

# ПАРОВЫЕ И ВОДОГРЕЙНЫЕ КОТЛЫ

СПРАВОЧНОЕ ПОСОБИЕ



Москва

НПО ОБТ  
1995

ББК 31.361я2  
396  
УДК [621.187+683.97] (031)

Составитель — А. К. Зыков

Книга является 2-м переработанным и дополненным изданием (1-е вышло в 1987 г.). В ней приведены технические характеристики современных паровых и водогрейных котлов, выпускаемых отечественным энергомашиностроением для промышленных предприятий, отопительных котельных, агропромышленных комплексов, 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.

ISBN 5—8103—00061—3  
Издание официальное

© НПО ОБТ, 1995

Переиздание, перепечатка, размножение и все виды копирования  
**ЗАПРЕЩЕНЫ**  
и преследуются законом Российской Федерации.

## ПРЕДИСЛОВИЕ

Механизация и автоматизация трудоемких процессов базируются на широком применении электрической и тепловой энергии. 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.

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

В помощь монтажному и ремонтному персоналу в настоящей книге, которая является вторым переработанным и дополненным изданием (первое вышло в 1987 г.), 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. Здесь приведены также 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 России 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.

Пособие снабжено иллюстрациями, которые помогут в восприятии и усвоении материала.

Автор обращается ко всем читателям настоящей книги с просьбой сообщать свои замечания и пожелания, которые будут приняты с благодарностью; их следует направлять по адресу: 115201, Москва, Старокаширское шоссе, д. 2, корп. 7. НПО ОБТ.

# 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 <sup>2</sup> )*	0,9(9)	0,9(9)
Топливо	Природный газ	Дизельное
Объем, м <sup>3</sup> :		
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<sup>2</sup>.

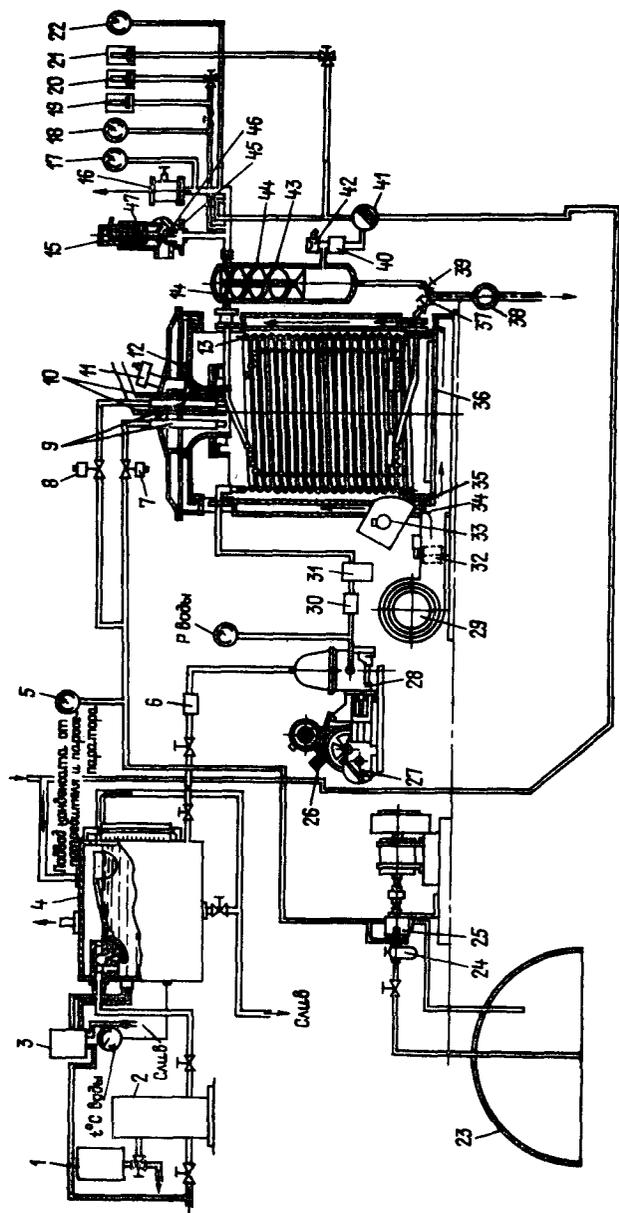
Как видно из табл. 1, котлы практически ничем не отличаются друг от друга, одинакова у них и конструктивная схема, которая поясняется рис. 1. В комплект входят паровой котел с автоматикой, горелочное устройство, питательный насос с электродвигателем, дутьевой вентилятор с электродвигателем, расходный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

Прямоточный котел предназначен для работы под избыточным давлением в топке (под наддувом), что позволяет обходиться без дымохода. 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 внутреннего змеевика. Под топочной камеры имеет защитный слой из жароупорного 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 стабилизации горения топлива. Применение охлаждаемого воздухом кольцевого канала позволяет отказаться от обмуровки конвективного газотока 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

Рис. 1. Принципиальная схема парогенераторной установки КПА-500Ж: 1 — солерастворитель; 2 — водоумягчительная установка; 3 — дозатор гидразина и фосфата; 4 — бак питательной воды; 5 — манометр на топливном трубопроводе; 6 — фильтр; 7, 8 — электромагнитные клапаны; 9 — топливные форсунки; 10 — электроды зажигания топлива; 11 — фотосопротивление; 12 — горелка; 13 — змеевиковая поверхность нагрева котла; 14 — сепаратор пара; 15 — предохранительный клапан; 16 — парозапорный клапан; 17 — термометр для контроля температуры пара; 18 — манометр, показывающий давление пара; 19 — автомат контроля давления АКД-1; 20 — автомат контроля давления АКД-2; 21 — датчик давления пара; 22 — датчик температуры пара; 23 — бак жидкого топлива; 24 — топливный фильтр; 25 — топливный насос; 26 — датчик контроля натяжения ремней привода питательного насоса; 27 — масляная линейка; 28 — питательный насос; 29 — воздушный вентилятор; 30 — обратный клапан; 31 — предохранительный клапан на питательном трубопроводе; 32 — воздушная дроссельная заслонка; 33 — термостат; 34 — кожух котла; 35 — корпус котла; 36 — шамотный настил; 37 — смотровое окно для контроля заполнения котла водой; 38 — сливной кран; 39 — фильтр; 40 — конденсатоотводчик; 41 — воздушник; 42 — корпус сепаратора пара; 43 — шнек; 44 — корпус предохранительного клапана; 45 — пружина предохранительного клапана; 46 — клапан; 47 — пружина предохранительного клапана



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 имеют следующие варианты исполнения:

Е-1—0,9ГН (заводская модель МЗК-7АГ-2) — для работы на природном газе;

Е-1—0,9МН (заводская модель МЗК-7АЖ-2) — для работы на дизельном топливе, соляровом масле и печном топливе;

Е-1—0,9ГН (заводская модель МЗК-11Г) — с оребренными трубами для работы на природном газе;

Е-1,6—0,9ГН (заводская модель МЗК-12) — с оребренными трубами для работы на природном газе.

Указанные котлы заменили ранее выпускавшиеся типа Е-1,0-9Г и Е-1,0-9Ж.

Технические характеристики и тех, и других приведены в табл. 2, 3.

На рис. 2 показано устройство котла Е-1—0,9ГН. Конструктивная схема остальных котлов указанной выше группы (заводская модель МЗК) аналогична приведенной. Котлы типа МЗК являются вертикальными, водотрубными цилиндрическими с естественной циркуляцией.

Котел состоит из верхнего и нижнего кольцевых коллекторов, соединенных между собой прямыми вертикальными трубами, которые расположены по концентрическим окружностям в шахматном порядке.

Техническая характеристика котлов Е-1,0-9Г и Е-1,0-9Ж

Таблица 2

Наименование	Марка котла	
	Е-1,0-9Г	Е-1,0-9Ж
Давление пара, МПа (кгс/см <sup>2</sup> )	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 <sup>3</sup> , кДж/кг* (ккал/м <sup>3</sup> , ккал/кг)	33494 (8000)	41868 (10 000)
Расход топлива при номинальной нагрузке, м <sup>3</sup> /ч, кг/ч	90	72
Поверхность нагрева полная, м <sup>2</sup>	17,1	17,1
Теплонапряжение топочного объема, кДж/ /(м <sup>3</sup> .ч) [ккал/(м <sup>3</sup> .ч)]	5,02·10 <sup>6</sup> (1,20·10 <sup>6</sup> )	5,23·10 <sup>6</sup> (1,25·10 <sup>6</sup> )
Теплонапряжение радиационной поверхности нагрева, кДж/(м <sup>2</sup> .ч) [ккал/(м <sup>2</sup> .ч)]	391,76·10 <sup>3</sup> (93,5·10 <sup>3</sup> )	527,9·10 <sup>3</sup> (126·10 <sup>3</sup> )
Объем, м <sup>3</sup> :		
водяной	0,39	0,39
паровой	0,35	0,35
топочной камеры	0,61	0,61
Площадь зеркала испарения, м <sup>2</sup>	0,63	0,63
Температура, °С:		
питательной воды	50	50
уходящих газов	250—270	300—320
Кэффициент избытка воздуха	1,15—1,20	1,15—1,20
Кэффициент 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.

Технические характеристики вертикальных водотрубных котлов

Таблица 3

Наименование показателей	Е-1-0,9ГН (МЗК-7АГ-2)	Е-1-0,9 МН (МЗК-7АЖ-2)
Паропроизводительность, т/час	1,0	1,0
Давление пара, МПа (кгс/см <sup>2</sup> ), абс.	0,9(9,0)	0,9(9,0)
Расчетное топливо	Природный газ	Топливо печное бытовое
Расход топлива:		
жидкого, кг/ч	—	72
газа, м <sup>3</sup> /ч	90	—
Кэффициент полезного действия, %, не менее	89,0	86,0
Температура, °С:		
уходящих газов	250—270	300—320
питательной воды	50	50
Поверхность нагрева, м <sup>2</sup>	17,1	17,1
Водяной объем котла, м <sup>3</sup>	0,39	0,39
Объем топочной камеры, м <sup>3</sup>	0,61	0,61
Площадь зеркала испарения, м <sup>2</sup>	0,63	0,63
Диаметр уторного кольца, мм:		
наружный	1166	1166
внутренний	700	700
Диаметр труб, мм	38×3	38×3
Общая потребляемая мощность, кВт	2,6	3,7
Габаритные размеры, мм:		
длина	2300	2300
ширина	1600	1600
высота	2800	2800
Масса, т:		
обмуровочных материалов	0,24	0,24
котлоагрегата, не более	2,52	2,49

