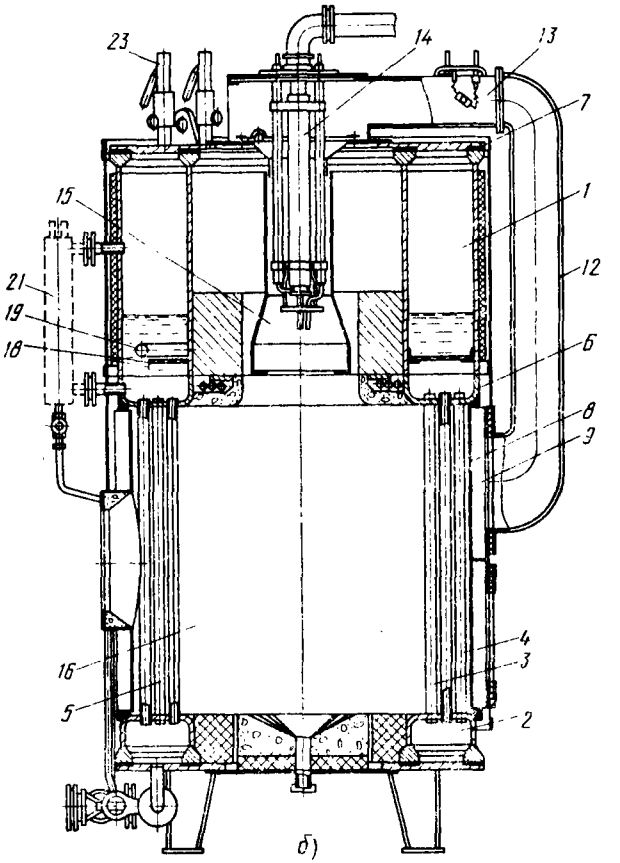


Рис. 2. Котел Е-1,0-9Г:

а – общий вид; *б* – разрез; *1* – верхний коллектор; *2* – нижний коллектор; решетка; *7* – съемная крышка; *8* – газоплотная обшивка; *9* – внутренний канал душный регистр; *14* – горелочное устройство; *15* – смесительная камера горелист; *19* – питательная труба; *20* – водоуказательный прибор; *21* – уровнемер-

установлены в шахматном порядке и образуют концентрические пучки. Внутренний ряд труб, экраном замыкающий топочную камеру, выполнен с шагом, позволяющим крепить трубы вальцовкой или сваркой. Для обеспечения работы котла под наддувом, при избыточном давлении в топке 400–500 Па (40–50 мм вод. ст.)*, топочный экран выполнен газоплотным. Это достигнуто применением плавниковых труб либо

* 10 Па ≈ 1 мм. вод. ст.



3 – труба экрана; *4* – труба конвективного пучка; *5* – мембрана; *6* – трубная обшивки; *10* – гляделка; *11* – дутьевой вентилятор; *12* – воздуховод; *13* – воз ки; *16* – топочная камера; *17* – клапан отбора пара; *18* – паропромывочная колонка; *22* – манометр; *23* – предохранительный клапан; *24* – газопровод

гладких, у которых пространство между трубами в ряду закрывается приваренными к ним стальными мембранами. В экране предусмотрена установка нескольких гладких труб с шагом, обеспечивающим необходимое живое сечение для выхода газов из топочной камеры. Для экрана в котле применены трубы $\phi 38 \times 4$ мм, а для конвективной поверхности нагрева $\phi 38 \times 2{,}5$ мм.

Кольцевые камеры образованы штампованными трубными решетками, концентрическими обечайками и съемными крышками. Наличие

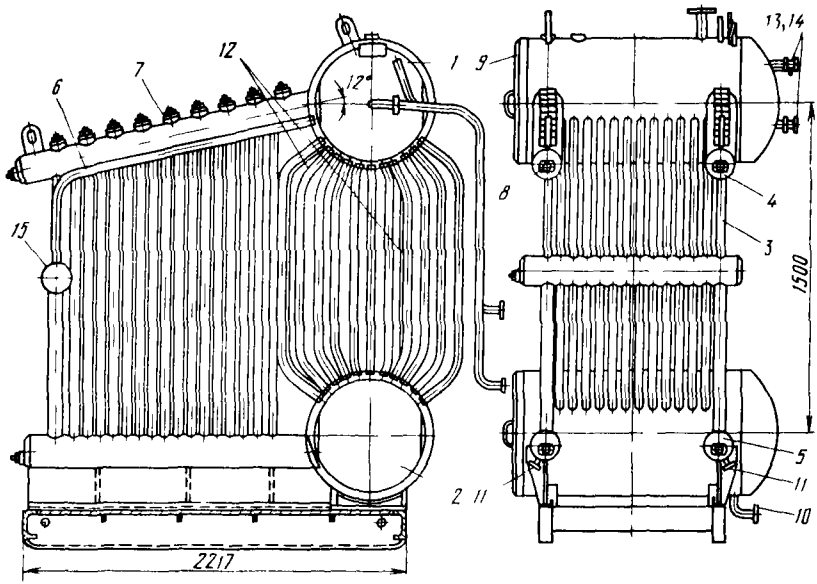


Рис 3 Котел Е 1/9-1

1 – верхний барабан, *2* – нижний барабан, *3* – боковой (правый) топочный экран, *4* – верхний коллектор бокового (правого) экрана, *5* – нижний коллектор бокового (правого) экрана, *6* – потолочный экран, *7* – лючки для осмотра и очистки экранных труб *8* – торцевые лючки коллекторов, *9* – люк верхнего барабана, *10* – штуцер продувки нижнего барабана, *11* – штуцеры продувки нижних коллекторов боковых экранов, *12* газовые перегородки, *13, 14* – штуцеры для подключения водоуказательных приборов и уровнемерной колонки, *15* – фронтовой коллектор

съемных крышек позволяет производить осмотр, ремонт и очистку внутренней поверхности камер и труб поверхностей нагрева Ввод питательной воды осуществляется в верхнюю камеру, на которой установлены два водоуказательных стекла и два предохранительных клапана, отвод пара – из верхней камеры Нижняя камера имеет два штуцера для продувки котла Наружный ряд труб, расположенный в зоне пониженных температур продуктов сгорания топлива, выполняет роль опускных труб Экранные трубы являются подъемными, по ним пароводяная смесь поднимается в верхнюю камеру, где происходит отделение пара от воды

Тепловая изоляция котла съемная и имеет воздушную прослойку между внутренней и наружной обшивками, соединенными болтами Пространство между обшивками служит каналом для прохода холодного воздуха, подаваемого вентилятором, поэтому обшивки собирают

на асбестовой прокладке Внутренняя обшивка выполнена из жаростойкой стали, наружная -- из углеродистой. Воздух, проходя по каналу, охлаждает обшивки, затем поступает по воздуховоду через воздушный регистр, расположенный на верхней крышке котла, к горелке, обеспечивая сжигание топлива в топке при избыточном давлении.

Топочные газы, минуя газоплотный экран, двумя потоками расходятся по газоходу кольцеобразной формы в противоположные стороны. Омывая на своем пути конвективные трубы, потоки соединяются на противоположной входу стороне и отводятся в дымовую трубу. В конвективном теплообмене участвует также тыльная часть топочного экрана.

3. ДВУХБАРАБАННЫЕ ВОДОТРУБНЫЕ КОТЛЫ Е-1/9-1, Е-1/9-1Г, Е-1/9-1М, ПКН-1С, ПКН-2

Котлы Е-1/9-1, Е-1/9-1М и Е-1/9-1Г объединены общей конструктивной схемой. Котлы этой группы, имеющие паропроизводительность 1000 кг/ч, предназначены для работы на твердом (антрацит АС и АМ) топливе, мазуте М100 и природном газе соответственно и служат для удовлетворения потребностей предприятий в насыщенном паре влажностью до 3% для покрытия технологических и теплофикационных нагрузок. Техническая характеристика котлов приведена в табл. 3.

Таблица 3. Техническая характеристика двухбарабанных водотрубных котлов

Наименование	Марка котла		
	Е-1/9-1	Е-1/9-1М	Е-1/9-1Г
Номинальная производительность, т/ч	1,0	1,0	1,0
Давление пара, МПа (кгс/см^2)	0,9 (9)	0,9 (9)	0,9 (9)
Температура уходящих газов, °С	350	300	250
Топливо	Каменный уголь АС и АМ	Мазут М100	Природный газ
Расход топлива, кг/ч, м^3/ч	134,5	82,6	90,1
Поверхность нагрева, м^2	30	30	30
Объем, м^3:			
водяной	1,25	1,25	1,25
паровой	0,36	0,36	0,36
топочного пространства	1,70	2,24	2,24
Коэффициент полезного действия, %	72,8	80–81	86
Габаритные размеры, мм:			
длина	3300	3695	3300
ширина	2400	2300	2300
высота	2700	2790	2870
Масса котла, кг:	5180	5620	5506
металла котла	3270	2830	2890
обмуровочных и изоляционных материалов	550	550	550

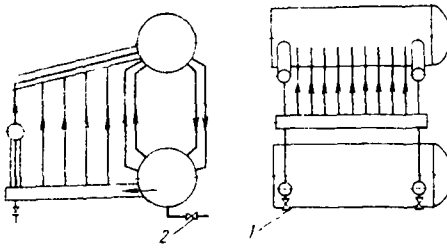


Рис. 4. Схема циркуляции воды в котле Е-1/9-1:
1 – линия продувки коллекторов экранов; *2* – линия продувки нижнего барабана. Стрелками показано направление движения воды

Паровой котел Е-1/9-1 состоит из верхнего и нижнего барабанов, расположенных на одной вертикальной оси (рис. 3). Барабаны соединены между собой пучком труб (11 рядов по 14 труб в каждом), образующих конвективную поверхность нагрева. Топочная камера экранирована двумя боковыми настенными экранами и потолочным экраном. Боковые экраны выполнены из прямых труб, объединяемых верхними и нижними коллекторами, вваренными в верхний и нижний барабаны соответственно. Потолочный экран частично охватывает и фронт котла, образованный фронтовым коллектором и вваренным в него пакетом изогнутых труб (повторяющих очертания фронта и потолка топочной камеры), которые присоединены сваркой непосредственно к верхнему барабану. Вода из верхнего барабана котла в нижний поступает по последним рядам труб конвективного пучка, расположенным в зоне пониженных температур продуктов сгорания топлива.

Питание боковых экранов водой осуществляется из нижнего барабана котла по нижним коллекторам. Потолочный экран питается от фронтового коллектора, в который вода поступает по соединительным трубам из нижних коллекторов боковых экранов. Характерной особенностью циркуляционной схемы котла является отсутствие необогреваемых питательных и отводящих труб экранов.

Ввод питательной воды выполнен в верхний барабан котла, внутри которого установлена распределительная труба. Продувка котла предусматривается через штуцеры в нижнем барабане, в нижних коллекторах бокового экрана и во фронтовом коллекторе.

На рис. 4 показана схема циркуляции в двухбарабанных водотрубных котлах Е-1/9-1. Здесь же показаны линии продувки нижнего барабана и коллекторов экранов.

Для обеспечения устойчивой циркуляции и равномерного прогрева элементов котла при растопке из холодного состояния предусмотрен подвод пара от постороннего источника в нижний барабан.

Пароводяная эмульсия из топочных экранов и конвективного пучка поступает в верхний барабан, где от пара отделяются частицы воды. Необходимая сухость пара обеспечивается сепарационными устройствами, устанавливаемыми в верхнем барабане. На днище верхнего барабана

размещены патрубки для присоединения водоуказательных приборов и уровнемерной колонки сигнализатора предельных уровней и автоматики безопасности.

По верхней образующей верхнего барабана размещены два пружинных предохранительных клапана.

Верхний и нижний барабаны снабжены круглыми люками, которые обеспечивают доступ для осмотра и очистки внутренней поверхности барабанов и труб конвективного пучка. Для обеспечения доступа при осмотре и очистке внутренних поверхностей все коллекторы снабжены в торцевой части лючками.

Топочная камера котла – прямоугольной формы, что позволяет применять различные механические топочные устройства. Поперечное омывание труб конвективного пучка топочными газами с требуемой скоростью достигается установкой в нем двух газовых перегородок из жаростойкой стали.

Обмуровка котлов Е-1/9-1 – комбинированная из огнеупорного кирпича и изоляционных вулканитовых или совелитовых плит. Поверхности, непосредственно соприкасающиеся с горячими газами, выполнены огнеупорным кирпичом, далее изоляционными плитами, пустоты в слое огнеупорного кирпича заполняются жаропрочным бетоном, а в слоях изоляционных плит – водным раствором совелита. Прилегание обмуровки к барабанам и коллекторам выполнено через прокладки из листового асбеста. Свобода тепловых расширений элементов обмуровки обеспечивается температурными швами, заполненными шнуровым асбестом.

Обмуровка котлов для жидкого и газообразного топлива отличается от обмуровки котлов для твердого топлива наличием пода, находящегося в зоне высоких температур. Поэтому под выполняют из двух слоев: в первый укладывают диатомовый кирпич, во второй – огнеупорный.

Наружную поверхность котла покрывают декоративной обшивкой из тонколистовой стали, которую крепят к специальному каркасу, изготавливаемому из уголка; кроме улучшения эстетического вида, обшивка предохраняет поверхность обмуровки и изоляции от разрушения и повышает газовую плотность котла.

В топках котлов, предназначенных для работы на твердом топливе, применена ручная колосниковая решетка, имеющая четыре качающихся и два неподвижных колосника. На каждые два качающихся колосника имеется отдельный ручной привод механизма поворота. Топочный объем ограничивается колосниковой решеткой, боковыми и потолочными экранами и передним рядом труб конвективного пучка. Выступающая в топку часть нижнего барабана защищается от перегрева огнеупорным бетоном. На фронте котла установлены топочная дверца и дверца зольника.

Воздух, необходимый для горения топлива, подается под колосниковую решетку, а воздух, поступающий без предварительного подогрева,

предохраняет колосниковую решетку от перегрева. В зольном пространстве размещен коллектор подпаривания.

Топочный объем котлов, работающих на жидком и газообразном топливе, ограничивается подом топки, боковыми и потолочным экранами и передним рядом труб конвективного пучка.

Котлы ПКН-1С, ПКН-2 и ПКН-3Г

Котел ПКН-1С (после модернизации – ПКН-2) предназначен для обеспечения технологическим паром буровых установок, обогрева механизмов в зимнее время и отопления бытовых помещений. Для этих же целей предназначен и котел ПКН-3Г. Кроме буровых установок, указанные котлы применяются для покрытия технологических и отопительных тепловых нагрузок в нефтяной промышленности и других отраслях народного хозяйства. Паровые котлы установок принадлежат к типу вертикально-водотрубных двухбарабанных котлов с естественной циркуляцией.

Техническая характеристика котлов приведена в табл. 4.

Таблица 4. **Техническая характеристика котлов ПКН-1С (ПКН-2) и ПКН-3**

Наименование	Марка котла	
	ПКН-1С (ПКН-2)	ПКН-3
Паролроизводительность, кг/ч	1000	1000
Давление пара, МПа (кгс/см^2)	0,8 (8)	0,8 (8)
Топливо	Мазут	Природный газ
Поверхность нагрева котла, м^2	26,5	26,5
Объем, м^3		
водяной	1,2	1,2
топочного пространства	1,6	1,6
Коэффициент полезного действия, %	76,5	85
Габаритные размеры, мм:		
длина	3200	3200
ширина	1600	1800
высота	2500	2700
Масса, кг:		
металла котла под давлением	2150	1700
общая	2850	2900

Устройство котлов ПКН-1С и ПКН-2 показано на рис. 5, 6. Котел состоит из верхнего и нижнего барабанов, соединенных между собой трубами, образующими конвективный пучок, топочных экранов, включен-

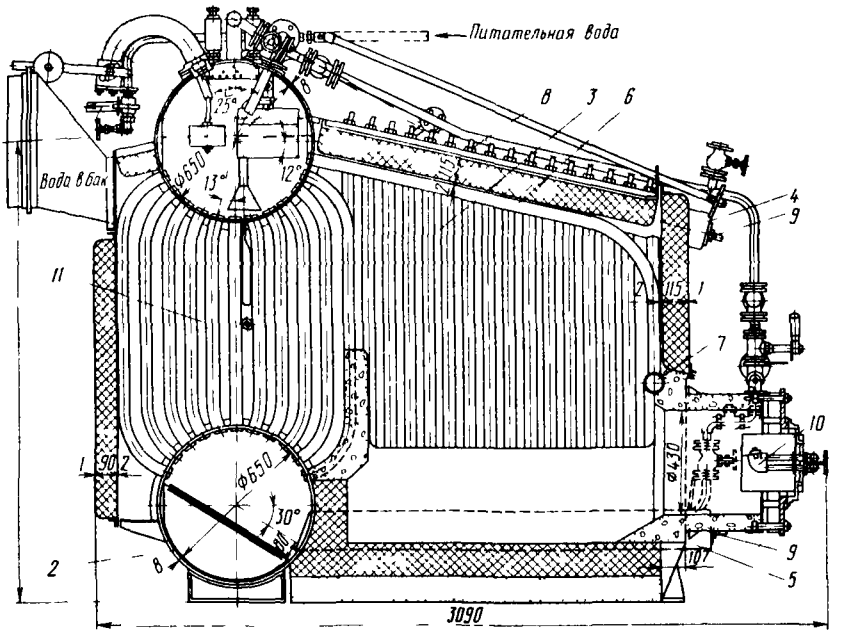


Рис. 5. Котел ПКН-1С.

1 – верхний барабан; *2* – нижний барабан; *3* – боковой (правый) экран; *4* – верхний коллектор бокового (правого) экрана; *5* – нижний коллектор бокового (правого) экрана; *6* – потолочный экран, *7* – коллектор потолочного экрана; *8* – лючки для осмотра и очистки экранных труб; *9* – торцевые лючки коллекторов; *10* – щелевая форсунка; *11* – конвективный пучок

ных в циркуляцию котла посредством четырех боковых коллекторов, вваренных в барабаны, и одного фронтового коллектора для подключения потолочного экрана.

Барабаны расположены на общей вертикальной оси. Боковые экраны выполнены из прямых труб, расположенных в вертикальной плоскости. Все коллекторы снабжены лючками, обеспечивающими доступ для очистки и осмотра внутренних поверхностей. Барабаны котлов снабжены люками, открывающими все поперечное сечение и обеспечивающими свободный доступ внутрь. Внутренний диаметр барабанов 650 мм.

Конвективный пучок образуется одиннадцатью коридорно расположенными рядами труб (по 12 шт. в ряд) с общей поверхностью нагрева 21,5 м². Шаг труб боковых экранов 85 мм, потолочного экрана 80 мм. В конвективной и экранных поверхностях нагрева использованы бесшовные трубы $\phi 51 \times 2{,}5$ мм из стали 10. Присоединение труб к бара-

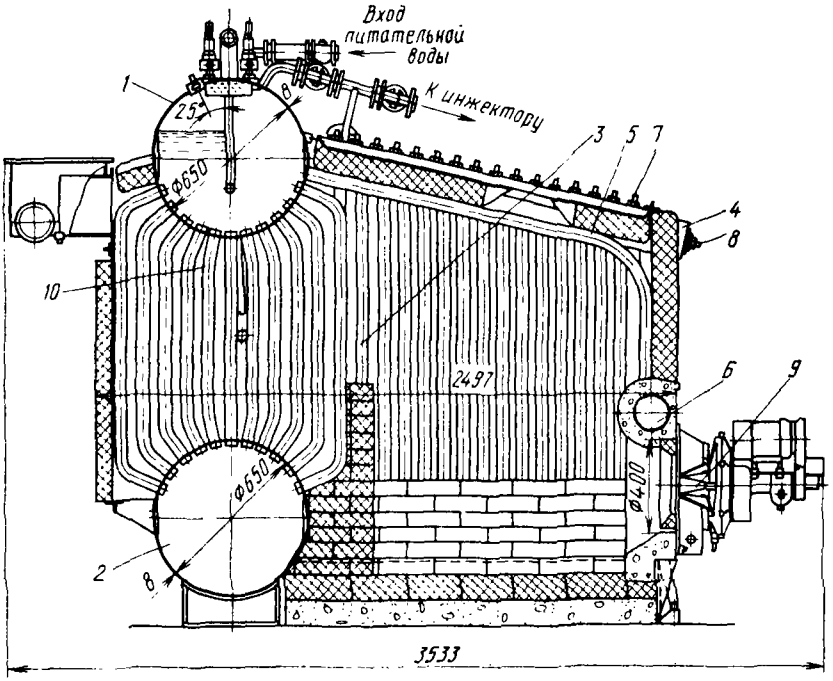


Рис. 6. Котел ПКН-2:

1 – верхний барабан; *2* – нижний барабан; *3* – боковой (правый) экран; *4* – верхний коллектор бокового (правого) экрана; *5* – потолочный экран; *6* – коллектор потолочного экрана; *7* – лючки для осмотра и очиски экранных труб; *8* – торцевой лючок коллектора; *9* – ротационная форсунка; *10* – конвективный пучок

банам и коллекторам выполнено на сварке. В конвективном пучке установлены газовые перегородки, обеспечивающие поперечное омывание труб газовым потоком с необходимыми скоростями.

Под топочной камеры выполнен из огнеупорного кирпича. Передний ряд труб конвективного пучка по высоте на половину, а боковые экраны на 1/4 высоты защищены обмазкой из жаропрочного бетона.

На котлах ПКН-1С применена паровая мазутная форсунка щелевого типа, которая установлена в торце муфеля. Трубы подвода топлива и пара выполнены поворотными на шарнирах, что обеспечивает быструю установку форсунки на рабочее место и выемку ее обратно. Распыление топлива осуществляется свежим паром, отбираемым непосредственно из верхнего барабана котла давлением от 0,4 МПа (4 кгс/см^2) и выше. Воздух, необходимый для горения топлива, подводится через регулируемые кольцевые отверстия с фронта муфеля.

На этих котлах применено внутрикотловое термическое умягчение воды. В каскадном реакторе, размещенном в верхнем барабане, осуществляется подогрев и деаэрация воды. Выпадающие при этом соли временной жесткости частично оседают в реакторе в виде шлама, который периодически удаляется. Большая часть шлама сбрасывается вместе с водой в нижний барабан, служащий одновременно грязевиком-шламоотстойником, откуда шлам удаляется при периодической продувке.

В котлах ПКН-2 применена докотловая обработка воды, в связи с чем изменены внутрибарабанные устройства. Водоподготовительная установка состоит из осветительного фильтра и Na-катионитового фильтра. Мазутная форсунка щелевого типа заменена на горелочное устройство АР-90.

На котлах ПКН-1С и ПКН-2 применена облегченная обмуровка, состоящая из отдельных съемных щитов, непосредственно прилегающих к трубам. Со стороны котла обшивка щитов выполнена из листов окалиностойкой стали толщиной 2 мм, с наружной стороны – из листов углеродистой стали толщиной 1 мм. Полость между листами обшивки заполнена теплоизоляционным материалом.

Дальнейшим развитием котлов ПКН-1С и ПКН-2 является паровой котел ПКН-3Г, работающий на природном газе. Конструктивная схема котла аналогична котлу ПКН-2. Котел имеет газоплотную топку, газоплотность топки достигается приваркой мембран к трубам первого ряда конвективного пучка и трубам боковых экранов, а также приваркой листа из жаростойкой стали к верхним коллекторам и соединительным трубам. К нижним коллекторам приварен наклонный подовый короб. Газоплотная топка изолируется от внешней среды теплоизоляционными плитами из минеральной ваты. Толщина теплоизоляции 115–120 мм. Под, боковые, задняя и передняя стенка топки выполнены из шамотного кирпича. Щиты теплоизоляции крепятся на каркасе из уголка и между собой скрепляются болтами. Зазоры между щитами, барабанами и коллекторами забиваются асбестовым шнуром и промазываются пастой, изготовленной из асбестового волокна, пиролюзита, кварцевого песка и жидкого стекла в соотношении 1 : 3 : 16 : 20 весовых частей.

В комплект котла входят блок водоподготовки, паровой питательный насос и паровой инжектор, горелочное устройство, мазутный бак и бак для питательной воды, сигнализатор предельных уровней воды, клапан-отсекатель, дымовая труба, трубопроводы в пределах котла, металлическая утепленная будка на раме, обеспечивающей транспортировку всего котла в целом.

ПАРОВЫЕ КОТЛЫ С РАБОЧИМ ДАВЛЕНИЕМ ДО 2,4 МПа (24 кгс/см^2)

4. ДВУХБАРАБАННЫЕ ВЕРТИКАЛЬНО-ВОДОТРУБНЫЕ КОТЛЫ ТИПА ДКВР

Типоразмеры котлов типа ДКВР

Условное обозначение парового котла ДКВР озиачает – двухбарабанный котел, водотрубный, реконструированный. Первая цифра после наименования котла обозначает паропроизводительность, т/ч, вторая – избыточное давление пара на выходе из котла, кгс/см^2 (для котлов с пароперегревателями – давление пара за пароперегревателем), третья – температуру перегретого пара, °С. Типоразмеры таких котлов приведены в табл. 5.

Таблица 5. Типоразмеры двухбарабанных вертикально-водотрубных котлов типа ДКВР

Паропроизводительность, т/ч	Давление пара, МПа (кгс/см^2)		
	1,3 (13)	2,3 (23)	3,9 (39)
2,5	ДКВР-2,5-13	–	–
4,0	ДКВР-4-13;	–	–
	ДКВР-4-13-250	–	–
6,5	ДКВР-6,5-13	ДКВР-6,5-23;	–
	ДКВР-6,5-13-250	ДКВР-6,5-23-370	–
10	ДКВР-10-13	ДКВР-10-23	ДКВР-10-39
	ДКВР-10-13-250	ДКВР-10-23-370	ДКВР-10-39-440
20	ДКВР-20-13	ДКВР-20-23	–
	ДКВР-20-13-250	ДКВР-20-23-370	–

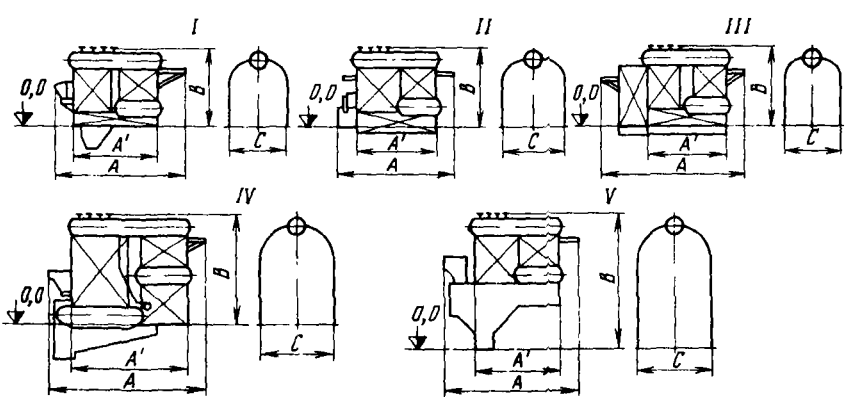
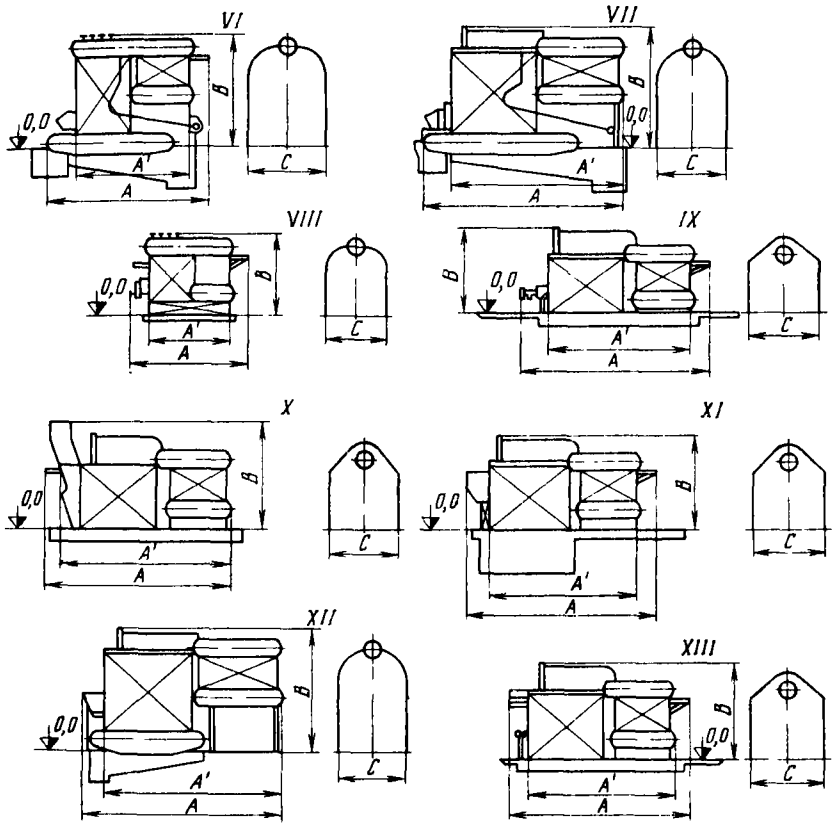


Рис. 7. Схемы компоновок котлов типа ДКВР с различными топочными устройствами и габаритные размеры:

Котлы типа ДКВР применяются при работе как на жидком, газообразном, так и на различных видах твердого топлива. Вид используемых топочных устройств вносит определенные коррективы в компоновочные решения. Для работы на каменных и бурых углях, грохоченых антрацитах марок АС и АМ применяются полумеханические топки



I – котлы ДКВР-2,5; 4 и 6,5 с топкой типа ПМЗ-РПК; *II* – котлы ДКВР-2,5; 4 и 10 с топкой для сжигания газа и мазута; *III* – котлы ДКВР-2,5; 4; 6,5 и 10 с топкой Померанцева; *IV* – котел ДКВР-10 с топкой типа ПМЗ-ЧЦР и ПМЗ-ЛЦР; *V* – котлы ДКВР 2,5; 4 и 10 с топкой Шершнева; *VI* – котел ДКВР с решеткой типа ЧЦР; *VII* – котел ДКВР-20 с решеткой типа ЧЦР; *VIII* – котлы ДКВР-2,5; 4 и 6,5 в облегченной обмуровке и обшивке с топкой для сжигания газа и мазута; *IX* – котел ДКВР-10 в облегченной обмуровке с топкой для сжигания газа и мазута (с двухступенчатым испарением); *X* – котел ДКВР-10-39 с топкой Померанцева; *XI* – котел ДКВР-10-39 с топкой типа ПМЗ-РПК; *XII* – котел ДКВР-20 с решеткой типа ПМЗ-ЧЦР и ПМЗ-ЛЦР; *XIII* – котлы ДКВР-10 и 20 с топкой для сжигания газа и мазута (с двухступенчатым испарением).

типа ПМЗ-РПК – топки с пневмомеханическими забрасывателями и решеткой с поворотными колосниками; механические топки типов ПМЗ-ЛРЦ, ПМЗ-ЧЦР и ЧЦР – топки с пневмомеханическими забрасывателями с обратным ходом колосникового полотна ленточного и чешуйчатого типов. Для работы на древесных отходах котлы комплектуются топками системы Померанцева. Работа котлов на фрезерном топливе обеспечивается предтопками системы Шершнева. Кусковой торф сжигается в котлах, обрудованных шахтными топками или топками с решетками типа РПК (решетками с поворотным колосником).

Схемы компоновок котлов типа ДКВР с различными топочными устройствами приведены на рис. 7, массы и габаритные размеры котлов с различными топочными устройствами приведены в табл. 6. Первая строка – для котлов с насыщенным паром, вторая – с перегревом: до 250 °С – для котлов ДКВР-4-13; 6,5-13, 10-13; 20-13; 20-23; 10-23 (помеченных *); до 370 °С – для котлов ДКВР-6,5-23 и 10-23; до 440 °С – для котлов ДКВР-10-39.

Техническая характеристика котлов типа ДКВР приведена в табл. 7.

Таблица 6. Масса и габаритные размеры котлов типа ДКВР с различными топочными устройствами

Тип топки	Тип обмуровки	Масса металла под давлением, кг	Масса котла в объеме поставки завода	Габаритные размеры, мм			
				A^1	A	B	C
Котел ДКВР-2,5-13							
Газомазутная топка	Тяжелая	4781	6920	4120	5913	4340	3200
	Облегченная	4816	13 916	3920	5530	4345	2430
Топка типа ПМЗ-РПК	Тяжелая	4781	7047	4120	5810	4340	3200
	Облегченная	4825	12 120	3920	5530	4345	2430
Топка Шершнева	Тяжелая	4805	7697	4120	6120	7740	3200
Топка Померанцева	"	4807	8379	4120	7455	4340	3200
Котел ДКВР-4-13							
Газомазутная топка	Тяжелая	6513	8919	5410	7203	4345	3200
		7259	9243	5410	7203	4345	3200
	Облегченная	6489	17097	5897	6895	4345	2430
Топка типа ПМЗ-РПК	Тяжелая	6500	9198	5410	7040	4345	3200
		6759	9525	5410	7040	4345	3200
	Облегченная	6489	15331	5897	6895	4345	2430
Топка Шершнева	Тяжелая	6052	9751	5410	7460	7745	3200
		6632	10001	5410	7460	7745	3200
Топка Померанцева	"	6445	10432	5410	7668	4345	3200
		6589	10732	5410	7668	4345	3200

Продолжение табл. 6

Тип топки	Тип обмуровки	Масса металла под давлением, кг	Масса котла в объеме поставки завода	Габаритные размеры, мм			
				A^1	A	B	C
Котел ДКВР-6,5-13							
Газомазутная топка	Тяжелая	9008	11864	6520	8526	4345	3830
		8370	12220	6520	8526	4345	3830
	Облегченная	8547	21719	6427	8390	4345	3110
Топка типа ПМЗ-РПК	Тяжелая	8968	11995	6520	8210	4345	3830
		8537	12276	6520	8210	4345	3830
	Облегченная	8546	20190	6427	8390	4345	3110
Топка Шершнева	Тяжелая	8922	13290	6520	8670	8345	3830
		9001	13591	6520	8670	8345	3830
Топка Померанцева	"	9909	14969	9070	9870	4345	3870
		9934	15273	9070	9870	4345	3870
Котел ДКВР-6,5-23							
Газомазутная топка	Тяжелая	11015	13946	6520	8526	4345	3830
		11511	14544	6520	8526	4345	3830
	Облегченная	10410	23904	6427	8590	4345	3110
Топка типа ПМЗ-РПК	Тяжелая	10951	14042	6520	8210	4345	3830
		11539	14638	6520	8210	4345	3830
	Облегченная	10419	23231	6727	8390	4345	3110
Топка Шершнева	Тяжелая	10887	15340	6520	8670	8345	3830
		11411	15945	6520	8670	8345	3830
Топка Померанцева	"	11931	17059	9070	9870	4345	3870
		12399	17205	9070	9870	4345	3870
Котел ДКВР-10-13 (высокая компоновка)							
Газомазутная топка	Тяжелая	11131	15709	6860	8850	6315	3830
		11292	15420	6860	8850	6315	3830
Топка типа ПМЗ-ЛЦР	"	11069	16370	6860	8760	6315	3830
		11131	16639	6860	8760	6315	3830
Топка типа ПМЗ-ЧЦР	"	11069	16370	6860	8760	6315	3830
		11131	16639	6860	8760	6315	3830
Топка типа ПМЗ-РПК	"	10275	15968	6860	8450	6315	3830
		11124	16275	6860	8450	6315	3830
Топка типа ЧЦР	"	11551	17522	6860	9200	6315	3830
		11515	17781	6860	9200	6315	3830
Топка Шершнева	"	11394	17842	6860	10760	9590	3830
		11448	18059	6860	10760	9590	3830
Топка Померанцева	"	11949	18467	6860	10111	6315	3830
		12026	18809	6860	10111	6315	3830
Котел ДКВР 10-13 (низкая компоновка)							
Газомазутная топка	Тяжелая	11766	16721	8460	10560	5855	3830
	Облегченная	11605	31780	8145	10355	5410	3156

Тип топки	Тип обмуровки		Масса металла под давлением, кг	Масса котла в объеме поставки завода	Габаритные размеры, мм			
					A^1	A	B	C
Котел ДКВР-10-23 (высокая компоновка)								
Газомазутная топка	Тяжелая		13955	18443	8460	10560	5855	3830
			13216	17588	8460	10560	5855	3830
	Облегченная		12280	29677	8175	10355	5410	3156
			12480	29495	8175	10355	5410	3156
Топка типа ПМЗ-ЛЦР	Тяжелая	*	13216	18538	6860	8760	6315	3830
			13955	19379	6860	8760	6315	3830
Топка типа ПМЗ-ЧЦР	"		13216	18538	6860	8760	6315	3830
		*	13955	19379	6860	8760	6315	3830
Топка типа ПМЗ-РПК	"		13238	18185	6860	8450	6315	3830
			13948	18990	6860	8450	6315	3830
Топка типа ЧЦР	"		13727	19618	6860	9200	6315	3830
			11366	20443	6860	9200	6315	3830
Топка Шершнева	"		12564	19972	6860	10760	9590	3830
			14296	20691	6860	10760	9590	3830
Топка Померанцева	"		14132	20663	6860	10111	6315	3830
			14873	21533	6860	10111	6315	3830
Котел ДКВР-10-39 (низкая компоновка)								
Газомазутная топка	Тяжелая		22783	32375	8430	8430	5660	3830
			24288	35672	8430	8430	5660	3830
Топка типа ПМЗ-РПК	"		21859	37401	8430	10885	5660	3830
Топка Померанцева	Облегченная		22330	60858	9645	14505	6900	3150
Котел ДКВР-20-13 (блочные котлы)								
Газомазутная топка	Облегченная		17905	44242	9775	12000	7660	3215
			18042	45047	9775	12000	7660	3215
Топка типа ПМЗ-ЛЦР	"		18042	43926	9775	12000	7660	3215
			18405	44347	9775	12000	7660	3215
Топка типа ЧЦР	"		17320	42848	8950	11175	7660	3215
			18915	43247	8950	11175	7660	3215
Котел ДКВР-20-23 (блочные котлы)								
Газомазутная топка	Облегченная		20965	46987	9775	12000	7660	3215
			20118	47837	9775	12000	7660	3215
Топка типа ПМЗ-ЛЦР	"		20218	46690	9775	12000	7660	3215
Топка типа ПМЗ-ЧЦР	"		21226	47139	9775	12000	7660	3215
Топка типа ЧЦР	"		20320	45648	8950	11175	7660	3215
			21300	46081	8950	11175	7660	3215

Таблица 7. **Техническая характеристика котлов типа ДКВР**

Наименование	Марка котла					
	ДКВР-2,5-13	ДКВР-4-13	ДКВР-6,5-13	ДКВР-10-13	ДКВР-10-39-440	ДКВР-20-13
Паропроизводительность, т/ч	2,5	4,0	6,5	10,0	10,0	20,0
Давление пара, МПа (кгс/см²)	1,3 (13)	1,3 (13)	1,3 (13)	1,3 (13)	3,9 (39)	1,3 (13)
Температура перегретого пара, °С	Насыщенный	Насыщенный	Насыщенный	Насыщенный	440	Насыщенный
Поверхность нагрева котла, м²:						
радиационная	17,7	21,4	27,9	47,9	34,5	51,3
конвективная	73,6	116,9	197,4	229,1	176,5	357,4
общая	91,3	138,3	225,8	227,0	211,0	408,7
пароперегревателя	–	–	–	–	68,0	–
Объем котла, м³:						
паровой	1,57	2,05	2,55	2,63	1,45	1,80
водяной	4,00	5,55	7,80	9,11	7,00	10,5
Объем воды по водоуказательному стеклу, м³	0,64	0,84	1,04	1,07	0,6	0,45
Время испарения этого объема, мин	14	11,5	9,0	5,8	2,9	1,3
Коэффициент полезного действия, % при сжигании:						
каменного угля $Q^{н}_{р}$ = 25 1000 кДж/кг (6000 ккал/кг)	81,9	82,1	83,1	83,5	78,7	83,6
бурого угля $Q^{н}_{р}$ = 10500 кДж/кг (2500 ккал/кг)	75,6	75,8	76,7	77,5	–	77,2

Продолжение табл. 7

Наименование	Марка котла					
	ДКВР-2,5-13	ДКВР-4-13	ДКВР-6,5-13	ДКВР-10-13	ДКВР-10-39-440	ДКВР-20-13
газа $Q_p^н$ = = 35 700 кДж/кг (8525 ккал/кг)	90,0	90,8	91,8	91,8	–	90,0
мазута $Q_p^н$ = = 38 400 кДж/кг (9170 ккал/кг)	89,6	89,8	–	–	–	89,6
Расход топлива, кг/ч:						
каменного угля $Q_p^н$ = 25 100 кДж/кг (6000 ккал/кг)	320	540	860	1310	–	2290
бурого угля $Q_p^н$ = = 10 500 кДж/кг (2500 ккал/кг)	820	1380	2210	3370	–	5660
газа $Q_p^н$ = = 35 700 кДж/кг (8525 ккал/кг)	210	310	550	840	–	2060
мазута $Q_p^н$ = = 38 400 кДж/кг) (9170 ккал/кг)	200	320	–	–	–	1960

Примечания: 1. Коэффициенты полезного действия, приведенные в таблице, и расходы топлива относятся к котельным агрегатам с чугунными экономайзерами.

2. 4,1868 кДж = 1 ккал.

Конструктивная схема котлов типа ДКВР паропроизводительностью 2,5; 4; 6,5 и 10 т/ч

Конструктивная схема котлов типа ДКВР паропроизводительностью 2,5; 4; 6,5 и 10 т/ч одинакова независимо от используемого топлива и применяемого топочного устройства (рис. 8).

Котел имеет верхний длинный и нижний короткий барабаны, расположенные вдоль оси котла. Барабаны соединены развальцованными в них гнутыми кипятильными трубами, образующими развитый конвективный пучок. Перед конвективным пучком расположена экранированная топочная камера. Трубы боковых экранов завальцованы в верхнем барабане, нижние концы экранных труб приварены к нижним коллекторам.

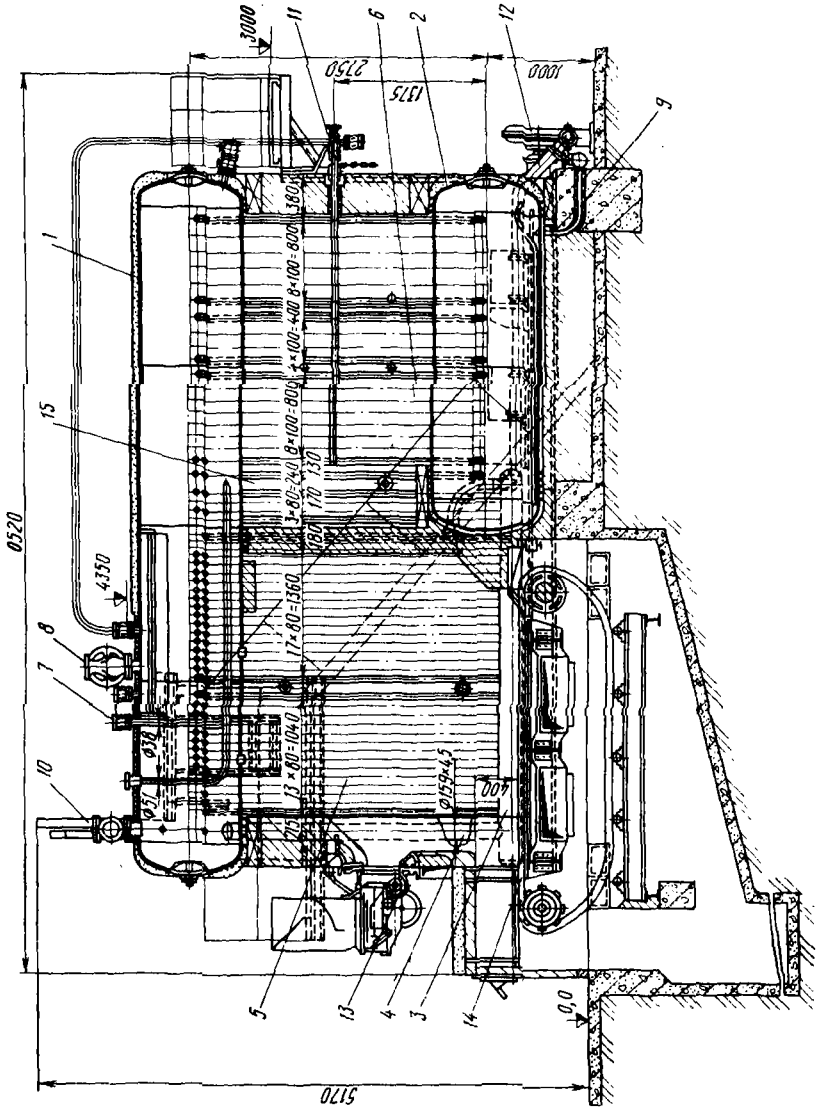
Топочная камера для исключения затягивания пламени в конвективный пучок и уменьшения потерь с уносом и химическим недожогом разделяется шамотной перегородкой на собственно топку и камеру догорания. В котлах производительностью 10 т/ч перед шамотной перегородкой установлен задний экран. Камера догорания отделяется от конвективного пучка шамотной перегородкой, устанавливаемой между первым и вторым рядами кипятильных труб, вследствие чего первый ряд труб конвективного пучка является одновременно и задним экраном камеры догорания. Внутри конвективного пучка устанавливается чугунная перегородка, разделяющая его на первый и второй газоходы. Вход топочных газов в конвективный пучок и выход их из котла выполнены асимметрично. В котлах с перегревом пара пароперегреватель устанавливается в первом газоходе после второго-третьего рядов кипятильных труб. Необходимое для размещения пароперегревателя место (при неизменных размерах котла) обеспечивается отказом от установки части кипятильных труб.

Питание боковых экранов водой осуществляется из нижних коллекторов, куда вода поступает по опускным трубам из верхнего барабана и одновременно по соединительным трубам из нижнего барабана. Такая схема подвода воды в коллекторы повышает надежность работы котла при пониженном уровне воды и способствует уменьшению отложений шлама в верхнем барабане.

В котлах без пароперегревателей при отсутствии особых требований к качеству пара и солесодержании котловой воды до 3000 мг/л, а также в котлах с пароперегревателем при солесодержании котловой воды до 1500 мг/л применяется сепарационное устройство, состоящее из жалюзи и дырчатых листов.

Барабаны котлов типа ДКВР на 1,3 и 2,3 МПа (13 и 23 кгс/см^2) изготовляются из низколегированной стали 16ГС и имеют одинаковые диаметры 1000 мм, толщина стенки барабанов котлов с рабочим давлением 1,3 МПа (13 кгс/см^2) – 13 мм, котлов с рабочим давлением 2,3 МПа (23 кгс/см^2) – 20 мм. Барабаны котлов оснащены лазовыми затворами, расположенными на задних днищах барабанов.

На котлах паропроизводительностью 6,5 и 10 т/ч с одноступенчатым испарением, работающих с давлением 1,3 и 2,3 МПа (13 и 23 кгс/см^2), лазовые затворы устанавливаются также и на передних днищах верхних барабанов.



По нижней образующей верхних барабанов всех котлов устанавливаются две легкоплавкие пробки, предназначенные для предупреждения перегрева стенок барабана под давлением. Сплав металла, которым заливают пробки, начинает плавиться при упуске воды из барабана и повышении температуры его стенки до 280–320 °С. Шум пароводяной смеси, выходящей через образующееся в пробке отверстие при расплавлении сплава, является сигналом персоналу для принятия экстренных мер к останову котла. Завод-изготовитель применяет в легкоплавких пробках сплав следующего состава: свинец С2 или С3 по ГОСТ 3778-56 – 90%; олово О1 или О2 по ГОСТ 860-60 – 10^{+2}%. Колебания температуры плавления сплава допускаются в пределах 240–310 °С.

Ввод питательной воды выполнен в верхний барабан, в водяном пространстве которого она распределяется по питательной трубе. Для непрерывной продувки на верхнем барабане устанавливается штуцер, на котором смонтирована регулирующая и запорная арматура. В нижнем барабане устанавливаются перфорированная труба для периодической продувки и трубы для прогрева котла паром при растопке.

Гибы труб экранов и конвективного пучка выполнены с радиусом 400 мм, при котором механическая очистка внутренней поверхности шарошками не представляет затруднений. Механическая очистка труб конвективного пучка и экранов производится из верхнего барабана. Камеры экранов очищаются через торцевые лючки, устанавливаемые на каждой камере.

Камеры котлов типа ДКВР изготовляются из труб Ф219×8 мм для котлов с рабочим давлением 1,3 МПа (13 кгс/см^2) и ф 219 × 10 мм – давлением 2,3 МПа (23 кгс/см^2). Конвективные пучки выполняются с коридорным расположением труб. Камеры, экранные и конвективные трубы котлов типа ДКВР изготовляются из углеродистой стали марок 10 и 20.

В табл. 8 приведена конструктивная характеристика котлов типа ДКВР.

Пароперегреватели котлов типа ДКВР унифицированы по профилю и отличаются друг от друга для котлов разной производительности числом параллельных змеевиков. Располагают пароперегреватели в первом газоходе. Для изготовления пароперегревателей применяются трубы ф32×3 мм из стали 10. Камеры пароперегревателей выполняются из

Рис. 8. Паровой котел ДКВР-6,5-13-23 в тяжелой обмуровке с топкой типа ПМЗ-ЛЦР 2700 × 3000 мм для сжигания каменных и бурых углей:

1 – верхний барабан; *2* – нижний барабан; *3* – коллектор бокового экрана; *4* – опускная труба; *5* – боковой экран; *6* – конвективный пучок труб; *7* – ввод питательной воды; *8* – отвод пара; *9* – продувочный трубопровод; *10* – предохранительные клапаны; *11* – обдувочное устройство; *12* – вентилятор возврата уноса; *13* – пневмомеханический забрасыватель топлива; *14* – решетка обратного хода; *15* – камера догорания

Таблица 8. **Конструктивная характеристнка котлов типа ДКВР**

Наименование	Марка котла				
	ДКВР-2,5-13	ДКВР-4-13	ДКВР-6,5-13	ДКВР-10-13	ДКВР-20-13
Внутренний диаметр верхнего и нижнего барабанов, мм	1000	1000	1000	1000	1000
Толщина стенки барабанов, мм	13	13	13	13	13
Длина цилиндрической части, мм:					
верхнего барабана	3310	5010	6315	6510	4500
нижнего барабана	1200	1800	2700	3000	4500
Диаметры, мм:					
передних опускных труб	127×4	140×4,5	159×4,5	159×4,5	–
экранных и кипятильных труб	51×2,5	51×2,5	51×2,5	51×2,5	51×2,5
Шаг труб бокового экрана, мм	80	80	80	80	80
Число труб бокового экрана, шт	23×2 = 46	30×2 = 60	37×2 = 74	28×2 = 56	120
Общее число экранных труб, шт.	66	80	96	118	164
Шаг конвективных труб, продольный × поперечный, мм	100×110	100×110	100×110	100×110	100×110
Число конвективных труб, шт.:					
по оси барабана	10+1 экр	16+1 экр	23+1 экр	27+1 экр	43
в поперечном сечении котла	20	20	22	22	22
всего	200	320	506	594	946

труб $\phi 133 \times 5$ мм для котлов с рабочим давлением 1,3 и 2,3 МПа (13 и 23 кгс/см^2). Входные концы труб пароперегревателя крепятся в верхнем барабане вальцовкой, выходные концы труб приваривают к камере (коллектору) перегретого пара. При рабочем давлении 1,3 и 2,3 МПа (13 и 23 кгс/см^2) пароперегреватели выполняются одноходовыми по пару без пароохладителя. Температура перегрева пара при сжигании различных топлив может колебаться не выше 25 °С.

Очистка наружных поверхностей нагрева от загрязнений в котлах типа ДКВР осуществляется обдувкой насыщенным или перегретым паром с давлением перед соплами 0,7–1,7 МПа (7–17 кгс/см^2), допускается применять для этой цели сжатый воздух. Для обдувки применяются стационарные обдувочные приборы и переносные, используемые для очистки экранов и пучков труб от золовых отложений через обдувочные лючки.

Транспортабельные котлы (паропроизводительностью 2,5; 4; 6,5 т/ч) устанавливаются на сварной опорной раме. Котлы ДКВР-10-13 высокой компоновки опорной рамы не имеют. Температурные перемещения элементов котла относительно неподвижной опоры, которой является передняя опора нижнего барабана, обеспечиваются подвижными опорами камер боковых экранов и нижнего барабана.

В котлах паропроизводительностью 10 т/ч камеры фронтового и заднего экранов крепятся кронштейнами к обвязочному каркасу, камеры боковых экранов крепятся к специальным опорам. Во всех котлах верхние барабаны не имеют специальных опор, нагрузка от них через трубы конвективного пучка и экранов воспринимается опорами нижнего барабана и коллекторов.

Котлы типа ДКВР не имеют силового каркаса, в них применяется обвязочный каркас, который в котлах с облегченной обмуровкой используется для крепления обшивки.

В блочно-транспортабельных котлах паропроизводительностью 10 т/ч на давление 1,3; 2,3; 3,9 МПа (13, 23, 39 кгс/см^2) с короткими верхними барабанами применено двухступенчатое испарение с установкой во второй ступени выносных циклонов. Применение циклонов позволяет уменьшить процент продувки и улучшить качество пара при работе на питательной воде с повышенным солесодержанием. Вторая ступень испарения включает часть труб боковых экранов. В конвективный пучок вода поступает из верхнего барабана через обогреваемые трубы последних рядов труб самого пучка и через нижний барабан. Питание второй ступени испарения осуществляется из нижнего барабана. Вода из выносных циклонов поступает в нижние коллекторы экранов, а пар – в верхний барабан, где очищается вместе с паром первой ступени испарения, проходя через жалюзи и (дырчатый) перфорированный лист. Устойчивость работы циркуляционных контуров боковых экранов обеспечивается применением рециркуляционных труб $\phi 51$ мм.

Котлы типа ДКВР могут быть использованы в качестве теплофикационных. Оптимальными схемами для этих целей признаны: применение стандартного включенного в циркуляцию котла бойлера (теплообменника), размещенного над котлом, и установка бойлера отдельно от котла. Перевод котлов на водогрейный режим приводит к интенсивной коррозии поверхностей нагрева как с газовой, так и с водяной стороны. В этом случае корродируют не только трубные поверхности нагрева, но и поверхности барабанов, особенно при работе на топливе, содержащем серу.

Конструктивные особенности котлов ДКВР-20

Котлы ДКВР-20 поставляются тремя транспортабельными блоками (передний и задний топочные блоки и блок конвективного пучка) в облегченной обмуровке, состоящей из слоя легковесного шамота и нескольких слоев изоляционных вулканитовых и совелитовых плит, и металлической обшивке. Верхние и нижние концы труб топочных экранов приварены к коллекторам, что обеспечивает указанную разбивку на блоки. Однако такое решение из-за увеличения сопротивления циркуляционного контура потребовало ввести необогреваемые рециркуляционные трубы для получения необходимых скоростей циркуляции. Блок конвективного пучка включает верхний и нижний барабаны одинаковых размеров (по длине и диаметру) и трубный пучок.

В котлах применена двухступенчатая схема испарения (последовательное питание части циркуляционных контуров), позволяющая расширить диапазон используемых для питания природных вод при ограниченных объемах верхнего барабаиа. Первая ступень испарения включает конвективный пучок, фронтовой и задний экраны, а также боковые экраны заднего топочного блока. Боковые экраны переднего топочного блока включены во вторую ступень испарения. Сепарационными устройствами второй ступеии испарения являются выносные циклоны центробежного типа. Циркуляционные контуры второй ступени испарения замыкаются через выносные циклоны и их опускные трубы; первой ступени испарения – через опускную часть конвективного пучка. Питание циркуляционного контура второй ступени испарения осуществляется из нижнего барабана в выносные циклоны.

На рис. 9 показаны схемы соединений ступений испарения по водяной стороне, применявшиеся в котлах ДКВР-20-13. При двухсторонней схеме питания (рис. 9, *а*) каждый циклон соединяется с нижним барабаном, непрерывная продувка осуществляется из каждого циклона. Такая схема питания при неравномерной нагрузке боковых экранов и непрерывном режиме работы котла связана с возникновением перетоков из второй ступени испарения в первую и, как следствие, к снижению солевой кратности между ступенями.

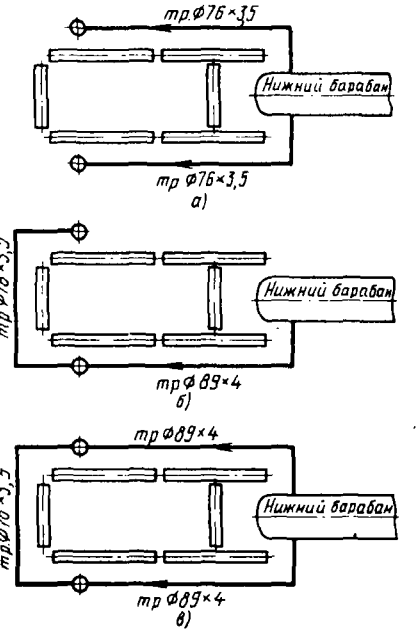


Рис. 9. Соединение выносных циклонов с нижним барабаном котла ДКВР-20:
а – двухсторонняя схема питания;
б – односторонняя схема питания;
в – комбинированная схема питания

В односторонней (последовательной) схеме питания второй ступени испарения (рис. 9, *б*) выносные циклоны подключаются последовательно к нижнему барабану. Непрерывная продувка предусматривается только из левого, последнего по ходу воды циклона.

Комбинированная (кольцевая) схема питания (рис. 9, *в*) представляет развитие последовательной схемы, заключающееся в присоединении левого циклона к нижнему барабану. Такая схема имеет большие запасы надежности по сравнению с приведенными выше; в случае отклонения от нормального режима эксплуатации при периодической продувке не происходит резкого снижения уровня воды в выносных циклонах. На котлах с двухсторонней и последовательной схемами питания выносных циклов завод-изготовитель рекомендует выполнить необходимые работы по переходу на комбинированную схему.

Особенностью конструкции котлов ДКВР-20 является то, что водяной объем контуров второй ступени испарения составляет 11% водяного объема котла, а их паропроизводительность 25–35%. Это связано с тем, что при возможных нарушениях режима работы котла уровень воды во второй ступени испарения снижается значительно быстрее, чем в первой.

Циркуляционная схема котла приведена на рис. 10. Питательная вода по питательным трубопроводам *15* поступает в верхний барабан *16*, где смешивается с котловой водой. Из верхнего барабана по последним рядам труб конвективного пучка *18* вода опускается в нижний барабан *17*, откуда по подпиточным трубам *21* направляется в циклоны *8*. Из циклонов по опускным трубам *26* вода подается к нижним камерам *24* боковых экранов *22* второй ступени испарения, пароводяная смесь поднимается в верхние камеры *10* этих экранов, откуда поступает по трубам *9* в выносные циклоны *8*, в которых разделяется на пар и воду. Вода по трубам *31* опускается в нижние камеры *20* экра-

иов, отсепарированный пар по перепускным трубам *12* отводится в верхний барабан. Циклоны соединены между собой перепускной трубой *25*.

Экраны первой ступени испарения питаются из нижнего барабана. В нижние камеры *20* боковых экранов *22* вода поступает по соединительным трубам *30*, в нижнюю камеру *19* заднего экрана по другим трубам. Фронтовой экран *2* питается из верхнего барабана – вода поступает в нижнюю камеру *3* по опускным трубам *27*.

Пароводяная смесь отводится в верхний барабаи из верхних камер *10* боковых экранов первой ступени испарения по пароотводящим трубам *28*, из верхней камеры *11* заднего экрана трубами *29*, из верх-

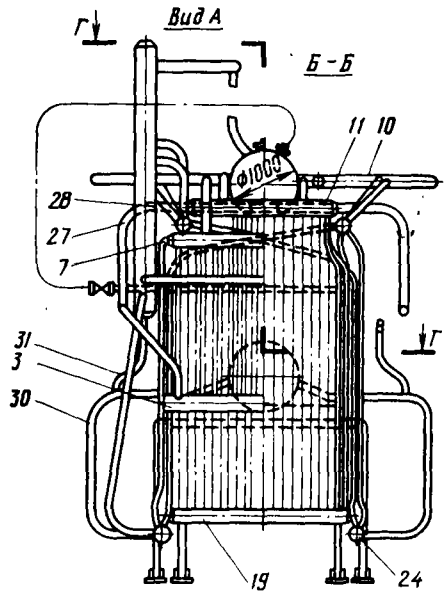
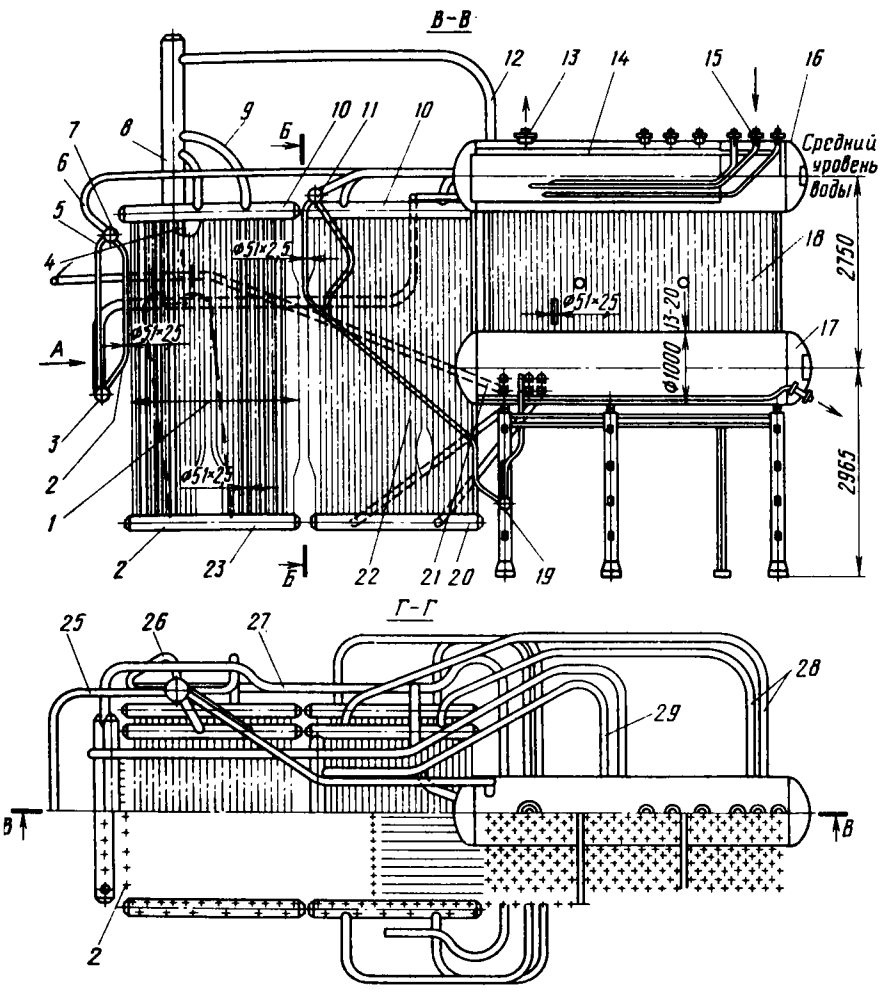


Рис. 10. Схема циркуляции котла ДКВР-20:

1 – вторая ступень испарения; *2* – фронтовой экран; *3* – камера; *4* – непрерывного коллектора в барабан; *7, 10, 11* – верхние камеры; *8* – выносные циклоны; трубы из выносного циклона в барабан; *13* – патрубок отвода пара; *14* – сепарабарабан; *18* – конвективный пучок; *19, 20, 23, 24* – нижние камеры; *21* – подтрубы; *27, 29, 30, 31* – перепускные трубы; *28* – пароотводящие трубы

ней камеры *7* фронтового экрана трубами *6*. Фронтовой экран имеет рециркуляционные трубы *5*.

В верхней части парового объема верхнего барабана установлены жалюзийные сепарационные устройства с дырчатыми (перфорированными) листами.



рывиая продувка; *5* – рециркуляционные трубы; *6* – перепускная труба из верх- *9* – перепускные трубы из верхней камеры в выносной циклон; *12* – перепускные циоиное устройство; *15* – питательные линии; *16* – верхний барабан; *17* – нижний питочные трубы; *22* – боковые экраны; *25* – перепуская труба; *26* – опускные

В верхнем барабане (в водяном объеме) установлен корытообразный направляющий щит. Для изменения направления движения потока пароводяной смеси, выходящей из промежутка между стенками барабана и направляющим щитом, над верхними кромками направляющего щита установлены продольные отбойные козырьки.

5. ПАРОВЫЕ КОТЛЫ ТИПА Е (КЕ)

Котлы типа Е (КЕ) предназначены для работы на твердом топливе со слоевыми механическими топками и вырабатывают насыщенный или перегретый пар, используемый на технологические нужды промышленных предприятий, для отопления, вентиляции и горячего водоснабжения. По паропроизводительности котлы этого типа выпускаются на 2,5; 4,0; 6,5 и 10 т/ч и объединены единой конструктивной схемой (рис. 11).

Верхний и нижний барабаны котла диаметром 1000 м размещаются друг над другом в вертикальной плоскости, они объединены трубами конвективного пучка, которые крепятся в барабанах вальцовкой. Трубы конвективного пучка установлены с шагами вдоль барабана 90 мм и поперечными 110 мм (по середине пучка 120 мм). Ширина боковых пазух 195–387 мм.

Топочная камера образована плотными боковыми экранами. Боковые экраны и крайние боковые ряды труб конвективного пучка объединены общими нижними коллекторами по всей длине котла. Верхние концы труб боковых экранов и боковых рядов труб конвективного пучка присоединены непосредственно к верхнему барабану. Фронтовая и задняя стенки топочной камеры выполнены из огнеупорного кирпича. С правой стороны задней стенки топочной камеры имеется окно, через которое продукты сгорания поступают в камеру догорания и далее в конвективный пучок. Под камеры догорания выполнен с уклоном в сторону топки с тем, чтобы попадающие в камеру догорания куски топлива скатывались на решетку.

Топочные газы из камеры догорания поступают в конвективный пучок, который проходят с разворотом в горизонтальной плоскости, осуществляемым шамотной и чугунной перегородками.

Питательная вода, подогретая в водяном экономайзере, подается в верхний барабан под уровень воды по перфорированной трубе и по задним трубам конвективного пучка сливается в нижний барабан. Передняя часть конвективного пучка является подъемной (кипятильной). Питание нижних коллекторов экранов и ограждающих стен конвективного пучка осуществляется по перепускным трубам из нижнего барабана и по опускным стоякам, расположенным на фронте котла. Пароводяная смесь поступает в верхний барабан под уровень воды, через которую происходит барботаж. В паровом пространстве верхнего барабана расположено сепарационное устройство, пройдя которое, пар направляется в паропровод.

Конструктивиая схема котлов типа Е (КЕ) напоминает схему котлов типа ДКВР. Особенностью котлов типа КЕ является наличие плотных боковых экранов и ограждающих стен конвективного пучка из труб $\phi 51 \times 2{,}5$ мм, расположенных с шагом 58 мм, которые в нижней части объединены коллекторами по всей длине котла.

Применение плотных экранов позволило отказаться от тяжелой обмуровки на боковых стенах и заменить ее натрубной изоляцией. Натрубная изоляция состоит из выполняемого по металлической сетке слоя шамотобетона толщиной 25 мм и нескольких слоев изоляционных плит общей толщиной 100 мм. Снаружи изоляция закрывается металлической обшивкой толщиной 2 мм, привариваемой к каркасу.

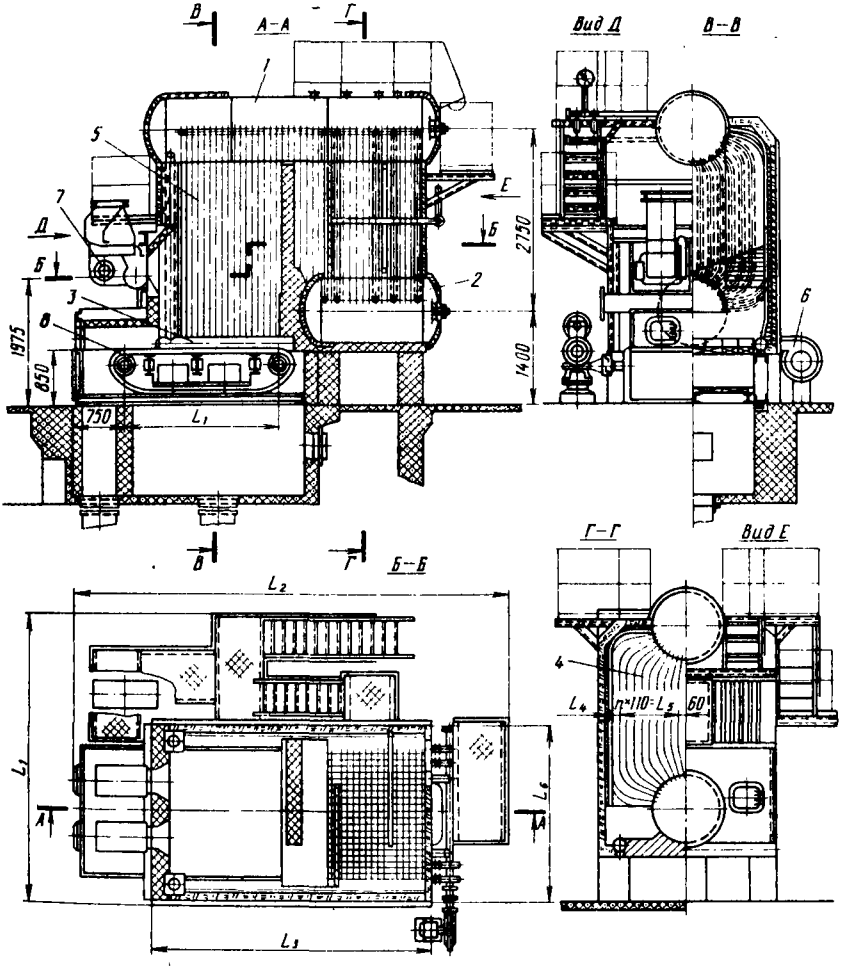


Рис. 11. Паровой котел Е (КЕ)-6,5-14Р:

1 – верхний барабан; *2* – нижний барабан; *3* – коллектор бокового экрана и ограждающей стены конвективного пучка; *4* – конвективный пучок; *5* – боковой экран; *6* – вентилятор острого дутья и возврата уноса; *7* – пневмомеханический забрасыватель; *8* – ленточная решетка обратного хода

Все котлы данного типа поставляются заводом-изготовителем без топочного устройства, экономайзера и обмуровки (изоляции) одним транспортабельным блоком.

Котлы оборудуются системой возврата уноса и острым дутьем. Унос из зольников возвращается эжекторами в топку на высоте 400 мм от решетки. Смесительные трубы возврата уноса выполнены прямыми, без поворотов, что обеспечивает надежную работу этой системы. Воздух острого дутья и в систему возврата уноса подается высоконапорным вентилятором производительностью 1000 $м^3$/ч. Острое дутье осуществляется в топку через заднюю стенку топочной камеры.

На котлах типа Е(КЕ) паропроизводительностью 4,0; 6,5 и 10,0 т/ч, работающих на каменных и бурых углях, применяются топки с пневмомеханическими забрасывателями и моноблочной ленточной цепной решеткой обратного хода типа ТЛЗМ. В котлах паропроизводительностью 2,5 т/ч применяются топочные устройства с пневмомеханическими забрасывателями и решеткой с поворотными колосниками (ЗП-РПК).

Техническая характеристика котлов типа Е(КЕ) приведена в табл. 9.

Котел Е-25-14Р (КЕ-25-14С) спроектирован с учетом недостатков котла ДКВР-20 и поставляется тремя блоками: два топочных блока и блок конвективного пучка. Степень экранирования топочной камеры 0,8. Трубы всех экранов объединены верхними и нижними коллекторами, выполненными из труб $\phi 219 \times 8$ мм. Каждый из боковых экранов (левый и правый) переднего и заднего топочных блоков образует самостоятельный циркуляционный контур. Асимметричное относительно оси котла расположение верхних коллекторов боковых экранов принято для увеличения проходного сечения газохода на входе в конвективный пучок. Трубы заднего экрана отделяют от топочной камеры камеру догорания, которая отделяется от топки перегородкой толщиной 65 мм из слоя огнеупорного кирпича, укладываемого на наклонном участке труб.

Лучшая циркуляция воды во фронтовом экране обеспечивается за счет трех рециркуляционных труб ϕ 89×4 мм. Объем топочной камеры составляет 61,67 $м^3$.

Все поверхности нагрева котла выполнены из труб ϕ 51×2,5 мм.

Конвективный блок образован верхним и нижним барабанами, объединенными трубным пучком. Завод-изготовитель отказался от пазух в конвективном пучке для размещения пароперегревателя, что улучшило условия омывания труб газами. В отличие от котла ДКВР-20 длина барабанов различна: верхнего – 7000 мм, нижнего – 5500 мм. Диаметры и толщины стенок барабанов, фасоны труб конвективного пучка (за исключением наружных боковых рядов) унифицированы с котлами типа ДКВР Продольный шаг труб в пучке принят 95 мм, поперечный 110 мм (для увеличения проходного сечения на входе в пучок частично перекрытый потолком топочной камеры). На входе в трубный пучок первые три ряда труб установлены с шахматным рас-

Таблица 9. Техническая характеристика котлов типа Е (КЕ)

Наименование	Марка котла			
	Е-2,5-14Р	Е-4-14Р	Е-6,5-14Р	Е-10-14Р
Паропроизводительность, т/ч	2,5	4,0	6,5	10,0
Давление пара, МПа (кгс/см²)	1,4 (14); 2,4 (24)	1,4 (14); 2,4 (24)	1,4 (14); 2,4 (24)	1,4 (14); 2,4 (24)
Температура пара, °С	194; 225	194; 225	194; 225	194; 225
Поверхность нагрева, м²:				
радиационная	19	20,5	24,8	30,3
конвективная	62	94	149	214
Коэффициент полезного действия, % (при работе на каменных углях)	81–83	81–83	81–83	81–83
Рекомендуемое топочное устройство, тип	ЗП-РПК-2-1800/2552	ТЛЗМ-1870/2400	ТЛЗМ-1870/3000	ТЛЗМ-2700/3000
Площадь зеркала горения, м²	2,75	3,3	4,4	6,4
Габаритные размеры, м:				
длина	5,1	6,4	7,7	8,5
ширина	4,5	4,5	4,5	4,5
высота	4,15	4,15	4,15	4,15
Масса в объеме заводской поставки, кг	9817	11 335	13 946	16 668
Конструктивные размеры, мм*:				
L_1	–	2400	3000	3000
L_2	–	6900	7940	8350
L_3	–	4345	5550	6335
L_4	–	195	195	387
L_5	–	880	880	990
n	–	8	8	9
L_6	–	2580	2580	3185
L_7	–	4170	4170	4634

* См. рис. 17.

положением, с поперечным шагом 220 мм. В случае применения пароперегреватель размещается вместо испарительных труб за их первыми пятью рядами. Пароперегреватель изготавливается из труб ϕ 32 × 3 мм, размещенных с поперечным шагом 70 мм и с продольным 75 мм, которые присоединяются к камерам ϕ159 × 6 мм.

Очистка пара от влаги производится в сепарационном устройстве, состоящем из отбойных щитов и козырьков, осушающих пар, и окончательно – в горизонтальном жалюзийном сепараторе. Равномерный подвод пара к жалюзийному сепаратору обеспечивается расположенным перед ним дырчатым листом с отверстиями ϕ 8 мм.

В котле применены одноходовой (по воздуху) воздухоподогреватель с поверхностью нагрева 228 м^2, в котором воздух подогревается до 145 °С, и установленный за ним чугунный экономайзер с поверхностью нагрева 646 м^2.

При работе на каменных и бурых углях применяется топочное устройство ТЧЗ-2,7/5,6 состоящее из чешуйчатой цепной решетки обратного хода и двух пневмомеханических забрасывателей с пластинчатым питателем.

Техническая характеристика котла Е-25-14Р

Паропроизводительность, т/ч	25
Давление пара, МПа (кгс/см^2)	1,4 (14)
Температура пара, °С:	
насыщенного	194
перегретого	250
Поверхность нагрева, м^2:	
радиационная	91,5
конвективная	418
Коэффициент полезного действия, % (при работе на каменном угле)	87
Габаритные размеры, мм:	
длина	13600
ширина	6000
высота от пола до оси верхнего барабана	6000
Масса в объеме заводской поставки, кг	39212

6. ПАРОВЫЕ КОТЛЫ ТИПА Е (ДЕ)

Газомазутные паровые вертикальные водотрубные котлы типа Е (ДЕ) предназначены для выработки насыщенного или перегретого до температуры 225 °С пара, используемого на технологические нужды, отопление, вентиляцию и горячее водоснабжение. Котлы этого типа выпускаются на номинальную паропроизводительность 4; 6,5; 10; 16 и 25 т/ч при рабочем давлении 1,4 и 2,4 МПа (14 и 24 кгс/см^2). Техническая характеристика котлов с рабочим давлением 1,4 МПа (14 кгс/см^2) приведена в табл. 10.

Таблица 10. Техническая характеристика котлов типа Е (ДЕ) с давлением пара 1,4 МПа (14 кгс/см²)

Наименование	Марка котла				
	Е-4-14ГМ-	Е-6,5-14ГМ	Е-10-14ГМ	Е-16-14ГМ	Е-25-14ГМ
Паропроизводительность, т/ч	4,14	6,73	10,35	16,56	26,88
Температура пара, °С:					
насыщенного	194	194	194	194	194
перегретого	225	225	225	225	225
Поверхность нагрева, м²:					
радиационная	22,0	28,0	39,0	49,2	64,0
конвективная	48,0	67,0	116,0	155,0	230,0
Коэффициент полезного действия при сжигании мазута, %	88,19	88,73	89,76	88,94	91,1
Топочное устройство, горелка, (тип)	ГМ-2,5	ГМ-4,5	ГМ-7	ГМ-10	ГМП-16
Габаритные размеры, мм:					
длина	4280	5050	7440	9260	11550
ширина	4300	4300	5130	4670	4630
высота (от пола до оси верхнего барабана)	5050	5050	440	4720	4720
Масса в объеме заводской поставки, кг	10258	11355	18652	17410	21413

Конструктивной особенностью таких котлов (рис. 12) является размещение топочной камеры сбоку конвективного пучка, образованного вертикальными трубами, развальцованными в верхнем и нижнем барабанах. При этом в максимальной степени использована унификация деталей и сборочных единиц, применяемых в котлах типов ДКВР и КЕ.