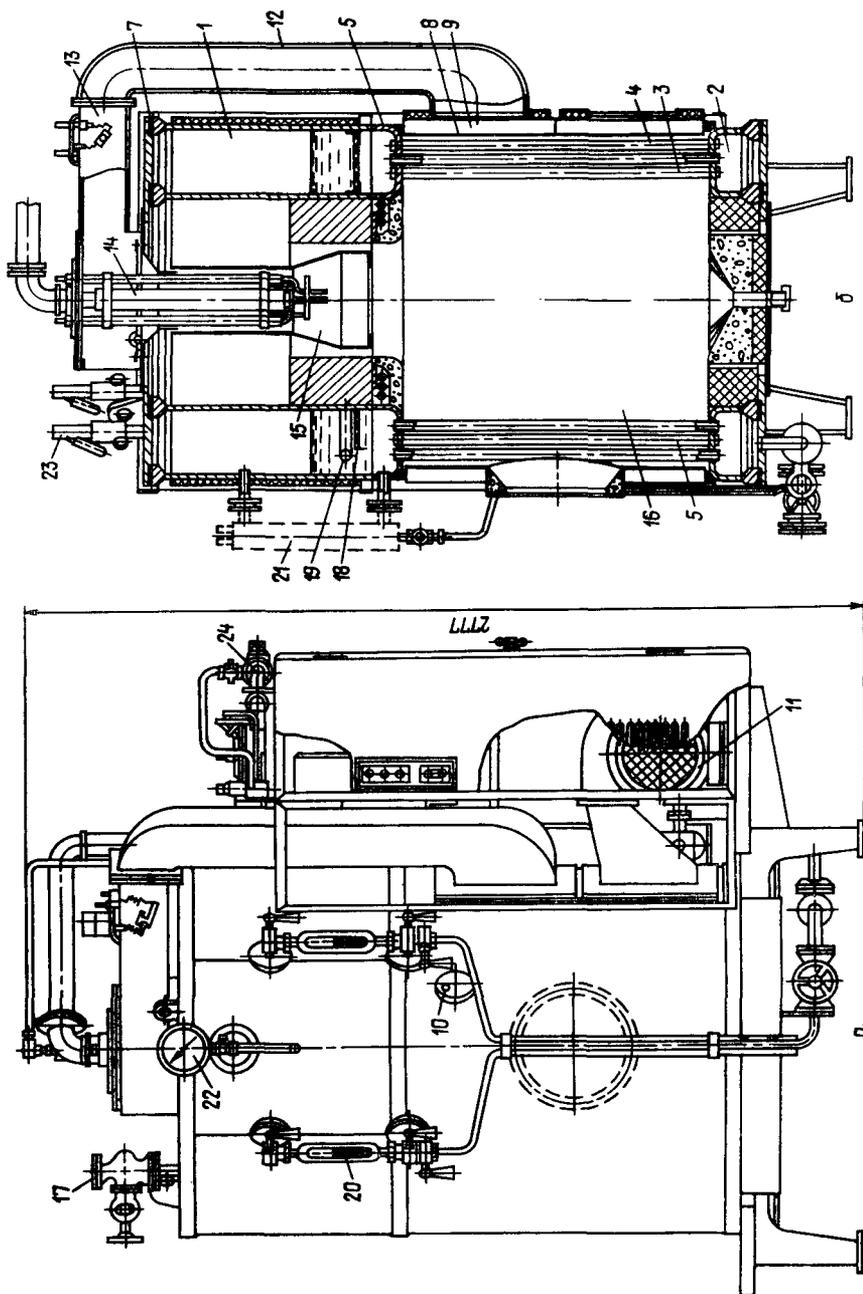


Рис. 2. Котел Е-1-0-9ГН:  
 а — общий вид; б — разрез;  
 1 — верхний коллектор; 2 —  
 нижний коллектор; 3 — труба  
 экрана; 4 — труба конвектив-  
 ного пучка; 5 — мембрана; 6 —  
 трубная решетка; 7 — съемная  
 крышка; 8 — газоплотная об-  
 шивка; 9 — внутренний канал  
 обшивки; 10 — гляделка; 11 —  
 дутьевой вентилятор; 12 — воз-  
 духовод; 13 — воздушный ре-  
 гистр; 14 — горелочное устрой-  
 ство; 15 — смесительная камера  
 горелки; 16 — топочная камера;  
 17 — клапан отбора пара; 18 —  
 паропровывочный лист; 19 — водо-  
 питающая труба; 20 — водо-  
 указательный прибор; 21 —  
 уровнемерная колонка; 22 —  
 манометр; 23 — предохранительный  
 клапан; 24 — газопро-  
 вод

Внутренний кольцевой ряд труб образует цилиндрическую топочную камеру. Шаг труб обеспечивает их крепление в трубных решетках вальцовкой или сваркой. Топочная камера изготавливается газоплотной за счет применения плавниковых труб, сваренных между собой по плавникам. В случае применения гладких труб газоплотность топочной камеры обеспечивается стальными мембранами, приваренными к трубам. Радиационная и конвективная поверхности нагрева котла образованы трубами с наружным диаметром 38 мм.

Верхний кольцевой коллектор образован наружной и внутренней цилиндрическими обечайками, соединенными на сварке со штампованной трубной решеткой. Коллектор имеет съемную крышку, обеспечивающую доступ для осмотра, очистки и ремонта как полости коллектора, так и поверхностей нагрева. Нижний коллектор образован нижней трубной решеткой и штампованным уторным кольцом. В котлах раннего выпуска нижний коллектор выполнялся аналогично верхнему (с крышкой, рис. 2).

Ввод питательной воды осуществляется в верхний коллектор, на котором установлены два водоуказательных стекла и два предохранительных клапана. Отвод пара осуществляется из верхнего коллектора. Нижний коллектор 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 верхний коллектор, где происходит отделение пара от воды.

Тепловая изоляция котла съемная и имеет воздушную прослойку между внутренней и наружной обшивками, соединенными через асбестовые прокладки. Пространство между обшивками служит каналом для прохода холодного воздуха. 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. На воздушном регистре предусмотрена поворотная заслонка с приводом к электромагнитному механизму, осуществляющему двухпозиционное регулирование подачи воздуха в зависимости от количества расходуемого топлива.

Короткофакельная смесительная газовая горелка типа Г-1,0 состоит из центральной трубы, по которой подается газ, запального устройства и двух электродов. Природный газ подается к горелке через автоматические газовые клапаны (регулирующий — большого горения, запорный — малого горения и клапан запальника). При закрытом клапане большого горения расход газа составляет около 50% от номинального расхода.

В котлах, работающих на жидком топливе: печном бытовом топливе (ТПБ), соляровом масле или дизельном топливе, — применена форсунка типа Ф-1,0 с механическим распыливанием топлива. Жидкое топливо подается в форсунку шестеренчатым топливным насосом типа ШФ-0,4/25 под давлением 1,2—1,5 (12—15) МПа (кгс/см<sup>2</sup>) изб. Необходимое давление поддерживается предохранительно-перепускным клапаном.

Топочные газы, минуя газоплотный экран через два окна, образованные гладкими трубами, 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.

Питание котла водой осуществляется двухцилиндровым питательным насосом типа ПН-1/1,6 м с электродвигателем типа АОЛ 2-12-4, мощностью 1 кВт на 1350 мин<sup>-1</sup> или насосом типа ПН-1,6/165 с электродвигателем типа АОЛ 2-22-4 на 1420 мин<sup>-1</sup>.

### 3. ДВУХБАРАБАННЫЕ ВОДОТРУБНЫЕ КОТЛЫ ПАРОПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬЮ ДО 2,5 Т/Ч

#### Котлы Е-1/9-1, Е-1/9-1М, Е-1/9-1Г

Котлы Е-1/9-1, Е-1/9-1М, Е-1/9-1Г объединены общей конструктивной схемой. Котлы этой группы, имеющие паропроизводительность 1000 кг/ч, предназначены для работы соответственно на твердом (антрацит АС и АМ) топливе, мазуте марки М100 и природном газе и служат для удовлетворения потребностей предприятий в насыщенном паре влажностью до 3% для покрытия технологических и теплофикационных нагрузок. Техническая характеристика этих котлов приведена в табл. 4.

Таблица 4

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 <sup>2</sup> )	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 <sup>3</sup> /ч	134,5	82,6	90,1
Поверхность нагрева, м <sup>2</sup>	30	30	30
Объем, м <sup>3</sup> :			
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:			
металла котла	5180	5620	5506
обмуровочных и изоляционных материалов	3270	2830	2890
	550	550	550

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. Он образован фронтным 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 фронтного 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.

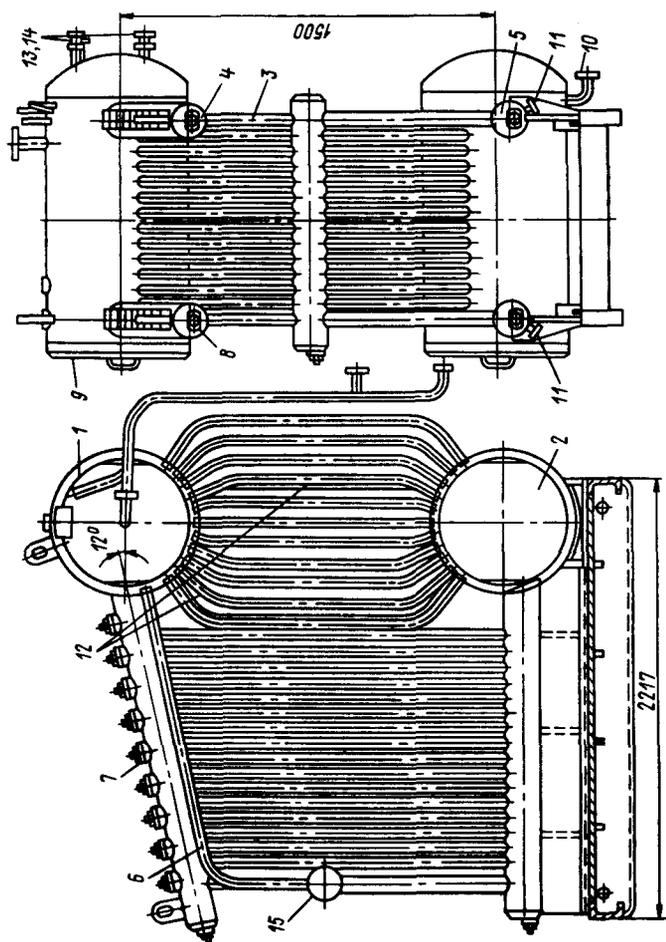


Рис. 3. Котел Е-1/9-1:  
 1 — верхний барабан; 2 — нижний барабан; 3 — боковой (правый) топочный экран; 4 — верхний коллектор бокового (правого) экрана; 5 — нижний коллектор бокового (правого) экрана; 6 — потолочный экран; 7 — лючки для осмотра и очистки экранных труб; 8 — торцевые лючки коллекторов; 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 — фронтальной коллектор

Ввод питательной воды выполнен в верхний барабан котла, внутри которого установлена распределительная труба. Продувка котла предусматривается через штуцеры в нижнем барабане, в нижних коллекторах боковых экранов и во фронтальном 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.

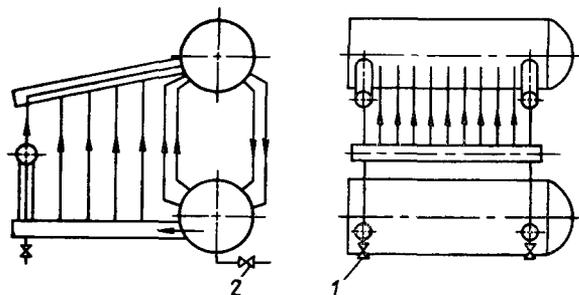


Рис. 4. Схема циркуляции воды в котле Е-1/9-1: 1 — линия продувки коллекторов экранов; 2 — линия продувки нижнего барабана. Стрелками показано направление движения воды

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 равномерной 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, ремонтных работ 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 выполнена 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 прокладку 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 нижний ряд укладывают диатомовый кирпич, в верхний — 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 каждом двух качающихся колосниках 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 без предварительного подогрева, что 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 Е-1—0,9Р, Е-1—0,9М, Е-1—0,9Г

Котлы Е-1—0,9 Р (заводская модель Е-1—0,9—Р-3) для работы на твердом топливе, Е-1—0,9 М (заводская модель Е-1—0,9-М-3) для работы на мазуте и Е-1—0,9 Г (заводская модель Е-1—0,9-Г-3) для работы на природном газе однотипны по своей конструкции и представляют водотрубные с естественной циркуляцией двухбарабанные котлы в газоплотном исполнении. Газоплотность топки и газового тракта достигается установкой на сварке стальных мембран между экранными трубами и трубами последнего ряда конвективного пучка. В указанных котлах применена облегченная тепловая изоляция из минеральной ваты.