Так, во всех типоразмерах котлов диаметр верхнего и нижнего барабанов составляет 1000 мм, расстояние между барабанами 2750 мм, для экранов и конвективного пучка применены трубы ϕ 51×2,5 мм.

Длина цилиндрической части барабанов (в котлах типа ДЕ, в отличие от котлов типа ДКВР и КЕ, длина верхнего и нижнего барабанов одинакова) в котлах производительностью 4 т/ч – 2250 мм, в котлах производительностью 25 т/ч – 7500 мм. В переднем и заднем днищах каждого из барабанов имеются лазовые затворы для внутреннего осмотра и очистки их внутренних поверхностей.

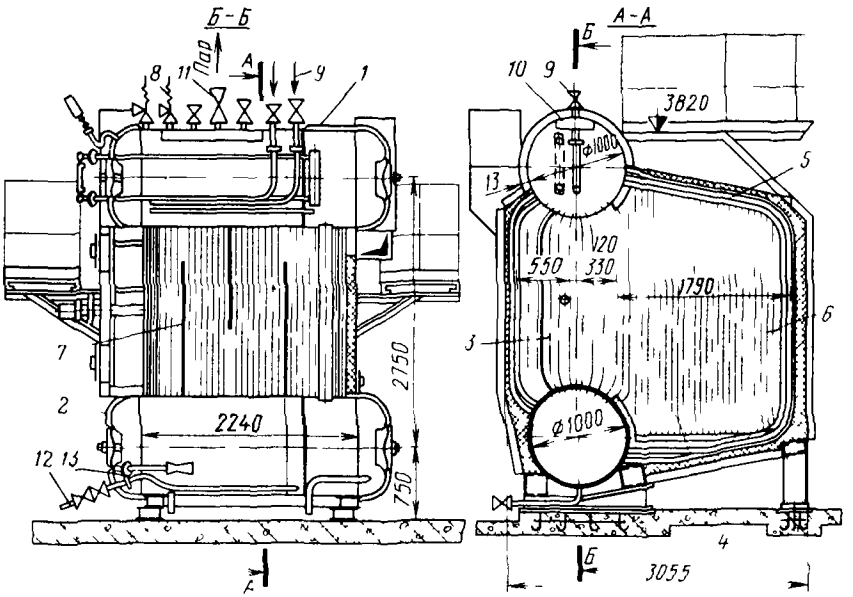


Рис 12 Котел ДГ-4-14ГМ

1 – верхний барабан, *2* – нижний барабан, *3* – конвективный пучок, *4* – топочная камера, *5* – экран потолка, *6* – задний экран *7* – перегородки конвективного газохода, *8* – предохранительные клапаны, *9* – ввод питательной воды, *10* – сепарационное устройство, *11* – отвод пара, *12* – трубопровод продувки, *13* – устройство парового обогрева при растопке

Для всех типоразмеров котлов данного типа ширина топочной камеры принята одинаковой, равной 1790 мм (по осям экранных труб) В зависимости от паропроизводительности котлов изменяется глубина топочной камеры (для паропроизводительности 4 т/ч – 1980 мм, для паропроизводительности 25 т/ч – 6960 мм) и связанная с ней глубина конвективного пучка Средняя высота топочной камеры 2400 мм

Топочная камера отделяется от конвективного пучка газоплотной перегородкой, образованной из труб $\phi 51 \times 2{,}5$ мм, установленных вплотную с шагом 55 мм и сваренных между собой Концы труб обсажены до диаметра 38 мм В задней части перегородки выполнено окно для прохода топочных газов в конвективный пучок Уплотнение в месте входа обсаженных концов труб в барабан обеспечивается чугунными гребенками, примыкающими к трубам и барабану Потолок, правая боковая поверхность и под топочной камеры экранированы фасонными трубами ϕ 51 × 2,5 мм, образующими единый экран, выполненный с шагом труб, равным 55 мм Концы труб экрана завальцованы в верхний и нижний барабаны Трубы заднего экрана не имеют обсадных

концов и присоединяются сваркой к верхнему и нижнему коллекторам ϕ 159×3,5 мм. Коллекторы соединены с верхним и нижним барабанами и объединены необогреваемой рециркуляционной трубой ϕ 76×3,5 мм.

В котлах паропроизводительностью 4–10 т/ч фронтовой экран выполняется аналогично заднему экрану. Отличие состоит в том, что для обеспечения размещения горелочного устройства и лаза, совмещенного со взрывным клапаном, во фронтовом экране соответственно уменьшено количество труб. В котлах паропроизводительностью 16 и 25 т/ч фронтовой экран образован четырьмя трубами, присоединенными непосредственно к верхнему и нижнему барабанам.

Во всех котлах под топки закрыт огнеупорным кирпичом.

Конвективный пучок образован коридорно расположенными вертикальными трубами ϕ51×2,5 мм, развальцованными в верхнем и нижнем барабанах (продольный шаг труб 90 мм, поперечный шаг 110 мм, в среднем ряду труб поперечный шаг принят 120 мм).

Для обеспечения необходимых скоростей газов в конвективных пучках котлов паропроизводительностью 4; 6,5 и 10 т/ч установлены продольные ступенчатые перегородки. В котлах паропроизводительностью 16 и 25 т/ч продольные перегородки не предусматриваются, переброс продуктов сгорания с фронта, после выхода из конвективного пучка, к экономайзеру, расположенному сзади котла, выполнен по газовому коробу, размещенному над топочной камерой.

Циркуляционная схема всех газомазутных паровых котлов типа Е(ДЕ) одинакова и включает четыре экрана (фронтовой, задний и два боковых) и конвективный пучок. Боковые экраны и конвективный пучок котлов всех типоразмеров, а также фронтовой экран котлов паропроизводительностью 16 и 25 т/ч присоединены непосредственно к верхнему и нижнему барабанам. Задние экраны всех котлов и фронтовые экраны котлов паропроизводительностью 4; 6,5; 10 т/ч объединяются нижними (горизонтальными) раздающими и верхними (наклонными) собирающими коллекторами, присоединенными к барабанам. Другие концы коллекторов объединены необогреваемой рециркуляционной трубой ϕ 76×3,5 мм. В котлах паропроизводительностью 4; 6,5 и 10 т/ч применена одноступенчатая схема испарения, в котлах паропроизводительностью 16 и 25 т/ч – двухступенчатая схема испарения.

Вторая ступень испарения включает первые по ходу газов трубы конвективного пучка и опускные необогреваемые трубы ϕ159×4,5 мм (две – у котлов паропроизводительностью 16 т/ч и три – у котлов паропроизводительностью 25 т/ч).

Во всех котлах общими опускными трубами испарительной системы (в котлах паропроизводительностью 16 и 25 т/ч – первой ступени испарения) являются последние по ходу газов ряды труб конвективного пучка.

В водяном пространстве верхнего барабана размещены питательная труба и труба для ввода фосфатов, в паровом пространстве установ-

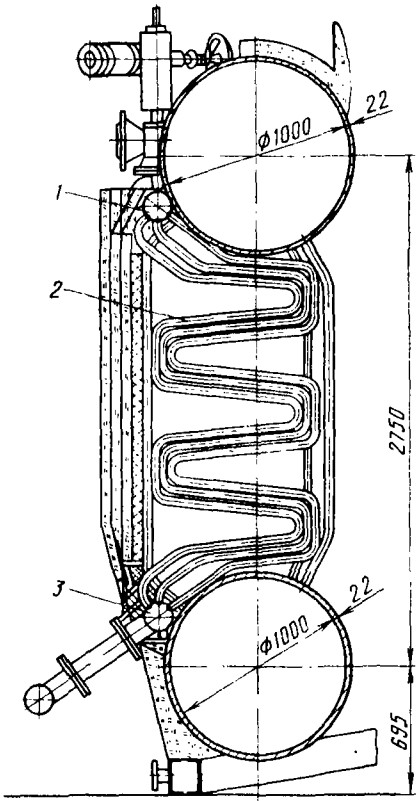


Рис. 13. Змеевиковый пароперегреватель котлов типа ДЕ:

1 – входной коллектор; *2* – змеевиковая поверхность нагрева; *3* – выходной коллектор

лены сепарационные устройства. В нижних барабанах котлов паропроизводительностью 4; 6,5 и 10 т/ч расположена перфорированная труба для непрерывной продувки котла, которая совмещена с периодической продувкой. Периодическая продувка котлов паропроизводительностью 16 и 25 т/ч предусматривается из нижнего барабана, непрерывная – из солевого отсека верхнего барабана (вторая ступень испарения). Нижние барабаны всех котлов снабжены устройствами для парового прогрева воды при растопке и штуцерами для спуска воды.

Первичными сепарационными устройствами первой ступени испарения являются размещенные в верхнем барабане направляющие щиты и козырьки, обеспечивающие подачу пароводяной смеси на уровень воды. Вторичные сепарационные устройства выполнены в виде горизонтальных жалюзийных сепараторов с дырчатыми листами (в котлах паропроизводительностью 4 т/ч – в виде дырчатых листов). Сепарационными устройствами второй ступени испарения являются продольные щиты, организующие движение пароводяной смеси на торец барабана, а затем вдоль него к поперечной перегородке, разделяющей отсеки. Чистый и солевой отсеки сообщаются по пару через окно над поперечной перегородкой, а по воде – через подпиточную трубу.

Пароперегреватель котлов паропроизводительностью 4; 6,5 и 10 т/ч выполняется змеевиковым (рис. 13) из труб ϕ 32×3 мм. В котлах паропроизводительностью 16 и 25 т/ч пароперегреватель выполняется вертикальным из двух рядов труб ϕ 51×2,5 мм.

Очистка поверхностей нагрева от наружных загрязнений осуществляется стационарными обдувочными устройствами, расположенными с левой стороны котла. Обдувочное устройство состоит из узла креп-

ления и трубы с соплами, которая вращается при обдувке конвективной части котла. Вращение трубы осуществляется вручную. При обдувке используется насыщенный или перегретый пар давлением не менее 0,7 МПа (7 кгс/см^2).

Котлы имеют опорную раму, передающую все нагрузки на фундамент. Свобода температурных перемещений элементов котлов обеспечивается неподвижным закреплением передней опоры нижнего барабана и подвижным креплением за счет овальных отверстий для болтов, которыми крепится задняя опора к раме котла.

Номинальные тепловые перемещения котлов по реперам приведены в табл. 11. Для контроля за тепловыми перемещениями в котлах устанавливается репер в районе задней стороны нижнего барабана. Кроме этого, предусматривается контроль перемещений нижних коллекторов фронтового и заднего экранов.

Таблица 11. Номинальные тепловые перемещения котлов типа Е (ДЕ) по реперам

Марка котла	Перемещение, мм
Е(ДЕ)-4-14ГМ; Е(ДЕ)-4-14-225ГМ	6,05
Е(ДЕ)-6,5-14ГМ; Е(ДЕ)-6,5-14-225ГМ	8,1
Е(ДЕ)-10-14ГМ; Е(ДЕ)-10-14-225ГМ	12,15
Е(ДЕ)-10-24ГМ; Е(ДЕ)-10-24-250ГМ	13,8
Е(ДЕ)-16-14ГМ; Е(ДЕ)-16-14-225ГМ	16,0
Е(ДЕ)-16-24ГМ; Е(ДЕ)-16-24-250ГМ	18,2
Е(ДЕ)-25-14ГМ; Е(ДЕ)-25-14-225ГМ	20,3
Е(ДЕ)-25-24ГМ; Е(ДЕ)-25-24-250ГМ	23,1

Газоплотное экранирование боковых стенок, потолка и пода топочной камеры позволило отказаться от тяжелой обмуровки и применить легкую натрубную изоляцию толщиной 100 мм, укладываемую на слой шамотобетона по сетке толщиной 25 мм. Для уменьшения присосов воздуха в газовый тракт котла натрубная изоляция снаружи покрывается листовой металлической обшивкой, привариваемой к каркасу котла. Применение натрубной тепловой изоляции позволило улучшить динамические характеристики котлов, уменьшить потери в окружающую среду и потери теплоты при пусках и остановах котлов, связанные с прогревом больших масс обмуровочных материалов.

Все котлы поставляются полностью в собранном виде без натрубной изоляции. Погруженные на железнодорожную платформу вместе с креплениями котлы вписываются в габарит 1-В, предназначенный для вагонов, допускаемых к обращению по сети железных дорог СССР широкой колеи.

ВОДОГРЕЙНЫЕ КОТЛЫ

7. ВОДОГРЕЙНЫЕ КОТЛЫ ТЕПЛОВОЙ МОЩНОСТЬЮ ДО 30 Гкал/ч

Водогрейные котлы типа КВ-ТС, КВ-ТСВ, КВ-ГМ теплопроизводительностью до 34,9 МВт (30 Гкал/ч)* работают под давлением воды до 2,5 МПа (25 кгс/см^2), нагреваемой до 200 °С, и предназначены для покрытия теплофикационных нагрузок (отопления, вентиляции и горячего водоснабжения) промышленных и бытовых потребителей, а также удовлетворения нужд технологических процессов.

Котлы КВ-ТС-10, КВ-ТС-20, КВ-ТС-30, КВ-ТСВ-10, КВ-ТСВ-20, КВ-ТСВ-30 представляют единую унифицированную серию горизонтальных водотрубных прямоточных котлов с принудительной циркуляцией и отличается глубиной топочной камеры и конвективной шахты. Котлы типа КВ-ТСВ отличаются от котлов типа КВ-ТС наличием воздухоподогревателя.

Расчетным топливом для котлов типа КВ-ТС принят каменный уголь теплотворной способностью 22 500 кДж/кг (5380 ккал/кг)**, для котлов типа КВ-ТСВ – бурый уголь теплотой сгорания 15 900 кДж/кг (3700 ккал/кг). Вид и характеристика используемого топлива предопределяют необходимость применения подогрева воздуха, обязательного при работе котла на бурых углях с влажностью 25–40%. Применение подогрева воздуха при работе котлов на каменных углях теплотворной способностью 25 100 кДж/кг (6000 ккал/кг) с приведенной зольностью 1,5–2% кг/тыс. ккал не рекомендуется из-за возможного пережога колосников. Противопоказана работа котла на высокозольных и высоковлажных бурых углях и отходах углеобогащения с теплотворной способностью меньше 11 700 кДж/кг (2800 ккал/кг), а также на сланцах, торфе и прочем топливе с содержанием серы более чем $0{,}2 \cdot 10^{-3}$% кг/ккал.

Унифицированная серия горизонтальных, водотрубных, прямоточных котлов КВ-ГМ-10, КВ-ГМ-20 и КВ-ГМ-30 с принудительной циркуляцией спроектирована для работы на мазуте и природном газе. За исходные характеристики приняты:

мазут М100 с содержанием $C_p = 83{,}0\%$; $H_p = 10{,}25\%$; $O_p + N_p = 1{,}0\%$; $S_p = 22{,}6\%$; $A_p = 0{,}15\%$; $W_p = 3{,}0\%$; $Q_p^н = 38\,600$ кДж/кг (9240 ккал/кг);

---

* 1,163 Вт = 1 ккал/ч;
1,163 МВт = 1 Гкал/ч.

** 4,1868 кДж = 1 ккал; 4,1868 кДж/кг = 1 ккал/кг.

природный газ с содержанием $O_2 = 0{,}2\%$; $CO_2 = 0{,}3\%$; $CH_4 = 89{,}9\%$; $C_2H_6 = 3{,}1\%$; $C_2H_8 = 0{,}9\%$; $C_4H_{10} = 0{,}4\%$; $W_p = 5{,}2\%$; $Q_p^н = 36\,100$ кДж/кг (8620 ккал/м^3).

Все котлы — для твердого, жидкого и газообразного топлива сконструированы для поставки потребителю транспортабельными блоками с максимальной степенью заводской готовности. Горизонтальная топочная камера и вертикальный конвективный пучок разделены на два поставочных блока. Котлы типа КВ-ТСВ дополнительно включают один или несколько блоков воздухоподогревателя.

Поставочные блоки имеют рамы и другие устройства, обеспечивающие надежную строповку при погрузо-разгрузочных работах и при монтаже с использованием грузоподъемных механизмов. Маркировка блоков выполняется в соответствии со схемой разбивки котлов на поставочные блоки. Характеристика блоков приведена в табл. 12. В котлах нет несущего каркаса, благодаря чему достигнуто значительное снижение металлоемкости. Каждый поставочный блок котла имеет приваренные к нижним коллекторам опоры, количество которых зависит от теплопроизводительности котла. Неподвижные опоры расположены в месте соединения топочной камеры и конвективного блока.

Котлы, предназначенные для работы на твердом топливе, комплектуются пневмомеханическими забрасывателями и цепными решетками обратного хода чешуйчатого (ТЧЗ-2,7/6,5; ТЧЗ-2,7/8,0) и ленточного типов ТЛЗ-2,7/4,0 для котлов КВ-ТС-20, КВ-ТСВ-20, КВ-ТС-30, КВ-ТСВ-30 и КВ-ТС-10, КВ-ТСВ-10 соответственно. Теплонапряжение топочного объема в слоевых котлах теплопроизводительностью 11,63 МВт (10 Гкал/ч) составляет $350 \cdot 10^3$ Вт/м^3 [$300 \cdot 10^3$ ккал/(м$^3 \cdot$ ч)] *, теплопроизводительностью 23,3 МВт (20 Гкал/ч) — $440 \cdot 10^3$ Вт/м^3 [$377 \cdot 10^3$ ккал/(м$^3 \cdot$ ч)], теплопроизводительностью 34,9 МВт (30 Гкал/ч) — $520 \cdot 10^3$ Вт/м^3 [448×10^3 ккал/(м$^3 \cdot$ ч)]. Топки снабжены устройствами возврата уноса угольной мелочи и острым дутьем. Из двух бункеров, находящихся под конвективной шахтой, угольная мелочь эжектором возврата уноса по системе трубопроводов подается в топку. Воздух на эжектор и на острое дутье в котлах теплопроизводительностью 11,63 МВт (10 Гкал/ч) подается вентилятором 19ЦС-63, в котлах теплопроизводительностью 23,3 и 34,9 МВт (20 и 30 Гкал/м) — вентилятором 30ЦС-85.

Примененные топочные устройства обеспечивают факельно-слоевое сжигание топлива, которое горит непосредственно на решетке (в слое) и во взвешенном состоянии в объеме топочной камеры. Процессы заброса топлива на колосниковую решетку, шурования слоя и удаления шлама механизированы. При работе топки на заднюю часть решетки забрасывается большая доля топлива, чем на переднюю. Благодаря

* 1,163 Вт/м^3 = 1 ккал/(м$^3 \cdot$ ч).

Таблица 12. Техническая характеристика водогрейных котлов типа КВ-ТС

Наименование	Марка котла		
	КВ-ТС-10	КВ-ТСВ-10	КВ-ГМ-10
Теплопроизводительность, МВт (Гкал/ч)	11,63 (10)	11,63 (10)	11,63 (10)
Рабочее давление, МПа (кгс/см²)	1,0–2,5 (10–25)	1,0–2,5 (10–25)	1,0–2,5 (10–25)
Температура воды, °С:			
на входе	70	70	70
на выходе	150	150	150
Расход воды, т/ч	123,5	123,5	123,5
Гидравлическое сопротивление, МПа (кгс/см²)	0,115 (1,15)	0,11 (1,1)	0,15 (1,5)
Температура уходящих газов, °С	220	205	185/230
Коэффициент полезного действия, %	81,87	83,8	91,8/88,5
Расход топлива, м³/ч, кг/ч	2160	3140	1290/1200
Поверхность нагрева, м²:			
топочной камеры	80,4	80,4	82,8
лучевоспринимающей поверхности топочной камеры	55,9	55,9	57,6
конвективной части	221,5	221,5	221,5
Габаритные размеры, мм:			
ширина	6000	5580	6000
глубина	7580	8650	8350
высота	10800	9515	13410
Масса блоков, кг:			
топочного	4060	4060	5300
конвективного	8242	5365	8200
воздухоподогревателя	–	1×5 330	–

Примечание. Показатели для котлов типа КВ-ГМ, приведенные дробью, соот-

* 1,163 Вт = 1 ккал/ч;
1,163 МВт = 1 Гкал/ч.

принятому направлению движения полотна решетки (к фронту котла) обеспечивается более полное сжигание топлива при минимальном механическом недожоге.

Устройство котлов на примере котлов теплопроизводительностью 11,63 МВт (10 Гкал/ч) показано на рис. 14.

Горизонтальная топочная камера котлов в поперечном разрезе не превышает железнодорожный габарит. В газомазутных котлах топочная камера полностью экранирована. В котлах, работающих на твердом топливе, топочная камера не имеет экранов на фронтовой стенке и поде. Все экраны выполнены из труб Ø60×3 мм, присоединяемых непосред-

КВ-ТСВ и КВ-ГМ теплопроизводительностью до 34,9 МВт (30 Гкал/ч) *

Марка котла					
КВ-ТС-20	КВ-ТСВ-20	КВ-ГМ-20	КВ-ТС-30	КВ-ТСВ-30	КВ-ГМ-30
23,3 (20)	23,3 (20)	23,3 (20)	34,9 (30)	34,9 (30)	34,9 (30)
1,0–2,5 (10–25)	1,0–2,5 (10–25)	1,0–2,5 (10–25)	1,0–2,5 (10–25)	1,0–2,5 (10–25)	1,0–2,5 (10–25)
70	70	70	70	70	70
150	150	150	150	150	150
247,0	247,0	247,0	370	370	370
0,15	0,19	0,23	0,13	0,13	0,19
(1,5)	(1,9)	(2,3)	(1,3)	(1,3)	(1,9)
230	218	190/240	235	235	195/240
81,7	83,5	91,5/88,85	81,8	82,5	91,8/88,6
4320	6290	2580/2450	6480	9550	3680/3870
111,7	111,7	106,5	134,4	134,4	126,9
82,8	82,8	78,9	98,6	98,6	93,1
406,5	406,5	406,5	592,6	592,6	592,6
5500	5580	6000	5500	5580	6000
10600	13400	11540	12783	15450	14750
10800	9515	13410	10800	9535	13410
5982	5982	7400	6828	6828	8700
13450	8254	13500	18395	10400	18400
–	2 × 5330	–	–	3 × 5330	–

ветствуют: числитель – при работе на газе; знаменатель –при работе на мазуте.

ственно к коллекторам $\phi 219 \times 10$ мм. Для организации движения воды по секциям экранов в коллекторах установлены перегородки. В задней части топочной камеры имеется промежуточная экранированная стенка, которая образует камеру догорания. Трубы топочных экранов размещены с шагом 64 мм, а экраны промежуточной стенки с шагами $S_1 = 128$ мм и $S_2 = 182$ мм (установлены в два ряда).

Конвективные блоки котлов для твердого топлива и газомазутных котлов одинаковы. В случае применения подогрева воздуха (котлы типа КВ-ТСВ) конвективный блок имеет меньшие размеры, так как в него включается один конвективный пакет. Конвективная поверх-

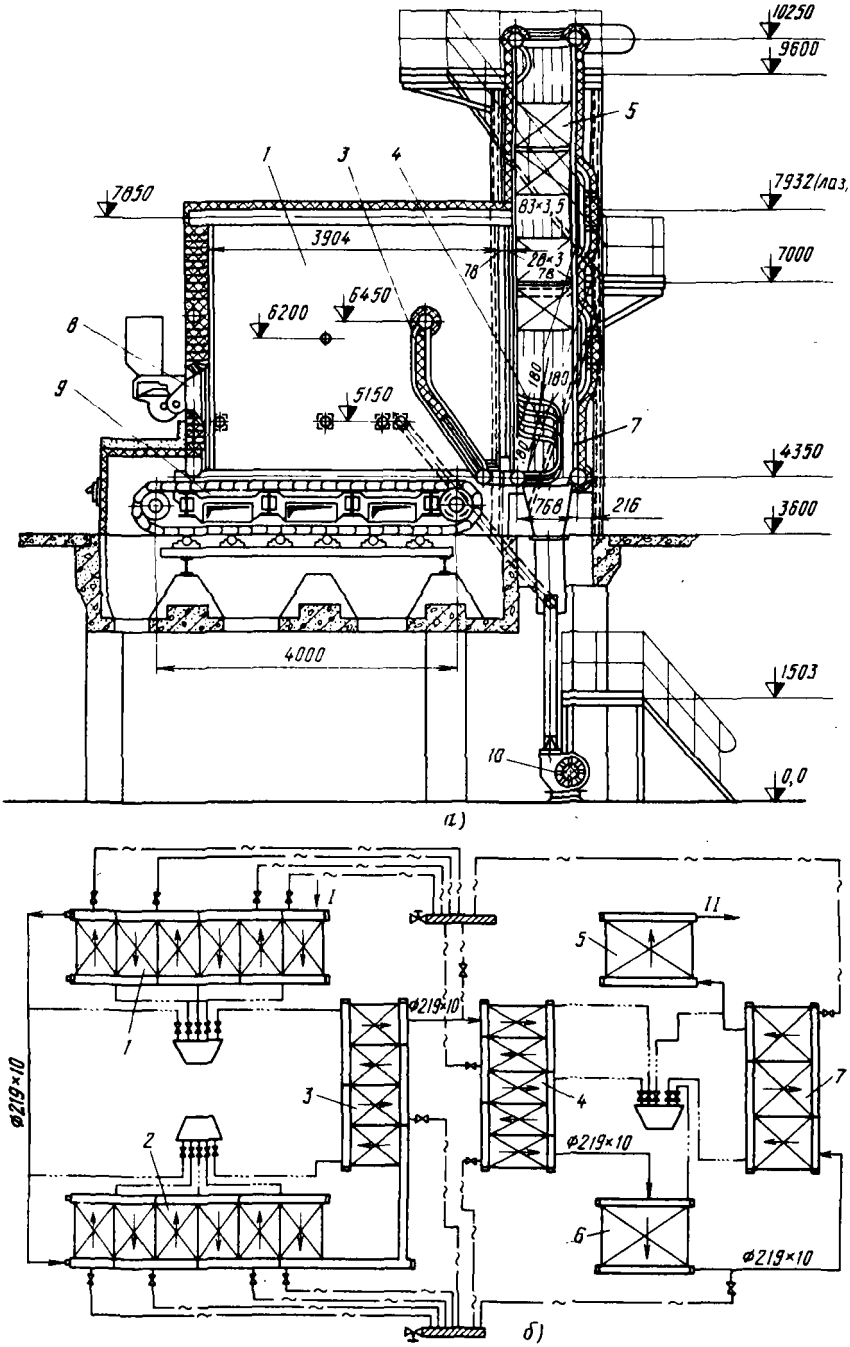

10250
9600
7932(по оз.)
7000
4350
3600
1503
0,0
7850
6450
6200
5150
3904
4000
4768
216
83×3,5
28×3
78
180
90
1
3
4
5
7
8
9
10
11
2
6
Ф219×10
а)
б)

Рис. 14. Устройство котла КВ-ТС-10:

а – продольный разрез: *б* – схема циркуляции; *I* – вход воды; *II* – выход воды; *1* – боковой левый экран; *2* – боковой правый экран; *3* – поворотный экран: *4* – фестонный экран; *5* – пять левых секций конвективного блока; *6* – шесть правых секций конвективного блока; *7* – задний экран; *8* – забрасыватель топлива; *9* – цепная решетка; *10* – вентилятор острого дутья и возврата уноса

ность нагрева образуется конвективными пакетами, фестонным и задним экранами, и расположена в вертикальной шахте с полностью экранированными стенками. Задняя и передняя стенки шахты образованы трубами ϕ 60×3 мм, расположенными с шагом 64 мм, которые соединены с камерами ϕ 219×10 мм. Боковые стенки выполнены из вертикально расположенных труб (ϕ 83×3,5 мм) расположенных с шагом 128 мм, объединенных камерами ϕ 219×10 мм. Эти трубы, в свою очередь, объединяют U-образные змеевики, выполненные из труб ϕ 28×3 мм. Змеевики расположены таким образом, что в конвективной шахте трубы образуют шахматный пучок с шагами $S_1 = 64$ мм и $S_2 = 40$ мм. Цельносварная передняя стенка шахты, являющаяся одновременно задней стенкой топки, в нижней части разведена в четырехрядный фестон с шагами труб $S_1 = 256$ мм и $S_2 = 180$ мм.

Котлы КВ-ТСВ снабжены трубчатыми одноходовыми (по воздуху) подогревателями воздуха. В них трубы ϕ 40×1,6 мм расположены в шахматном порядке с шагами $S_1 = 60$ мм и $S_2 = 84$ мм. Воздухоподогреватель устанавливается на опорную раму и размещается в отдельном вертикальном газоходе за конвективным блоком.

Как на газомазутных котлах, так и на котлах для твердого топлива применена облегченная обмуровка, которая крепится к экранным трубам или стоякам конвективной шахты. Обмуровка выполнена из трех слоев теплоизоляционных материалов: огнеупорного шамотобетона на глиноземистом цементе, армированного металлической сеткой; минераловатных матов в металлической сетке и уплотнительной магнезиальной обмазки. Толщина обмуровки 110 мм.

8. КОТЛЫ ВОДОГРЕЙНЫЕ И ПАРОВОДОГРЕЙНЫЕ ДЛЯ ТЕПЛИЦ

Автоматизированные жаротрубно-газотрубные котлы АПВ-2 и АВ-2 для теплиц включают:

горизонтальный трехходовой жаротрубно-газотрубный котел;

горелочное устройство с ротационной форсункой;

дутьевой вентилятор;

пароводяную (для АПВ-2), водяную (для АВ-2) и топливную арматуру;

систему автоматического управления, сигнализации и безопасности работы котла.

Основное топливо – природный газ. В качестве резервного топлива предусматривается применение солярового масла и печного топлива. Во всех видах топлива содержание серы допускается не более 0,5%.

Котлы имеют две модификации:

пароводогрейный котел АПВ-2, предназначен для производства 12 т/ч насыщеиного пара при рабочем давлении 0,2 МПа (2 кгс/см^2) *(избыточном) в паровом режиме или для подогрева 280 т/ч* воды с температурой от 70 до 95 °С при рабочем давлении 0,07 МПа (0,7 кгс/см^2) (избыточном) в водогрейном режиме;

водогрейный котел АВ-2, предназначен для иагрева 280 т/ч воды от 70 до 95 °С при рабочем давлении 0,07 МПа (0,7 кгс/см^2), что соответствует номинальной теплопроизводительности 8,15 МВт (7 Гкал/ч).

Техническая характеристика котлов приведена в табл. 13.

Таблица 13. Техническая характернстнка котлов для теплиц

Наимеиование	Котел АПВ-2 (паровой режим)	Котел АВ-2 и АПВ-2 (водогрейный режим)
Теплопроизводительность, МВт (Гкал/ч)	–	8,15 (7,0)
Паропроизводительность, т/ч	12,0	–
Давленне пара, воды, МПа (кгс/см^2)	0,2 (2,0)	0,07 (0,7)
Температура воды на входе в котел, °С	100	70
Температура пара, воды на выходе из котла, °С	133	95
Объем, м^3:		
водяной	17,17	19,9
паровой	2,73	–
питательный	1,58	–
Расход воды, м^3/ч	15	280
Габариты, мм:		
длина	7600	7600
ширина	4400	4400
высота	3950	3950

Жаротрубно-дымогарный котел (рис. 15) – трехходовой по движению газов, состоит из горизонтального цилиндрического барабана с плоскими отбортованными днищами. Днища являются одновременно трубными досками для жаровой трубы, расположенной по оси барабана, труб второго газохода, находящихся в нижней части барабана, и труб третьего газохода, разделенного на два пучка, расположенных по обе стороны жаровой трубы. Переднее и заднее днища усилены косынками, устаиовлеииыми в верхней части барабана, которые связывают днища с обечайкой барабана.

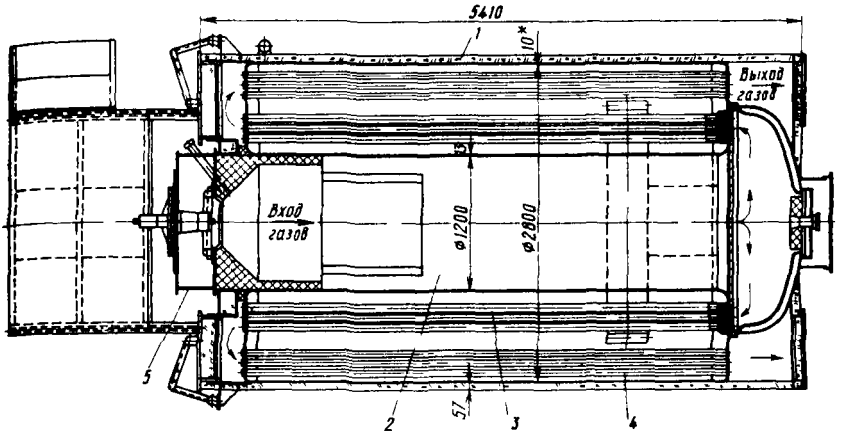


Рис. 15. Устройство котла АВ-2:

1 – барабан; *2* – жаровая труба (первый газоход); *3* – дымогарные трубы второго газохода (ф60×3, 124 шт.); *4* – дымогарные трубы третьего газохода ф60×3, 115 шт.); *5* – горелочное устройство

В барабане размещается раздающее устройство обратной воды (в водогрейном котле), а также патрубок для отвода пара (в пароводогрейном котле). Жаровая труба соединяется сварным стыковым швом с элементами отбортовки переднего и заднего днищ барабана. В передней части жаровой трубы устанавливается горелка. Для исключения перегрева металла жаровой трубы в районе горелки внутренняя ее поверхность на длине, примерно равной диаметру, защищена шамотной кладкой.

Доступ для осмотра внутренних поверхностей котлов – жаровой трубы, труб газохода, внутренних стенок барабана обеспечивается через лазы (один в верхней части, два – в нижней) и два лючка.

Котел установлен на раме, которая воспринимает нагрузки через две опоры. Задняя опора является неподвижной. Свобода температурных перемещений при нагреве и охлаждении барабана котла обеспечивается коиструкцией передней опоры.

В задней части котла расположена охлаждаемая поворотная камера, в которой газы поворачивают из жаровой трубы в трубы второго газохода. Поворотная камера конструктивно выполнена из двух эллиптических днищ, надетых одно на другое с зазором и соединенных сваркой между собой по периферии и в центральной горловине. Камера соединяется с задним днищем через кольцо. Зазор между днищем и камерой заполняется теплоизоляционной массой (хромитовой массой ПХМ-6 или др.).

В центре поворотной камеры устроен лаз, обеспечивающий доступ в жаровую трубу и заднюю поворотную камеру. Полость, образованная днищами поворотной камеры, сообщается с водяным объемом барабана котла одним подводящим и тремя отводящими патрубками.

Поворот газов из второго газохода в третий осуществлен в передней неохлаждаемой газовой камере, расположенной у фронта котла. Для очистки труб второго и третьего газоходов камера оборудована съемными дверцами, уплотняемыми прографиченным плетеным асбестовым шнуром. К опорному кольцу в центральной части газовой камеры приваривается топливно-горелочный блок.

К заднему днищу барабана присоединяется выходная газовая камера, в которой уходящие газы из обоих пучков третьего газохода объединяются и направляются к выходному патрубку, расположенному в верхней части задней стенки газохода. Осмотр соединений труб третьего газохода с задним днищем барабана котла и очистки выходного газохода возможны через две съемные крышки и лаз. Все элементы котла, имеющие повышенную температуру, имеют тепловую изоляцию.

Устройство специального фундамента для установки котла не требуется, так как нагрузка передается на пол через сравнительно большую опорную поверхность рамы.

9. ЭЛЕКТРОДНЫЕ ПАРОВЫЕ И ВОДОГРЕЙНЫЕ КОТЛЫ

Электротеплоснабжение является одной из форм централизованного теплоснабжения потребителей. Преимущества электроэнергии – простота конструктивного исполнения электроотопительных приборов, возможность точного поддержания температурного режима в отапливаемых помещениях и экономия в связи с этим первичных энергетических ресурсов у потребителя, более широкие возможности автоматизации процесса – позволяют при помощи электрических схем теплоснабжения реализовать и определенные преимущества, характерные для индивидуальных систем теплоснабжения, прежде всего их мобильность. Одним из элементов в схемах электротеплоснабжения являются электродные паровые и водогрейные котлы, работающие по принципу прямого преобразования электрической энергии в тепловую.

Котлы электродные паровые регулируемые предназначены для выработки насыщенного пара давлением до 0,6 МПа (6 кгс/см^2) и применяются для отопления жилых и производственных помещений, а также для технологического пароснабжения сельскохозяйственных, промышленных и бытовых объектов. Условное обозначение котла: числитель – потребляемая электрическая мощность, кВт; знаменатель – номинальное напряжение питающей сети, кВ. Например, условное обозначение КЭПР-250/0,4 расшифровывается: котел электродный паровой регулируемый потребляемой мощностью 250 кВт, номинальным напряжением питающей сети 0,4 кВ.

В паровом котле теплота, выделяющаяся при протекании электрического тока через воду, представляющую активное сопротивление, идет на ее нагрев и испарение. Электродные паровые котлы вырабатывают насыщенный пар. Конструкция электродного парового котла на напряжение 0,4 кВ показана на рис. 16.

В цилиндрическом корпусе котла установлена коаксиально цилиндрическая обечайка с двумя камерами – парогенерирующей *1* и вытеснительной *2*. В парогенерирующей камере расположен пакет плоских электродов *3*, на которые по токоведущим шпилькам через проходные изоляторы *4* в днище *5* подается напряжение 0,4 кВ трехфазной электрической сети. Вода, заполняющая межэлектродные пространства, образует активные электрические сопротивления, включенные по схеме "треугольник".

Крайние пластины пакета электродов изолируются снаружи диэлектрическими пластинами для исключения несимметричной нагрузки по фазам (перекоса). В случае питания котла водой с низким удельным сопротивлением система электродов выполняется из трех цилиндрических стержней (вариант А), а не из плоских.

Парогенерирующая и вытеснительная камеры сообщаются по воде в нижней части котла, по пару обе камеры связаны только через регулятор температуры РТ-40. Конструкция котла обеспечивает автоматическое регулирование в заданном режиме электрической мощности котла и, следовательно, его паропроизводительности.

Повышение давления пара в котле выше установки регулятора температуры связано с закрытием клапана регулятора, при этом перекрывается связь парогенерирующей камеры с паровым объемом вытеснительной, что приводит к повышению давления в паровом объеме парогенерирующей камеры по сравнению с вытеснительной. Это влечет вытеснение котловой воды из парогенерирующей камеры в вытеснительную, снижению уровня в электродной системе и связанное с этим уменьшение электрической мощности котла и его паропроизводительности. При снижении давления ниже уставки регулятор температуры открывает связь камер по пару, из-за чего давление в них выравнивается, котловая вода перетекает в парогенерирующую камеру, увеличивая уровень погружения электродов, возвращая котел в заданный режим работы.

Ввод питательной воды осуществляется в вытеснительную камеру через поплавковый регулятор уровня *7*, отбор пара производится через патрубок *8* в парогенерирующей камере. Поплавковый регулятор уровня *7* представляет сосуд, соединенный двумя патрубками и водяным пространством вытеснительной камеры электродного котла. В съемном днище регулятора имеются два патрубка для автоматической *9* и ручной *10* подпитки. Полый поплавок *11* через шток и кулису соединен с краном *12* на патрубке автоматической подпитки.

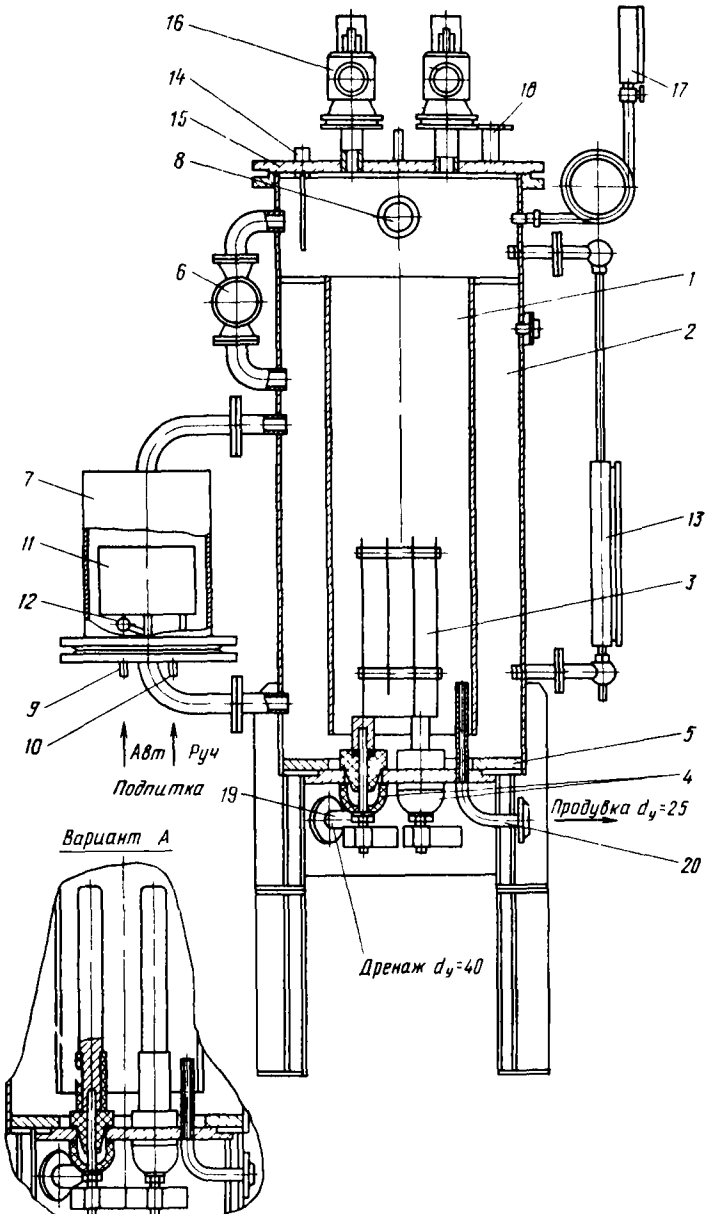


Рис. 16. Устройство электродного котла КЭПР-250/0,4:

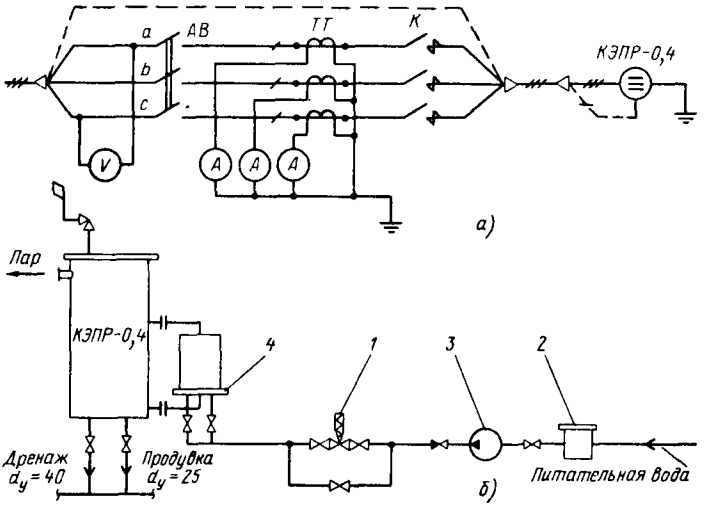


Рис. 17. Включение электродного парового котла:

а – в электрическую сеть; *б* – в систему питания водой; *АВ* – автоматический выключатель; *ТТ* – трансформатор тока; *К* – контактор; *1* – электромагнитный клапан; *2* – фильтр-отстойник; *3* – питательный насос; *4* – регулятор уровня

При автоматической подпитке открыт клапан автоматической подпитки на питательном трубопроводе, клапан ручной подпитки закрыт, вода поступает в корпус регулятора уровня и через нижний патрубок в котел. Как только уровень воды в котле достигнет положения, превышающего верхний уровень затопления электродов на 100 мм, поплавок через шток с кулисой перекрывает кран *12*, прекращая поступление воды в котел. Номинальный расход питательной воды регулятор уровня обеспечивает при полностью затопленных электродах. В случае выхода из строя поплавкового регулятора уровня временная работа котла возможна при ручном регулировании подачи воды через патрубок ручной подпитки *10*.

---

1 – парогенерирующая камера; *2* – вытеснительная камера; *3* – пакет плоских электродов; *4* – проходные изоляторы; *5* – днище котла; *6* – регулятор температуры; *7* – регулятор уровня; *8* – патрубок отвода пара; *9* – патрубок автоматической подпитки котла; *10* – патрубок ручной подпитки котла; *11* – поплавок; *12* – кран; *13* – указатель уровня; *14* – электродный датчик предельного уровня; *15* – крышка котла; *16* – предохранительные клапаны; *17* – манометр; *18* – воздушник; *19* – дренажный патрубок; *20* – патрубок для продувки котла

Уровень воды в котле контролируется по указателю уровня *13*. Котел оснащен защитой от перепитки, в которой электродный датчик уровня *14*, установленный в крышке *15*, дает сигнал соответствующему исполнительному механизму на прекращение подачи питательной воды при достижении предельного уровня воды в котле.

Защита котла от превышения давления осуществляется двумя предохранительными клапанами.

Электрическая схема включения котла (рис. 17, *а*) имеет автоматический выключатель, служащий для защиты от перегрузок и коротких замыканий; контактор для коммутации цепи подключения электродного котла; трансформаторы тока и амперметры, предназначенные для контроля токов нагрузки электродного котла; вольтметры для контроля напряжения питания.

Схема питания котла водой приведена на рис. 17, *б*.

Каждый котел имеет защиты, действующие на отключение его от электрической сети при одно- и междуфазных коротких замыканиях без выдержки времени и перегрузке по току на 15% от номинальной нагрузки.

В табл. 14 приведена техническая характеристика паровых электродных котлов на напряжение 0,4 кВ. Паровые котлы большой единичной мощности изготовляются на напряжение питающей сети выше 1000 В.

Таблица 14. Техническая характеристика электродных паровых котлов

Наименование	Марка котла	
	КЭПР-250/0,4	КЭПР-160/0,4
Потребляемая номинальная мощность, кВт	250	160
Номинальное напряжение питающей сети, кВ	0,4	0,4
Номиналный ток, А	375	240
Число фаз	3	3
Паропроизводительность, кг/ч	320	210
Максимальное рабочее давление, МПа (кгс/см^2)	0,6 (6)	0,6 (6)
Удельное сопротивление питательной воды при 20 °С, Ом · см	1000–12 000	1000–12 000
Масса, кг	500	500
Объем, л	200	200
Коэффициент полезного действия, %	98	98

Примечание. Приведенные типоразмеры электродных паровых котлов не охватывают всей номенклатуры.

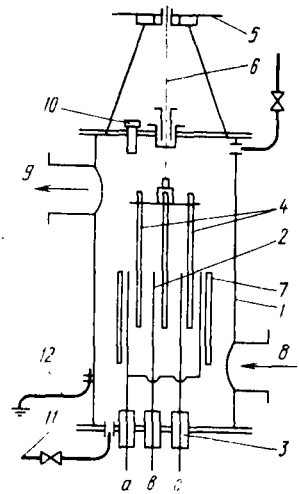


Рис. 18. Схема электродного водогрейного регулируемого котла напряжением 0,4 кВ:

1 – корпус; *2* – пластинчатые электроды; *3* – проходные изоляторы; *4* – диэлектрические пластины (антиэлектроды); *5* – штурвал; *6* – шток; *7* – защитные пластины; *8* – вход воды; *9* – выход горячей воды; *10* – термореле; *11* – дренаж; *12* – заземление

Трехфазные электродные водогрейные котлы применяются для отопления и горячего водоснабжения крупных зданий и небольших поселков. Котлы на напряжение 0,4 кВ выполняются с пластинчатыми электродами, наиболее приемлемыми для воды с низкой удельной электропроводностью.

На рис. 18 приведено схематическое устройство электродного водогрейного регулируемого котла напряжением 0,4 кВ, мощностью 12–250 кВт. Внутри цилиндрического корпуса установлены электроды, напряжение к которым подается через проходные изоляторы, укрепленные на днище котла. Нагрев воды происходит при движении между плоскими электродными пластинами при протекании через нее электрического тока. Регулирование мощности осуществляется изменением протекающего через воду электрического тока при помощи диэлектрических пластин (антиэлектродов), собранных в пакет и входящих в зазоры между электродными пластинами.

Мощность электродных водогрейных котлов рассчитана на определенное удельное сопротивление воды при 20 ° С. При нагреве воды с удельным сопротивлением при 20 °С, отличающимся от расчетного, мощность котла будет определяться:

$$N = N_{\text{ном}} \frac{\rho_{20\text{расч}}}{\rho_{20}},$$

где $N_{\text{ном}}$, N – номинальная и фактическая мощность водогрейного котла, Вт; $\rho_{20\text{расч}}$ – расчетное удельное сопротивление воды, Ом · м; ρ_{20} – фактическое удельное сопротивление воды, Ом · м.

Электродные водогрейные котлы на напряжение 6–10 кВ изготовляются с цилиндрическими и кольцевыми электродами. Котлы с цилиндрическими электродами применяются при высоком удельном сопротивлении воды.

Цилиндрический корпус электродного водогрейного котла (рис. 19, *а*) имеет входной *2* и выходной *3* патрубки для воды. Крышка *5* и днище

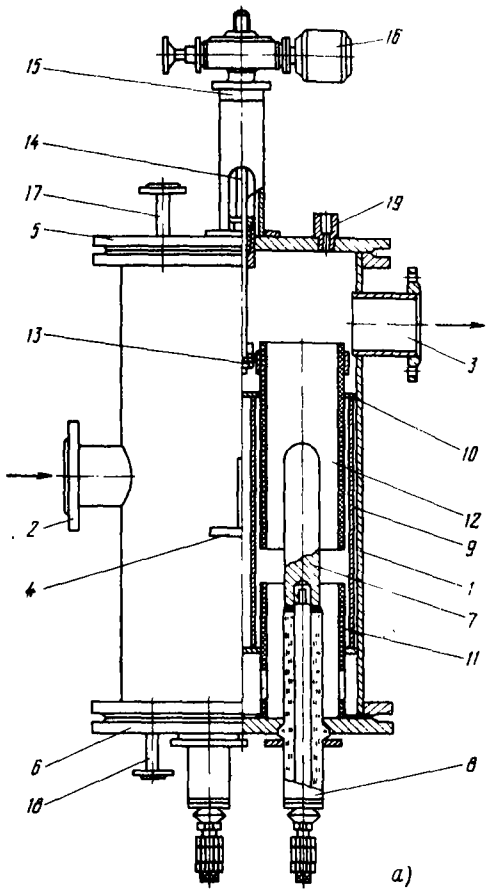
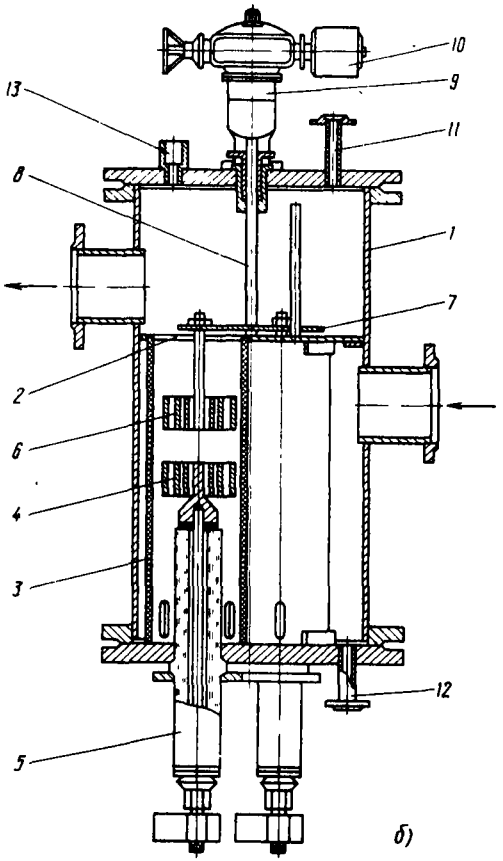


Рис. 19. Устройство электродных водогрейных котлов на напряжение 6–10 кВ:
а – с цилиндрическими электродами: *1* – корпус; *2* – входной патрубок; *3* – электрод; *8* – проходной изолятор; *9* – нулевой электрод; *10* – диафрагма; *11* – вой винт; *15* – кулачковая муфта; *16* – электропривод; *17* – воздушник; *18* – электродами: *1* – корпус; *2* – диафрагма; *3* – фторопластовая камера; *4* – фаз- *8* – ходовой винт; *9* – купачковая муфта; *10* – электропривод; *11* – воздушник;

б в зависимости от диаметра корпуса и рабочего давления в котле выполняются либо плоскими, либо эллиптическими.

В днище устанавливаются вводы фазных электродов. Фазные электроды *7* представляют цилиндрические стержни определенных длины и диаметра, к которым подводится напряжение по токоведущим шпилькам



выходной патрубок; *4* – опора; *5* – крышка корпуса; *6* – днище; *7* – фазный фторопластовая втулка; *12* – фторопластовый экран; *13* – крестовина; *14* – хододренажный патрубок; *19* – штуцер для датчика температуры; *б* – с копьевыми ный электрод; *5* – проходной нэолятор; *6* – нулевой электрод; *7* – подвеска; *12* – дренажный патрубок; *13* – штуцер для датчика температуры

изоляторами *8*. Каждый фазный электрод коаксиально окружен нулевым электродом *9*. Все нулевые электроды приварены к диафрагме *10*, которая разделяет полость котла на две части между входным и выходным патрубками и направляет поток воды в кольцевые зазоры между фазными и нулевыми электродами, в которых происходит ее нагрев.

В нижней части нулевых электродов крепятся фторопластовые втулки *11*, служащие для равномерного распределения воды по фазам и для защиты от износа узлов уплотнения между фазным электродом и проходным изолятором.

Мощность котла регулируется вертикальным перемещением фторопластовых экранов *12*, расположенных коаксиально относительно фазных и нулевых электродов, которые жестко закреплены на крестовине *13*, связанной с электроприводом *16*. Перемещение фторопластовых экранов относительно фазных электродов изменяет их активную площадь и, как следствие, мощность котла.

Котлы с кольцевыми электродами применяются для нагрева воды с низким удельным сопротивлением. Внутри котла (рис. 19, *б*) между днищем и диафрагмой *2* установлены три фторопластовые камеры *3* с отверстиями в нижней части для прохода воды в межэлектродное пространство. Размещенные в камерах фазные электроды выполнены из концентрических стальных колец, соединенных между собой сваркой. Нулевые электроды *6*, расположенные над фазными, выполнены аналогично фазным. Нулевые электроды закреплены жестко на подвеске *7*, связанной с электроприводом *10*. Регулирование мощности осуществляется электроприводом за счет изменения расстояния между фазным и нулевым электродами. Минимальный зазор между электродами устанавливается расчетом.

10. СОЛНЕЧНЫЕ НАГРЕВАТЕЛИ (КОЛЛЕКТОРЫ)

Практическое использование солнечной энергии получило распространение для выработки низкопотенциальной теплоты. Областью применения солнечных установок такого типа могут быть отопление и горячее водоснабжение жилых и общественных построек (одноквартирные дома, жилые блоки, пансионаты и базы отдыха, животноводческие фермы), а также технологические процессы, использующие низкопотенциальную теплоту.

В этих установках для преобразования солнечной энергии в тепловую применяются солнечные коллекторы (рис. 20).

Основным элементом солнечного коллектора является плоская поглощающая панель, по внутренней полости которой циркулирует теплоноситель. Поглощающая панель изготовляется из двух профилированных стальных пластин, поверхность панели окрашивается в черный цвет для увеличения поглощения солнечной радиации. Панель помещена в металлический корпус с теплоизоляцией. Качественная теплоизоляция и прозрачное покрытие из стекла позволяют достичь приемлемой эффективности улавливания солнечной энергии. Стеклянное покрытие и надежная герметизация предохраняет поглощаемую панель от атмосферных осадков.

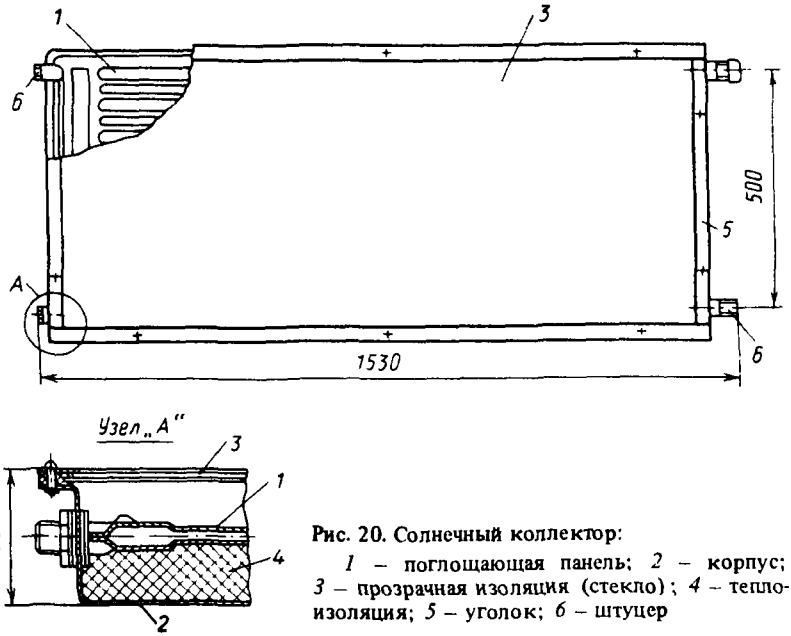


Рис. 20. Солнечный коллектор:
1 – поглощающая панель; *2* – корпус; *3* – прозрачная изоляция (стекло); *4* – теплоизоляция; *5* – уголок; *6* – штуцер

Производство, монтаж и наладка солнечных коллекторов освоены управлением "Спецгелиотепломонтаж" Минмонтажспецстроя СССР (г. Тбилиси).

Братским заводом отопительного оборудования серийно выпускаются солнечные коллекторы, разработанные научно-исследовательским институтом санитарной техники и оборудования зданий и сооружений (НИИСТ, г. Киев).

Техническая характеристика солнечного коллектора:

Тепловая мощность, кВт	1,1
Вместимость панели, л	4,0
Максимальная температура нагрева теплоносителя, °С	90
Рабочее давление, МПа	0,6
Габариты, мм:	
длина × ширина × высота	1530 × 630 × 98
Экономия топлива в среднем за сезон, кг	200
Масса, кг	50,5
Цена, руб	37

Солнечные коллекторы рекомендуются для применения в установках бытового горячего водоснабжения: в садовых домиках и душевых установках (рис. 21, *а*), в индивидуальных домах усадебного типа (рис. 21, *б*). Использование одного солнечного коллектора в душевой

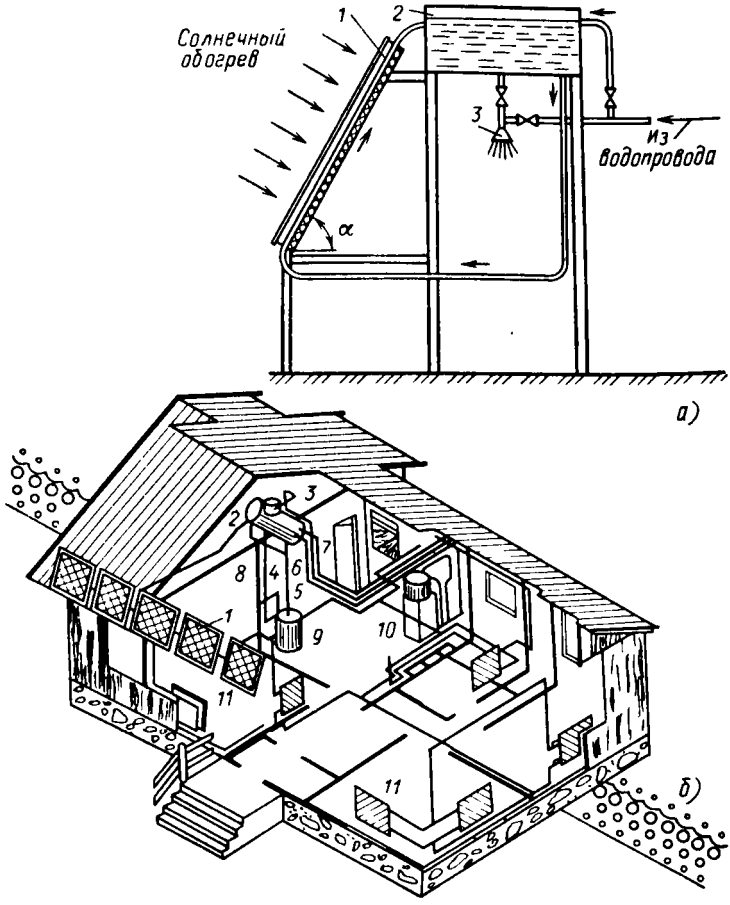


Рис. 21. Варианты применения солнечных коллекторов:

а – душевая кабина с солнечными коллекторами (стрелками показано направление движения воды при нагреве ее солнечной энергией): *1* – солнечный коллектор; *2* – бак душевой установки; *3* – душевая сетка; $\alpha = \varphi - (10–15°)$; φ – географическая широта местности (для широт Киева – Ленинграда $\varphi = 50–60°$); *б* – жилой дом с солнечными системами отопления и горячего водоснабжения: *1* – солнечный коллектор; *2* – бак-аккумулятор; *3* – расширительный бак; *4* – трубопровод заполнения и подпитки; *5* – переливная труба; *6* – трубопровод горячей воды; *7* – разводка холодной воды; *8* – циркуляционный трубопровод первичного контура системы солнечного нагрева; *9* – сливной бак для теплоносителя системы солнечного нагрева; *10* – отопительный котел; *11* – радиаторы системы отопления

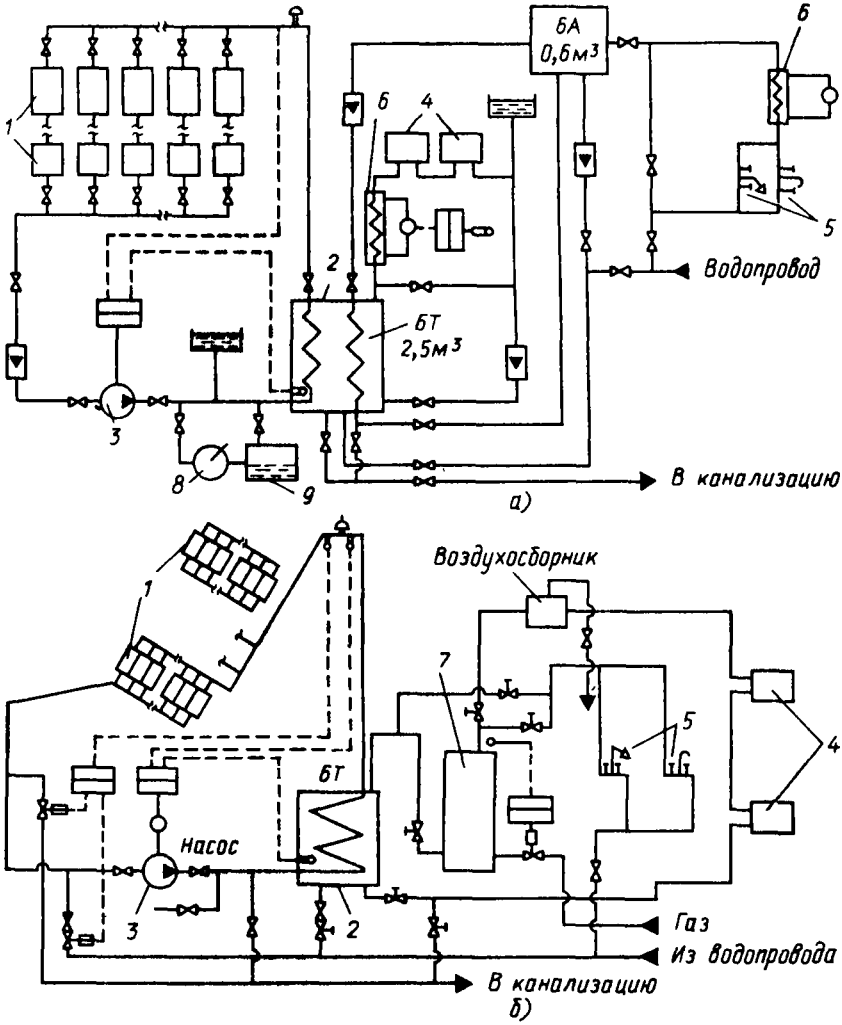


Рис. 22. Схемы солнечного теплоснабжения жилого дома в сочетании с резервными системами:

а – с электронагревателем в качестве резервного источника; *б* – с резервным источником тепла – автоматическим газовым водонагревателем; *1* – солнечный коллектор; *2* – трубчатый теплообменник; *3* – циркуляционный насос; *4* – радиаторы отопления; *5* – водоразбор горячей воды; *6* – электронагреватель; *7* – автоматический газовый водонагреватель; *8* – ручной насос; *9* – сливной бак

кабине садового домика позволяет экономить более 1 м^3 дров за сезон. а использование солнечных коллекторов для бытового горячего водоснабжения в одноквартирном трехкомнатном жилом доме дает экономию до 5 м^3 дров за сезон или более 1 т угля.

На рис. 22 приведены примеры использования системы солнечных нагревателей в сочетании с резервными системами теплоснабжения экспериментальных домов, разработанными Институтом высоких температур АН СССР.

Система теплоснабжения, приведенная на рис. 22 *а*, состоит из трех контуров – солнечного, отопительного и горячего водоснабжения, объединенных баком-теплообменником. Резервным источником теплоты являются электроводонагреватели мощностью по 10 кВт для отопительного контура и контура горячего водоснабжения. Солнечный контур включает солнечные коллекторы общей площадью 57,6 м^2, трубчатый теплообменник площадью 25 м^2, расположенный в баке-теплообменнике, и насос, с помощью которого осуществляется циркуляция теплоносителя (антифриза) в контуре.

Отопительный контур включает бак-теплообменник вместимостью 2,5 м^3, электронагреватель, отопительные чугунные радиаторы площадью около 20 м^2. Циркуляция воды в контуре естественная. Байпасная линия обеспечивает автономную работу отопительного контура.

Контур горячего водоснабжения состоит из трубчатого теплообменника площадью 2,2 м^2 (размещенного в баке-теплообменнике), бака-аккумулятора вместимостью 0,6 м^3, электронагревателя, трубопроводов и арматуры.

Проектом дома за счет солнечной энергии предусматривается покрытие до 65% годовой потребности в теплоте.

На рис. 22, *б* приведена схема, также состоящая из трех контуров – солнечного, отопления и горячего водоснабжения, объединенных баком-теплообменником. В качестве резервного источника теплоты используется автоматический газовый водонагреватель АГВ-120, рассчитанный на полное обеспечение дома теплотой при отсутствии солнечной радиации. Во всех контурах теплоноситель – вода.

В солнечном контуре предусмотрены: солнечный коллектор площадью 31,9 м^2; трубчатый теплообменник площадью 2,2 м^2, расположенный в баке-теплообменнике; насос, осуществляющий циркуляцию теплоносителя в контуре.

В отопительный контур входят: бак-теплообменник, водонагреватель АГВ-120, отопительные чугунные радиаторы площадью около 28 м^2. Циркуляция воды в контуре естественная.

Для горячего водоснабжения вода забирается из бака-теплообменника и при необходимости подогревается в водонагревателе. Циркуляция воды в контуре горячего водоснабжения обеспечивается давлением водопровода.

По этой схеме за счет солнечной энергии предусматривается покрытие до 45% годовой потребности в теплоте.

ВСПОМОГАТЕЛЬНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

11. ТОПОЧНЫЕ УСТРОЙСТВА

В промышленной теплоэнергетике используются все виды топлива – твердое, жидкое и газообразное. До массового применения жидкого и газообразного топлива в промышленных котельных слоевой способ сжигания твердого топлива был преобладающим.

Слоевые топочные устройства просты в эксплуатации, пригодны для работы на углях различных сортов в широком диапазоне нагрузок, характерны небольшим расходом электрической энергии на собственные нужды. Кроме того, они не требуют больших объемов топочных камер.

Топочные устройства для сжигания топлива в слое по степени механизации операций обслуживания (питание слоя топливом, шурование слоя и удаление шлака) делятся на механические (все операции механизированы), полумеханические (при обслуживании имеется доля ручного труда) и ручные (все операции по обслуживанию выполняются вручную). Промышленностью выпускаются слоевые топочные устройства:

механические – топки с чешуйчатой цепной решеткой прямого хода (ТЧ), топки обратного хода чешуйчатые (ТЧЗ), топки обратного хода ленточные (ТЛЗ);

полумеханические – топки с пневмомеханическими забрасывателями и решеткой с поворотными колосниками (ПМЗ-РПК);

ручные – топки с решеткой с поворотными колосниками (РПК).

Указанные топочные устройства предназначены для установки под водотрубными котлами и могут быть применены в жаротрубных котлах при устройстве выносной топочной камеры с экранированием или без него. Механические топочные устройства применяются в котлах паропроизводительностью 10 т/ч и более, полумеханические топки – для котлов меньшей паропроизводительности. При сжигании антрацитов марок АС и АМ применяются топки типов ТЧ и ПМЗ-РПК; каменных и бурых углей – топки типов ТЛЗ, ТЧЗ и ПМЗ-РПК; сланцев в котлах паропроизводительностью 6,5–11 т/ч – топки типа ТЛЗ; фрезерного торфа в котлах паропроизводительностью 2–6,5 т/ч – модернизированные топки типа ПМЗ-РПК.

Топки с движением колосникового полотна от фронта к задней стенке топочной камеры называют топками прямого хода, при противоположном движении – обратного хода.

По исполнению колосникового полотна топки разделяют на чешуйчатые – типа ТЧ и ТЧЗ (полотно набирается из отдельных колосников, перекрывающих друг друга и образующих подобие чешуи) и ленточные – типа ТЛЗ.

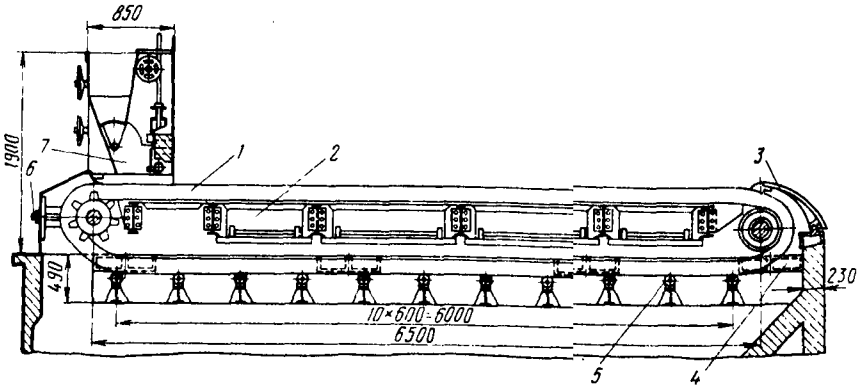


Рис. 23. Топка с чешуйчатой цепной решеткой прямого хода (продольный разрез) длиной 6500 мм:

1 – колосниковое полотно; *2* – зонные камеры воздушного дутья; *3* – скребковый шлакосниматель; *4* – башмак опорный; *5* – рольганг; *6* – устройство натяжения цепи; *7* – питатель угля

Привод топки может располагаться с правой стороны (правое исполнение) или с левой (левое исполнение).

В топках с чешуйчатой цепной решеткой прямого хода (типа ТЧ) горение топлива происходит в слое толщиной 100–200 мм при верхнем зажигании. Потоки топлива и воздуха движутся взаимно перпендикулярно. Топливо на решетку подается самотеком из угольного ящика. Расход топлива регулируется скоростью движения колосникового полотна, толщина слоя топлива для каждого сорта топлива поддерживается относительно постоянной.

Колосниковое полотно топки типа ЧЦР состоит из стальных пластинчатых цепей, на которых крепятся колосники, перекрывающие друг друга и образующие подобие чешуи. Скорость движения колосникового полотна может изменяться от 2,31 до 15,72 м/ч (2,4–16,62 м/ч) в зависимости от применяемого редуктора.

Передний вал решетки может перемещаться с помощью устройства для натяжения колосникового полотна. В хвостовой части решетки установлен скребковый шлакосниматель. Под рабочей частью колосникового полотна выполнены камеры для зонного подвода воздуха. Топка типа ТЧ включает раму, угольный ящик, колосниковое полотно, передний и задний валы, шлакосниматель, опорный рольганг и топочный привод (рис. 23).

Топки обратного хода чешуйчатая (типа ТЧЗ) и ленточная (типа ТЛЗ) с пневмомеханическими забрасывателями (рис. 24, 25) относятся к факельно-слоевым топочным устройствам.

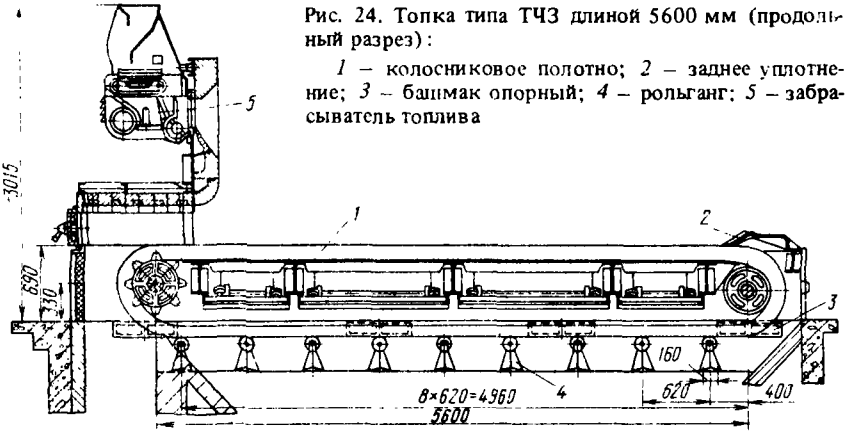


Рис. 24. Топка типа ТЧЗ длиной 5600 мм (продольный разрез):

1 – колосниковое полотно; *2* – заднее уплотнение; *3* – башмак опорный; *4* – рольганг; *5* – забрасыватель топлива

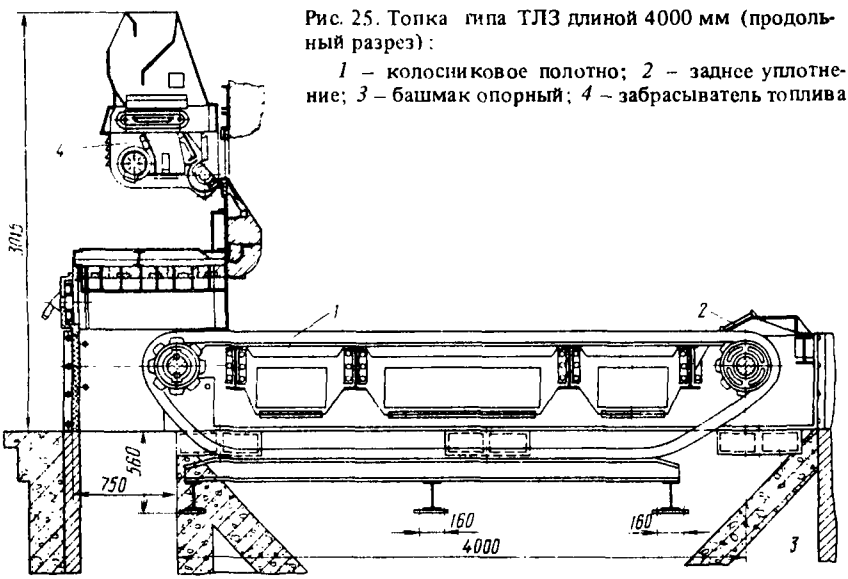


Рис. 25. Топка типа ТЛЗ длиной 4000 мм (продольный разрез):

1 – колосниковое полотно; *2* – заднее уплотнение; *3* – башмак опорный; *4* – забрасыватель топлива

Пневмомеханический заброс позволяет работать на несортированных углях и сланце с содержанием мелочи размером 0–6 мм до 40%, при этом необходимое дробление – до куска размером 30–40 мм. Крупные куски топлива в таких топочных устройствах горят в слое, мелочь отвеивается и сгорает в топочном объеме.

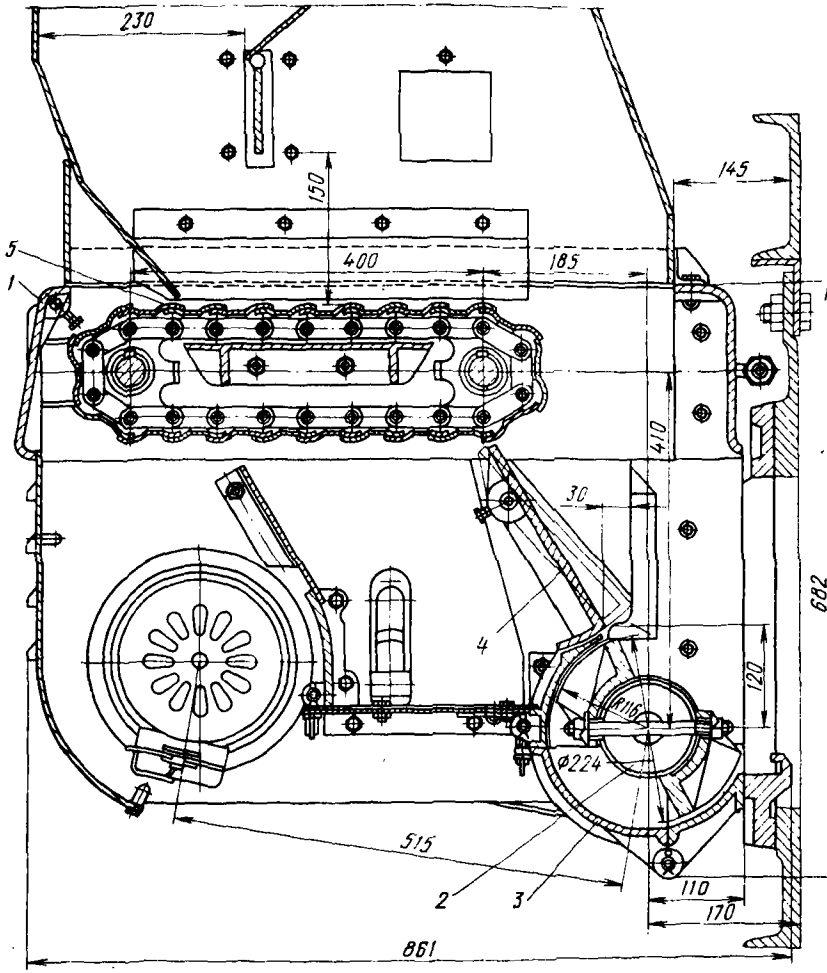


Рис. 26. Пневмомеханический забрасыватель с пластинчатым питателем:
1 – корпус; *2* – ротор с лопастями; *3* – цилиндрический лоток; *4* – кулиса; *5* – питатель

Конструкция и принцип работы колосникового полотна топок типа ТЧЗ и ТЧ аналогичны. Колосниковое полотно топки типа ТЛЗ плотнее топки типа ТЧЗ, что позволяет работать при меньшем коэффициенте избытка воздуха в топке. Применение топок типа ТЛЗ ограничено невозможностью увеличения ширины и длины колосникового полотна из-за

недостаточной прочности колосников. Присоединительные размеры указанных топок одинаковы, ряд узлов и деталей унифицирован. Скорость движения колосникового полотна топки ТЧЗ-2,31 составляет 15,72 м/ч, топки ТЛЗ-20,4 – 13,9 м/ч.