Топка котла Е-1—0,9 Р снабжена полумеханической колосниковой решеткой, имеющей четыре качающихся колосника и два неподвижных. На фронте котла расположены топочная и зольная дверки, закрепленные на чугунных плитах. Топочное пространство ограничено колоснико-

Таблица 5

Техническая характеристика котлов типа Е-1—0,9

Наименование показателей	Е-1—0,9Р	Е-1—0,9М	Е-1—0,9Г
Паропроизводительность, т/ч	1,0	1,0	1,0
Давление пара, МПа (кгс/см <sup>2</sup> ), абс.	0,9(9)	0,9(9)	0,9(9)
Расчетное топливо	Уголь	Мазут	Природный газ
Расход топлива:			
твердое; мазут, кг/ч	127,3	77	—
газ, нм <sup>3</sup> /ч	—	—	86
Коэффициент полезного действия, %	76	87	89
Температура, °С:			
уходящих газов	320	320	250
питательной воды	50	50	50
Поверхность нагрева, м <sup>2</sup>	30,0	31,6	30,6
Водяной объем котла, м <sup>3</sup>	1,1	1,1	1,1
Объем топочного пространства, м <sup>3</sup>	1,7	2,2	2,2
Габаритные размеры, мм:			
длина	3577	4200	4200
ширина	2224	2350	2350
высота	2878	2900	2900
Масса, т:			
обмуровочных материалов	0,62	1,20	1,20
котлоагрегата (общая)	4,3	4,3	4,2

Примечания. 1. Для всех котлов влажность вырабатываемого пара 3%.

2. Во всех котлах применены барабаны диаметром 650 мм; коллектора выполнены из труб диаметром 159 мм с толщиной стенки 6 мм, поверхности нагрева выполнены из труб диаметром 51 мм с толщиной стенки 4 мм.

вой решеткой, боковыми и потолочными экранами и передним рядом труб конвективного пучка. Часть нижнего барабана, выступающая в топочное пространство, защищена слоем огнеупорного бетона. Воздух, необходимый для горения твердого топлива, подается вентилятором под колосниковую решетку в зольное пространство, в которое также введен коллектор подпаривания.

В топках котлов, работающих на мазуте и природном газе, отсутствуют колосники, а под выложен огнеупорным кирпичом. Кроме того, на фронте котла устанавливается горелочное устройство РМГ-1,0 для сжигания мазута или смесительная горелка с вентилятором для сжигания газа.

Техническая характеристика котлов типа Е-1—0,9 приведена в табл. 5.

#### Котлы Е-1,6—0,9 М

Котельный агрегат Е-1,6—0,9 М, включающий котел и вспомогательное оборудование, предназначен для выработки 1,6 т/ч насыщенного пара с давлением 0,9 МПа (9 кгс/см<sup>2</sup>), абс. Котлоагрегат рассчитан для работы на топочном мазуте.

Котел двухбарабанный, вертикально-водотрубный, имеет естественную циркуляцию воды. Барабаны котла расположены на одной вертикальной оси. Диаметр верхнего барабана 800 мм, нижнего — 650 мм. Барабаны соединены пучком труб диаметром 51×3 мм, образующим конвективную поверхность нагрева, выполненную двухходовой. Топка котла ограждена экранами, включенными в циркуляционный контур котла через коллектор. Топочная камера расположена вдоль барабанов сбоку от конвективного пучка и образована Г-образными трубами, ограждающими потолок и левую боковую стенку котла, а также первым рядом труб конвективного пучка. Экраны котла и первый ряд конвективного пучка изготовлены газоплотными за счет установки стальных мембран, приваренных к гладким трубам. Присоединение труб к барабанам и коллекторам выполнено сваркой.

За конвективным пучком установлен двухходовой по воздуху и газам трубчатый воздухоподогреватель, имеющий поверхность нагрева 14 м<sup>2</sup>.

Облегченная обмуровка котла выполнена из вулканитовых плит толщиной 75 мм, устанавливаемых между стальными листами, крепящимися в свою очередь к трубам болтами.

На котле для сжигания мазута используется горелочное устройство РМГ-1. Для автоматического розжига котла применяется сжиженный пропан-бутан.

На переднем глухом днище верхнего барабана размещены патрубки для присоединения водоуказательных приборов и равномерной колонки, а на самом барабане — патрубки для подключения питания котла водой, отвода пара, для установки предохранительных клапанов, манометра, датчика давления и воздушника.

Автоматика котла обеспечивает выполнение следующих функций: автоматический пуск и останов, поддержание в заданных пределах давления пара и уровня воды, регулирование подачи воздуха в соответствии с подачей топлива, регулирование температуры жидкого топлива, световую сигнализацию о нормальной работе и звуковую — при отклонении уровня воды более предельно допустимых, защиту котла при превышении давления пара, аварийных повышении и понижении уровня воды, аварийных понижении давления воздуха и топлива, погасании пламени форсунок.

#### Техническая характеристика котла:

Паропроизводительность, т/ч	1,6
Давление пара, МПа (кгс/см <sup>2</sup> ), абс.	0,9(9)
Температура уходящих газов, °С	260
Топливо	мазут
Поверхность нагрева, м <sup>2</sup>	36

Объем, м <sup>3</sup> :	
водяной	1,7
паровой	0,58
топочного пространства	2,52
Коэффициент полезного действия, %	87,3
Габаритные размеры:	
длина×ширина×высота, м	4330×2500×2992
Масса общая, кг	5140

### Котлы Е-2,5—0,9ГМ

Котельный агрегат Е-2,5—0,9ГМ, включающий котел и вспомогательное оборудование, предназначен для выработки 2,5 т/ч насыщенного пара с давлением 0,9 МПа (9 кгс/см<sup>2</sup>). Котлоагрегат рассчитан для работы на топочном мазуте М 100 или природном газе. В котлоагрегате используется двухбарабанный вертикально-водотрубный котел с естественной циркуляцией.

Барабаны котла расположены на одной вертикальной оси (диаметр верхнего барабана 800 мм, нижнего — 650 мм) и соединены между собой пучком труб, образующих конвективную поверхность нагрева. Топочная камера образована С-образными экранами, закрывающими потолок, левую боковую стенку и под, фронтальными и задними экранами, а также первым рядом труб конвективного пучка. Экранные поверхности и первый ряд конвективного пучка изготовлены газоплотными за счет приварки стальных мембран к трубам. В задней части первого ряда конвективного пучка мембраны не установлены, чем образован вход топочных газов в конвективный пучок с коридорным расположением труб. Между восьмым и девятым рядами труб конвективного пучка установлена перегородка из жаростойкой стали, благодаря чему обеспечивается необходимая скорость движения газов. Последний ряд труб конвективного пучка выполнен газоплотным. Газоплотное исполнение топочной камеры, первого и последнего рядов труб конвективного пучка позволило применить тепловую изоляцию вместо тяжелой обмуровки. Тепловая изоляция выполнена из минераловатных матов толщиной 80 мм, покрытых снаружи стальным листом. Тепловая изоляция торцов конвективного пучка выполнена из вулканитовых плит толщиной 80 мм, помещенных между двумя стальными листами.

С-образный экран соединяет верхний и нижний барабаны, образуя самостоятельный циркуляционный контур. Фронтальной и задними экранами включены в циркуляцию воды в котле через верхние и нижние коллекторы, соединенные с барабанами.

На верхнем барабане, имеющем эллиптические днища со штампованными люками, размещены водоуказательные приборы, равномерная колонка, штуцера для присоединения питательного трубопровода, патрубков для присоединения паропровода, патрубки для установки предохранительных клапанов, штуцера для манометра, датчика давления пара, отбора проб, ввода присадок и воздушника.

Нижний барабан имеет два лаза, обеспечивающих доступ для выполнения осмотров, очистки и ремонтов внутренней полости.

Питание котла водой осуществляется от двух питательных насосов ПН-1,6/16М с электроприводами.

Котлоагрегат укомплектован газомазутной горелкой РГМГ-2 и запально-защитным устройством ЗЗУ. Горелка включает ротационную форсунку, газовую часть, вентилятор первичного воздуха, воздушный короб, завихритель вторичного воздуха. При работе на газе форсунку выводят из рабочего положения, а образовавшееся отверстие закрывают специальной заглушкой. Вторичный воздух подается в горелку дутьевым вентилятором ДК-350 через воздушный регистр. Дымовые газы удаляются дымососом ДН-9. Топливоподача включает трубопроводы мазута, газа и запального устройства. Вязкость подаваемого в форсунку мазута не должна превышать 16° ВУ. Оптимальное значение вязкости 8—12° ВУ обеспечивается предварительным паровым или элек-

трическим его разогревом в баке котельной и догревом непосредственно перед форсункой в двухсекционном электроподогревателе мазута мощностью 6 кВт. Мазутные трубопроводы имеют линию перепуска, что позволяет разогреть мазут и поддерживать необходимое его давление до запуска и при работе котла на различных нагрузках. Давление мазута 0,2 МПа (2 кгс/см<sup>2</sup>) регулируется настройкой перепускного клапана.

Система газового запальника включает 50-литровый баллон с пропан-бутаном, электромагнитный клапан-отсекатель, газовый редуктор, запорный кран и трубопроводы обвязки.

Автоматизация работы котла выполнена на базе комплекта автоматики КСУМ 2П. При этом обеспечивается автоматический пуск и останов котла, регулирование основных параметров, защита и световая сигнализация с выдачей обезличенного сигнала аварии на диспетчерский пункт. На работающем котле автоматически поддерживаются уровень воды, давление пара, разрежение и подача топлива, температура мазута.

Автоматический останов котла с блокировкой повторного запуска предусмотрен в следующих случаях:

- отклонения уровня воды в барабане сверх предельно допускаемых значений;
- повышения давления пара в котле;
- понижения давления воздуха за заслонкой;
- понижения разрежения в топке котла;
- понижения давления газа перед блоками клапанов или его аварийное повышение;
- понижение температуры мазута или ее аварийное повышение;
- понижение давления мазута перед клапаном-отсекателем;
- погасание пламени основного факела или пламени запальника.

### 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 данных котлов приведена в табл. 6.

Таблица 6

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

Наименование	Марка котла	
	ПКН-1С (ПКН-2)	ПКН-3
Паропроизводительность, кг/ч	1000	1000
Давление пара, МПа (кг/см <sup>2</sup> ), абс.	0,9(9)	0,9(9)
Топливо	Мазут	Природный газ
Поверхность нагрева котла, м <sup>2</sup>	26,5	26,5
Объем, м <sup>3</sup> :		
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, включенных в циркуляцию котла посредством четырех боковых коллекторов, вваренных в барабаны, и одного фронтального коллектора для подключения потолочного экрана.

Барабаны расположены на общей вертикальной оси. Боковые экраны изготовлены 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 м<sup>2</sup>. Шаг труб боковых экранов 85 мм, потолочного экрана — 80 мм. В конвективной и экранных поверхностях нагрева использованы бесшовные трубы  $\varnothing 51 \times 2,5$  мм из стали 10. Присоединение труб к барабанам и коллекторам выполнено сваркой. В конвективном пучке установлены газовые перегородки, обеспечивающие поперечное омывание труб газовым потоком с необходимыми скоростями.