Пневмомеханический забрасыватель с пластинчатым питателем (рис. 26) служит для подачи топлива на колосниковую решетку и состоит из корпуса, ротора с лопастями, цилиндрического лотка, регулирующей плиты, плунжерного питателя, редуктора, кулисного механизма. Привод забрасывателя от электродвигателя – через клиноременную передачу. Перестановкой клинового ремня на трехступенчатых шкивах можно изменять скорость вращения ротора. Забрасыватели выпускаются двух типоразмеров, их техническая характеристика приведена ниже:

Техническая характеристика пневмомеханического забрасывателя

Рабочая ширина, мм	400	600
Производительность, кг/ч	3200	5200
Диаметр ротора по лопастям, мм	224	224
Частота вращения, 1/с:		
ротора	7,83; 11,0; 15,17	7,83; 11,0; 15,17
вала питателя	0–0,786	0–0,786
Мощность электродвигателя, кВт	1,1	1,1
Длина ротора по лопастям, мм	390	590

Топки с пневмомеханическими забрасывателями и решеткой с поворотными колосниками (типа ПМЗ-РПК) относятся к факельно-слоевым полумеханическим топочным устройствам, работающим при непрерывном забросе топлива на горящий слой. В этих топках сжигаются несортированные угли с содержанием мелочи размером 0–6 мм до 60%. Мелкие фракции топлива сгорают в топочном объеме. Горение крупных частиц происходит поверх шлаковой подушки в слое толщиной 20–50 мм. Интенсивное нижнее зажигание свежего топлива по всей площади решетки топки позволяет успешно применять ее при сжигании углей с повышенной влажностью. В этих топках механизирован только процесс подачи топлива на решетку, удаление шлака связано с применением ручного труда и перерывом в горении топлива на очищаемой секции.

Топка типа ПМЗ-РПК состоит из неподвижной решетки с поворотными колосниками, одного или нескольких забрасывателей с приводом, чугунного фронта и угольных ящиков. При количестве забрасывателей более трех для них применяются раздельные приводы с левой и правой сторон.

Топочное устройство для сжигания в высокотемпературном кипящем слое мелочи антрацита и тощего угля с размерами куска не более 13 мм в котлах Е-10-14Ф представляет собой механическую топку с пневмомеханическим забрасывателем и узкой ленточной цепной решеткой прямого хода ТНУ-0,31/5,6 (рис. 27).

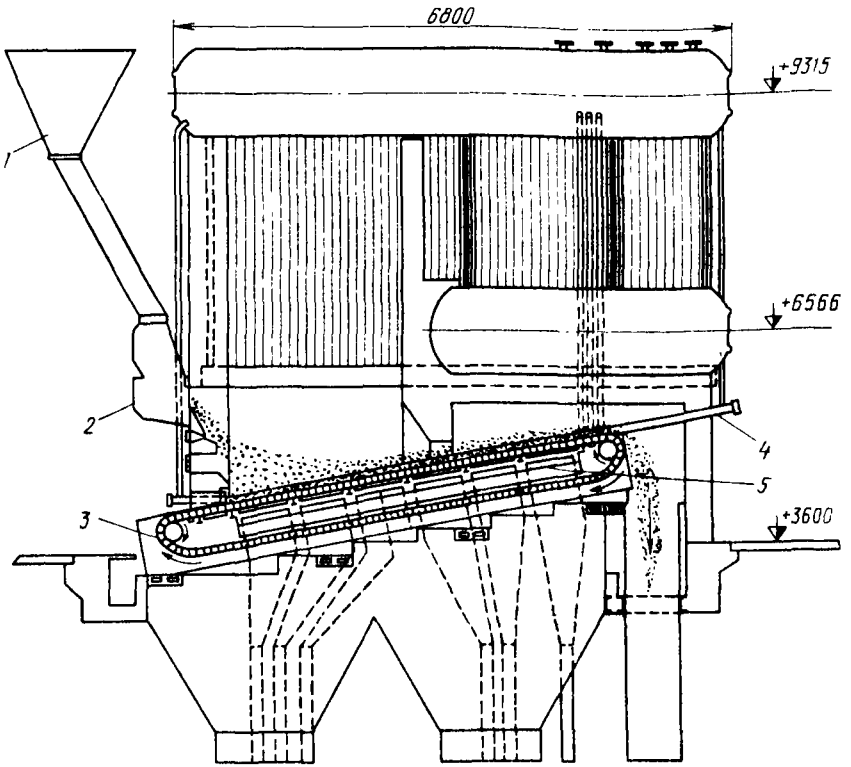


Рис. 27. Топочное устройство для сжигания топлива в высокотемпературном кипящем слое:

1 – бункер сырого угля; *2* – пневмомеханический забрасыватель; *3* – ленточная цепная решетка прямого хода ТНУ-0,31/5,6; *4* – охлаждающая панель; *5* – коробка зонного дутья

Топка состоит из решетки, собранной на раме с коробами подвода воздуха, питателя угля ПП-400 с разгонной плитой и соплами, привода цепной решетки ПТБ-1200М, зонных клапанов, колосника переднего уплотнения и комплектующей гарнитуры.

Рама решетки состоит из двух боковых конструкций (щек), соединенных поперечными балками, к которым приварены междузонные уплотнения; устанавливается на башмаки, заливаемые в бетонный фундамент, и имеет возможность свободного перемещения относительно первого башмака со стороны привода.

В нижней части рамы приварены листы, образующие дутьевые зоны, поступление воздуха в которые регулируется клапанами. В нижней части листов, образующих зольный пол, выполнены течки для удаления провала.

Колосниковое ленточное полотно включает два вида колосников (крайние и средние), тяговые стальные пластинчатые цепи, опорные ролики и соединительные стержни ϕ 25 мм. Все колосники ведомые и не испытывают тяговых усилий. Крайние колосники выполняют роль бокового уплотнения.

На передней части рамы устанавливается коробка переднего уплотнения, служащая для предотвращения выбивания топлива из слоя на фронт котла.

На фронте топки крепится питатель топлива, воздушный короб пневмозаброса, плита, дверки и опорный швеллер. Над питателем устанавливается каскадно-лотковый угольный ящик.

Питатель топлива состоит из корпуса, разгонной плиты, пластинчатого питателя и привода.

Регулирование производительности осуществляется импульсным вариатором, соединенным с приводным валом пластинчатого питателя цепной передачей. Маховики управления вариатором вынесены на переднюю стенку питателя. Диапазон регулирования не менее 1 : 6, максимальная производительность 3200 кг/ч.

К фронтовой плите под выходным окном питателя установлена разгонная плита, под которой размещено сопло пневмозаброса.

Для перемещения колосникового полотна служит привод ПТБ-1200М с электродвигателем постоянного тока П-32, обеспечивающий бесступенчатое регулирование в диапазоне 1,25–25 $с^{-1}$ (75–1500 об/мин).

Особенностью топки является двухступенчатый процесс горения топлива. Подача топлива в топку осуществляется пневматическим питателем непрерывно на переднюю часть полотна.

В первой ступени горение топлива происходит во взвешенном состоянии в кипящем слое в ванне, образованной поверхностью на-

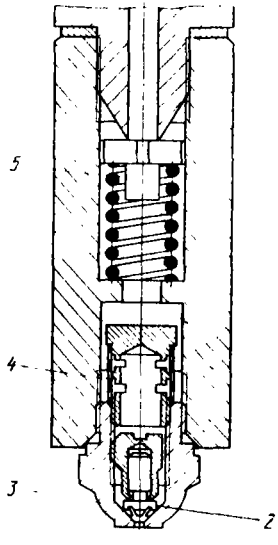


Рис. 28. Топливная форсунка котла КПА-500Ж:
1 – корпус; *2* – завихритель; *3* – сопло; *4* – фильтр; *5* – обратный клапан

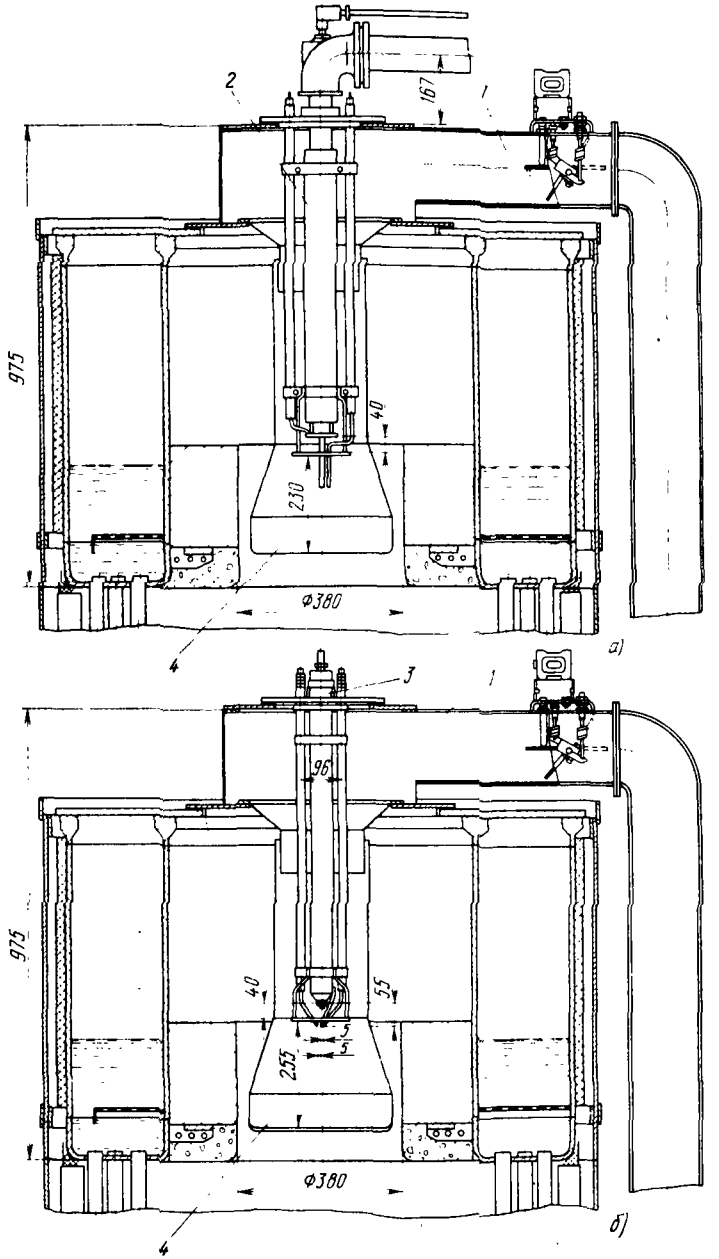


Рис. 29. Горелочное устройство:

колонной решетки, боковыми и передними откосами угля и шлака над дутьевыми зонами, где топливо интенсивно перемешивается и сгорает по всему объему ванны.

Под колосниковую решетку подается примерно 50% воздуха, необходимого для полного сгорания топлива.

Образующаяся на выходе из кипящего слоя хорошо подготовленная пылегазовая смесь догорает в топочном объеме, куда подается вторичный воздух в виде острого дутья.

Выгоревший в кипящем слое шлак слипается в комки и опускается на полотно решетки, которая перемещает его в шлаковый бункер. Подача под слой большого количества первичного воздуха ($\alpha_{пер} > 0,5$) приводит к повышению температуры в кипящем слое и шлакованию решетки.

Переменная толщина слоя и его сопротивление по длине решетки вызывают необходимость зонного регулирования подачи воздуха, поэтому последний подается под решетку шестью патрубками с шиберами. Первые три зоны служат для организации кипения топлива, а три последние для выжига шлака. Регулировка первых трех зон кипения требуется при каждой растопке котла, поэтому органы управления этих зон вынесены на фронт котла.

Регулирование тепловой нагрузки топки производится изменением подачи топлива питателем и дутьевого воздуха направляющим аппаратом дутьевого вентилятора.

Горелочное устройство, применяемое в котлах КПА-500Ж, состоит из корпуса, двух топливных форсунок, завихрителя воздуха, электродов зажигания, смотрового окна и корпуса для установки фотосопротивления. В корпусе горелки имеются три окна для прохода воздуха, подаваемого вентилятором к завихрителю.

Форсунка (рис. 28) состоит из корпуса, завихрителя, сопла, фильтра и обратного клапана. В завихрителе форсунки топливо получает вращательное движение и, выходя из сопла с углом распыления около 80°, перемешивается с поступающим воздухом. Стабилизация горения обеспечивается слоем жароупорного бетона на поду топки.

В котлах Е-1-9Ж, работающих на печном бытовом топливе, соляровом масле или дизельном топливе, горелочное устройство включает: воздушный регистр, форсунку Ф-1,0 механического распыливания, запальное устройство и смеситель (рис. 29, *б*). Форсунка Ф-1,0 (рис. 30) состоит из топливного ствола с двумя параллельными каналами, двух распыливателей, расположенных на конце топливного ствола, двух электродов зажигания и электрода "земля".

а – котла Е-1,0-9Г; *б* – котла Е-1,0-9Ж; *1* – воздушный регистр; *2* – газовая горелка; *3* – форсунка; *4* – смеситель

Механические примеси из топлива, оставшиеся после фильтрации в щелевых фильтрах топливной системы, улавливаются сетчатыми фильтрами, устанавливаемыми на входе в форсунку, топливо, пройдя по топливным каналам ствола форсунки и тангенциальным каналам распылителей (по три канала в каждом), на выходе из сопла закручивается, а в смесителе горелки распыливается и перемешивается с воздухом, поступающим из воздушного регистра. Воспламенение смеси топлива с воздухом при растопке котла производится от искры, возникающей между электродами при подаче высокого напряжения (10 000 В) от трансформатора зажигания.

Техническая характеристика форсунки Ф-1,0

Теплопроизводительность, ГДж/ч (Гкал/ч) . . .	3,35 (0,8)
Расход топлива, кг/ч	80
Давление перед форсункой:	
топлива, МПа (кгс/см²)	1,2–1,5 (12–15)
воздуха, кПа (мм вод. ст.)*	1,4–1,5 (140–150)
Масса, кг	9

* 10 Па ≈ 1 мм вод. ст ;
1 кПа = 1000 Па ≈ 100 мм вод. ст.

Для сжигания мазута в котлах Е-1-9-1М применяется горелочное устройство АР-90, рассчитанное на использование мазута М40 и М100. Горелочное устройство включает ротационную форсунку Р-90-11, щит управления и воздухонаправляющий короб (рис. 31). Топливо от шестеренчатого насоса подается к штуцеру горелочного устройства, откуда через полый вал поступает в форсунку. На полом валу форсунки жестко крепится ротор вентилятора, шкив клиноременной передачи, распыливающий стакан и питатель. От этого же вала приводится в действие через червячную передачу и топливный насос. Регулирование давления топлива производится перепускным клапаном, который, сбрасывает избытки топлива по трубопроводу обратно в расходный бак. Первичный воздух для распыливания топлива подается между воздушным конусом и распыливающим стаканом форсунки. Расход воздуха на распыливание топлива составляет около 10% от необходимого для горения топлива, регулирование его производится шибером. Вторичный воздух подается в топку по воздухонаправляющему коробу, состоящему из переднего, заднего и боковых листов. Подача вторичного воздуха регулируется шибером. Для наблюдения за факелом в топке в верхней части воздухонаправляющего короба встроена гляделка.

Автоматическое прекращение подачи топлива для отключения форсунки в аварийных ситуациях производится электромагнитным клапаном – отсекателем, устанавливаемым перед полым валом форсунки.

Техническая характеристика ротационной форсунки Р-90-П

Номинальная производительность, кг/ч	90
Диапазон регулирования, %	20–120
Давление топлива перед форсункой, 10^5 Па ($кгс/см^2$)*	0,1–0,5
Вязкость топлива перед форсункой, °ВУ	16
Максимальное давление первичного воздуха, кПа (мм вод. ст.)	2,3 (230)
Частота вращения вала, об/мин	3990
Угол раскрытия факела, град	90
Коэффициент избытка воздуха при номинальной производительности	1,15
Мощность двигателя, кВт	0,8
Масса форсунки с двигателем, кг	75

* 100 000 Па = 0,1 МПа ≈ 1 $кгс/см^2$;
1 кПа = 1000 Па ≈ 100 мм вод. ст.

Горелочное устройство котлов Е-1-9Г, работающих на газообразном топливе, включает воздушный регистр, газовую горелку и смеситель (рис. 29, *а*). Для наблюдения за горением в газоплотной обшивке котла встроена гляделка.

Газовая горелка Г-1,0 смесительного типа состоит из трубы, по которой подается газ, запального устройства и двух электродов, один из которых служит для зажигания газа, а другой – для контроля наличия пламени. Электроды изолированы от корпуса фарфоровыми изоляторами. Устройство газовой горелки приведено на рис. 32.

В центральной трубе горелки размещена трубка запальника, на конце которой закреплен насадок для стабилизации горения. Зажигание газа в запальнике осуществляется от запального устройства подачей напряжения на электрод зажигания. Затем подается газ в центральную трубу горелки, из которой через боковые отверстия газ поступает в смеситель, где, перемешиваясь с воздухом, воспламеняется от факела запальника. Сгорание газа происходит в объеме топочной камеры.

В комплект горелки входят труба подвода газа с угольником, тройником и запальным устройством, плита с электродами. В котлах Е-1/9-1Г применяются аналогичные по конструкции и техническим характеристикам горелки Г-1,0К.

Техническая характеристика горелки Г-1,0К

Теплопроизводительность, ГДж/ч (Гкал/ч)	3,35 (0,8)
Теплотворная способность природного газа, $Q^н_р$, кДж/$м^3$ (ккал/$м^3$)	33 500 (8000)
Расход газа при номинальной нагрузке, $м^3$/ч	100
Давление перед горелкой, кПа (мм вод. ст.):	
газа	1,3–1,8 (130–180)
воздуха	0,9–1,4 (90–140)
Масса, кг	24

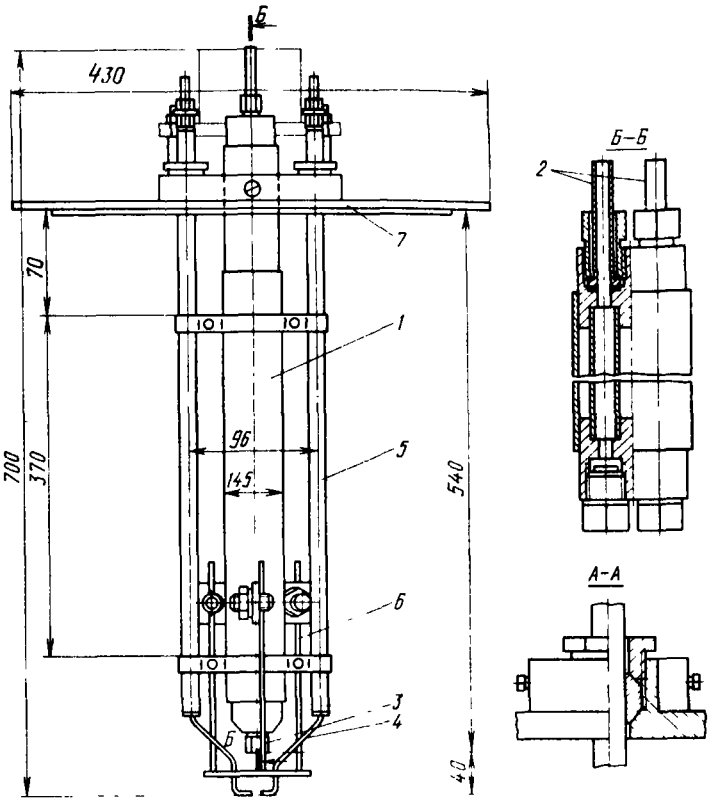


Рис. 30. Форсунка механическая Ф-1,0:

1 – ствол; *2* – топливные каналы; *3* – распылитель; *4* – электрод зажигания; *5* – фарфоровая изоляционная трубка; *6* – электрод "земля"; *7* – присоединительный фланец

Горелки РГМГ-1 и РГМГ-2 (рис. 31, *б*), предназначенные для работы на мазуте марок М40 и М100 или на природном газе, максимально унифицированы с горелочным устройством АР-90. Эти горелки применяются на паровых и водогрейных котлах. Для работы только на газообразном топливе эти горелки выпускаются без ротационных форсунок. Устройства ротационной форсунки и воздухонаправляющего короба идентичны с такими же узлами горелки АР-90. Газ из газопровода подводится к кольцевому коллектору горелки, перфорированному по длине калиброванными отверстиями, расположенными в один ряд.

Равномерность распределения газа по отверстиям обеспечивается кольцевой диафрагмой внутри коллектора. Воздухонаправляющее устройство вторичного воздуха включает осевой завихритель с прямыми лопатками, установленными под углом 40° к оси горелки; диффузор и конусный стабилизатор на выходе из горелки. Горелка расположена в воздушном коробе. При работе на газе форсунка выводится из воздушного короба.

Техническая характеристика газомазутных горелок РГМГ-1 и РГМГ-2 приведена в табл. 15.

Таблица 15. Техническая характеристика горелок РГМГ-1 и РГМГ-2

Наименование	Марка горелки	
	РГМГ-1	РГМГ-2
Номинальная тепловая мощность, МВт (Гкал/ч)	1,163 (1,0)	2,33 (2,0)
Давление мазута перед форсункой, МПа (кгс/см²)	0,2 (2,0)	0,2 (2,0)
Давление газа перед горелкой, кПа (мм вод. ст.)	5 (500)	5 (500)
Давление первичного воздуха перед завихрителем, кПа (мм вод. ст.)	4 (400)	4 (400)
Коэффициент избытка воздуха в топке:		
при сжигании мазута	1,1	1,1
при сжигании газа	1,05	1,05
Номинальный расход мазута при $Q_р^н$ = = 40400 кДж/кг ($Q_р^н$ = 9650 ккал/кг), кг/ч	100	200
Номинальный расход газа при $Q_р^н$ = = 35 500 кДж/м³ ($Q_р^н$ = 8500 ккал/м³), м³/ч	120	230
Мощность электродвигателя, кВт	1,5	1,5
Масса горелки, кг	150	150
Габаритные размеры, мм:		
длина	930	930
ширина	690	690
высота	760	760

Для котлов паропроизводительностью 1 т/ч выпускаются агрегатированные газогорелочные (АГГУ-1) и топливно-горелочные (АГТУ-1) устройства.

Горелочное устройство представляет единый блок, включающий корпус, вентилятор с электродвигателем, короткофакельную горелку смесительного типа (либо форсунку) с центральной раздачей газа, смеситель, газопровод, (или топливопровод). Устройство выполняется

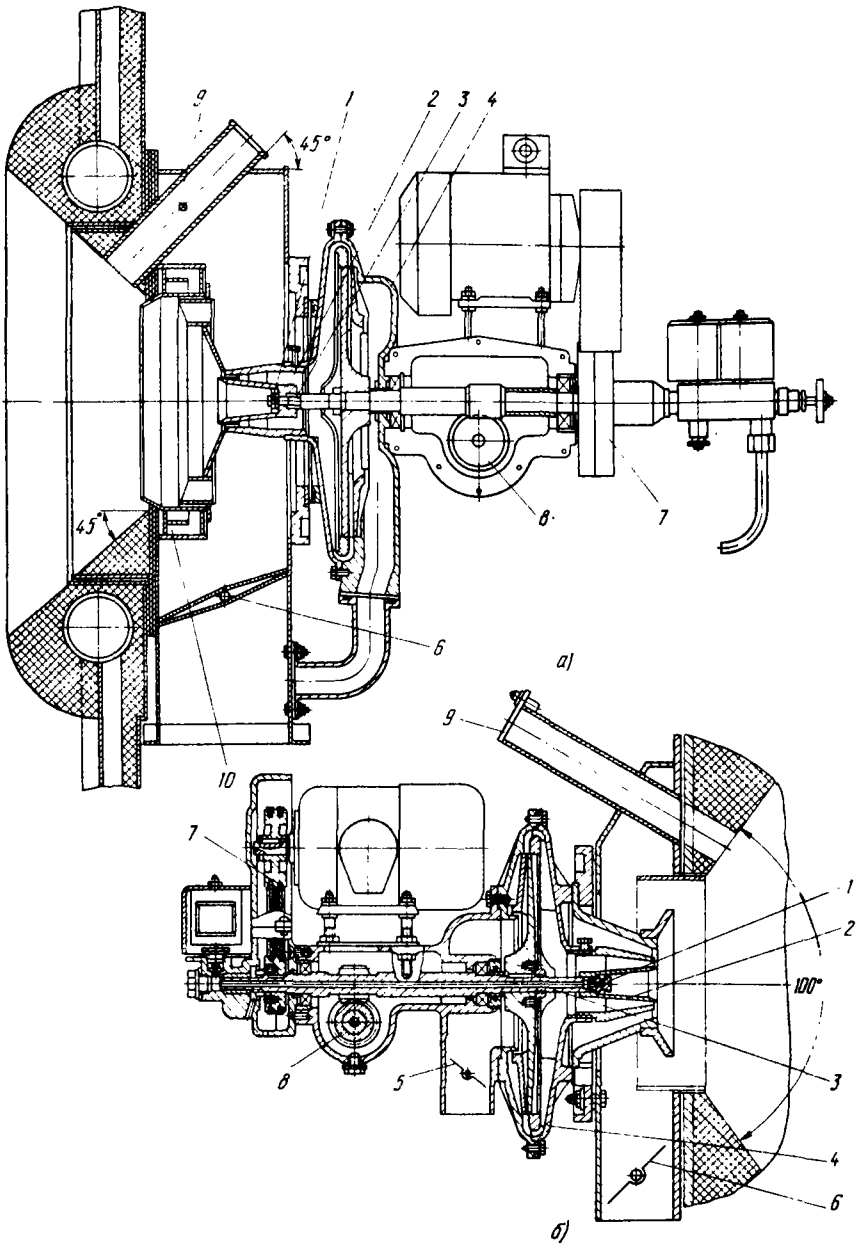


Рис. 31. Горелочное устройство:

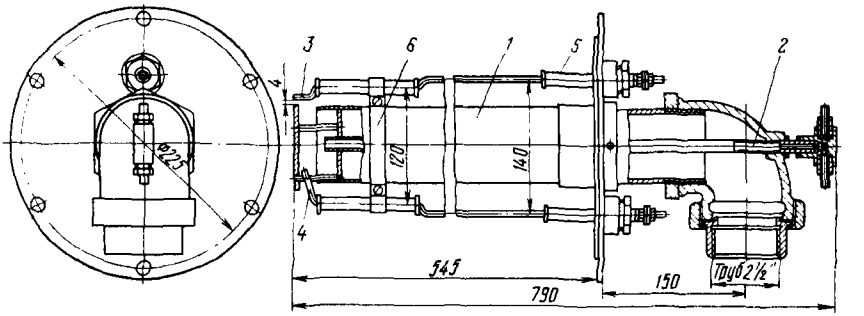


Рис. 32. Газовая горелка Г-1,0 для котла паропроизводительностью 1,0 т/ч:

1 – центральная труба; *2* – запальное устройство; *3* – электрод для зажигания газа; *4* – электрод для контроля пламени; *5* – фарфоровая изоляция; *6* – хомут

поворотным вокруг вертикальной оси. Номинальная теплопроизводительность АГГУ-1 и АГТУ-1 составляет 3,34 ГДж/ч (0,8 Гкал/ч), а максимальная 4,18–4,6 ГДж/ч (1,0–1,1 Гкал/ч).

Газогорелочное устройство предназначено для работы на природном газе, а топливно-горелочное устройство – для работы на дизельном топливе, соляровом масле или печном топливе (ПТБ), работает при давлении воздуха 1,3–1,5 кПа (130–150 мм вод. ст.) Перед горелкой АГГУ-1 давление газа 1,4–1,6 кПа (140–160 мм вод. ст.). Оба горелочных устройства обеспечивают работу котла с коэффициентом избытка воздуха в топке равным 1,06.

Комбинированное горелочное устройство, применяемое в котлах АВ-2 и АПВ-2, рассчитано на сжигание основного топлива – природного газа, резервного топлива – масла солярового или печного топлива. Подвод воздуха к горелке выполнен с закручиванием в улиточном устройстве. Регулирование расхода первичного и вторичного воздуха осуществляется установленными на входе заслонками. Для лучшей организации процесса горения предусмотрен завихритель вторичного воздуха, в котором по его периферии организована подача газа через 11 газовыдающих трубок ϕ 21,3×2,8 мм, выходящих из кольцевого коллектора.

а – АР-90; *б* – РГМ-1; РГМ-2; *1* – форсунка; *2* – распыливающий стакан; *3* – полый вал; *4* – вентилятор первичного воздуха; *5* – шибер на воздуховоде первичного воздуха; *6* – шибер на воздуховоде вторичного воздуха; *7* – клиноремеиный привод форсунки; *8* – привод топливного насоса; *9* – гляделка; *10* – кольцевой коллектор

Распыливание жидкого топлива в горелочном устройстве осуществляется ротационной форсункой и первичным воздухом, подаваемым вентилятором, имеющим привод от электродвигателя форсунки. Конструкция горелочного устройства позволяет вывести из него ротационную форсунку при длительной работе на газе.

Дутьевой центробежный вентилятор установлен на фронте котла над горелочным устройством. Воздух забирается со стороны переднего днища барабана котла и нагнетается в горелочное устройство, присоединенное непосредственно к диффузору вентилятора.

Пуск котлов на жидком топливе предусматривается при отсутствии природного газа в газопроводе от баллонов с сжиженным углеводородным газом, на которых устанавливается регулятор давления газа (после себя).

Для сжигания мазута и газа в топках котлов типа ДКВР, ДЕ и других, соответствующих им по тепловой мощности, широко применяются газомазутные горелки типа ГМГ, рассчитанные для работы на газе теплотворной способностью 35 500 кДж/м^3 (8500 ккал/м^3) или мазута М40 и М100. Допускается одновременное сжигание газа и мазута.

Устройство газомазутной горелки поясняется на рис. 33. Для распыливания жидкого топлива в горелке применена паромеханическая форсунка, обеспечивающая высокое качество распыла во всем диапазоне регулирования нагрузки. Форсунка состоит из распыливающей головки, ствола, колодки, скобы с затяжным винтом для соединения парового и топливного штуцеров. Мазут, поступающий в форсунку по внутренней трубе, подводится через распределительную шайбу в кольцевой канал завихрителя, откуда по тангенциальным каналам попадает в камеру завихрения, приобретая вращательно-поступательное движение, выходит из сопла и распыливается за счет центробежных сил. Расширение диапазона регулирования достигается за счет применения паровых завихрителей – из наружной трубы через каналы в накидной гайке пар поступает в каналы завихрителя и закрученным потоком на выходе принимает участие в распыливании мазута. Эффективная работы форсунки на всех режимах обеспечивается при давлении распыливающего пара 0,07–0,2 МПа (0,7–2,0 кгс/см^2), на нагрузках выше 70% форсунка может устойчиво работать и без парового распыла.

Воздух к корию факела (до 15% общего расхода) подводится через регистр первичного воздуха, в котором происходит закручивание потока, способствующее лучшему перемешиванию его с топливом. Закручивание потока вторичного воздуха происходит в регистре, представляющем лопаточный аппарат с прямыми лопатками, установленными под углом 45°. Регистры первичного и вторичного воздуха изготовляются правого и левого закручивания.

Производительность горелки регулируется изменением давления мазута или газа и соответствующим изменением подачи воздуха.

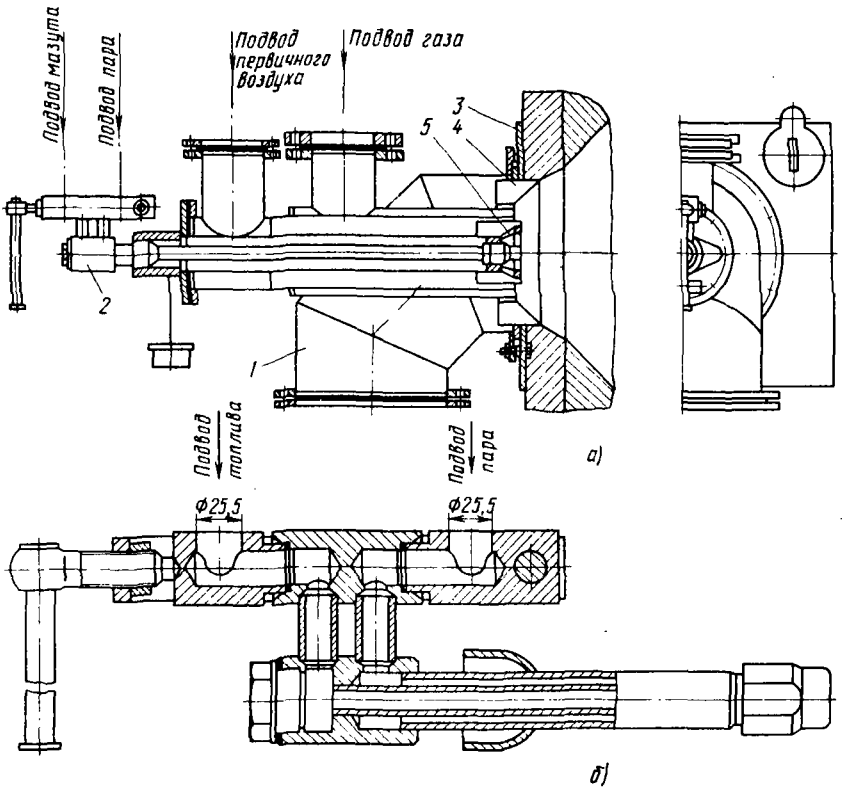


Рис. 33. Газомазутная горелка типа ГМГ:

а – горелка; *б* – форсунка; *1* – газовоздушная часть; *2* – мазутная форсунка; *3* – монтажная плита; *4* – регистр вторичного воздуха; *5* – регистр первичного воздуха

При работе на жидком топливе подача первичного воздуха не регулируется, при работе на газе расход первичного воздуха регулируется пропорционально расходу газа.

Розжиг горелок производится автоматически запальником или вручную факелом.

Техническая характеристика горелок типа ГМГ приведена в табл. 16.

Наряду с указанными применяется также газомазутная горелка типа ГМГБ, рассчитанная на сжигание топочных мазутов М40 и М100, флотских мазутов Ф5 и Ф12 и природного газа с теплотой сгорания $Q_р^н$ = = 35 500 кДж/м^3 ($O_р^и$ = 8 500 ккал/м^3). Горелка обеспечивает диапазон регулирования в пределах 10–100% номинальной производитель-

Таблица 16. Техническая

Наименование	Марка горелки	
	ГМГ-1/1,5-1	ГМГ-1/1,5-II
Номинальная теплопроизводительность, ГДж/ч (Гкал/ч)	3,86 (0,9)	5,64 (1,35)
Давление воздуха, Па (мм вод. ст.):		
первичного	350 (35)	350 (35)
вторичиого	400 (40)	850 (85)
Давление, МПа (кгс/см^2):		
мазута при номинальной призводительности	0,6 (6,0)	1,25 (12,5)
распыливающего пара	0,07–0,1	0,07–0,1
природного газа, $Q_р^н$ = 35 500 кДж/м^3	0,012	0,017
($Q_р^н$ = 8500 ккал/м^3)		
Расход воздуха, м^3/ч	1200	1700
Диапазон регулирования, %	30–100	20–100
Коэффициент* избытка воздуха при сжигании:		
мазута	1,1/1,35	1,1/1,35
газа	1,15/1,3	1,15/1,3
Длина факела при работе на мазуте с номинальиой иагрузкой, м	1	1
Угол раскрытия факела, град	70	70

* Числитель – при номинальной нагрузке, знаменатель – при минимальиой.

ности. В случае применения горелки для сжигания дизельного топлива или солярового масла может быть использована та же форсунка. При этом следует учитывать, что ее рабочая характеристика изменится в зависимости от плотности и вязкости топлива.

Горелка типа ГМГБ (рис. 34) включает в себя паромеханическую мазутную форсунку, газовую часть, лопаточный завихритель, стабилизатор пламени, рычаг поворота, заглушку для закрытия форсуночного канала при снятии форсунки, запально-защитное устройство.

Исполнение горелок предусматривает варианты с левым и правым направлениями вращения воздуха.

Паромеханическая форсунка состоит из парового и топливного трубопроводов, корпуса, ствола, зажимного винта, парового и топливного завихрителей, распределительной шайбы. Ствол представляет собой две концентрически расположенных трубы, присоединенные с одной стороны к корпусу форсунки, с другой – к распыливающей головке.

По центральной трубе подается жидкое топливо, по наружной – пар на дополнительный распыл. Из внутренней трубы мазут через отверстия в распределительной шайбе поступает в кольцевой канал топливного

характеристика горелок типа ГМГ

Марка горелки			
ГМГ-2	ГМГ-4	ГМГ-5,5/7-I	ГМГ-5,5/7-II
8,36 (2)	16,7 (4)	23 (5,5)	29,3 (7)
1200 (120)	1200 (120)	1200 (120)	1200 (120)
1200 (120)	1200 (120)	800 (80)	1200 (120)
2,0 (20)	2,0 (20)	2,0 (20)	3,0 (30)
0,1	0,1–0,2	0,1–0,2	0,1–0,2
0,027	0,054	0,08	0,1
2700	5400	8000	10 000
20–100	20–100	20–100	15–100
1,15/1,35	1,15/1,35	1,15/1,6	1,15/1,6
1,15/1,3	1,15/1,3	1,15/1,3	1,15/1,3
1,5	1,5–2	2	2
70	80	70	70

завихрителя и далее по тангенциальным каналам — в камеру завихрения, излучая вращательно-поступательное движение. Под действием центробежных сил топливо прижимается к стенкам завихрительной камеры, продолжая двигаться поступательно через сопловое отверстие в виде пленки.

При срыве с кромки сопла пленка топлива дробиться на мельчайшие капли, вылетающие в топку в виде полого конуса. Расширение диапазона регулирования достигнуто за счет применения ступени парового распыла, выполненной в виде парового завихрителя, примыкающего к топливному завихрителю. Пар из наружной трубы ствола проходит через тангенциальные каналы парового завихрителя и закрученным потоком рядом с топливным соплом принимает участие в распыливании мазута. Угол раскрытия факела форсунки $65 \pm 5^{\circ}$.

Газовая часть горелки типа ГМГБ представляет кольцевой коллектор, перфорированный одним рядом отверстий. Сечение и шаг газовых отверстий в коллекторе рассчитаны из условия обеспечения оптимального перемешивания газовых струй в воздушном потоке.

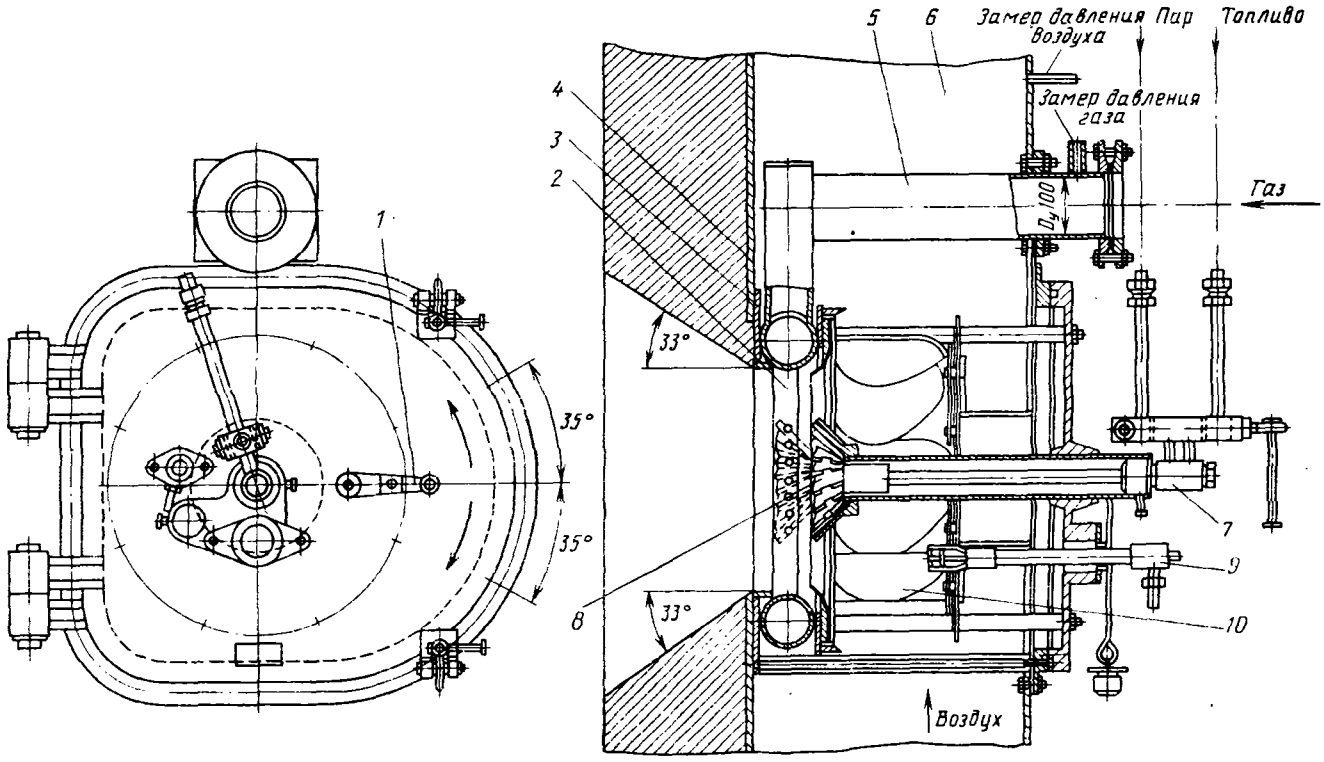


Рис. 34. Газомазутная горелка типа ГМГБ:

1 – рычаг поворота лопаток; *2* – газовый коллектор; *3* – фланец; *4* – задняя стенка; *5* – газовая часть; *6* – воздушный короб; *7* – мазутная форсунка; *8* – стабилизатор пламени; *9* – запально-защитное устройство; *10* – лопаточный завихритель

Регулирование соотношения топливо–воздух производится общими регулирующими органами независимо от числа установленных горелок. Производительность горелки регулируется изменением давления топлива и воздуха.

Техническая характеристика горелки типа ГМГБ: номинальная теплопроизводительность 23,4 ГДж/ч (5,6 Гкал/ч)*; давление мазута перед форсункой 2,0 МПа (20 кгс/см^2); давление газа на входе в газовую часть 50 кПа (5000 кгс/м^2)**; давление пара перед форсункой 0,1–0,2 МПа (1,0–2,0 кгс/см^2); расход пара на дополнительный распыл не более 18 кг/ч; коэффициент избытка воздуха в топке при номинальной нагрузке при работе на мазуте – 1,1, при работе на газе 1,05; длина мазутного факела 2 м.

12. ВОДОПОДГОТОВИТЕЛЬНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

Водный режим в соответствии с Правилами устройства и безопасной эксплуатации паровых и водогрейных котлов должен обеспечивать работу котла и питательного тракта без повреждения их элементов вследствие отложений накипи и шлама, превышения относительной щелочности котловой воды до опасных пределов или в результате коррозии металла, а также обеспечивать получение пара надлежащего качества.

Все котлы паропроизводительностью 0,7 т/ч и более должны быть оборудованы установками для докотловой обработки воды. Выбор способа обработки воды для питания котлов производится специализированной проектной или наладочной организацией.

Качество питательной воды для котлов с естественной циркуляцией паропроизводительностью 0,7 т/ч и более с рабочим давлением (абсолютным) до 4,0 МПа (40 кгс/см^2) должно удовлетворять следующим нормам:

Общая жесткость, мкг-экв/кг, не более:

для котлов газотрубных и жаротрубных, работающих на твердом топливе	500
для котлов газотрубных и жаротрубных, работающих на газообразном и жидком топливе	30
для водотрубных котлов с рабочим давлением (абсолютным) 1,4 МПа (14 кгс/см^2)	20
для водотрубных котлов с рабочим давлением (абсолютным) выше 1,4 до 4,0 МПа (от 14 до 40 кгс/см^2)	15

---

* 4,1868 кДж = 1 ккал;
4,1868 ГДж/ч = 1 Гкал/ч.

** 1 кПа ≈ 100 мм вод. ст. = 100 кгс/м^2;
10 кПа ≈ 1000 кгс/м^2.

Содержание растворенного кислорода, мкг/кг, не более:	
для котлов с рабочим давлением до 4,0 МПа (40 кгс/см²), паропроизводительностью 2,0 т/ч и более, не имеющих экономайзеров, и котлов с чугунными экономайзерами	100
для котлов с рабочим давлением до 4,0 МПа (40 кгс/см²) паропроизводительностью 2,0 т/ч и более со стальными экономайзерами	30
Содержание масла, мг/кг, не более:	
для котлов с рабочим давлением до 1,4 МПа (14 кгс/см²)	5
для котлов с рабочим давлением выше 1,4 МПа до 4,0 МПа (от 14 до 40 кгс/см²)	3

Нормы солесодержания и щелочности котловой воды устанавливаются на основе соответствующих испытаний, при этом относительная щелочность котловой воды для паровых котлов с клепаными барабанами не должна превышать 20%. В паровых котлах со сварными барабанами допускается повышенное содержание относительной щелочности котловой воды при принятии мер по предупреждению межкристаллитной коррозии металла. Способы подготовки питательной воды определяются в зависимости от качества исходной воды, условий и режима работы котлов, а также требований к качеству пара.

В настоящее время освоен выпуск блочных водоподготовительных установок, удовлетворяющих потребностям производственно-отопительных котельных.

Блочные водоподготовительные установки производительностью 1,0 м³/ч выпускаются трех модификаций: установки ВПУ-1,0 (без осветлительного фильтра), установки ВПУ-1,0-М (с осветлительным фильтром); установки ВПУ-1,0-К (с осветлительным фильтром) (рис. 35–37). Техническая характеристика установок приведена в табл. 17.

В комплект поставки установки ВПУ-1,0 входят катионитовый фильтр, растворный бак, верхнее и нижнее распределительные устройства, трубопроводы и арматура, фундаментная рама, крепеж, манометры.

В установку ВПУ-1,0-М входят насос 1,5ВС-1,3М, осветлительный фильтр, Na-катионитный фильтр, растворный бак, верхнее и нижнее распределительные устройства, трубопроводы и арматура, панель управления электродвигателем насоса, фундаментная рама, крепеж, манометры.

Установка ВПУ-1,0-К включает насос с электродвигателем, осветлительный фильтр, Na-катионитный фильтр, растворный бак, многоходовой кран, трубопроводы и арматуру, манометры, панель управления двигателем насоса, фундаментную раму, крепеж (рис. 37).

Na-катионитные фильтры, входящие в блочные установки, представляют собой цилиндрические сосуды диаметром 480 мм с фильтрующей загрузкой катионита КУ-2 объемом 0,27 м³ (ВПУ-1,0-К) и 0,28 м³ (ВПУ-1,0; ВПУ-1,0-М).

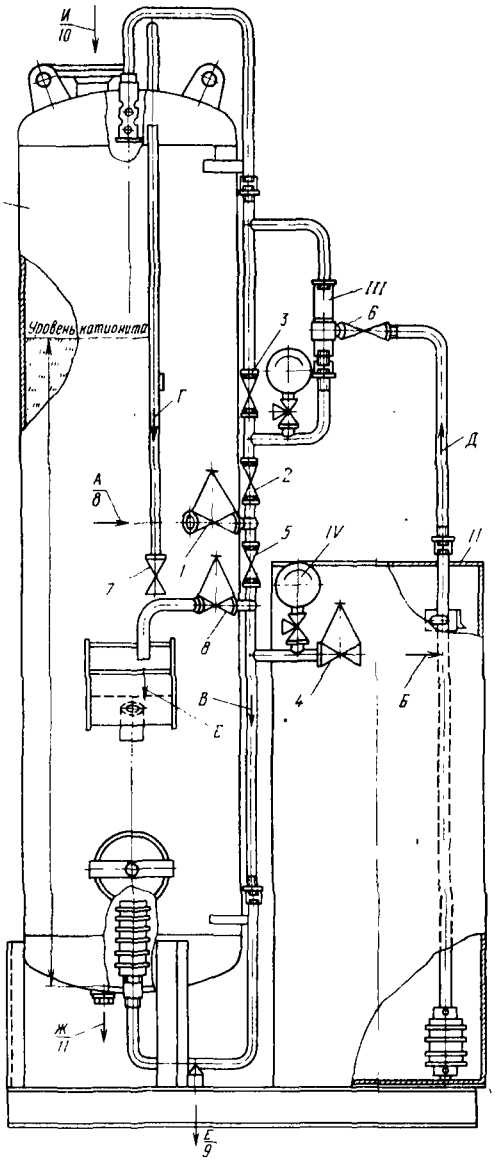


Рис. 35. Блочная водоподготовительная установка ВПУ-1,0 (без осветлительного фильтра):

А – подвод исходной воды, $D_у$ 15 мм; *Б* – отвод обработанной воды, $D_у$ 15 мм; *В* – подвод воды на взрыхление, $D_у$ 15 мм; *Г* – сброс взрыхляющей воды, $D_у$ 15 мм; *Д* – подвод концентрированного раствора реагента, $D_у$ 15 мм; *Е* – сброс в дренаж, $D_у$ 15 мм; *Ж* – гидрозагрузка фильтрующего материала, $D_у$ 25 мм; *И* – гидрозагрузка фильтрующего материала, $D_у$ 50 мм; *I* – Na-катионитный фильтр; *II* – растворный бак; *III* – эжектор; *IV* – манометры; *1* – клапан на линии подвода исходной воды; *2* – клапан на линии исходной воды в фильтр и рабочей воды к эжектору; *3* – клапан на линии подвода исходной воды на ионитный фильтр; *4* – клапан на линии отвода обработанной воды; *5* – клапан на линии подвода воды на взрыхление; *6* – клапан на линии подвода концентрированного раствора реагента; *7* – клапан на линии сброса воздуха и взрыхляющей воды; *8* – клапан на линии сброса регенерационного раствора; *9* – клапан линии сброса в дренаж; *10* – штуцер для гидрозагрузки фильтрующего материала; *11* – штуцер для гидровыгрузки фильтрующего материала

Осветлительные фильтры диаметром 480 мм имеют площадь фильтрования 0,18 м^2 при высоте загрузки кварцевого песка (антрацита) 950 мм, размер зерен фильтрующего материала 0,5–1,0 мм.

Растворные цилиндрические баки диаметром 480 мм с плоским днищем и плоской крышкой предназначены для приготовления раствора (26%) поваренной соли. Объем бака 0,2 м^3, высота 1200 мм.

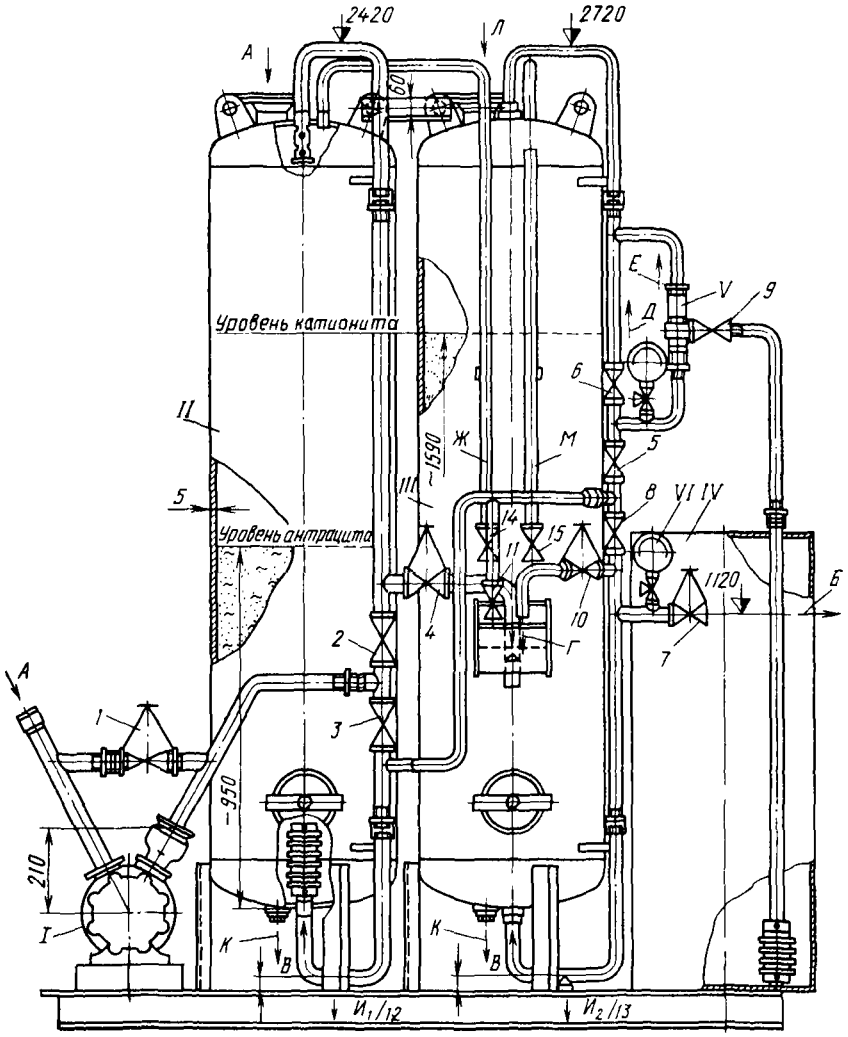


Рис. 36. Блочная водоподготовительная устаиовка ВПУ-1,0-М (с осветлительным фильтром):

А – подвод исходной воды, $D_у$ 25 мм; *Б* – отвод обработанной воды, $D_у$ 15 мм; *В* – подвод воды на взрыхление, $D_у$ 25 мм; *Г* – сброс взрыхляющей воды, $D_у$ 25 мм; *Д* – подвод осветлительной воды к Na-катиоиитному фильтру, $D_у$ 15 мм; *Е* – подвод регенерационного раствора, $D_у$ 15 мм; *Ж* – воздушники, $D_у$ 15 мм; $И_1$, $И_2$ – сброс в дренаж, $D_у$ 25 мм, $D_у$ 15 мм; *К* – гидровыгрузка фильтрующего материала, $D_у$ 25 мм; *Л* – гидрозагрузка фильтрующего материала, $D_у$ 50 мм; *М* – сброс взрыхляющей воды и воздуха, $D_у$ 15 мм; *1* – насос исходной воды; *II* – освет-

Исходная вода (в установках ВПУ-1,0-М и ВПУ-1,0-К осветленная) подается в верхнюю часть фильтра через верхнее распределительное устройство. Вода, пройдя слой катионита в направлении сверху вниз, умягчается. Умягченная вода отводится в питательный бак. При достижении, по мере истощения катионита, предельно допустимой жесткости умягченной воды 20 мкг-экв/кг установку отключают на регенерацию.

Перед регенерацией слой катионита предварительно взрыхляют потоком воды снизу вверх. Вода из верхней части фильтра при взрыхлении сбрасывается в дренаж. Взрыхление сопровождается одновременной отмывкой и продолжается до полного осветления воды ~ 15 мин. При работе на осветленной воде взрыхление перед каждой регенерацией необязательно, периодичность его устанавливается при наладке оборудования установки. Расход воды при взрыхлении катионита регулируется таким образом, чтобы исключить вынос зерен катионита крупнее 0,3 мм.

Регенерацию катионитового фильтра производят 6–8%-ным раствором поваренной соли, который получают после эжектора, разбавляющего исходной водой 25%-ный раствор поваренной соли, забираемой из растворного бака. При подогреве раствора соли до 30–45 °С повышаются эффективность регенерации и обменная емкость катионита. Отработанный регенерационный раствор отводится из нижней части фильтра и сливается в дренаж. Продолжительность регенерации около 1 ч.

После регенерации производится отмывка катионита от продуктов регенерации и избытка раствора соли. Отмывка осуществляется пропуском воды сверху вниз через слой загрузки и сбросом ее в дренаж. Продолжительность отмывки около 1 ч.

Весь процесс восстановления обменной способности фильтра составляет 2,0–2,5 ч. Для обеспечения работы котла в этот период перед регенерацией запас умягченной воды в питательном баке не менее 3 м^3.

Продолжительность рабочего цикла фильтра между регенерациями при работе котлов Е-1/9 с номинальной паропроизводительностью

лительный фильтр; *III* – Na-катионитный фильтр; *IV* – растворный бак; *V* – эжектор; *VI* – манометр; *1* – клапан байпаса насоса; *2* – клапан на линии подвода исходной воды к осветлительному фильтру; *3* – клапан на линии подвода исходной воды на взрыхление; *4* – клапан на линии сброса в дренаж взрыхляющей воды из осветлительного фильтра; *5* – клапан на линии подвода рабочей воды к эжектору и осветленной воды на Na-катионитный фильтр; *6* – клапан на линии подвода осветленной воды на Na-катионитный фильтр; *7* – клапан на линии отвода отработанной воды; *8* – клапан на линии подвода взрыхляющей воды на Na-катионитный фильтр; *9* – клапан на линии подвода концентрированного раствора соли к эжектору; *10, 11* – клапаны на линиях пробоотборников; *12* – клапан на дренажной линии из осветлительного фильтра; *13* – клапан на дренажной линии из Na-катионитного фильтра; *14* – клапан на линии сброса воздуха; *15* – клапан на линии сброса взрыхляющей воды и воздуха

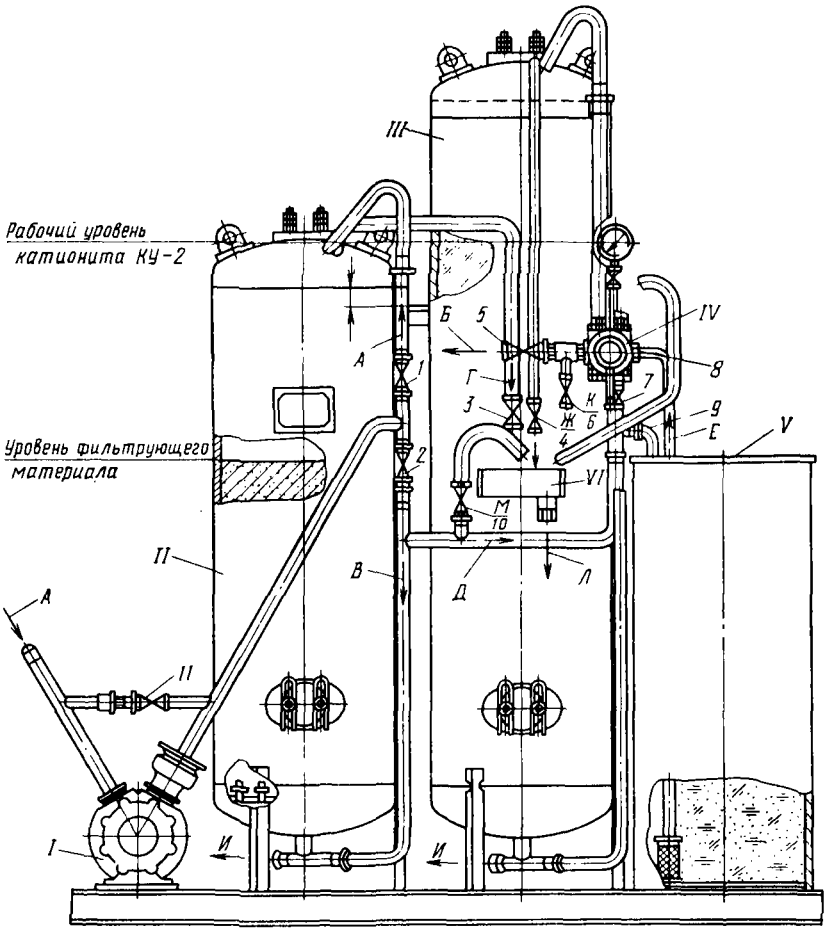


Рис. 37. Блочная водоподготовительная установка ВПУ-1,0-К с осветлительным фильтром:

А – подвод исходной воды, D_y 15 мм; *Б* – отвод обработанной воды, D_y 15 мм; *В* – подвод воды на взрыхление осветлительного фильтра, D_y 15 мм; *Г* – сброс взрыхляющей воды и воздуха из осветлительного фильтра, D_y 15 мм; *Д* – подвод осветленной воды на Na-катионитный фильтр, D_y 15 мм; *Е* – подвод концентрированного раствора соли к эжектору, D_y 15 мм; *Ж* – отвод взрыхляющей воды и воздуха из Na-катионитного фильтра, D_y 15 мм; *И* – сброс в дренаж, D_y 15 мм; *К* – отбор умягченной воды, D_y 15 мм; *Л* – сброс в дренаж, D_y 15 мм; *М* – отбор проб осветленной воды, D_y 15 мм; *I* – насос исходной воды; *II* – осветлительный фильтр; *III* – Na-катионитный фильтр; *IV* – трехходовой кран с встроенным эжектором; *V* – растворный бак; *VI* – пробоотборники и дренаж; *1* – клапан на линии подвода исходной воды к осветлительному фильтру; *2* – клапан на линии подвода исходной воды на взрыхление осветлительного фильтра; *3* – клапан на

Таблица 17. Техническая характеристика водоподготовительных установок производительностью 1,0 м³/ч

Наименование	Марка установки		
	ВПУ-1,0	ВПУ-1,0-М	ВПУ-1,0-К
Рабочее давление исходной воды, МПа (кгс/см²)	0,4 (4,0)	0,4 (4,0)	0,4 (4,0)
Температура обрабатываемой воды, °С	⩽ 40	⩽ 40	⩽ 40
Исходная вода:			
жесткость, мг-экв/кг	⩽ 5	⩽ 5	⩽ 5
сухой остаток, мг/кг	⩽ 350	⩽ 350	⩽ 350
содержание взвешенных веществ, мг/кг	⩽ 50	⩽ 50	⩽ 50
Осветленная вода, содержание взвешенных веществ		Прозрачность по шрифту 40 см	
Жесткость умягченной воды, мкг-экв/кг	⩽ 20	⩽ 20	⩽ 20
Габаритные размеры, мм:			
длина	1070	2150	2037
ширина	630	1000	800
высота	2720	2720	2530
Масса, кг	225	368	690

зависит от качества исходной воды и доли возвращаемого конденсата; она может быть проиллюстрирована следующими значениями:

Жесткость исходной воды, мг-экв/кг	2	4	6
Продолжительность цикла, ч:			
при работе котла без возврата конденсата	120	60	40
в случае возврата 50% конденсата	240	120	80

Блочные водоподготовительные установки ВПУ-2,5; ВПУ-5,0 (без осветлительного фильтра) предназначены для умягчения воды из артезианских скважин и водопровода и используются в комплекте с котлами Е-1,6/9 и Е-2,5/9. Цикл работы установки включает: умягчение

линии сброса в дренаж воздуха и взрыхляющей воды из осветлительного фильтра; *4* – клапан на линии сброса в дренаж воздуха и взрыхляющей воды из Na-катионитного фильтра; *5* – клапан на линии отвода обработанной воды; *6* – клапан пробоотборника умягченной воды; *7* – клапан на линии подвода осветленной воды в Na-катионитный фильтр; *8* – клапан на линии подвода концентрированного раствора соли к эжектору; *9* – клапан на линии подвода осветленной воды в растворный бак; *10* – клапан пробоотборника осветленной воды; *11* – клапан байпасной линии насоса

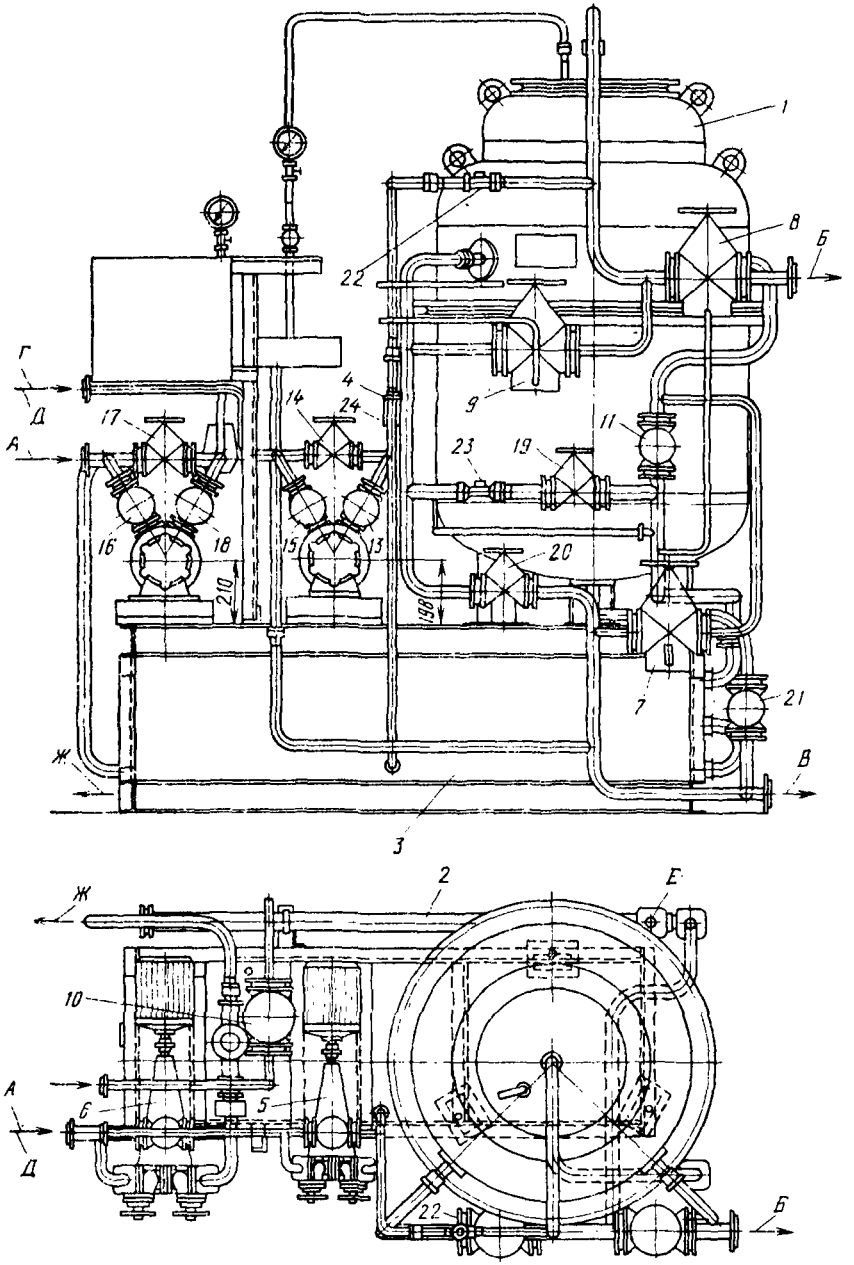


Рис. 38. Блочная водоподготовительная установка ВПУ-5,0 (без осветлительного фильтра):

воды на Na-катионитном двухходовом противоточном фильтре, регенерацию ионитовой загрузки раствором поваренной соли и отмывки катионита от продуктов регенерации и избытка регенерационного раствора. Отмывку слоя ионита от накопленных загрязнений производят через 8–10 циклов фильтрации после окончания процесса умягчения.

Отличительной особенностью схемы этих установок является "насосное" управление запорной арматурой при осуществлении основных процессов (кроме взрыхления лобового слоя ионита и дренирования, при которых управление арматурой производится вручную). При фильтровании дистанционно управляемые клапаны *7* и *9* (рис. 38) находятся в нормально закрытом положении, а клапаны *8* и *10* – в нормально открытом положении. Управление процессом регенерации осуществляется подачей давления воды от нагнетательной линии насоса *5* в подмембранное пространство клапанов, у которых обеспечивается указанное взаимное положение. Отмывка катионита от продуктов регенерации осуществляется при том же положении исполнительных органов, что и при регенерации, но после полного опорожнения бака-мерника концентрированного раствора поваренной соли. При умягчении исходная вода предварительно подогревается для исключения "запотевания" оборудования.

Регулирование производительности установок от 3,0 до 1,0 $м^3/ч$ и от 5,5 до 2,5 $м^3/ч$ осуществляется в зависимости от расхода, при нагрузке ниже 1,0 и 2,5 $м^3/ч$ – клапаном *17*.

Регенерационный раствор поваренной соли (8%) получается на выходе из эжектора при прокачивании через него умягченной воды из бака воз-

---

А – подвод воды на обработку, $D_у$ 32 мм; *Б* – отвод обработанной воды, $D_у$ 32 мм; *В* – дренаж, $D_у$ 32 мм; *Г* – подвод концентрированного раствора хлористого натрия, $D_у$ 20 мм; *Д* – подвод умягченной воды из бака возврата конденсата, $D_у$ 32 мм; *Е* – подвод теплоносителя, $D_у$ 32 мм; *Ж* – отвод теплоносителя, $D_у$ 32 мм: *1* – Na-катионитный двухходовой противоточный фильтр; *2* – бак-мерник концентрированного регенерационного раствора; *4* – эжектор; *5, 6* – насосы; *7* – клапан на линии сброса регенерационного раствора в дренаж; *8* – клапан на линии отвода обработанной воды; *9* – клапан на линии подачи регенерационного раствора в фильтр; *10* – клапан на линии подвода концентрированного раствора соли; *11* – клапан на линии подвода отмывочной воды; *12* – клапан на линии подачи регенерационного раствора в фильтр (в данном модернизированном варианте отсутствует); *13* – клапан на линии подачи умягченной воды в эжектор; *14* – клапан на байпасной линии насоса; *15* – клапан на линии подвода к насосу умягченной воды из бака возврата конденсата; *16* – клапан на линии подвода исходной воды к насосу; *17* – клапан на байпасной линии насоса; *18* – клапан на линии подачи исходной воды в теплообменник; *19* – клапан на линии подвода исходной воды к фильтру; *20* – клапан на линии отмывочной воды в дренаж; *21* – клапан на линии фильтра; *22* – обратный клапан на линии подачи регенерационного раствора; *23* – обратный клапан на линии подачи исходной воды в фильтр; *24* – обратный клапан на линии подачи концентрированного раствора соли

врата конденсата и подмешивании в нее концентрированного раствора соли из бака – склада мокрого хранения соли, не входящего в состав установки.

Готовый регенерационный раствор поступает в фильтр двумя потоками, соотношение между расходами которых регулируется вентилем *12*. Отработанный раствор сбрасывается в дренаж через клапан *7*. Как только опорожнится бак-мерник (при закрытом вентиле *10*), срабатывает клапан отсекателя воздуха и через эжектор *4* насосом *5* прокачивается только умягченная вода для отмывки ионита от продуктов регенерации. После отмывки фильтр готов к работе.

Na-катионитный противоточный двухходовой фильтр представляет собой вертикальный сосуд диаметром 1000 мм, в который соосно помещен сосуд диаметром 700 мм.

Связь обеих камер между собой обеспечивается благодаря тому, что внутренний цилиндр не доходит до нижнего днища наружного корпуса на 125 и 175 мм. Подвод обрабатываемой воды и регенерационного раствора осуществляется через верхнее распределительное устройство в камеру, образованную наружным корпусом фильтра и внутренним цилиндром. Через верхнее распределительное устройство отводится также вода со взвесью при взрыхлении лобового слоя катионита.

Среднее распределительное устройство в фильтрах, выполненное в виде кольцевой камеры, размещенной в водяной полости, к которой на муфтах присоединены трубки с колпачками ВТИ-К, предназначено для сбора регенерационного раствора и ввода воды при взрыхлении верхнего (лобового) ионитового слоя.

Сбор обработанной воды, а также подвод регенерационного раствора осуществляется через распределительное устройство внутренней камеры, которое представляет собой коробку с колпачками.

Внутренняя камера заполнена катионитом (КУ-2-8) полностью, а наружная – несколько ниже фланцевого разъема. Обрабатываемая вода в наружную камеру движется через слой ионита сверху вниз. В нижней части фильтра вода меняет направление движения на противоположное и, поднимаясь по внутренней камере, собирается распределительным устройством.

Регенерационный раствор вводится в фильтр двумя потоками: первый – через верхнее распределительное устройство наружной камеры проходит через лобовой слой ионита и выводится через среднее распределительное устройство; второй – через распределительное устройство внутренней камеры проходит через ее загрузку (сверху вниз) и загрузку наружной камеры (снизу вверх) и выводится из фильтра через среднее распределительное устройство. Таким образом основной слой ионита регенерируется противотоком, а лобовой – прямотоком.

Установки ВПУ-2,5 и ВПУ-5,0 поставляются в собранном виде комплектно, включая: два насоса с электродвигателями, Na-катионитный противоточный двухходовой фильтр, теплообменник, бак-мерник, эжек-

тор, арматуру, обратные клапаны, дистанционно управляемые клапаны, технологические и импульсные трубопроводы, панель управления электродвигателями насосов, манометры с трехходовыми кранами, фундаментную раму.

Техническая характеристика водоподготовительных установок ВПУ-2,5 и ВПУ-5,0 приведена в табл. 18.

Таблица 18. Техническая характеристика установок ВПУ-2,5 и ВПУ-5,0

Наименование	Марка установки	
	ВПУ-2,5	ВПУ-5,0
Производительность, $м^3/ч$	2,5	5,0
Рабочее давление исходной воды, МПа ($кгс/см^2$)	0,4 (4)	0,4 (4)
Температура обрабатываемой воды, °С	⩽ 40	⩽ 40
Исходная вода:		
жесткость, мг-экв/кг	⩽ 5	⩽ 5
сухой остаток, мг/кг	⩽ 350	⩽ 350
содержание взвешенных веществ	Прозрачность по шрифту 40 см	
Жесткость умягченной воды, мкг-экв/кг	⩽ 20	⩽ 20
Габаритные размеры, мм:		
длина	2000	2365
ширина	1160	1275
высота	2000	2672
Масса, кг	750	1685

В блочных водоподготовительных установках ВПУ-10,0-М (с осветлеиным фильтром) могут быть осуществлены четыре схемы обработки воды: Na-катионирование; совместное NH4-Na-катионирование; осветление – Na-катионирование; осветление – совместное NH_4-Na-катионирование. Установка рассчитана на работу при качестве исходной воды (не ниже):

Содержание взвешенных частиц	⩽50 мг/кг
Сухой остаток	⩽ 500 мг/кг
Жесткость общая	⩽ 5 мг-экв/кг
Жесткость карбонатная	⩽ 5 мг-экв/кг

Исходная вода после теплообменника подается насосом в осветлительный фильтр, пройдя который, поступает в катионитный фильтр. В зависимости от температуры, напора и качества исходная вода может подаваться, минуя теплообменник или насос или осветлительный фильтр.

Водоподготовительная установка включает два катионитных фильтра, которые могут работать последовательно или параллельно (по одноступенчатой схеме) при увеличенной вдвое производительности. Последовательная работа катионитных фильтров позволяет достичь более

глубокого умягчения катионированной воды и постоянства ее качества. Умягченная вода направляется в термический деаэратор для удаления растворенных в ней газов.

Комплект оборудования водоподготовительной установки обеспечивает возможность их работы по схемам Na-катионирования и NH_4-Na-катионирования. Поваренную соль и сульфат аммония хранят в мокром виде в состоянии насыщенного раствора. При работе по схеме Na-катионирования бак-склад полностью заполняется поваренной солью, раствор которой во время регенерации может забираться из обоих мерников. В случае работы установки по схеме NH_4-Na-катионирование половину бака-склада и один мерник используют для хранения, получения насыщенного раствора сульфата аммония и отмеривания его.

Растворение насыщенных растворов поваренной соли и сульфата аммония до заданной концентрации производят в эжекторах.

В процессе умягчения исходная вода движется в катионитном фильтре сверху вниз со скоростью фильтрации до 25–30 м/ч и умягченная отводится из фильтров. Рабочий цикл фильтров заканчивается, и фильтры отключаются на регенерацию при достижении жесткости умягченной воды в фильтре первой ступени 0,05 мг-экв/кг и в фильтре второй ступени 0,01 мг-экв/кг. Взрыхление катионита производится потоком осветленной воды в направлении снизу вверх. Во время регенерации раствор реагента пропускается через катионит сверху вниз со скоростью 4–5 м/ч при Na-катионировании и 10 м/ч при NH_4-Na-катионировании. Продолжительность пропуска регенерационного раствора – 30 мин. Крепость регенерационного раствора поваренной соли при Na-катионировании – 6%, раствора поваренной соли и сульфата аммония при NH_4-Na-катионировании – не более 3%. При отмывке катионита фильтров осветленной водой поддерживается скорость 4–5 м/ч для схемы Na-катионирования и 10 м/ч – NH_4-Na-катионирования. Отмывку производят в течение 40–60 мин.

В комплект поставки водоподготовительной установки входят: теплообменник; осветлительный фильтр; два катионитных фильтра; бак-склад (один комплект); регулировочный бачок; два эжектора; два центробежных насоса; два электродвигателя с панелью управления; трубопроводы с запорной арматурой, манометрами и трехходовыми кранами; фундаментная рама.