Под топочной камеры выложен 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<sup>2</sup>) 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-шламотстойником, 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 окалинстойкой 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 Е-1—0,9ГН (ПКН-3Г), работающий на природном газе, и Е-1—0,9МН (ПКН-3М), работающий на мазуте. 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—

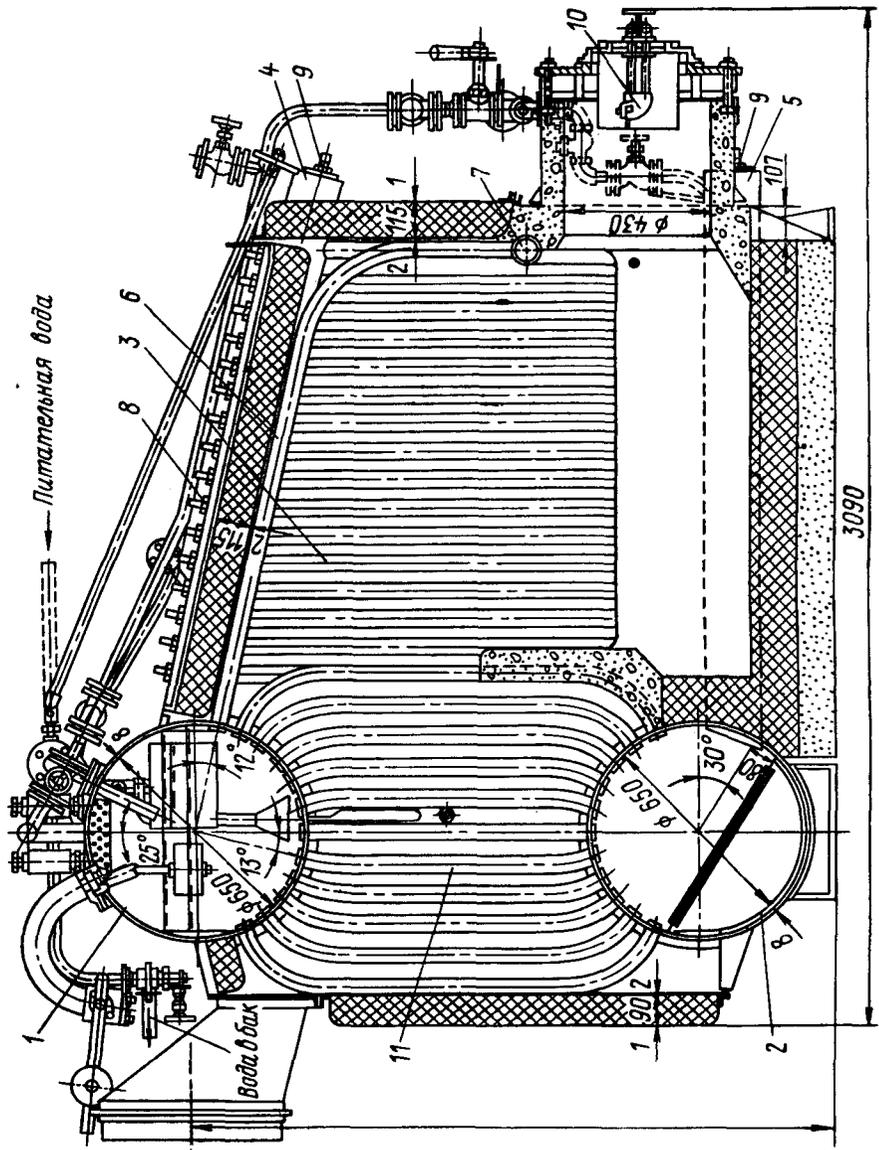


Рис. 5. Котел ПКН-1С:  
 1 — верхний барабан; 2 — нижний барабан;  
 3 — боковой (правый) экран; 4 — верхний  
 коллектор бокового (правого) экрана; 5 —  
 нижний коллектор бокового (правого) экрана;  
 6 — потолочный экран; 7 — коллектор потолоч-  
 ного экрана; 8 — лотки для осмотра и очистки  
 экранных труб; 9 — торцевые лотки коллек-  
 торов; 10 — щелевая форсунка; 11 — конвек-  
 тивный пучок

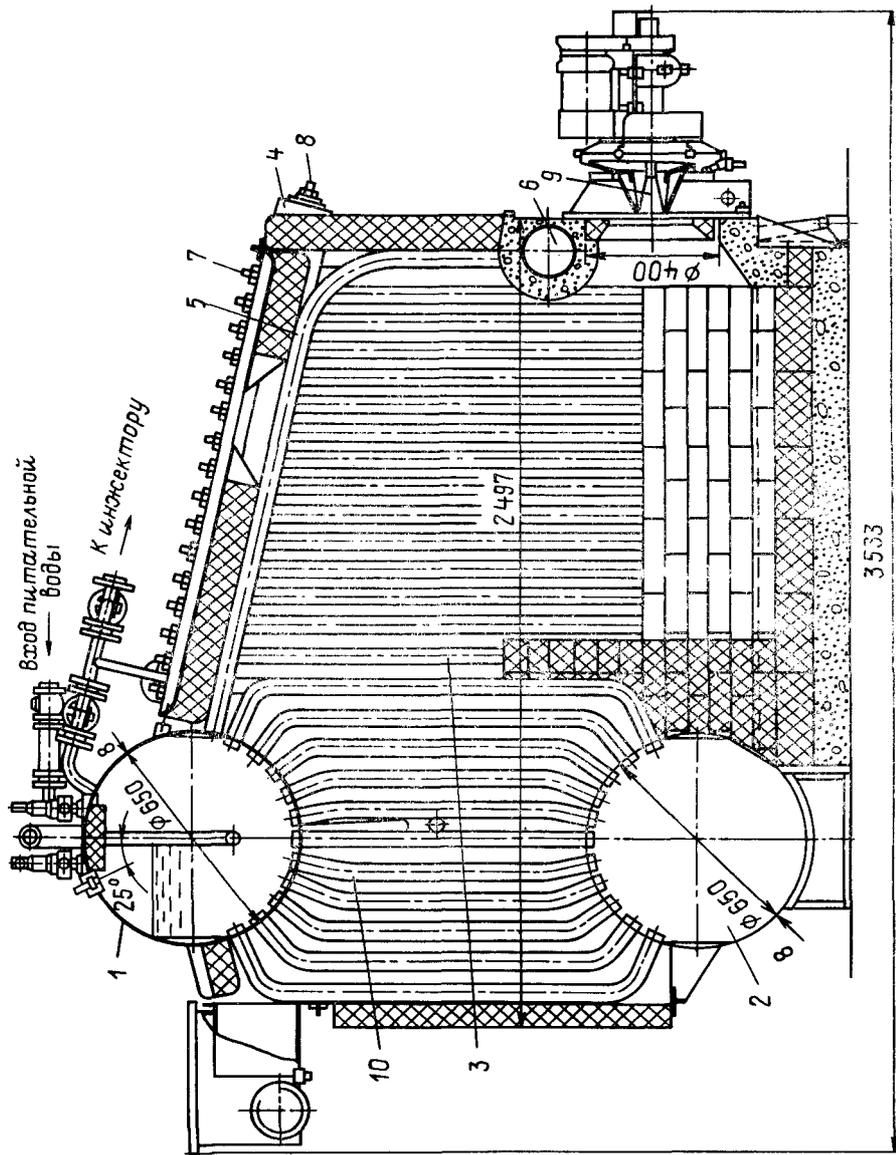


Рис. 6. Котел ПКН-2:  
 1 — верхний барабан; 2 — нижний барабан;  
 3 — боковой (правый) экран; 4 — верхний  
 коллектор бокового (правого) экрана; 5 — по-  
 толочный экран; 6 — коллектор потолочного  
 экрана; 7 — лючки для осмотра и очистки  
 экранных труб; 8 — торцевой лючок коллек-  
 тора; 9 — ротационная форсунка; 10 — конвек-  
 тивный пучок

120 мм. Под, боковые, задняя и передняя стенки 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.

Техническая характеристика котлов Е-1—0,9ГН и Е-1—0,9МН приведена в табл. 7.

Таблица 7

Техническая характеристика котлов Е-1—0,9 МН и Е-1—0,9ГН

Показатель	Е-1—0,9МН (ПКН-ЭМ)	Е-1—0,9ГН (ПКН-ЭГ)
Паропроизводительность, т/ч	1,0	1,0
Давление пара, МПа (кгс/см <sup>2</sup> ), абс.	0,9(9)	0,9(9)
Температура уходящих газов, °С	340	280
Топливо	Мазут	Природный газ
Поверхность нагрева, м <sup>2</sup>	26,5	26,5
Объем, м <sup>3</sup> :		
водяной	1,2	1,2
паровой	0,4	0,4
топочного пространства	1,6	1,6
Коэффициент полезного действия, %	82	85
Габаритные размеры, мм:		
длина	3200	3200
ширина	1830	1700
высота	2700	2660
Масса, кг	2900	2900

## Глава вторая

### ПАРОВЫЕ КОТЛЫ С РАБОЧИМ ДАВЛЕНИЕМ ДО 2,4 МПа (24 кгс/см<sup>2</sup>)

#### 4. ДВУХБАРАБАННЫЕ ВЕРТИКАЛЬНО-ВОДОТРУБНЫЕ КОТЛЫ ТИПА ДКВР

##### Типоразмеры котлов типа ДКВР

Условное обозначение парового котла ДКВР означает двухбарабанный котел, водотрубный, реконструированный. Первая цифра после наименования котла обозначает паропроизводительность, т/ч, вторая — избыточное давление пара на выходе из котла, кгс/см<sup>2</sup> (для котлов с пароперегревателями — давление пара за пароперегревателем), третья — температуру перегретого пара, °С. Типоразмеры таких котлов приведены в табл. 8.

Таблица 8

Типоразмеры двухбарабанных вертикально-водотрубных котлов типа ДКВР

Паропроизводительность, т/ч	Давление пара, МПа (кгс/см <sup>2</sup> )		
	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	—

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 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, оборудованных 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. 9. 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

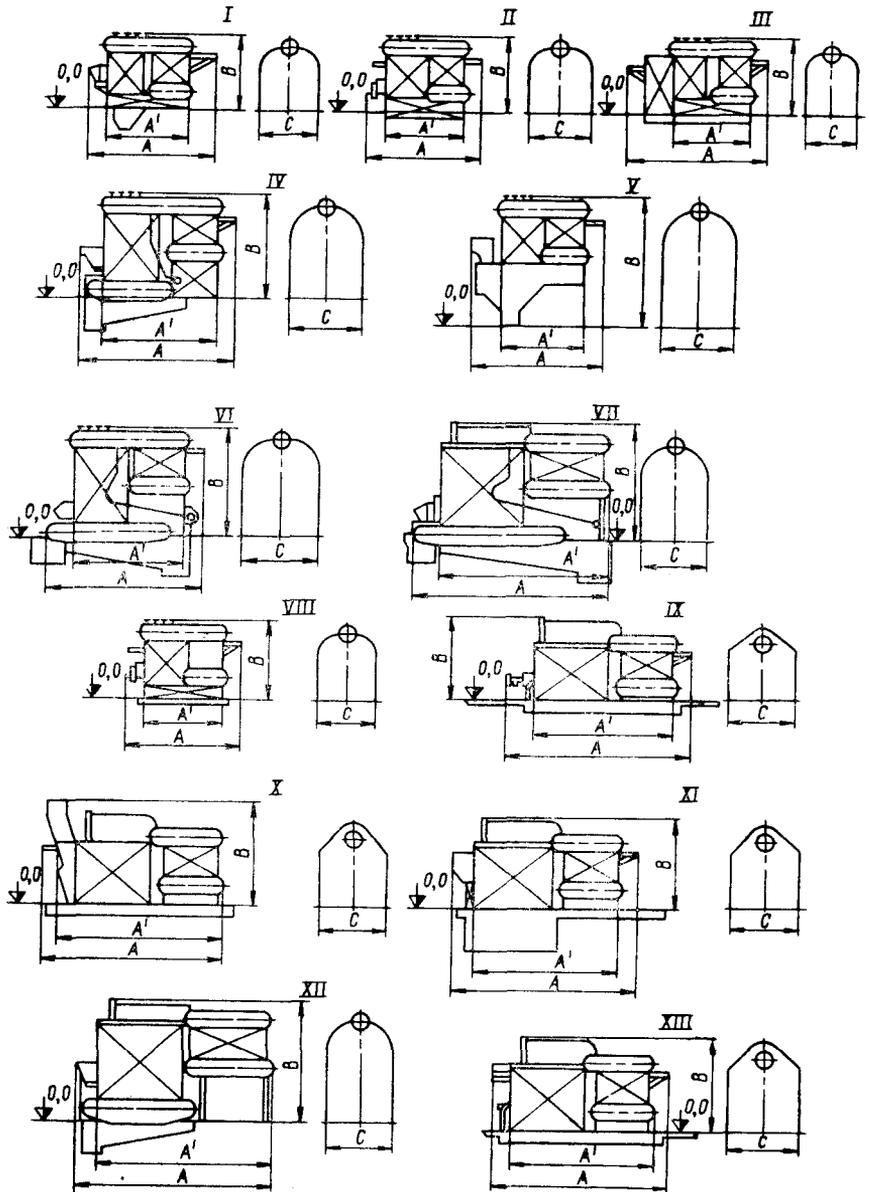


Рис. 7. Схемы и габаритные размеры компоновок котлов типа ДКВР с различными топочными устройствами:

*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 или 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 или ПМЗ-ЛЦР; *XIII* — котлы ДКВР-10 и -20 с топкой для сжигания газа и мазута (с двухступенчатым испарением)

(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. 10.