Техническая характеристика установки ВПУ-10,0-М

Производительность, $м^3/ч$	10,0
Рабочее давление исходной воды, МПа ($кгс/см^2$)	0,6 (6)
Температура обрабатываемой воды, °С	≤ 40
Осветленная вода – содержание взвешенных частиц	Прозрачность по Шрифту 40 см
Жесткость умягченной воды, мкг-экв/кг	≤ 20

Габаритные размеры, мм:	
длина	3050
ширина	2300
высота	3960
Масса, кг	4080

13. АВТОМАТИКА РЕГУЛИРОВАНИЯ РАБОТЫ КОТЛОВ

Система автоматического регулирования котлов КПА-500

В системе автоматики котла (см. рис. 1) имеются два автомата контроля давления пара АКД-1 и АКД-2, которые непосредственно управляют его работой в зависимости от давления пара.

Автоматы контроля давления пара АКД-1 и АКД-2 регулируются на месте эксплуатации котла в зависимости от верхнего и нижнего пределов давления пара, необходимых для нормальной работы потребителей, а также в зависимости от расхода пара, причем автомат АКД-2 регулируется на несколько меньшее давление пара, чем автомат АКД-1, выключающий котел при достижении верхнего давления пара.

Если давление пара на выходе из котла увеличится выше давления, установленного на автомате контроля давления АКД-2, то автомат АКД-2 выключит вторую топливную форсунку, передвинет воздушную дроссельную заслонку и переключит электродвигатель питательного насоса для работы котла на половинную производительность.

При этой производительности котел будет работать до тех пор, пока из-за увеличения расхода пара давление его не уменьшится ниже давления, установленного на автомате АКД-2 для включения в работу второй форсунки и соответствующих агрегатов для работы котла на максимальную производительность.

Регулирование производительности питательного насоса обеспечивается применением двухскоростного электродвигателя для его привода.

Если при работе котла на половинной производительности давление пара увеличится выше давления, установленного на автомате АКД-1, то автомат АКД-1 выключит и первую форсунку, и котел будет оставаться выключенным до тех пор, пока давление пара не упадет ниже давления, установленного на автомате АКД-2 для включения, после чего произойдет повторный автоматический запуск котла по первоначальному циклу.

В случае превышения температуры уходящих газов 210 °С предусмотрено автоматическое отключение котла. Импульс на отключение подается от термостата, установленного в трубе отвода продуктов сгорания из котла.

В котлах КПА-500 предусмотрен автоматический останов работы котла в случаях: повышения температуры пара сверх установленной (190 °С); превышения рабочего давления пара более 0,02 МПа (0,2 кгс/см^2); прекращения горения топлива; повышения температуры уходящих

газов сверх 210 °С; обрыва одного (контролируемого) или двух ремней привода питательного насоса. Предохранительный клапан парового котла отрегулирован на 0,93 МПа (9,3 кгс/см^2).

В котлах, работающих на газообразном топливе, кроме перечисленных случаев предусматривается автоматический останов при снижении давления газа на 300 Па (30 мм вод. ст.) ниже допускаемого значения и при снижении давления воздуха перед горелкой на 100 Па (10 мм вод. ст.) ниже установленного.

Система автоматического регулирования котла малой мощности АМК-У

Комплексная автоматизация работы паровых котлов паропроизводительностью до 1,6 т/ч и водогрейных котлов, работающих на жидком и газообразном топливе, осуществляется системой АМК-У, рассчитанной на работу в закрытых отапливаемых помещениях в диапазоне температур от +5 до +50 °С при относительной влажности до 80%. В зависимости от области применения, типа и вида сжигаемого топлива предусматривается восемь модификаций системы.

Модификации системы АМК обеспечивают двухпозиционное автоматическое в заданных пределах регулирование давления пара и уровня воды в барабане котла, пропорциональную подачу воздуха и поддержание разрежения в топке в соответствии с расходом топлива, а также защиту котла при упуске воды, превышении давления пара сверх допустимого, при прекращении подачи воздуха и электроэнергии, погасании пламени горелки или форсунки, прекращении тяги. При срабатывании защиты по любому параметру происходит отключение топлива и включается звуковая сигнализация. В случае упуска воды кроме звуковой сигнализации включается световое табло "Воды нет". Автоматические защиты построены таким образом, что после их срабатывания по любому аварийному параметру (кроме погасания пламени) и его восстановлении до нормы самозапуск котла исключается: необходимо вмешательство оператора.

Источником питания системы автоматики служит сеть переменного тока напряжением 220/380 В.

Подача газа в котел осуществляется через газовые клапаны "большого" (К-70) и "малого" (К-40) горения. Жидкое топливо в котел подается аналогично, через два соленоидных клапана. Управление клапанами осуществляется блоком соленоидов (соленоид "большого" горения и соленоид "малого" горения).

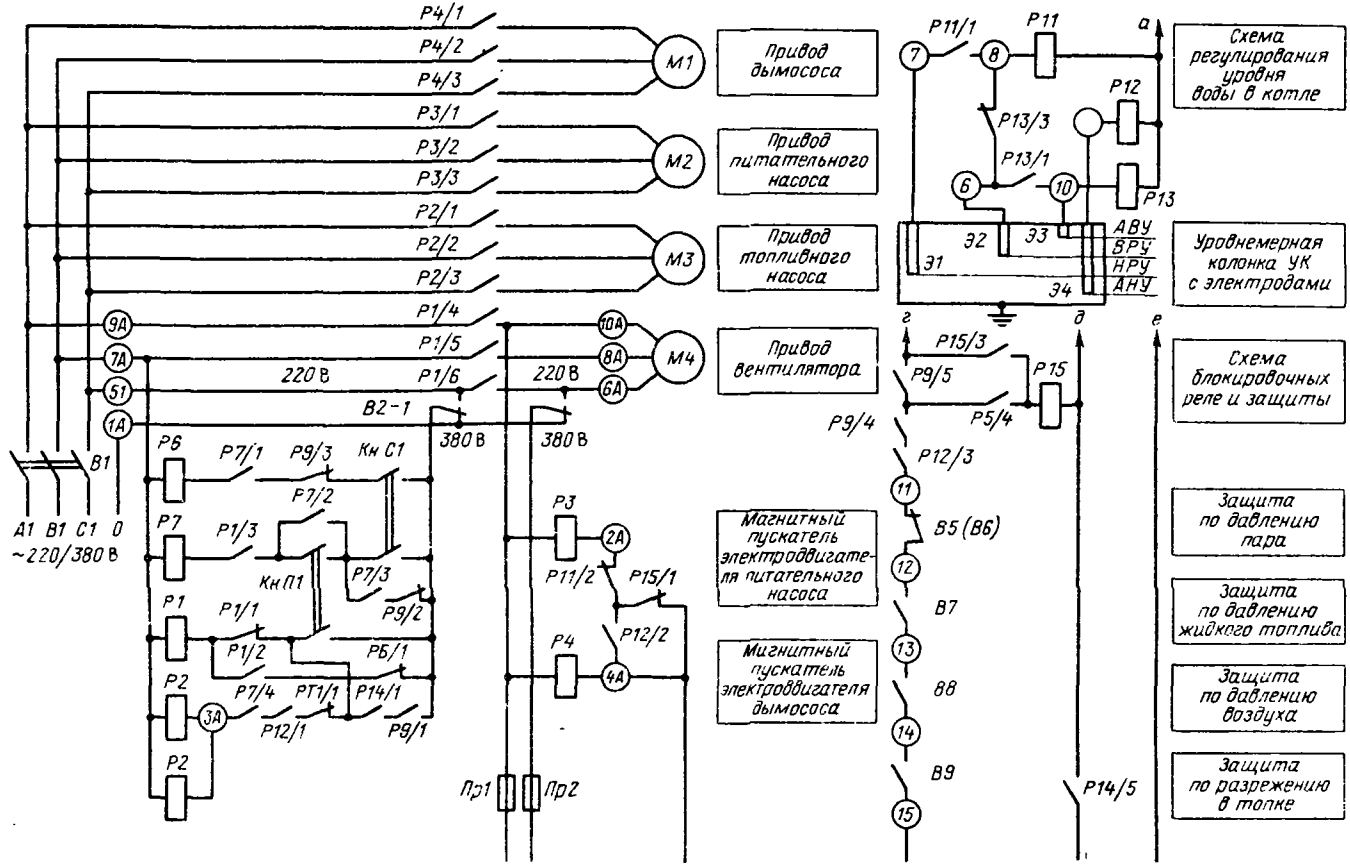
Регулирование давления пара производится двухпозиционным регулятором. Импульс по давлению пара поступает от датчика – реле давления. При нормальной работе котла, когда давление пара находится в заданных пределах, контакт датчика *B4* (рис. 39) замкнут, обмотка реле *P10* находится под током и своим контактом *P10/1* замыкает цепь

питания соленоида клапана "большого" горения *Эм4* (*Эм8*). Превышение давления в котле сверх уставки срабатывания защиты вызывает размыкание контакта *В4*, обесточивание реле *Р10* и отключение контактом *Р10*/1 питания соленоида клапана "большого" горения *Эм4* (*Эм8*). Работа котла продолжается при открытых клапанах запальника *Эм5* (*Эм7*) и "малого" горения *Эм6*. Отключение клапана "большого" горения влечет уменьшение расхода газа до 40% (на жидком топливе до 50%) и, как следствие, снижение давления пара в котле. При падении давления пара в котле до величины, определяемой настройкой датчика, контакт *В4* замыкается, и вновь включается клапан "большого" горения *Эм4* (*Эм8*). Этим обеспечивается работа котла в диапазоне нагрузок 40–100% (на жидком топливе 50–100%). Частота открытия и закрытия клапана "большого" горения определяется характером изменения нагрузки котла и зоной возврата контактного устройства датчика давления.

Регулирование питания котла водой осуществляется двухпозиционным регулятором уровня, датчиками уровня которого являются два электрода (*Э1* и *Э2*) в уровнемерной колонке. Один датчик устанавливается на нижнем регулируемом уровне (НРУ), другой – на верхнем регулируемом уровне (ВРУ).

В случае питания котла от индивидуального питательного насоса с электроприводом *М2* функцию исполнительного органа регулятора питания выполняет магнитный пускатель *Р3*, управляющий работой электродвигателя *М2* питательного насоса. При пониженном уровне воды в котле реле уровня *Р11* обесточено, включен контактами *Р11/2* магнитный пускатель *Р3*, и питательный насос работает с номинальной производительностью. Как только уровень воды достигнет верхнего регулируемого уровня ВРУ, включается реле уровня *Р11* и контактом *Р11/2* разрывает цепь питания магнитного пускателя *Р3*, отключая привод питательного насоса. Питание котла водой прекращается. Реле *Р11* контактом *Р11/1* блокируется. Уровень воды в барабане котла при его работе постепенно понижается, и при снижении его ниже НРУ происходит обесточивание реле *Р11* и включение питательного насоса. Регулирование подачи насоса автоматической системой АМК не предусматривается, уровень воды в барабане регулируется от нижнего до верхнего регулируемых уровней включением насоса на номинальную производительность и отключением его.

Система автоматики АМК предусматривает пропорциональное изменение подачи воздуха при изменении расхода топлива. Это достигается электрической блокировкой управления клапанами "большого" горения *Эм4* (*Эм8*) и электромагнитного исполнительного механизма *Эм1*, осуществляющего открытие воздушной заслонки вентилятора. Максимальному расходу топлива соответствует максимальная подача воздуха. Исполнительный механизм *Эм1* привода воздушной заслонки и соленоиды клапана "большого" горения *Эм4* (*Эм8*) управляются контактами реле *Р10*.


Привод дымососа
Привод питательного насоса
Привод топливного насоса
Привод вентилятора
Магнитный пускатель электродвигателя питательного насоса
Магнитный пускатель электродвигателя дымососа
Схема регулирования уровня воды в котле
Уровнемерная колонка УК с электродами
Схема блокировочных реле и защиты
Защита по давлению пара
Защита по давлению жидкого топлива
Защита по давлению воздуха
Защита по разрежению в топке
М1
М2
М3
М4
Р4/1
Р4/2
Р4/3
Р3/1
Р3/2
Р3/3
Р2/1
Р2/2
Р2/3
Р1/4
Р1/5
Р1/6
220 В
380 В
В2-1
В1
А1 В1 С1 О
~220/380 В
Р6
Р7
Р1
Р2
Р3
Р4
Кн С1
Кн П1
Р7/1
Р7/2
Р7/3
Р7/4
Р9/3
Р9/2
Р1/1
Р1/2
Р1/3
Р6/1
РТ1/1
Р14/1
Р12/1
Р9/1
Р11/2
Р15/1
Р12/2
Пр1
Пр2
Р11/1
Р11
Р12
Р13/3
Р13/1
Р13
АВУ
БРУ
НРУ
АНУ
Э1
Э2
Э3
Э4
Р15/3
Р9/5
Р15
Р5/4
Р9/4
Р12/3
В5 (В6)
В7
В8
В9
Р14/5

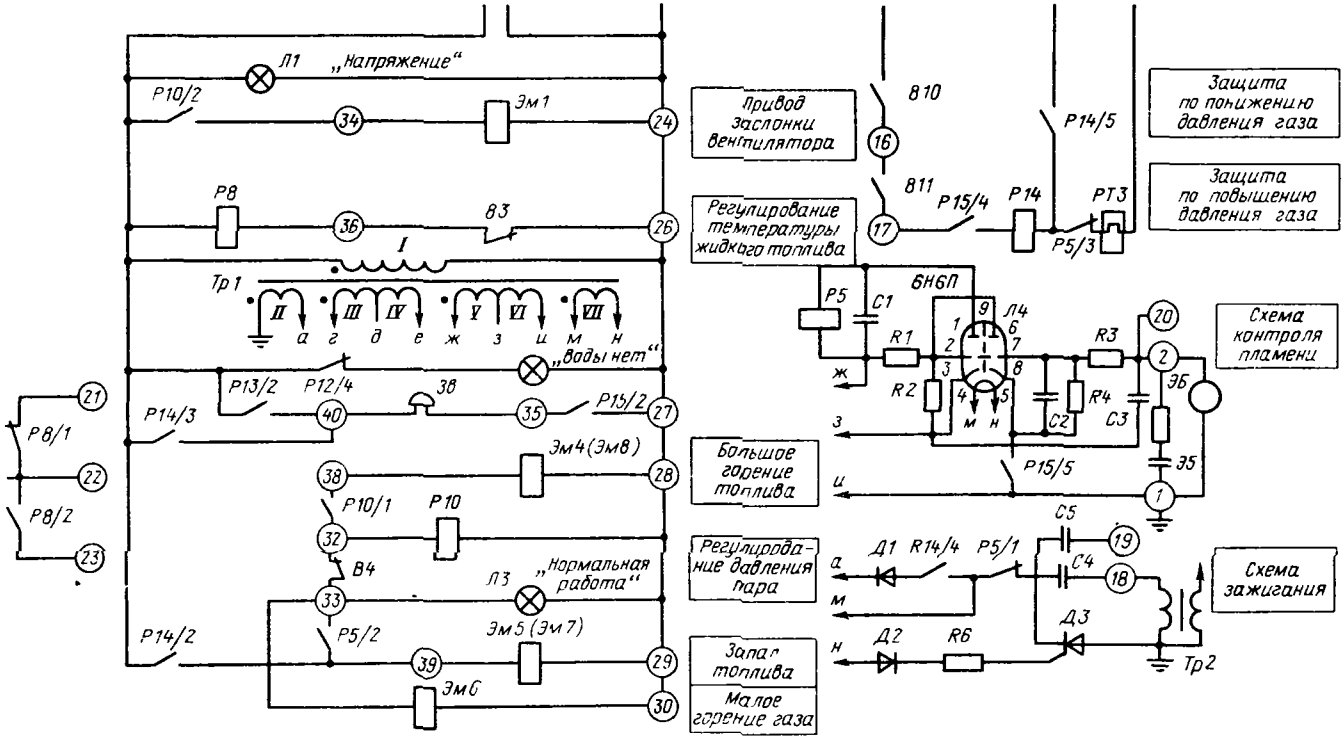


Рис. 39. Система автоматики АМК-У

В котлах, работающих на жидком топливе, для обеспечения тонкого распыла и стабильного горения применяется подогрев топлива до температуры 80–105 °С. Подогрев осуществляется электрическим нагревателем. Регулирование температуры топлива обеспечивается автоматическим включением и отключением нагревателя. В качестве датчика температуры используется комбинированное реле КРД-1 (КРД-2), управляющее своим контактом *В3* цепью питания реле температуры жидкого топлива *Р8*. Если температура жидкого топлива недостаточна, контакт *В3* датчика температуры замыкается, срабатывает реле *Р8* и включается электронагреватель. Как только температура топлива достигнет верхней регулируемой величины, контакт *В3* размыкается, реле *Р8* обесточивается и электронагреватель отключается.

Пуск котла в работу осуществляется дистанционно, нажатием кнопки "Пуск", сопровождающимся срабатыванием магнитного пускателя *Р1*, подачей напряжения на цепи автоматики, включением блокировочного реле *Р7*. Магнитные пускатели *Р3* и *Р4* включают в работу электродвигатели вентилятора *М4*, дымососа *М1* (при его наличии), питательного насоса *М2*. Загораются сигнальные лампы "Напряжение" и "Воды нет" (если уровень ее в барабане котла ниже нижнего аварийного уровня), вентилируется топка, и подготавливается схема к подаче топлива и его зажиганию. После заполнения котла водой гаснет табло "Воды нет", и срабатывает реле *Р12*. После замыкания контактов датчика предельного давления пара *В5*, датчика давления воздуха *В8*, датчика разрежения в топке *В9*, датчика аварийного понижения давления газа *В10*, датчика превышения давления газа *В11* и через 10–15 с после первого нажатия кнопки "Пуск" срабатывает реле *Р5*, котел готов к розжигу. При повторном нажатии кнопки "Пуск" после тщательной вентиляции топки и газоходов происходит автоматический розжиг котла. Срабатывает реле *Р9*, а у котлов, работающих на жидком топливе, срабатывает при этом магнитный пускатель *Р2* электродвигателя топливного насоса, и замыкается контакт датчика давления жидкого топлива *В7*. Когда кнопка "Пуск" будет выключена (при всех нормальных параметрах), реле *Р9*, блокируясь своими контактами, включает схему блокировочных реле и защиты *Р14, Р15*.

Зажигание топлива происходит при устойчивом пробое зазора 6–10 мм на электродах напряжением 10 кВ, создаваемым на вторичной обмотке трансформатора *Тр2*. В схеме автоматики котлов, работающих на газе, предусматривается один трансформатор зажигания, а у котлов, работающих на жидком топливе, – два параллельно включаемых трансформатора. Управление схемой зажигания осуществляет реле контроля пламени *Р5*. Если пламя в топке погаснет, срабатывает реле *Р5* и включает схему зажигания. Вместе с этим включается в работу тепловое реле времени *РТ1*, и в течение 25–40 с производится попытка автоматического розжига.

В котлах, работающих на газообразном топливе, искра от трансформатора зажигания подается на зажигание газа, выходящего из запальника при открытом клапане *Эм5,* а на жидком топливе – непосредственно на зажигание топлива при открытом клапане малого горения *Эм7.* Появление факела сопровождается включением исполнительного механизма *Эм8,* полностью открывающего воздушную заслонку. На газовом топливе открываются клапаны большого и малого горения, а на жидком топливе – клапан большого горения. При успешном запуске загорается сигнальная лампа "Нормальная работа". Останавливают котел нажатием кнопки "Стоп".

Защита котла при превышении давления пара выше заданного настройкой датчика (реле ДД-10-20К) происходит при размыкании контакта *В5* и срабатывании схемы защиты, реле *Р14* и *Р9* обесточиваются, и подача топлива прекращается.

Для защиты котла от упуска воды в уровнемерной колонке устанавливается датчик нижнего аварийного уровня *Э4,* который включается в цепь питания реле *Р12.* Аварийное понижение уровня воды сопровождается разрывом цепи питания реле *Р12,* катушка реле обесточивается, срабатывает схема защиты, реле *Р9, Р14* обесточиваются, прекращается подача топлива, и отключается питательный насос.

Защита котла от перепитки водой не предусматривается. Для исключения аварий, связанных с перепиткой котла, в схеме автоматики предусмотрена сигнализация верхнего аварийного уровня, датчиком которой служит электрод *Э3* в уровнемерной колонке.

В защите котла от аварийного понижения разрежения применяется датчик (реле напора и тяги ДНТ-100), настраиваемый на определенную тягу. При уменьшении тяги срабатывает датчик, его контакт *В9* разрывается, срабатывает схема защиты, и реле *Р9, Р14* обесточиваются.

Схема защиты котла при аварийном понижении давления жидкого топлива построена с использованием в качестве датчика реле давления РД-12 с пределами настройки от 0,5 до 2,0 МПа (от 5 до 20 кгс/см^2). Снижение давления топлива ниже уставки срабатывания защиты связано с размыканием контакта реле *В7,* что вызывает срабатывание схемы защиты и обесточивание реле *Р9, Р14.*

Устройство контроля пламени в автоматической системе АМК представляет двухкаскадный усилитель постоянного напряжения на двойном триоде 6Н6П. На вход схемы к зажимам *1, 2* подключается чувствительный элемент. Выходом схемы служит нагрузка реле контроля пламени *Р5,* контакты которого управляют включением и отключением газовых и мазутных клапанов и системы зажигания. В котлах, работающих на газе, чувствительным элементом является контрольный электрод *Э5,* устанавливаемый в топке изолированно от корпуса горелки и котла таким образом, чтобы конец его омывался пламенем горелки (запальника), см. рис. 10.

При работе котлов на жидком топливе в качестве чувствительного элемента применяется фотоэлемент *Эб* и фотоэлектрический датчик (ФД). Устройство контроля пламени обеспечивает защиту котла при аварийном погасании пламени.

Система автоматики КСУ-2П

Комплект средств управления (КСУ) (рис. 40) для паровых котлов паропроизводительностью до 2,5 т/ч, работающих на газообразном и жидком топливе, разработан взамен системы автоматики АМК-У. Комплект средств управления при различном сочетании приборов и устройств позволяет автоматизировать работу котлов независимо от тепловой схемы и вида сжигаемого топлива.

Котлы с естественной циркуляцией, принудительной подачей воздуха и принудительной тягой комплектуются средствами управления КСУ-2П-1, такие же котлы с топками под наддувом – средствами управления КСУ-2П-2. Для оснащения прямоточных котлов с топкой под наддувом предназначен комплект КСУ-2П-3. Электрическое питание комплекта осуществляется от трехфазной сети переменного тока напряжением 220/380 В или 127/220 В.

Комплект средств управления рассчитан на работу при температуре окружающего воздуха от +5 до +50 °С и относительной влажности от 30 до 80% во всем диапазоне рабочих температур, обеспечивает регулирование:

уровня воды в барабане котла в пределах от нижнего регулируемого уровня (НРУ) до верхнего регулируемого уровня (ВРУ) по сигналам датчика уровнемерной колонки;

подачи топлива и воздуха в диапазоне 50–100% по сигналу датчика давления пара;

температуры мазута в интервале 80–95 °С по сигналам датчика регулирования температуры топлива.

Автоматические защиты и блокировки обеспечивают останов котла и блокировку его пуска при понижении уровня воды в барабане котла ниже нижнего аварийного уровня (НАУ); повышении давления пара в котле сверх допустимого; понижении давления воздуха за заслонкой; понижении давления газа перед блоками клапанов или его аварийном повышении; понижении температуры мазута или ее аварийном повышении; понижении давления мазута перед клапаном-отсекателем; погасании пламени основного факела или пламени запальника.

Световая сигнализация предусмотрена зеленым светом: "Сеть", "Котел включен", "Регулирование"; красным светом: "Котел отключен" с расшифровкой причины отключения; "Давление воздуха низкое", "Давление пара высокое", "Уровень воды низкий", "Уровень воды высокий", "Давление топлива низкое", "Давление газа высокое", "Температура мазута низкая", "Температура мазута высокая", "Нет пламени".

Автоматика формирует информационный сигнал на диспетчерский пульт об окончании розжига и о нарушении нормальной работы котла или комплекта.

Конструктивно комплект КСУ-2П выполнен в виде двух отдельных блоков: блока управления и сигнализации (БУС) и блока коммутационных элементов (БКЭ).

В блоке БУС размещены все элементы, обеспечивающие управление пуском и остановом, регулирование, защиту, сигнализацию. На передней панели располагаются сигнальные лампы, органы управления и контроля.

В блоке БКЭ размещены: реле и пускатели, автоматический выключатель сети, блок запального устройства схемы зажигания.

Электрическое соединение блоков БУС и БКЭ между собой осуществляется с помощью соединительного кабеля, оканчивающегося вилками разъемов типа РША, а соединение блоков с внешними устройствами — через клеммные колодки, расположенные на задней стенке блока БУС и в нижней части блока БКЭ.

Комплект содержит следующие основные функциональные устройства: устройство программного управления и регулирования; устройство защиты блокировок и сигнализации; усилителей мощности; устройство питания.

Схемы устройств программного управления и регулирования, защиты и сигнализации построены на элементах двоичной логики.

Устройство программного управления и регулирования формирует последовательность команд управления исполнительными органами и приводами в процессе работы котла. При выполнении программы пуска устройство автоматически вырабатывает необходимую последовательность команд на включение устройств защиты по отдельным параметрам и состояниям.

Устройство защиты и блокировки воспринимает сигналы датчиков защиты и при аварийном значении любого из этих сигналов обеспечивает останов котельной установки и блокировку ее пуска (путем воздействия на управляющие блоки), а также подачу команд на включение соответствующих устройств аварийной сигнализации. Включение в работу устройств защиты и блокировки производится в процессе пуска котельной установки по сигналам, поступающим от управляющих устройств.

Устройство аварийной сигнализации вырабатывает команды на включение световых и звуковых сигналов по импульсам команд устройств защиты и блокировки. На передней панели блока БУС имеются кнопки проверки исправности и отключения световой и звуковой сигнализации. Рабочая сигнализация управляется сигналами с устройства программного управления и регулирования.

Усилители мощности служат для усиления мощности управляющих сигналов, вырабатываемых управляющими устройствами и подаваемых на исполнительные устройства котельной установки.

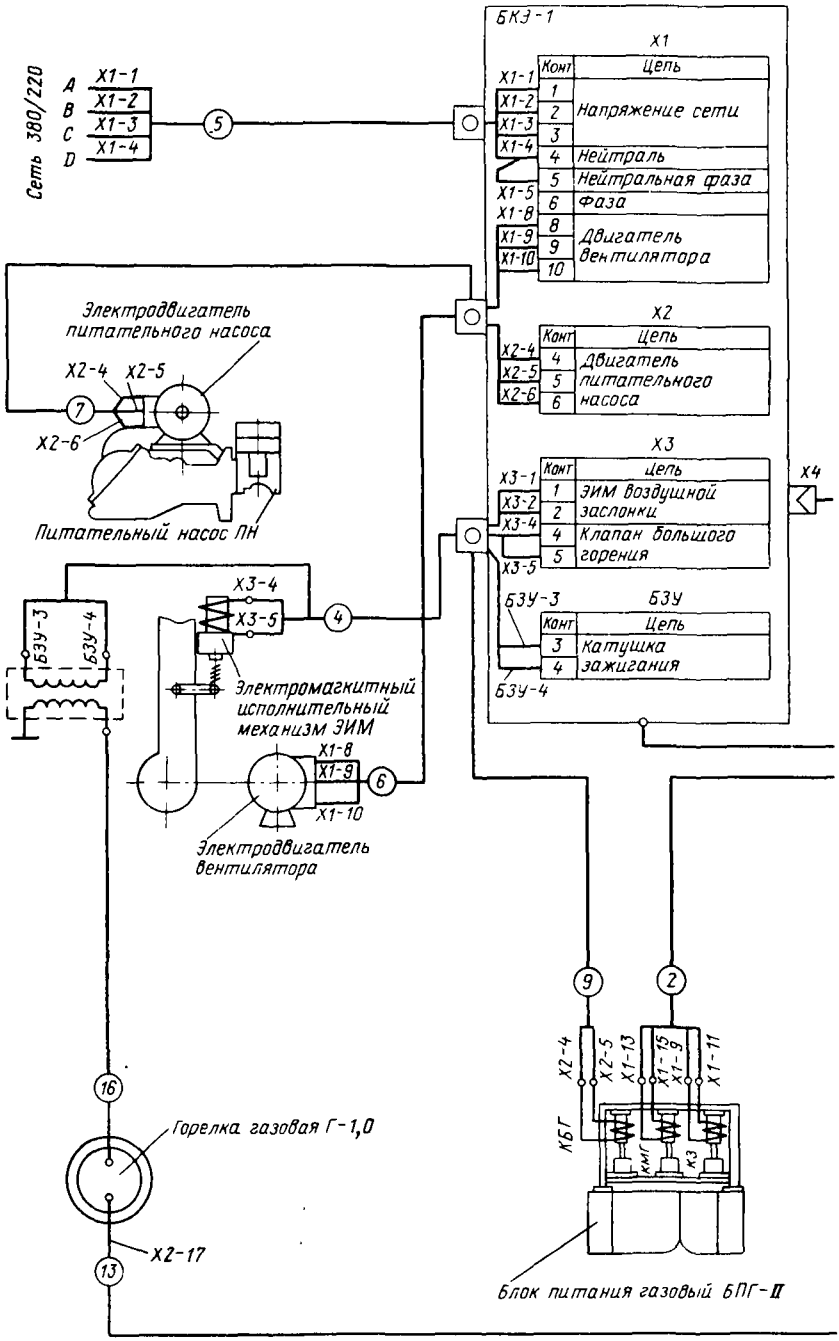
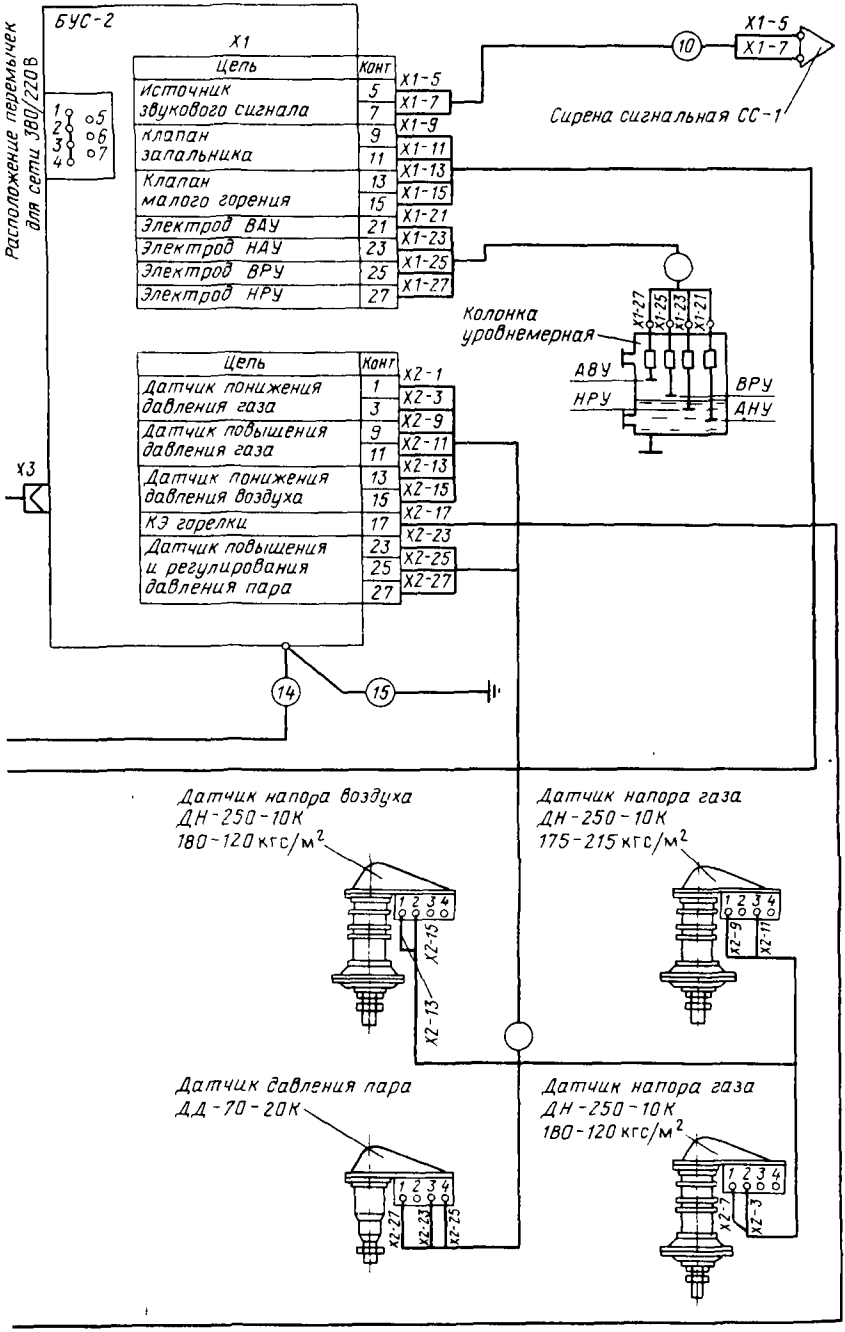


Рис. 40. Схема электрических соединений системы автоматики КСУ-2П для паровых



котлов, работающих на газе

Преимущества системы автоматики КСУ-2П по сравнению с системой АМК-У:

система КСУ-2П предусматривает полную автоматизацию котла с возможностью контроля и управления с диспетчерского пункта;

система КСУ-2П обеспечивает защиту, аварийную и рабочую сигнализацию с запоминанием первопричины останова котла;

система КСУ-2П повышает надежность работы оборудования за счет более совершенной схемы с использованием высоконадежных бесконтактных дискретных элементов.

Автоматическое регулирование параметров работы котла осуществляется двухпозиционными регуляторами, принцип работы которых аналогичен работе регуляторов системы АМК-У.

Управляющее устройство КУРС-101

В схемах автоматизации пароводогрейных котлов, работающих на газообразном или жидком топливе, применяются управляющие устройства КУРС-101 (рис. 41). Устройства предназначены для работы в интервале температур от +5 до +50 °С при относительной влажности во всем диапазоне рабочих температур 30–80%. Питание устройства осуществляется от сети трехфазного переменного тока напряжением 220 В, потребляемая мощность не превышает 220 В · А.

Управляющее устройство КУРС-101 обеспечивает: автоматический пуск и останов котла; предварительную вентиляцию топки; автоматический розжиг горелочного устройства; необходимые в пусковой период блокировки; позиционное автоматическое регулирование тепловой мощности котла; автоматическую защиту при аварийных ситуациях; рабочую и аварийную сигнализацию; формирование сигнала аварии на диспетчерский пункт.

Управляющее устройство конструктивно выполнено по блочно-модульному принципу и включает панель управления и сигнализации (ПСУ), шкаф с поворотной рамой и шкаф магнитных пускателей.

Панель управления и сигнализации (ПСУ) объединяет модуль сигнализации С-02 с индикаторными лампами; предварительная вентиляция; зажигание; клапан запальника; факел; температура воды (предельная); давление пара (предельное); послеостановочная вентиляция.

Индикаторная лампа "Работа" сигнализирует о нормальной работе устройства, индикаторные лампы "Газ" и "Мазут" о виде топлива, на которое включено устройство.

В панель включены также индикаторные лампы "Водогр" и "Паровой", сигнализирующие о режиме работы котла, на который включено устройство; индикаторная лампа "Напряжение", сигнализирующая о наличии напряжения электрического источника питания на входе в устройство; индикаторная лампа "АВР пит. насоса", сигнализи-

рующая об автоматическом включении резервного питательного насоса (при работе котла в паровом режиме); индикаторная лампа "Авария" – о наступлении аварийного режима по любому параметру.

Модуль сигнализации С-01 с индикаторными лампами сигнализирует первопричину аварийного отключения котла: уровень низкий; уровень высокий; давление газа перед регулирующим органом высокое; температура мазута низкая; давление топлива перед клапаном-отсекателем низкое; давление вторичного воздуха низкое; давление газа перед горелкой низкое; давление первичного воздуха низкое; факела нет; клапан-отсекатель не закрыт; пламени запальника нет.

Блок кнопок управления имеет кнопку "Пуск" включения логической схемы управляющего устройства и пуска котла; кнопку включения "регулирование ВКЛ" и отключения "регулирование ОТКЛ" регулирования с модулем К-01, кнопку "Стоп" для отключения устройства и приведения схемы в исходное предпусковое состояние.

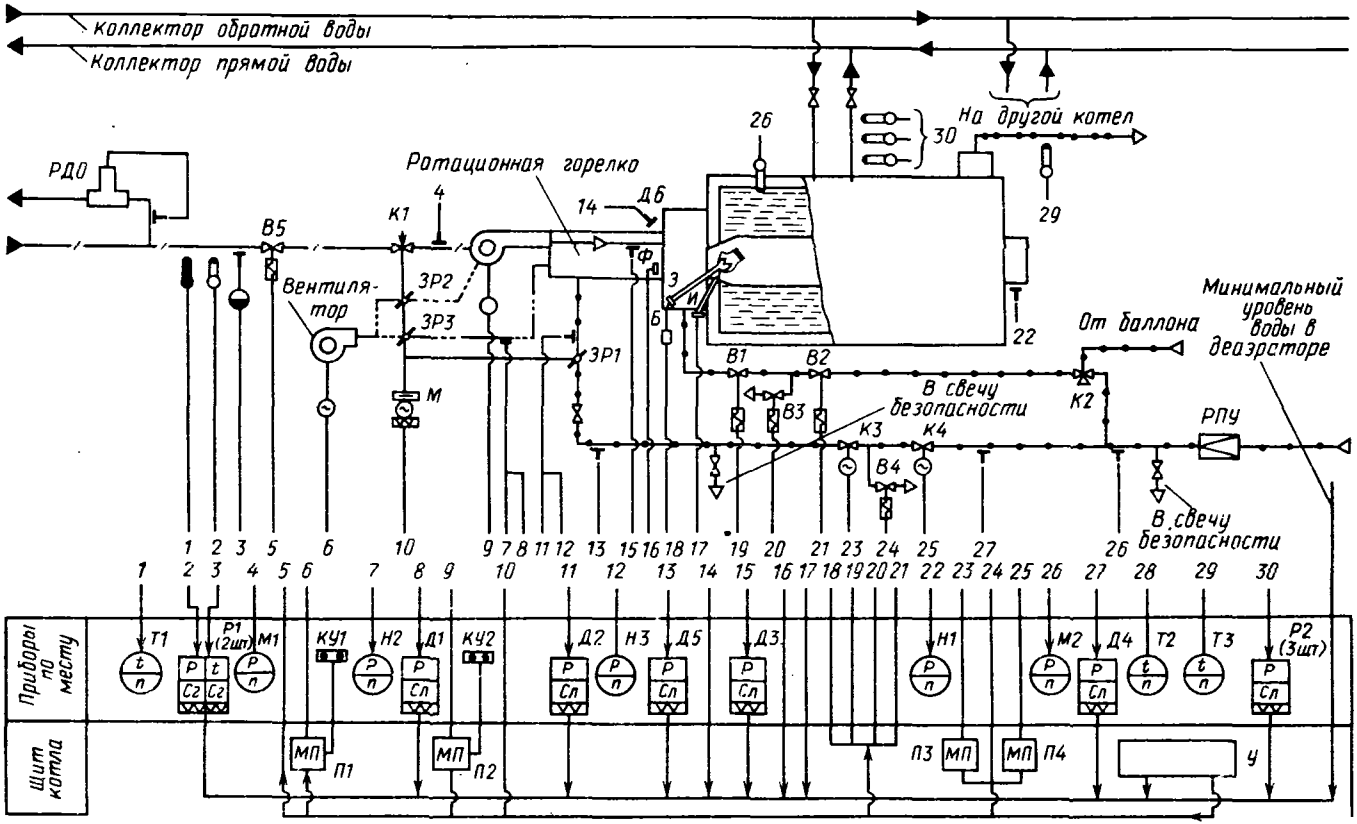
В систему управления и сигнализации включен указатель типа ИПУ положения регулирующего органа.

В шкафу с поворотной рамой размещены: блок П-11А для обеспечения электрического питания элементов схемы; блок У-04 для управления двигателем исполнительного механизма МЭО-4/100; блок Ф-03 для подачи напряжения на бобину катушки зажигания (Б-1), установленную на горелке котла.

Перечисленные устройства объединены в блок управления БУ-01. Здесь же размещены: блок переключателей БП-01 рода топлива (газ, мазут), режима работы (водогрейный, опробование питательного насоса, паровой), питательных насосов (№ 1, № 2), опробования и нормальной работы вентиляторов, включения и отключения напряжения на входе устройства; блок Р-01 реле, управляющих электромагнитными исполнительными устройствами; блок Б-1 для размещения и межмодульного монтажа с помощью штепсельных разъемов и жгутов.

Электропусковая аппаратура размещается в шкафу магнитных пускателей.

Пуск котла (при включенном электрическом питании и отсутствии сигналов, фиксирующих аварийное состояние какого-либо параметра или предельное состояние основного параметра – температуры воды или давления пара) осуществляют нажатием кнопки "Пуск". После этого исполнительным механизмом осуществляется полное открытие регулирующих органов топлива и воздуха (об этом судят по показаниям указателя положения), включаются магнитные пускатели первичного воздуха (только при работе котла на мазуте) и вторичного воздуха, включается отсчет времени предварительной вентиляции. По истечении времени предварительной вентиляции (120 ± 24 с) автоматика выдает сигнал на исполнительный механизм, прикрывающий воздушную заслонку и регулирующий заслонку на подаче топлива до 20% открытия, подается напряжение на катушку зажигания Б-1 и на клапаны запальника.


Коллектор обратной воды
Коллектор прямой воды
На другой котел
Ротационная горелка
РДО
В5
Вентилятор
ЗР2
ЗР3
ЗР1
М
К1
4
14
Д6
Ф
З
И
Б
26
30
29
22
В1
В2
В3
К2
К3
К4
В4
В свечу безопасности
От баллона
Минимальный уровень воды в деаэраторе
РПУ
В свечу безопасности
Приборы по месту
Щит котла
Т1
Р1 (2шт)
М1
КУ1
Н2
Д1
КЧ2
Д2
Н3
Д5
Д3
Н1
М2
Д4
Т2
Т3
Р2 (3шт)
МП
П1
П2
П3
П4
У

Условные обозначения:

	Вода
	Мазут
	Воздух
	Газ
	Дымовые газы
	Заслонка регулирующая
	Кран трехходовой
	Арматура запорная
	Арматура регулирующая
	Клапан отсекатель
	Связь механическая
	Связь электрическая
	Электродвигатель переменного тока
	Термобаллон манометрического термометра
	Термометр расширения стеклянный
	Сосуд разделительный
	Кнопка управления
	Отбор импульсов
П	Показывающий
Р	Давление
$С_л$	Следящий
t	Температура
РДУК	Регулятор давления газа
РДО	Регулятор давления мазута

Рис. 41. Принципиальная схема автоматизации котла АВ-2 с устройством КУРС-101:

$Д_1, Д_2, Д_3, Д_4, Д_5$ – датчики реле напора, настроенные соответственно на 15, 100, 500, 1000 и 2500 мм вод. ст.; *КУ1, КУ2* – кнопки управления; *Н1, Н2, Н3* – напоромеры с пределами измерения соответственно 0–250; 0–400; 0–1600 мм вод. ст.; *П1, П2, П3, П4* – пускатели магнитные; *Р1* – реле комбинированное с чувствительными элементами температуры и давления КРМ (настрой 50 °С и 1 кгс/см^2); *Р2* – реле комбинированное с чувствительными элементами температуры (настрой 80, 89, 95 °С, длина капилляра 4 с); *Т2* – термометр манометрический ТПГ-4 (предел измерения 0–150 °С, длина капилляра 4 м); *Т3* – термометр манометрический ТПГ-4 (предел измерения 0–400 °С, длина капилляра 10 м); *У* – устройство управляющее КУРС-101; *Б* – бобина Б1А12-1; *В1, В2* – нормально закрытые вентили с электромагнитным приводом; *В3, В4* – нормально открытые вентили с электромагнитным приводом; *В5* – вентиль с электромагнитным приводом; *Д6* – датчик плотного закрытия форсунки; *ЗР1, ЗР2, ЗР3* – заслонки регулирующие; *З* – запальник; *И* – ионизационный датчик; *К1* – клапан регулирующий; *К2* – кран трехходовой; *К3, К4* – клапаны отсечные; *М1, М2* – манометры; *М* – механизм электрический однооборотный МЭО; *Т1* – термометр ртутный; *Ф* – фоторезистор

Если в течение времени 10 ± 2 с не произойдет розжиг запальника, появляется сигнал "Авария", включается послеостановочная вентиляция, обесточиваются клапаны запальника и катушка зажигания. Продолжительность послеостановочной вентиляции 60 ± 12 с, после чего обесточиваются цепи магнитных пускателей вентиляторов.

В случае розжига запальника обеспечивается подача напряжения на клапаны отсекателя (на газовой и мазутной линиях) и обесточиваются катушки зажигания Б-1. Розжиг горелочного устройства происходит в течение 7 ± 1,4 с (на газе) и 11 ± 2,2 с (на мазуте). Если за это время розжиг горелочного устройства не произойдет, включаются сигнал "Авария" и послеостановочная вентиляция, обесточиваются клапаны запальника и клапаны-отсекатели на линии подачи топлива. По истечении времени послеостановочной вентиляции обесточиваются магнитные пускатели вентиляторов.

При розжиге горелочного устройства по истечении времени окончания пуска (35 ± 7 с) регулирующие органы топлива и воздуха переводятся в положение 40% открытия. Катушки клапанов запальника обесточиваются через 60 ± 12 с времени совместной работы запальника и горелочного устройства.

Работа котла в режиме 40%-ной нагрузки продолжается в течение времени, оговоренного инструкцией по эксплуатации котла, необходимого для прогрева всех элементов, после чего может быть включено кнопкой "Регулирование ВКЛ" автоматическое регулирование основного параметра котла – температуры горячей воды или давления пара. Автоматическое регулирование осуществляется перемещением исполнительного механизма, регулирующего подачу топлива и воздуха, в положении 40 и 100%.

В случае достижения предельного состояния регулируемого параметра схемой обесточиваются цепи питания клапанов-отсекателей на линии подачи топлива, происходит перемещение регулирующих органов топлива и воздуха в положение 20%-ного открытия, включается послеостановочная вентиляция, по истечении времени работы котла обесточиваются цепи питания магнитных пускателей вентиляторов. При снятии сигнала предельного состояния параметра и поступлении в управляющее устройство сигнала низкого состояния параметра схемой обеспечивается автоматический пуск котла в указанной выше последовательности.

Автоматическое регулирование отключается нажатием кнопки "Регулирование ОТКЛ", сопровождающимся переключением исполнительного механизма в положение до 40%-ного открытия регулирующих органов топлива и воздуха.

Отключение котла осуществляется нажатием кнопки "Стоп", сопровождающимся обесточиванием цепей клапанов-отсекателей топлива, автоматическим перемещением регулирующих органов топлива и воз-

духа в положение 20%-ного открытия, включением послеостановочной вентиляции, обесточиванием цепей управления магнитными пускателями вентиляторов.

Если в процессе нормальной работы или в пусковом периоде в управляющее устройство поступит сигнал об аварийном состоянии какого-либо параметра, загорается сигнал "Авария" и индикаторная лампочка, соответствующая первопричине аварии, а также индикаторная лампочка "послеостановочная вентиляция" (за исключением аварии по понижению давления первичного или вторичного воздуха, поскольку в этом случае цепи магнитных пускателей вентиляторов обесточиваются). Одновременно обесточиваются цепи управления клапанами-отсекателями топлива, что сопровождается погасанием ламп "Работа" и "Факел"; регулирующие органы топлива и воздуха перемещаются в положение 20%-ного открытия (за исключением аварии по понижению давления первичного и вторичного воздуха). Как только истечет время послеостановочной вентиляции, обесточиваются цепи управления магнитными пускателями вентиляторов, о чем свидетельствует погасание индикаторной лампочки "Послеостановочная вентиляция". Снятие сигнала "Авария" осуществляется нажатием кнопки "Стоп".

Система аварийной сигнализации управляющего устройства предусматривает фиксацию: понижения уровня воды в котле или в деаэраторе (водогрейный режим); повышения уровня воды в котле; повышения давления газа перед регулирующим органом; понижения температуры мазута; понижения давления топлива перед клапаном-отсекателем; понижения давления вторичного воздуха; понижения давления газа перед горелкой; понижения давления первичного воздуха; погасания факела горелочного устройства; отсутствия закрытия клапанов-отсекателей; погасания пламени запальника.

Схемы автоматического регулирования паровых барабанных котлов

Для котлов типа ДКВР, ДЕ, КЕ схемы автоматического регулирования определяются техническими условиями завода-изготовителя и предусматривают автоматическое регулирование процессов горения и питания котла водой. Автоматическое регулирование процесса горения обеспечивает подачу топлива в топку в зависимости от нагрузки котла, поддержание оптимального соотношения топливо – воздух и устойчивого разрежения в топке.

Общность динамических свойств участков регулирования котла позволяет применять типовые схемы автоматического регулирования. Наиболее распространенная схема автоматического регулирования построена на базе регуляторов системы "Кристалл" (рис. 42).

Регулирование подачи топлива в топку обеспечивает соответствие паропроизводительности котла паровой нагрузке. В котлах типов ДКВР, ДЕ, КЕ роль регулятора нагрузки выполняет регулятор давле-

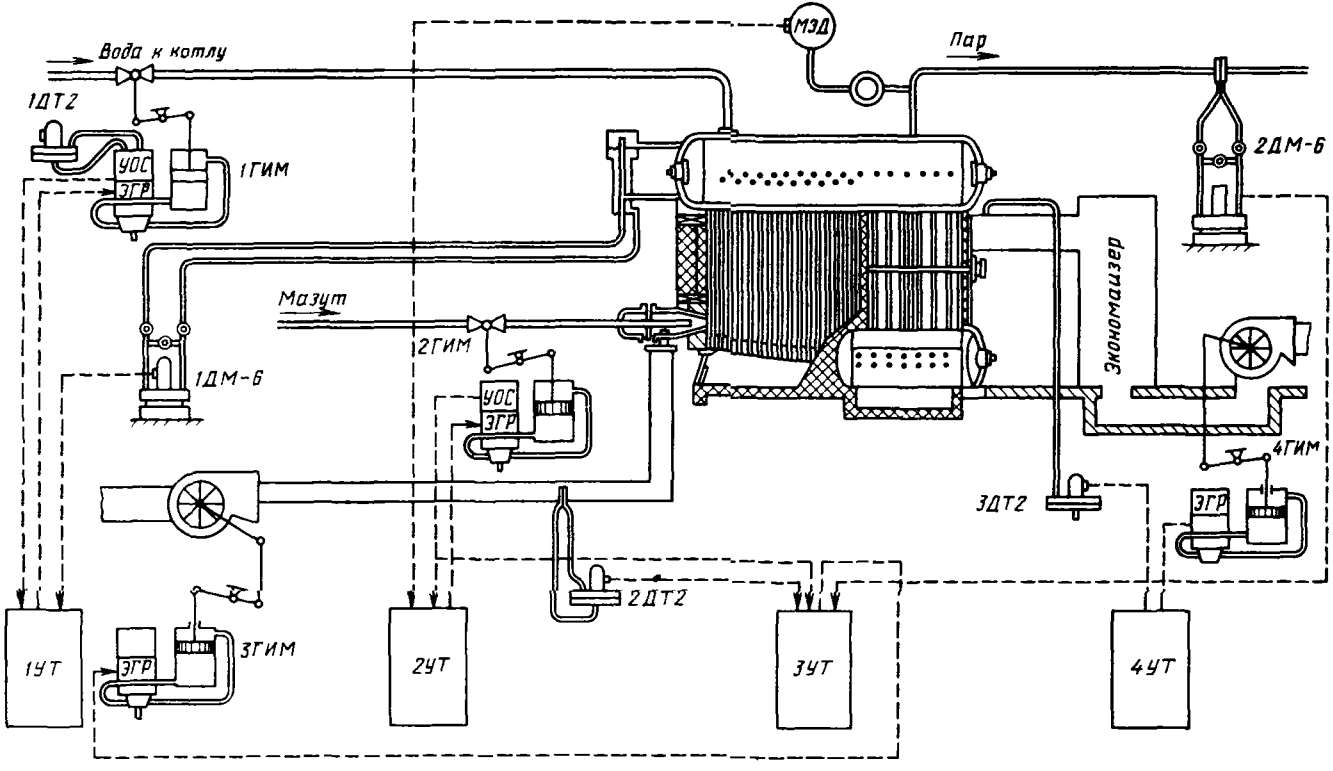


Рис. 42. Функциональная схема автоматического регулирования работы котла ДКВР на базе регуляторов системы "Кристалл"

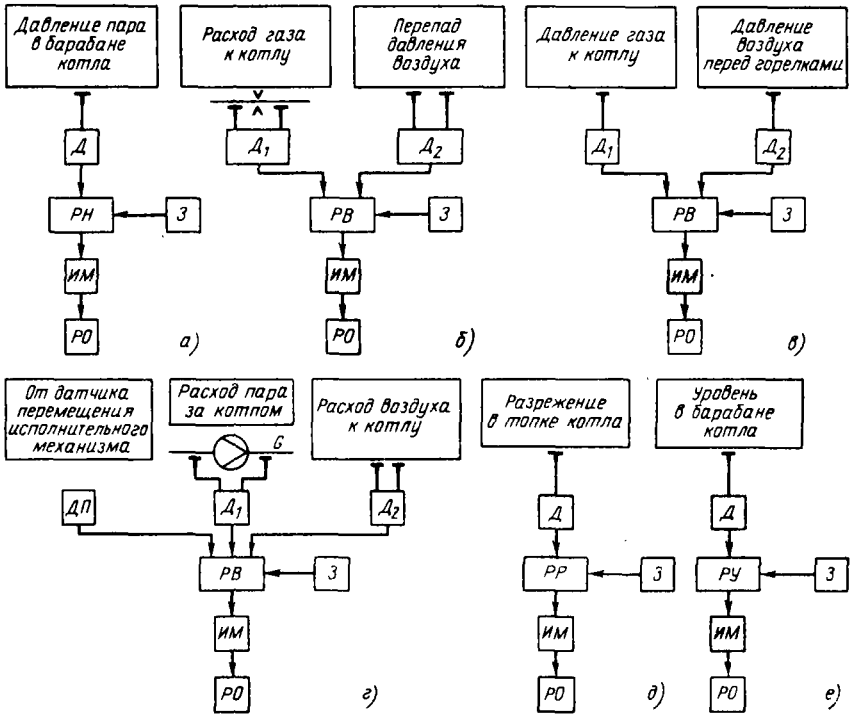


Рис. 43. Структурные схемы регуляторов работы барабанных котлов:

а – регулятора нагрузки; *б–г* – регулятора воздуха; *д* – регулятора разрежения; *е* – регулятора питания; *Д*, $Д_1$, $Д_2$ – датчики; *З* – задатчик; *ИМ* – исполнительный механизм; *РО* – регулирующий орган; *РН* – регулятор нагрузки; *РВ* – регулятор воздуха; *РР* – регулятор разрежения; *РУ* – регулятор уровня

ния пара в барабане котла, воздействующий на изменение подачи топлива и имеющий жесткую или гибкую обратную связь (рис. 42, 43, *а*). Применение регуляторов с жесткой обратной связью позволяет поддерживать значение регулируемой величины с отклонением от заданного до 4–6%. При более высоких требованиях к точности регулирования применяется регулятор с гибкой обратной связью.

Изменение давления в барабане котла во время работы воспринимается датчиком давления – электрическим манометром МЭД, выдающим сигнал рассогласования в виде напряжения переменного тока, который поступает в усилитель 2УТ. Усилитель 2УТ включает, в зависимости от знака отклонения давления, соответствующее реле исполнительного механизма 2ГИМ (ГИМ-2Д, ГИМ-2ДИ), который перемещает регули-

рующий орган подачи топлива – мазутный клапан или газовую заслонку. Одновременно с работой исполнительного механизма формируется сигнал обратной связи, который снимается с устройства (датчика) обратной связи УОС исполнительного механизма ГИМ-2Д (ГИМ-2ДИ) и вводится в усилитель 2УТ, где суммируется с основным сигналом рассогласования. Введение обратной связи прекращает действие регулятора несколько раньше стабилизации давления с учетом инерционности завершения процесса регулирования.

Регулирование подачи воздуха обеспечивает оптимальное соотношение между подаваемыми в топку топливом и воздухом (оптимальный избыток воздуха), чем достигается максимальная экономичность сжигания топлива на всех режимах работы котла.

При работе на газе регулятор по схеме "топливо – воздух" (рис. 43, *б*) получает импульс по расходу газа к котлу, который непосредственно измеряется расходомером, и импульс по перепаду давления воздуха, который пропорционален расходу воздуха. Регулятор воздействует на направляющий аппарат дутьевого вентилятора. В котлах типов ДКВР и ДЕ используется более простая схема (рис. 43, *в*), где импульс по расходу газа (мазута) заменяется импульсом по давлению газа (мазута) перед горелками, косвенно характеризующим расход топлива. Такая замена допустима для котлов, работающих с устойчивым разрежением в топке. В этом случае вторым импульсом, поступающим на регулятор, будет импульс по давлению воздуха перед горелками. Для котлов, работающих на жидком топливе, при измерении его расхода сужающим устройством схема "топливо – воздух" не отличается от аналогичной схемы, применяемой на котлах, работающих на газообразном топливе.

Иногда в схемах регулирования подачи воздуха вместо импульса от датчика расхода топлива используется импульс от датчика перемещения исполнительного механизма регулятора топлива (при работе на жидком и твердом топливе). Здесь следует иметь в виду, что расход топлива не всегда соответствует положению выходного звена исполнительного органа, на котором устанавливается датчик перемещения. В результате не обеспечивается требуемая точность поддержания соотношения "топливо – воздух".

На рис. 42 показана схема регулирования подачи воздуха по принципу "пар – воздух". Структурная схема такого регулирования приведена на рис. 43, *г*. Эта схема удобна для котлов, работающих с частой сменой топлива (газ или мазут), так как исключается необходимость настройки регулятора воздуха каждый раз при переходе с одного вида топлива на другой. Импульс по расходу пара от дифманометра 2ДМ-6 поступает на усилитель 3УТ. Сюда же поступает импульс по расходу воздуха от дифференциального тягомера 2ДТ2. В регуляторе воздуха *РВ* (усилителе 3УТ) электрические сигналы от дифманометров 2ДМ-6 и 2ДТ2 суммируются: при оптимальном соотношении параметров алгебраическая сумма сигналов равна нулю.

В случае рассогласования результирующий сигнал усиливается и различается по направлению, что приводит к срабатыванию соответствующего реле исполнительного механизма ИМ, который приводит в действие регулирующий орган РО расхода воздуха – дроссельную заслонку или направляющий аппарат дутьевого вентилятора, что влечет увеличение или уменьшение количества воздуха, подаваемого в топку. Регулирование заканчивается установлением оптимального соотношения расхода воздуха с расходом пара. В устройстве обратной связи используется импульс от датчика перемещения исполнительного механизма регулятора топлива (ДП).

Регулирование тяги обеспечивает автоматическое поддержание устойчивого разрежения в топке котла в пределах от −20 до −30 Па (от −2 до −3 кгс/м^2)*. Регулятор разрежения получает импульс по разрежению в верхней части топочной камеры от дифференциального тягомера 3ДТ2. Усилитель 4УТ регулятора осуществляет управление исполнительным механизмом тяги 4ГИМ, воздействующим на направляющий аппарат дымососа (рис. 43, *д*).

Регулирование питания осуществляется автоматическим поддержанием уровня воды в заданных пределах. В котлах типов ДКВР, ДЕ, КЕ относительно большой объем барабана позволяет, при отсутствии значительных колебаний нагрузок, применять одноимпульсный (по уровню) регулятор питания. Датчиком уровня является дифманометр 1ДМ-6, используемый в качестве гидростатического уровнемера (рис. 42). Регулирующим органом является регулирующий клапан на питательном трубопроводе, который управляется исполнительным механизмом 1ГИМ. Перемещение регулирующего органа определяется суммой воздействий – отклонения регулируемой величины (импульс от дифманометра 1ДМ-6) и интеграла по времени от этого отклонения (импульс от устройства обратной связи УОС). Время действия обратной связи определяется расчетным путем.

Помимо устройств автоматического регулирования схемами автоматизации предусматриваются автоматические защиты котлов, обеспечивающие заданную последовательность операций при растопке котла, и автоматическое прекращение подачи топлива при возникновении аварийных режимов.

Паровые котлы независимо от давления и паропроизводительности, работающие на газе или жидком топливе, оборудуются устройствами, прекращающими автоматически подачу топлива к горелкам в случае: повышения или понижения давления газообразного топлива перед горелками; понижения давления жидкого топлива перед горелками (за исключением котлов с ротационными форсунками); уменьшения разрежения в топке; понижения или повышения уровня воды в барабане;

---

* 10 Па ≈ 1 мм вод. ст. = 1 кгс/м^2.

понижения давления воздуха перед горелками (для котлов, оборудованных горелками с принудительной подачей воздуха); погасания факела горелок, отключение которых при работе котла не допускается.

Для котлов, работающих на твердом топливе, предусматриваются устройства, прекращающие автоматически подачу топлива в случае: понижения давления воздуха к горелкам; уменьшения разрежения в топке; повышения или понижения уровня воды в барабане котла; погасания факела.

На котлах с механическими слоевыми топками для сжигания твердого топлива кроме прекращения подачи топлива необходимо отключить тягодутьевые установки.

Система автоматизации газомазутных водогрейных котлов

Система автоматизации газомазутных водогрейных котлов типа КВ-ГМ теплопроизводительностью 11,63; 23,3 и 34,9 МВт (10, 20 и 30 Гкал/ч) построена на базе комплекта КСУ-30-ГМ и обеспечивает:

автоматический пуск (останов) котла с выводом его на заданный режим и автоматическим включением регуляторов разрежения, соотношения топливо – воздух, а также температуры воды за котлом или до котла;

автоматическое поддержание и контроль основных параметров в рабочих и пусковых режимах;

сигнализацию выполнения операций при пуске и аварийном отклонении параметров при рабочих режимах;

защиту котла при возникновении предаварийной ситуации;

работу котла без постоянного дежурного персонала.

Комплект автоматики КСУ-30-ГМ функционально включает регулирующую часть, предназначенную для автоматической стабилизации рабочих параметров, и логическую, осуществляющую автоматическое выполнение операций пуска, останова, защиты, сигнализации, блокировки. Питание комплекта производится переменным током 380/ /220 В, 50 Гц.

Данная система автоматики применяется и в котельных, где работа без дежурного персонала не может быть обеспечена, для чего предусмотрены показывающие приборы и сигнализация (пусковая, рабочая и аварийная).

Принципиальная схема системы автоматического регулирования, защиты и сигнализации приведена на рис. 44.

Температура воды за котлом (или до него) в заданных пределах поддерживается регулятором РТК, изменяющим подачу топлива в топку. В качестве датчика температуры воды используется термометр сопротивления, устанавливаемый на трубопроводе при выходе воды из котла (на входе воды в котел).

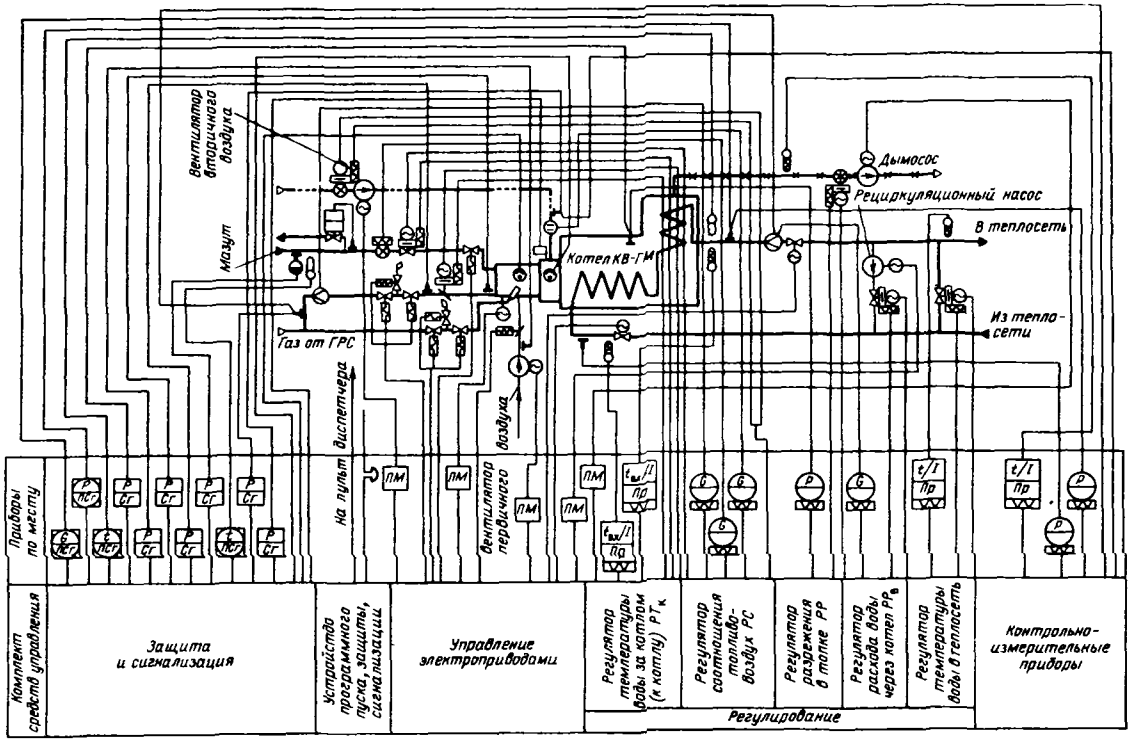


Рис. 44. Принципиальная схема системы автоматического регулирования водогрейных котлов

Оптимальное соотношение топлива и воздуха при работе котла обеспечивается регулятором РС, входными сигналами для которого служат расходы топлива и воздуха (давление воздуха) перед горелкой. Регулятор изменяет расход вторичного воздуха, воздействуя на направляющий аппарат вентилятора, и поддерживает избыток воздуха в топке в соответствии с заданным режимной картой по расходу топлива в различных режимах. В регуляторе предусмотрена возможность введения дополнительного корректирующего сигнала по содержанию кислорода в дымовых газах.

Заданное разрежение в топке котла поддерживается регулятором разрежения РР, воздействующим на изменение положения направляющего аппарата дымососа.

Регулирование расхода воды через котел производится регулятором РРВ, управляющим регулирующим клапаном за насосом рециркуляции, установленным на линии прямая – обратная вода.

Необходимая температура воды на входе в тепловую сеть поддерживается регулятором РТС, изменяющим расход холодной воды с помощью перепускного регулирующего клапана, установленного на перемычке. Входным сигналом регулятора служит сигнал от термометра сопротивления, установленного на трубопроводе прямой воды.

В системе автоматизации используются электрические исполнительные механизмы типа МЭО. Регуляторы основных параметров обеспечивают пропорционально-интегральное регулирование, позволяющее с высокой точностью поддерживать заданные величины регулируемых параметров во всех установившихся режимах работы котла.

Давление газа перед горелкой регулируется регулятором РДУК. Перед регулирующим органом основной горелки (поворотной заслонкой) и запальником установлены по два быстродействующих клапана-отсекателя, между которыми на свече безопасности имеются электромагнитные продувочные клапаны. Открытие клапанов-отсекателей перед основной горелкой производится автоматически за 45 с, а закрытие – практически мгновенно.

При работе на жидком топливе производится его предварительный подогрев до 85–95 °С. Давление топлива перед регулирующим поворотным золотниковым краном поддерживается регулятором прямого действия "до себя". Перед регулирующим поворотным краном установлен электромагнитный быстрозапорный клапан. Сигналы от датчиков давления и температуры жидкого топлива поступают в пусковую блокировку и систему защиты котла.

Контроль за наличием факелов запальника и основной горелки осуществляется запально-защитным устройством ЗЗУ-4 (ионизационным датчиком для факела запальника и фотодатчиком для основного факела).

При аварийных отклонениях параметров в процессе работы котла обеспечивается автоматическая защита его в случаях:

отсутствия факела запальника (в пусковой период);

погасания факела основной горелки;

падения давления первичного и вторичного воздуха перед горелкой;

повышения давления газа перед регулирующим органом и понижения давления его перед отсечным клапаном основной горелки;

снижения давления и температуры жидкого топлива перед регулирующим краном;

повышения температуры жидкого топлива;

уменьшения и увеличения давления в топке котла;

снижения расхода воды через котел и ее давления за котлом;

повышения давления и температуры воды за котлом;

падения напряжения в цепях защиты и сигнализации;

открытия форсунки и повышения тока ее электропривода (при работе на жидком топливе).

При работе котла на газе аварийная защита по мазуту отключается.

Срабатывание защиты сопровождается световым (красным) и звуковым сигналами с фиксацией первопричины (при этом имеется возможность дистанционной подачи на диспетчерский пункт аварийного сигнала без расшифровки причины аварии).

Пусковая и рабочая сигнализация в системе управления (зеленый световой сигнал) дает информацию о наличии электропитания элементов комплекта; включении котла в работу; нормальной работе вентилятора первичного и вторичного воздуха, дымососа, двигателя ротационной горелки, электрозадвижек на входе и выходе из котла и на линии рециркуляционного насоса; наличии факела основной и запальной горелок; достижении номинального значения давления воды в напорном патрубке рециркуляционного насоса и заданного значения температуры воды на выходе из котла; исходном (закрытом) состоянии клапанов-отсекателей подачи топлива, шибера первичного воздуха и мазутной форсунки.

Автоматический розжиг котла происходит, если выполнены следующие условия: давление газа перед отсечными клапанами не менее 10 кПа (1000 кгс/м^2)*; температура мазута перед отсечным клапаном не ниже 85 °С; давление мазута перед регулирующим клапаном не менее 0,2 МПа (2 кгс/см^2); расход воды через котел отличается не более чем на 7% от номинального значения; давление воды после котла не менее 1,0 МПа (10 кгс/см^2); получена информация о закрытии клапанов-отсекателей, регулирующего органа подачи топлива, направляющих аппаратов дымососа и вентилятора вторичного воздуха и форсунки (от концевых выключателей); поступил сигнал об открытии задвижки на линии нагнетания рециркуляционного насоса.

---

* 1 кПа ≈ 100 мм вод. ст. = 100 кгс/м^2;
10 кПа ≈ 1000 кгс/м^2.

Автоматический пуск котла предусматривает выполнение ряда операций в следующей последовательности. После нажатия кнопки "Автоматический пуск" через 30 с включается дымосос, а через 60 с пускается вентилятор вторичного воздуха (при работе на мазуте дополнительно включаются вентилятор первичного воздуха и электродвигатель мазутной форсунки) и одновременно включается регулятор разрежения. Как только открытие направляющего аппарата вентилятора вторичного воздуха достигнет 60%, включается защита по минимально допустимому давлению вторичного воздуха и минимально допустимому разрежению (при работе на мазуте дополнительно включается защита по минимально допустимому давлению первичного воздуха и по максимальному току электродвигателя форсунки).

Открывание направляющего аппарата начинается через 30 с после включения вентиляторов. В течение 10 мин осуществляется предварительная вентиляция топки и газоходов котла, затем она отключается, и через 5 с после закрытия направляющего аппарата вторичного воздуха подается команда на автоматическое включение трансформатора зажигания. Спустя 5 с подается сигнал на открытие двух клапанов – отсекателей запальника и на закрытие свечи безопасности. Если через 5 с после этой команды не поступит сигнал от ионизационного датчика ЗЗУ-4 о наличии пламени на запальнике, то автоматически закрываются клапаны, открывается свеча безопасности, выключается трансформатор зажигания и повторяется команда на повторение предыдущей операции. После розжига запальника через 5 с включается защита по факелу на нем, а по истечении еще 10 с регулирующий орган на топливной магистрали и направляющий аппарат вторичного воздуха автоматически переводятся в положение, соответствующее пусковой нагрузке котла. Затем, при работе на газе, автоматически открывается два главных клапана-отсекателя и закрывается свеча безопасности на газопроводе, а при работе на мазуте – открывается клапан-отсекатель на мазутопроводе. Вместе с этим переводится в дистанционный режим регулятор разрежения и блокируется датчик по минимальному разрежению в топке, имеющий наименьшую уставку.

Включение защит по основному пламени, давлениям газа перед основной горелкой и регулирующим органом происходит через 5 с после начала открытия запорного органа основного клапана-отсекателя подачи топлива. Спустя 30 с после включения этих защит начинается открытие регулирующего органа подачи топлива и направляющего аппарата вентилятора вторичного воздуха до положения, соответствующего 30%-ной нагрузке котла, одновременно с этим включается в автоматический режим регулятор разрежения.

При достижении регулирующим органом подачи топлива указанного положения включается регулятор соотношения "топливо – воздух" (через 30 с в автоматический режим), защита по максимальному и минимальному разрежениям в топке котла и автоматически отключается

запальник (закрываются его клапаны-отсекатели и открывается свеча безопасности). Регулятор температуры воды на выходе из котла включается после достижения ею заданных значений. После завершения перечисленных выше операций оператором дистанционно включается регулятор температуры воды, поступающей в тепловую сеть.

Отключение котла производится кнопкой "Стоп" и автоматически в аварийных ситуациях. Одновременно автоматически переводятся в положение "Дистанционно" регуляторы температуры воды на выходе из котла и поступающей в сеть, а также регулятор соотношения "топливо – воздух"; открывается свеча безопасности (при работе на газе); регулирующий орган подачи топлива переводится в положение полного закрытия; направляющий аппарат вентилятора вторичного воздуха – в положение 20%-ного открытия.

Останов котла завершается 10-минутной послеостановочной вентиляцией топки, переводом регулятора разрежения в положение "Дистанционно", закрытием направляющих аппаратов дымососа и вентилятора и отключением их электродвигателей. На котлах, работающих на жидком топливе, кроме того, отключаются электродвигатель форсунки и программа автоматического розжига. Регуляторы расхода воды через котел и температуры поступающей в теплосеть воды переводятся оператором в дистанционный режим.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Сидельковский Л. Н., Юренев В. Н.** Парогенераторы промышленных предприятий. М.: Энергия, 1978.

2. **Файерштейн Л. М., Этинген Л. С., Гохбойм Г. Г.** Справочник по автоматизации котельных. М.: Энергоатомиздат, 1984.

3. **Система** полной автоматизации водогрейных газомазутных котлоагрегатов теплопроизводительностью до 30 Гкал/ч / Б. З. Оршанский, Н. И. Тараканов, Л. Б. Сигалов, Л. И. Соловьев, Э. Д. Митьков, В. А. Овчинников // Промышленная энергетика. 1980. № 1. С. 16–21.

4. **Справочник** по объектам котлонадзора / А. К. Зыков, Д. А. Литвинов, И. А. Молчанов, А. А. Софронов, Е. Г. Сенькин, Л. Б. Сигалов, Н. А. Шишков. М.: Энергия, 1974.

5. **Роддатис К. Ф., Соколовский Я. Б.** Справочник ло котельным установкам малой производительности / Под ред. К. Ф. Роддатиса. Изд. 2-е, перераб. М.: Энергия. 1975.

6. **Правила** устройства и безопасной эксплуатации паровых и водогрейных котлов. М.: Недра, 1975.

7. **Котлы** малой, средней мощности и топочные устройства. Каталог-справочник, 18-4-72. М.: НИИинформтяжмаш, 1972.

8. **Котлы** малой производительности: Каталог-справочник, К8-70. М.: НИИинформтяжмаш, 1970.

9. **Котлы** малой производительности. Отраслевой каталог. М.: НИИЭинформэнергомаш, 1985.

10. **Резник Г. В., Бордюков А. П.** Монтаж водогрейных котлов. М.: Энергия, 1980.

11. **Серогодский В. Н.** Ремонт паровых котлов типа ДКВР. М.: Энергоатомиздат, 1985.

12. **Баранов П. А.** Эксплуатация и ремонт паровых и водогрейных котлов. М.: Энергоатомиздат, 1986.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие 3
Глава первая. Водотрубные паровые котлы малой производительности . . 5
1. Котлы КПА-500Г и КПА-500Ж 5
2. Вертикальные водотрубные котлы 8
3. Двухбарабанные водотрубные котлы Е-1/9-1, Е-1/9-1Г, Е-1/9-1М, ПКН-1С, ПКН-2 13
Глава вторая. Паровые котлы с рабочим давлением до 2,4 МПа (24 кгс/см^2) 20
4. Двухбарабанные вертикально-водотрубные котлы типа ДКВР 20
5. Паровые котлы типа Е (КЕ) 36
6. Паровые котлы типа Е (ДЕ) 40
Глава третья. Водогрейные котлы 46
7. Водогрейные котлы тепловой мощностью до 30 Гкал/ч 46
8. Котлы водогрейные и пароводогрейные для теплиц 51
9. Электродные паровые и водогрейные котлы 54
10. Солнечные нагреватели (коллекторы) 62
Глава четвертая. Вспомогательное оборудование 67
11. Топочные устройства 67
12. Водоподготовительное оборудование 87
13. Автоматика регулирования работы котлов 99
Список литературы 126

СПРАВОЧНОЕ ИЗДАНИЕ

Александр Константинович Зыков

ПАРОВЫЕ И ВОДОГРЕЙНЫЕ КОТЛЫ

Редактор издательства А. А. Кузнецов
Художественный редактор В. А. Гозак-Хозак
Технический редактор Н. М. Брудная
Корректор Л. А. Гладкова
Оператор Н. В. Кудинова

ИБ № 1233

Набор выполнен в Энергоатомиздате на Композере ИБМ-82. Подписано в печать 22.01.87. Т-03550. Формат 60x88 1/16. Бумага офсетная № 2. Печать офсетная. Усл. печ. л. 7,84. Усл. кр.-отт. 8,20. Уч.-изд. л. 8,74. Тираж 60 000 экз. (2-й завод 30 001 – 60 000 экз.). Заказ 6122. Цена 45 к.

Энергоатомиздат 113114, Москва, М-114, Шлюзовая наб., 10

Ордена Октябрьской Революции и ордена Трудового Красного Знамени МПО "Первая Образцовая типография имени А.А. Жданова" Союзполиграфпрома при Государственном комитете СССР по делам издательств, полиграфии и книжной торговли. 113054, Москва, Валовая, 28



А. К. Зыков

ПАРОВЫЕ И ВОДОГРЕЙНЫЕ КОТЛЫ