**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 (см. рис. 7)			
				A'	A	B	C
<b>Котел ДКВР-2,5-13</b>							
Газомазутная топка	Тяжелая	4 781	6 920	4 120	5 913	4 340	3 200 <sup>3</sup>
	Облегченная	4 816	13 916	3 920	5 530	4 345	2 430
Топка типа ПМЗ-РПК	Тяжелая	4 781	7 047	4 120	5 810	4 340	3 200
	Облегченная	4 825	12 120	3 920	5 530	4 345	2 430
Топка Шершнева	Тяжелая	4 805	7 697	4 120	6 120	7 740	3 200
Топка Померанцева	»	4 807	8 379	4 120	7 455	4 340	3 200
<b>Котел ДКВР-4-13</b>							
Газомазутная топка	Тяжелая	6 513	8 919	5 410	7 203	4 345	3 200
		7 259	9 243	5 410	7 203	4 345	3 200
		6 489	17 097	5 897	6 895	4 345	2 430
Топка типа ПМЗ-РПК	Тяжелая	6 500	9 198	5 410	7 040	4 345	3 200
		6 759	9 525	5 410	7 040	4 345	3 200
		6 489	15 331	5 897	6 895	4 345	2 430
Топка Шершнева	Тяжелая	6 052	9 751	5 410	7 460	7 745	3 200
		6 632	10 001	5 410	7 460	7 745	3 200
Топка Померанцева	»	6 445	10 432	5 410	7 668	4 345	3 200
		6 589	10 732	5 410	7 668	4 345	3 200
<b>Котел ДКВР-6,5-13</b>							
Газомазутная топка	Тяжелая	9 008	11 864	6 520	8 526	4 345	3 830
		8 370	12 220	6 520	8 526	4 345	3 830
		8 547	21 719	6 427	8 390	4 345	3 110
Топка типа ПМЗ-РПК	Тяжелая	8 968	11 995	6 520	8 210	4 345	3 830
		8 537	12 276	6 520	8 210	4 345	3 830
		8 546	20 190	6 427	8 390	4 345	3 110
Топка Шершнева	Тяжелая	8 922	13 290	6 520	8 670	8 345	3 830
		9 001	13 591	6 520	8 670	8 345	3 830
Топка Померанцева	»	9 909	14 969	9 070	9 870	4 345	3 870
		9 934	15 273	9 070	9 870	4 345	3 870
<b>Котел ДКВР-6,5-23</b>							
Газомазутная топка	Тяжелая	11 015	13 946	6 520	8 526	4 345	3 830
		11 511	14 544	6 520	8 526	4 345	3 830
		10 410	23 904	6 427	8 590	4 345	3 110
Топка типа ПМЗ-РПК	Тяжелая	10 951	14 042	6 520	8 210	4 345	3 830
		11 539	14 638	6 520	8 210	4 345	3 830
		10 419	23 231	6 727	8 390	4 345	3 110
Топка Шершнева	Тяжелая	10 887	15 340	6 520	8 670	8 345	3 830
		11 411	15 945	6 520	8 670	8 345	3 830
Топка Померанцева	»	11 931	17 059	9 070	9 870	4 345	3 870
		12 399	17 205	9 070	9 870	4 345	3 870
<b>Котел ДКВР-10-13 (высокая компоновка)</b>							
Газомазутная топка	Тяжелая	11 131	15 709	6 860	8 850	6 315	3 830
		11 292	15 420	6 860	8 850	6 315	3 830
Топка типа ПМЗ-ЛЦР	»	11 069	16 370	6 860	8 760	6 315	3 830
		11 131	16 639	6 860	8 760	6 315	3 830

Тип топки	Тип обмуровки	Масса металла под давлением, кг	Масса котла в объеме поставки завода	Габаритные размеры, мм (см. рис. 7)			
				A'	A	C	
Топка типа ПМЗ-ЧЦР	Тяжелая	11 069	16 370	6 860	8 760	6 315	3 830
		11 131	16 639	6 860	8 760	6 315	3 830
Топка типа ПМЗ-РПК	»	10 275	15 968	6 860	8 450	6 315	3 830
		11 124	16 275	6 860	8 450	6 315	3 830
Топка типа ЧЦР	»	11 551	17 522	6 860	9 200	6 315	3 830
		11 515	17 781	6 860	9 200	6 315	3 830
Топка Шершнева	»	11 394	17 842	6 860	10 760	9 590	3 830
		11 448	18 059	6 860	10 760	9 590	3 830
Топка Померанцева	»	11 949	18 467	6 860	10 111	6 315	3 830
		12 026	18 809	6 860	10 111	6 315	3 830
<b>Котел ДКВР 10-13 (низкая компоновка)</b>							
Газомазутная топка	Тяжелая	11 766	16 721	8 460	10 560	5 855	3 830
		11 605	31 780	8 145	10 355	5 410	3 156
<b>Котел ДКВР-10-23 (высокая компоновка)</b>							
Газомазутная топка	Тяжелая	13 955	18 443	8 460	10 560	5 855	3 830
		13 216	17 588	8 460	10 560	5 855	3 830
		12 280	29 677	8 175	10 355	5 410	3 156
	Облегченная	12 480	29 495	8 175	10 355	5 410	3 156
Топка типа ПМЗ-ЛЦР	Тяжелая	*13 216	18 538	6 860	8 760	6 315	3 830
		*13 955	19 379	6 860	8 760	6 315	3 830
Топка типа ПМЗ-ЧЦР	»	13 216	18 538	6 860	8 760	6 315	3 830
		13 955	19 379	6 860	8 760	6 315	3 830
Топка типа ПМЗ-РПК	»	13 238	18 185	6 860	8 450	6 315	3 830
		13 948	18 990	6 860	8 450	6 315	3 830
Топка типа ЧЦР	»	13 727	19 618	6 860	9 200	6 315	3 830
		11 366	20 443	6 860	9 200	6 315	3 830
Топка Шершнева	»	12 564	19 972	6 860	10 760	9 590	3 830
		14 296	20 691	6 860	10 760	9 590	3 830
Топка Померанцева	»	14 132	20 663	6 860	10 111	6 315	3 830
		14 873	21 533	6 860	10 111	6 315	3 830
<b>Котел ДКВР-10-39 (низкая компоновка)</b>							
Газомазутная топка	Тяжелая	22 785	32 375	8 430	8 430	5 660	3 830
		24 288	35 672	8 430	8 430	5 660	3 830
Топка типа ПМЗ-РПК	»	21 859	37 401	8 430	10 885	5 660	3 830
		22 330	60 858	9 645	14 505	6 900	3 150
Топка Померанцева	Облегченная						
<b>Котел ДКВР-20-13 (блочные котлы)</b>							
Газомазутная топка	Облегченная	17 905	44 242	9 775	12 000	7 660	3 215
		18 042	45 047	9 775	12 000	7 660	3 215
Топка типа ПМЗ-ЛЦР	»	18 042	43 926	9 775	12 000	7 660	3 215
		18 405	44 347	9 775	12 000	7 660	3 215
Топка типа ЧЦР	»	17 320	42 848	8 950	11 175	7 660	3 215
		18 915	43 247	8 950	11 175	7 660	3 215

Тип топки	Тип обмуровки	Масса металла под давлением, кг	Масса котла в объеме поставки завода	Габаритные размеры, мм (см. рис. 7)			
				A'	A	B	C
<b>Котел ДКВР-20-23 (блочные котлы)</b>							
Газомазутная топка	Облегченная	20 965 20 118	46 987 47 837	9 775 9 775	12 000 12 000	7 660 7 660	3 215 3 215
Топка типа ПМЗ-ЛЦР	»	20 218	46 690	9 775	12 000	7 660	3 215
Топка типа ПМЗ-ЧЦР	»	21 226	47 139	9 775	12 000	7 660	3 215
Топка типа ЧЦР	»	20 320 21 300	45 648 46 081	8 950 8 950	11 175 11 175	7 660 7 660	3 215 3 215

Таблица 10

## 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/см <sup>2</sup> )	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, м <sup>2</sup> :						
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	277,0	211,0	408,7
пароперегревателя	—	—	—	—	68,0	—
Объем котла, м <sup>3</sup> :						
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, м <sup>3</sup>	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 $Q_p^{\text{н}} = 251\ 000$ кДж/кг (6000 ккал/кг);	81,9	82,1	83,1	83,5	78,7	83,6
бурого угля $Q_p^{\text{н}} = 10\ 500$ кДж/кг (2500 ккал/кг);	75,6	75,8	76,7	77,5	—	77,2
газа $Q_p^{\text{н}} = 35\ 700$ кДж/кг (8525 ккал/кг);	90,0	90,8	91,8	91,8	—	90,0
мазута $Q_p^{\text{н}} = 38\ 400$ кДж/кг (9170 ккал/кг)	89,6	89,8	—	—	—	89,6
Расход топлива, кг/ч:						
каменного угля $Q_p^{\text{н}} = 25\ 100$ кДж/кг (6000 ккал/кг);	320	540	860	1310	—	2290
бурого угля $Q_p^{\text{н}} = 10\ 500$ кДж/кг (2500 ккал/кг);	820	1380	2210	3370	—	5660
газа $Q_p^{\text{н}} = 35\ 700$ кДж/кг (8525 ккал/кг);	210	310	550	840	—	2060
мазута $Q_p^{\text{н}} = 38\ 400$ 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 кипяtilьными 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 кипяtilьных 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 кипяtilьных труб. Необходимое для размещения пароперегревателя место (при неизменных размерах котла) обеспечивается отказом от установки части кипяtilьных 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 солесодержанию 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<sup>2</sup>) изготовлены из низколегированной стали 16ГС и имеют одинаковые диаметры 1000 мм, толщина стенки барабанов котлов с рабочим давлением 1,3 МПа (13 кгс/см<sup>2</sup>) — 13 мм, котлов с рабочим давлением 2,3 МПа (23 кгс/см<sup>2</sup>) — 20 мм. Барабаны котлов оснащены лазерными 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<sup>2</sup>), лазерные 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 выпуске воды из барабана и повышении температуры его стенки до 280—320° С. Шум пароводяной смеси, выходящий 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—

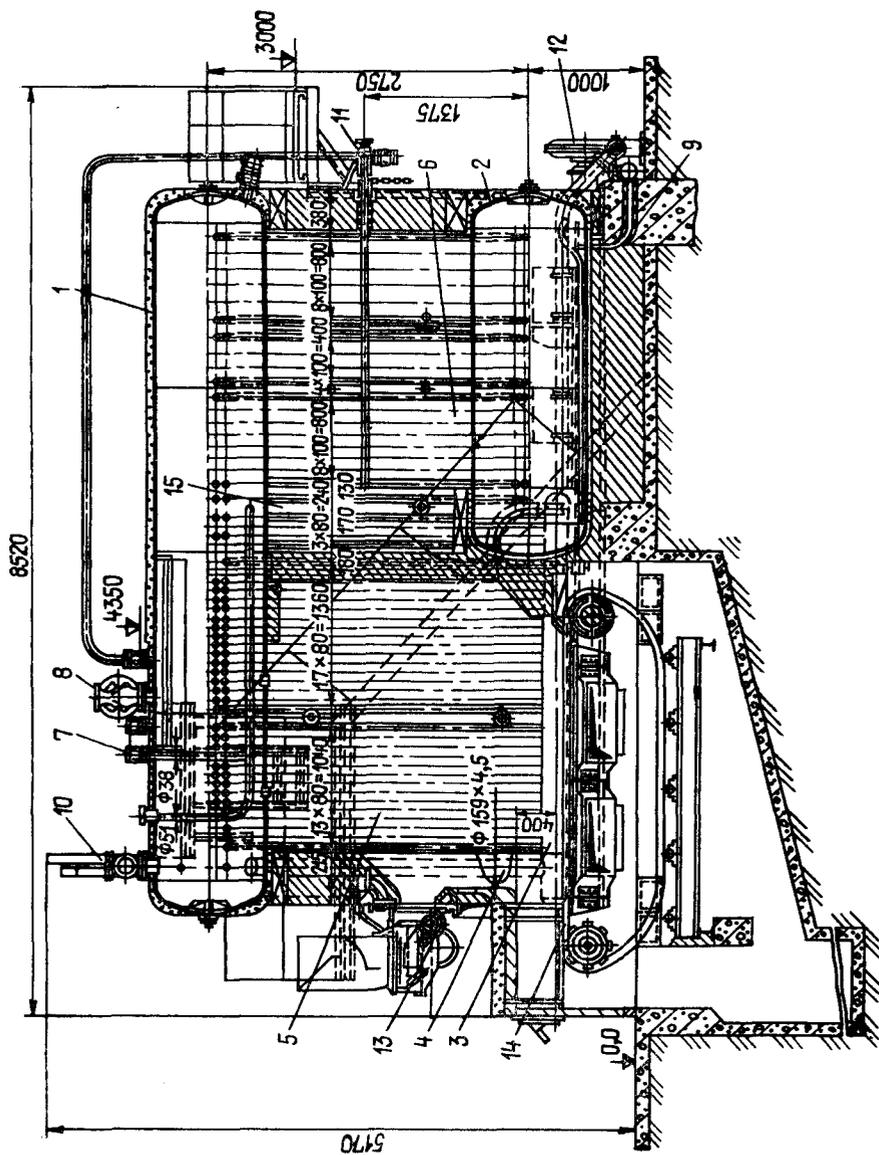


Рис. 8. Паровой котел ДКВР-6,5-13-23 в тяжелой обмуровке с топкой типа ПМЗ-ДЦР 2700×3000 мм для сжигания каменных и бурых углей:

- 1 — верхний барабан; 2 — нижний барабан;
- 3 — коллектор бокового экрана; 4 — опускающая труба; 5 — боковой экран; 6 — конвективный лучок 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

90%; олово О1 или О2 по ГОСТ 860—10<sup>+2</sup>%. Колебания температуры плавления сплава допускаются в пределах 240—310° С.

Ввод питательной воды производится в верхний барабан. Вода в водяном пространстве распределяется по перфорированной 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 изготовлены из труб  $\varnothing 219 \times 8$  мм для котлов с рабочим давлением 1,3 МПа (13 кгс/см<sup>2</sup>) и  $\varnothing 219 \times 10$  мм — давлением 2,3 МПа (23 кгс/см<sup>2</sup>). Конвективные пучки выполняются с коридорным расположением труб. Камеры, экранные и конвективные трубы котлов типа ДКВР изготовлены из углеродистой стали марок 10 и 20.

В табл. 11 приведена конструктивная характеристика котлов типа ДКВР.

Таблица 11

Конструктивная характеристика 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 опускающих труб	127×4	140×4,5	159×4,5	159×4,5	—
экранных и кипяточных 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

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 применены трубы  $\varnothing 32 \times 3$  мм из стали 10. Камеры пароперегревателей выполнены из труб  $\varnothing 133 \times 5$  мм для котлов с рабочим давлением 1,3 и 2,3 МПа (13 и 23 кгс/см<sup>2</sup>). 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<sup>2</sup>) пароперегреватели выполнены одноходовыми по пару без пароохладителя. Температура перегрева пара при сжигании различного топлива 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<sup>2</sup>), допускается применять для этой цели сжатый воздух. Для обдувки применяют стационарные обдувочные приборы и переносные, используемые для очистки экранов и пучков труб от золых 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 элемента 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 фронтального 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 давлением 1,3; 2,3; 3,9 МПа (13, 23, 39 кгс/см<sup>2</sup>) 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 содержанием солей. 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  $\varnothing 51 \times 2,5$  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 поставлялись 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 обшивки. 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 барабана. Первая ступень испарения включает конвективный пучок, фронтальной и задней экраны, а также боковые экраны заднего топочного блока. Боковые экраны переднего топочного блока включены во вторую ступень испарения. Сепарационными устройствами второй ступени испарения являются выносные циклоны. 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.

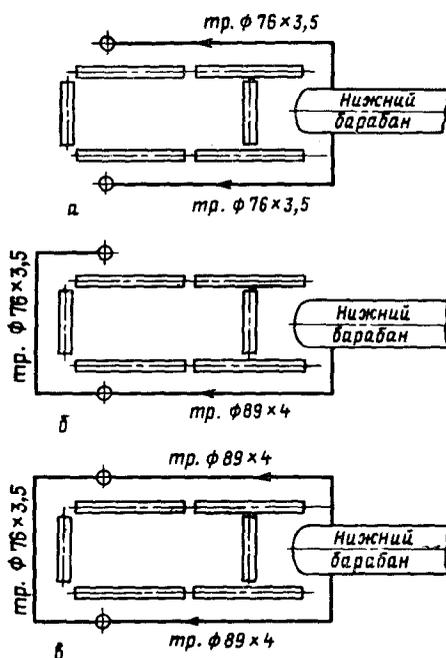


Рис. 9. Соединение выносных циклонов с нижним барабаном котла ДКВР-20:  
 а — двухсторонняя схема питания; б — односторонняя схема питания; в — комбинированная схема питания

На рис. 9 показаны схемы соединений ступеней испарения по водяной стороне, применявшиеся в котлах ДКВР-20-13. При двусторонней 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 переток из второй ступени испарения в первую и как следствие к снижению солевой кратности между ступенями.

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 двусторонней и последовательной схемами питания выносных циклонов 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 экранов, 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. Фронтальный экран 2 питается из верхнего барабана — вода поступает в нижнюю камеру 3 по опускным трубам 27.

Пароводяная смесь отводится в верхний барабан из верхних камер 10 боковых экранов первой ступени испарения по паротводящим трубам 28, из верхней камеры 11 заднего экрана — трубами 29, из верхней камеры 7 фронтального экрана — трубами 6. Фронтальный экран имеет рециркуляционные трубы 5.

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

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.

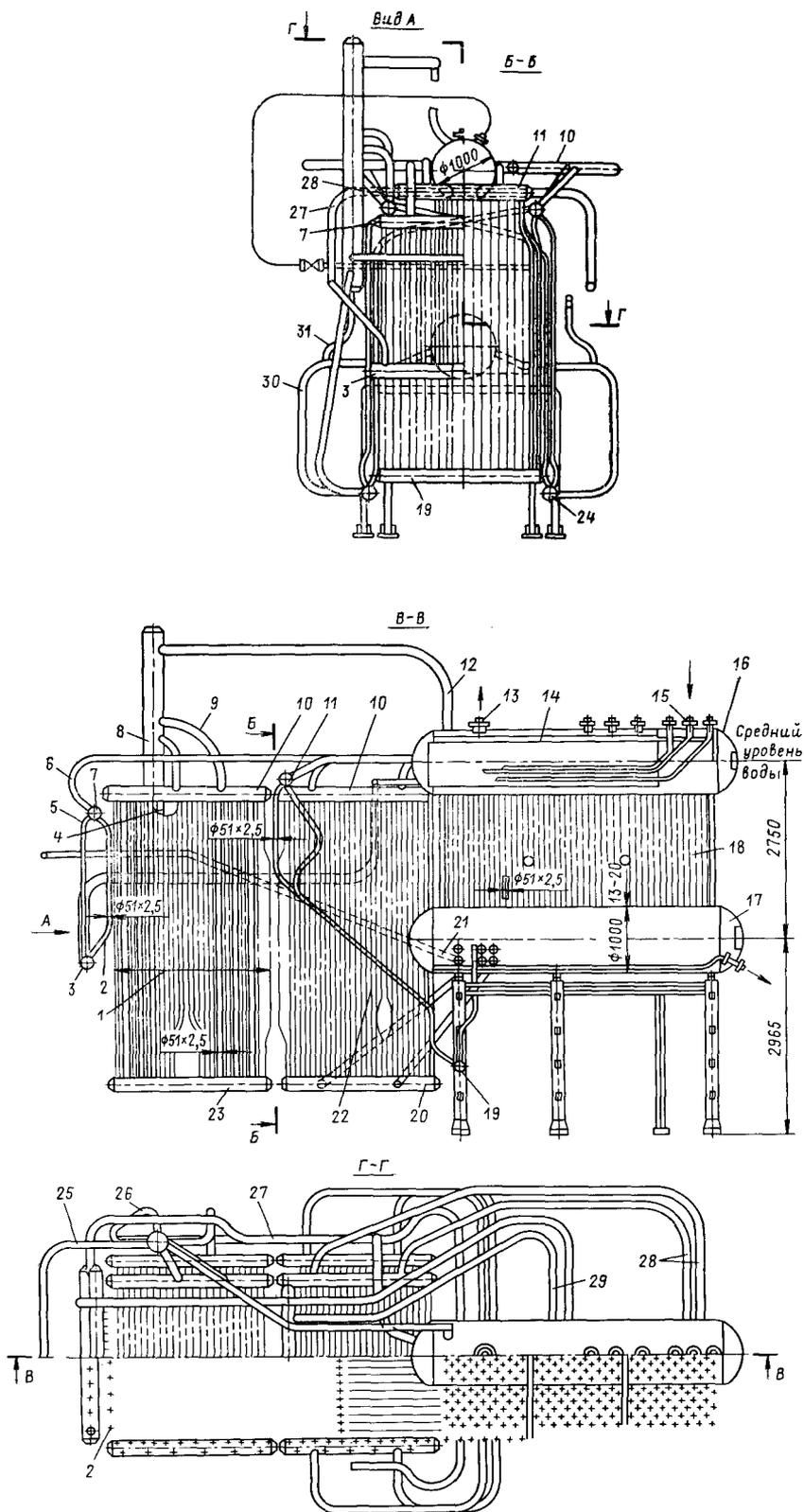


Рис. 10. Схема циркуляции котла ДКВР-20:  
 1 — вторая ступень испарения; 2 — фронтный экран; 3 — камера; 4 — непрерывная продувка; 5 — рециркуляционные трубы; 6 — перепускная труба из верхнего коллек-

## 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 промышленности, 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 мм 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. Фронтальная 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 чугушной 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.

Конструктивная 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  $\varnothing 51 \times 2,5$  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.

---

тора в барабан; 7, 10, 11 — верхние камеры; 8 — выносные циклоны; 9 — перепускные трубы из верхней камеры в выносной циклон; 12 — перепускные трубы из выносного циклона в барабан; 13 — патрубок отвода пара; 14 — сепарационное устройство; 15 — питательные линии; 16 — верхний барабан; 17 — нижний барабан; 18 — конвективный пучок; 19, 20, 23, 24 — нижние камеры; 21 — подпиточные трубы; 22 — боковые экраны; 25 — перепускная труба; 26 — опускные трубы; 27, 29, 30, 31 — перепускные трубы; 28 — паротводящие трубы

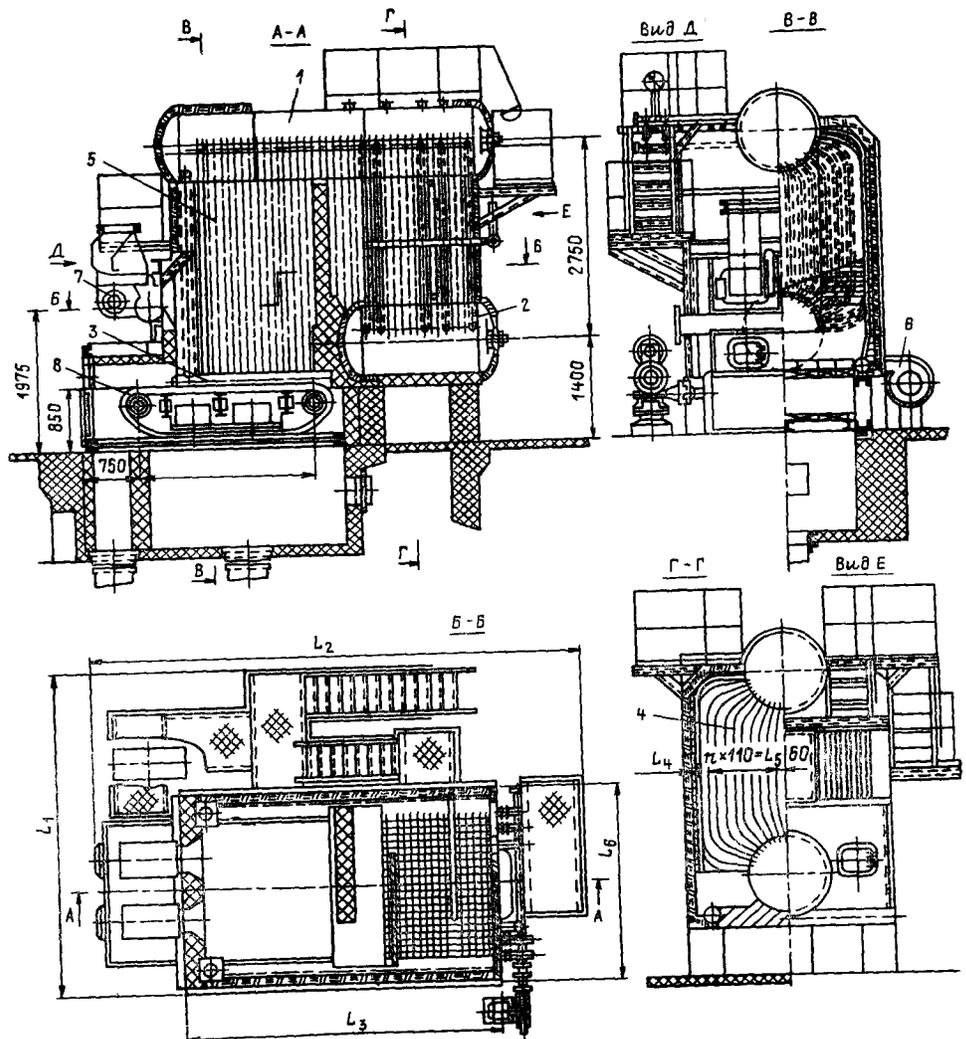


Рис. 11. Паровой котел Е(КЕ)-6,5-14Р:

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 (изоляция) 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<sup>3</sup>/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)

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/см <sup>2</sup> )	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, м <sup>2</sup> :				
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, м <sup>2</sup>	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	11335	13946	16668
Конструктивные размеры, мм*:				
L <sub>1</sub>	—	2400	3000	3000
L <sub>2</sub>	—	6900	7940	8350
L <sub>3</sub>	—	4345	5550	6335
L <sub>4</sub>	—	195	195	387
L <sub>5</sub>	—	880	880	990
n	—	8	8	9
L <sub>6</sub>	—	2580	2580	3185
L <sub>7</sub>	—	4170	4170	4634

\* См. рис. 11.

Техническая характеристика котлов типа Е(КЕ) приведена в табл. 12.

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  $\varnothing 219 \times 8$  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 фронтном экране обеспечивается за счет трех рециркуляционных труб  $\varnothing 89 \times 4$  мм. Объем топочной камеры составляет 61,67 м<sup>3</sup>.

Все поверхности нагрева котла выполнены из труб  $\varnothing 51 \times 2,5$  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 расположением, с поперечным шагом 220 мм. В котлах с пароперегревателем он размещается вместо испарительных труб за их первыми пятью рядами. Пароперегреватель изготавливается из труб  $\varnothing 32 \times 3$  мм, размещенных с поперечным шагом 70 мм и с продольным 75 мм, которые присоединяются к камерам  $\varnothing 159 \times 6$  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  $\varnothing 8$  мм.

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

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 <sup>2</sup> ), абс.	1,4(14)
Температура пара, °С:	
насыщенного	194
перегретого	250
Поверхность нагрева, м <sup>2</sup> :	
радиационная	91,5
конвективная	418
Коэффициент полезного действия, % (при работе на каменном угле)	87
Габаритные размеры, мм:	
длина	13 600
ширина	6 000
высота от пола до оси верхнего барабана	6 000
Масса в объеме заводской поставки, кг	39 212

#### 6. ПАРОВЫЕ КОТЛЫ ТИПА Е (ДЕ)

Газомазутные паровые вертикальные водотрубные котлы типа Е (ДЕ) предназначены для выработки насыщенного или перегретого до температуры  $225^\circ \text{С}$  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<sup>2</sup>). Техническая характеристика котлов с рабочим давлением 1,4 МПа (14 кгс/см<sup>2</sup>) приведена в табл. 13.

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  $\varnothing 51 \times 2,5$  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.

Техническая характеристика котлов типа Е(ДЕ)  
с давлением пара 1,4 МПа (14 кгс/см<sup>2</sup>)

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, м <sup>2</sup> :					
радиационная	22,0	28,0	39,0	49,2	64,0
конвективная	48,0	67,0	116,0	115,0	230,0
Коэффициент полезного действия при сжигании мазута, %	88,19	88,73	89,76	88,94	91,10
Топочное устройство, горелка (тип)	ГМ-2,5	ГМ-4,5	МГ-7	ГМ-10	ГМП-10
Габаритные размеры, мм:					
длина	4 280	5 050	7 440	9 260	11 550
ширина	4 300	4 300	5 130	4 670	4 630
высота (от пола до оси верхнего барабана)	5 050	5 050	4 400	4 720	4 720
Масса в объеме заводской поставки, кг	10 258	11 355	18 652	17 410	21 413

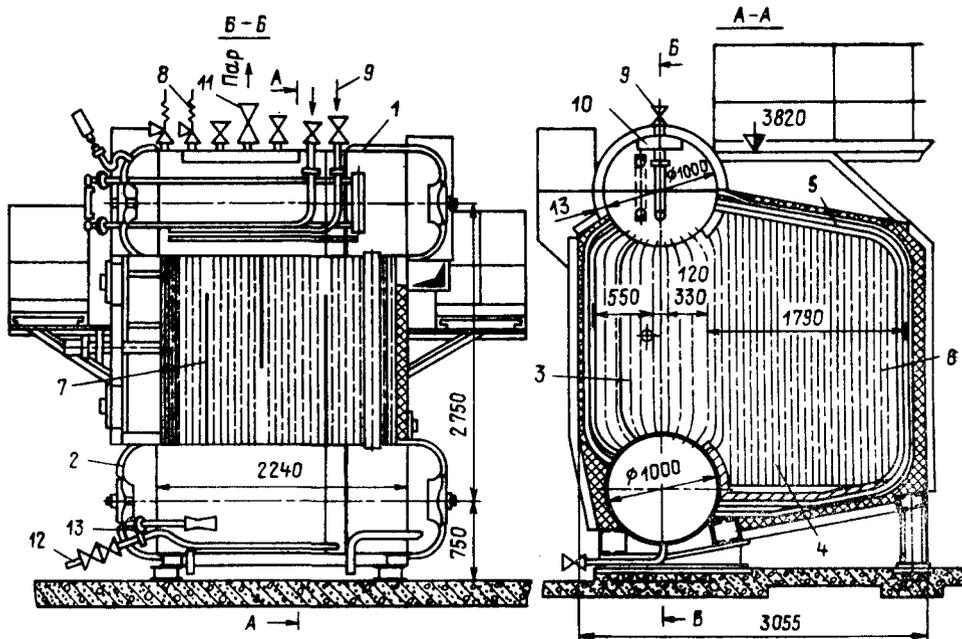


Рис. 12. Котел ДЕ-4-14ГМ:

1 — верхний барабан; 2 — нижний барабан; 3 — конвективный пучок; 4 — топочная камера; 5 — экран потолка; 6 — задний экран; 7 — перегородки конвективного газахода; 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 данных котлов 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  $\varnothing 51 \times 2,5$  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  $\varnothing 51 \times 2,5$  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  $\varnothing 159 \times 3,5$  мм. Коллекторы соединены с верхним и нижним барабанами и объединены необогреваемой рециркуляционной трубой  $\varnothing 76 \times 3,5$  мм.

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

Во всех котлах под топку закрыт огнеупорным кирпичом.

Конвективный пучок образован коридорно расположенными вертикальными трубами  $\varnothing 51 \times 2,5$  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 (фронтальной, задней и два боковых) и конвективный пучок. Боковые экраны и конвективный пучок котлов всех типоразмеров, а также фронтальный экран котлов паропроизводительностью 16 и 25 т/ч присоединены непосредственно к верхнему и нижнему барабанам. Задние экраны всех котлов и фронтальные 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  $\varnothing 76 \times 3,5$  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  $\varnothing 159 \times 4,5$  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 установлены сепарационные устройства. В нижних барабанах котлов паропроизводительностью 4; 6,5 и 10 т/ч расположена перфорированная труба для непрерывной продувки котла, которая совмещена с перио-

дической 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  $\varnothing 32 \times 3$  мм. В кот-

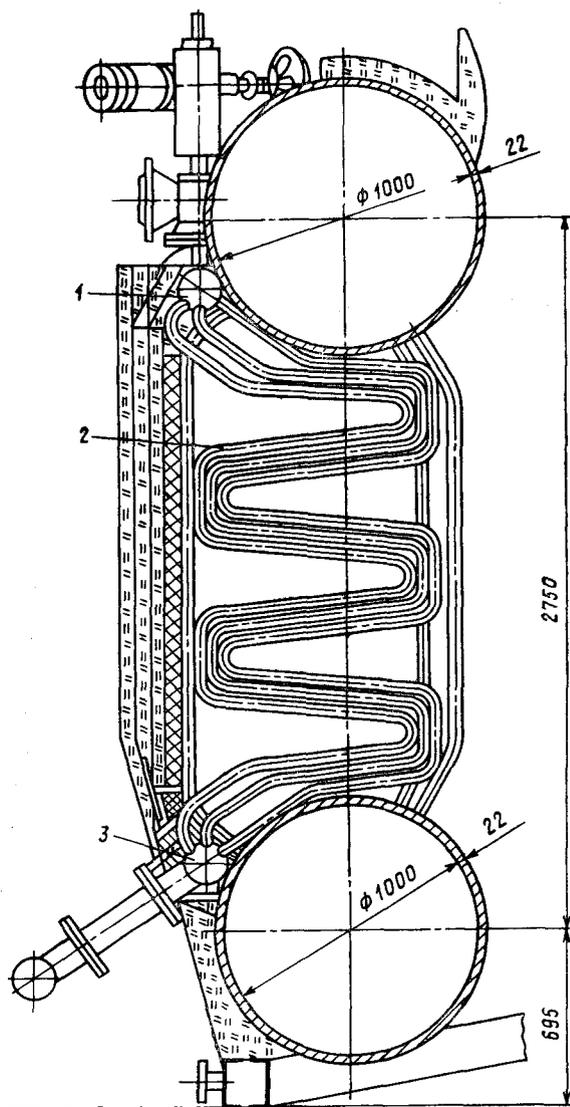


Рис. 13. Змеевиковый пароперегреватель котлов типа ДЕ:  
1 — входной коллектор; 2 — змеевиковая поверхность нагрева; 3 — выходной коллектор

лах паропроизводительностью 16 и 25 т/ч пароперегреватель выполняется вертикальным из двух рядов труб  $\varnothing 51 \times 2,5$  мм.

Очистка поверхностей нагрева от наружных загрязнений осуществляется стационарными обдувочными устройствами, расположенными с левой стороны котла. Обдувочное устройство состоит из узла крепления 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<sup>2</sup>).

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. 14. Для контроля за тепловыми перемещениями в котлах

Таблица 14

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

устанавливается репер в районе задней стороны нижнего барабана. Кроме этого, предусматривается контроль перемещений нижних коллекторов фронтального и заднего экранов.

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 притоков 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 остановках 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 России широкой колеи.

## ВОДОГРЕЙНЫЕ КОТЛЫ

## 7. ВОДОГРЕЙНЫЕ КОТЛЫ ТЕПЛОВОЙ МОЩНОСТЬЮ ДО 30 ГКАЛ/Ч

Водогрейные котлы КВГ-4,65 и КВГ-7,56 изготавливают для работы на природном газе, поставляют с облегченной обмуровкой одним транспортным блоком. Конструктивно котел выполнен прямоточным водотрубным.

Трубная система включает радиационные и конвективные поверхности нагрева. Радиационные поверхности нагрева образуются левым и правым боковыми экранами, двумя двухсветными экранами и потолочным экраном. Каждый вертикальный топочный экран состоит из прямых труб и двух коллекторов (верхнего и нижнего). Расстояние между вертикальными топочными экранами составляет 906 мм. Конвективные поверхности нагрева образуются секциями, состоящими из вертикального коллектора и вваренных в него змеевиков. Экраны котла соединены перепускными трубами. Для обеспечения очистки от шлама все коллекторы вертикальных и потолочного экранов снабжены лючками. Доступ в топку для выполнения работ по осмотру и ремонту элементов котла обеспечивается через три лаза, размещенных на фронте котла. Для осмотра поверхностей нагрева можно использовать в качестве лазов окна двух взрывных клапанов, установленных в верхней части задней стенки конвективного пучка.

В котлах применены по три подовые горелки, которые размещены между секциями вертикальных топочных экранов. Горелка имеет два ряда отверстий диаметром 1,5 мм, расположенных в шахматном порядке.

Котел не имеет несущего каркаса. Все весовые нагрузки передаются через трубную систему на нижние продольные коллекторы, имеющие опоры. Свобода тепловых перемещений трубной системы обеспечивается за счет выполнения в стойках опор отверстий большего диаметра, чем диаметр болтов, крепящих стойки к нижним коллекторам экранов и конвективной части.

Водогрейные котлы КВГ-4,65 и КВГ-7,56 оборудуют автоматической защитой, прекращающей подачу топлива в топку котла в случаях:

повышения давления воды во входном коллекторе котла сверх 1,71 МПа (17,1 кгс/см<sup>2</sup>);

падения давления воды в выходном коллекторе котла ниже 1,02 МПа (10,2 кгс/см<sup>2</sup>);

повышения температуры воды в выходном коллекторе котла выше 150° С;

уменьшения расхода воды через котел ниже величины: 80,25 м<sup>3</sup>/ч — для котла КВГ-7,56 и 49,4 м<sup>3</sup>/ч — для котла КВГ-4,65;

падения давления воздуха перед горелками ниже: 40 мм вод. ст. — для КВГ-7,56 и 20 мм вод. ст. — для КВГ-4,65.

При работе котла контролируемыми параметрами являются: давление и температура воды на входе и выходе из котла, давление газа у горелок после последнего по ходу газа отключающего устройства, давление воздуха у горелок, разрежение в топке котла. Техническая характеристика котлов КВГ-4,65 и КВГ-7,56 приведена в табл. 15.

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<sup>2</sup>), нагреваемой до 200° С, и предназначены для покрытия теплофикационных нагрузок (отопления, вентиляции и горя-

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

Техническая характеристика водогрейных котлов  
КВГ-4,65 и КВГ-7,56

Наименование	КВГ-4,65	КВГ-7,56
Давление воды на входе, МПа	1,6	1,6
Номинальная теплопроизводительность, МВт	4,65	7,56
Температура воды, °С:		
на входе	70	70
на выходе	150	150
Расход воды, м <sup>3</sup> /ч	49,4	80,25
Коэффициент полезного действия, %	91	91
Объем топочного пространства, м <sup>3</sup>	12,67	18,90
Поверхность нагрева, м <sup>2</sup>	86,75	149,50
Водяной объем, м <sup>3</sup>	0,900	1,365
Габариты (в обмуровке), мм:		
длина	4900	5520
ширина	4186	4196
высота	4102	4102
Масса металла под давлением, т	3,818	6,045
Расчетное топливо	Газ	Газ

чего 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 различаются 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 определяют 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  $0,2 \times 10^{-3}$ % 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  $C_p=83,0\%$ ;  $H_p=10,25\%$ ;  $O_p+N_p=1,0\%$ ;  $S_p=2,6\%$ ;  $A_p=0,15\%$ ;  $W_p=3,0\%$ ;  $Q_p^u=38\,600$  кДж/кг (9240 ккал/кг); природный газ с содержанием  $O_2=0,2\%$ ;  $CO_2=0,3\%$ ;  $CH_4=89,9\%$ ;  $C_2H_6=3,1\%$ ;  $C_2H_8=0,9\%$ ;  $C_4H_{10}=0,4\%$ ;  $W_p=5,2\%$ ;  $Q_p^u=36\,100$  кДж/кг (8620 ккал/м<sup>3</sup>).

Все котлы — для твердого, жидкого и газообразного топлива сконструированы для поставки потребителю транспортными блоками с максимальной степенью заводской готовности. Горизонтальная топочная камера и вертикальный конвективный пучок разделены на два поста-

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

вочных 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. 16. 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 (ТЛЗ-2,7/4,0) типов 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<sup>3</sup> [ $300 \cdot 10^3$  ккал/(м<sup>3</sup>·ч)]\*, теплопроизводительностью 23,3 МВт (20 Гкал/ч) —  $440 \cdot 10^3$  Вт/м<sup>3</sup> [ $377 \cdot 10^3$  ккал/(м<sup>3</sup>·ч)], теплопроизводительностью 34,9 МВт (30 Гкал/ч) —  $520 \cdot 10^3$  Вт/м<sup>3</sup> [ $448 \cdot 10^3$  ккал/(м<sup>3</sup>·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/ч) — 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 принятому направлению движения полотна решетки (к фронту котла) обеспечивается более полное сжигание топлива при минимальном механическом недожоге.

Устройство данных типов котлов на примере котла КВ-ТС-10 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 фронтальной стенке и поде. Все экраны выполнены из труб  $\varnothing 60 \times 3$  мм, присоединяемых непосредственно к коллекторам  $\varnothing 219 \times 10$  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 поверхность нагрева образуется конвективными пакетами, фестонным и задним экранами и расположена в вертикальной шахте с полностью экранированными стенками. Задняя и передняя стенки шахты образованы трубами  $\varnothing 60 \times 3$  мм, расположенными с шагом 64 мм, которые соединены с ка-

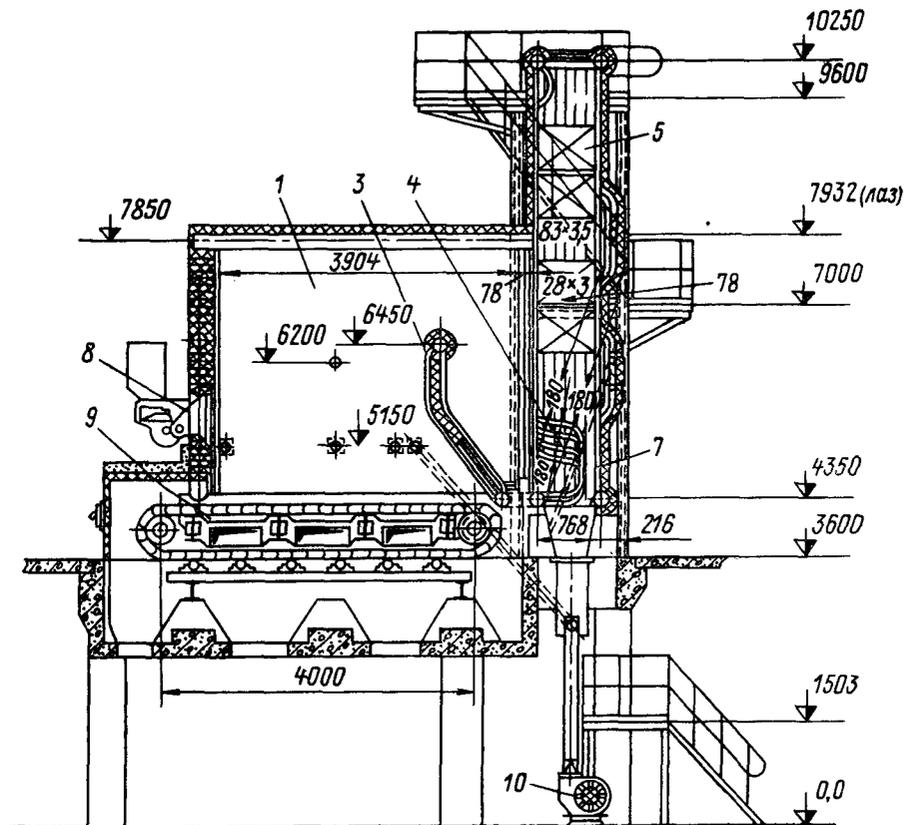
\*  $1,163 \text{ Вт/м}^3 = 1 \text{ ккал/(м}^3 \cdot \text{ч)}$ .

Техническая характеристика водогрейных котлов типа КВ-ТС, КВ-ТСВ и КВ-ГМ теплопроизводительностью до 34,9 МВт (30 Гкал/ч)\*

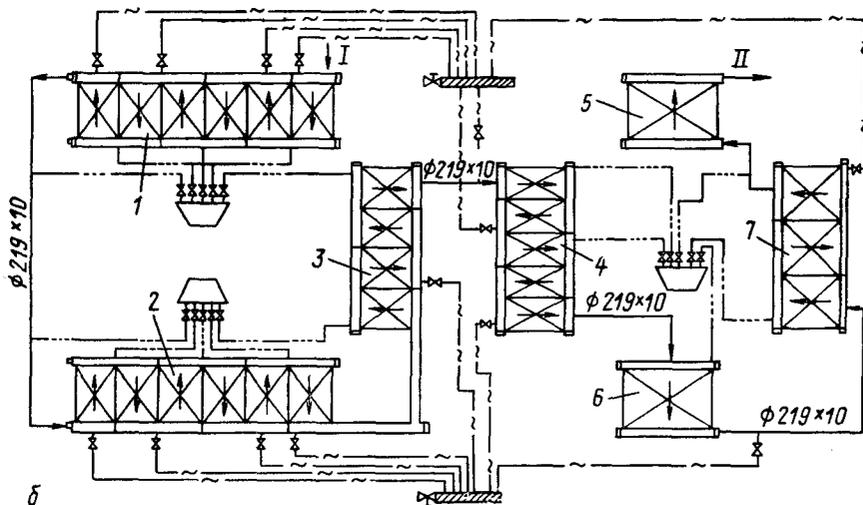
Наименование	Марка котла								
	КВ-ТС-10	КВ-ТСВ-10	КВ-ГМ-10	КВ-ТС-20	КВ-ТСВ-20	КВ-МГ-20	КВ-ТС-30	КВ-ТСВ-30	КВ-ГМ-30
Теплопроизводительность, МВт (Гкал/ч)	11,63 (10)	11,63 (10)	11,63 (10)	23,3 (20)	23,3 (20)	23,3 (20)	34,9 (30)	34,9 (30)	34,9 (30)
Рабочее давление, МПа (кгс/см <sup>2</sup> )	1,0—2,5 (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)	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	70	70	70	70	70	70
на выходе	150	150	150	150	150	150	150	150	150
Расход воды, т/ч	123,5	123,5	123,5	247,0	247,0	247,0	370	370	370
Гидравлическое сопротивление, МПа (кгс/см <sup>2</sup> )	0,115 (1,15)	0,11 (1,1)	0,15 (1,5)	0,15 (1,5)	0,19 (1,9)	0,23 (2,3)	0,13 (1,3)	0,13 (1,3)	0,19 (1,9)
Температура уходящих газов, °С	220	205	185/230	230	218	190/240	235	235	195/240
Коэффициент полезного действия, %	81,87	83,8	91,8/88,5	81,7	83,5	91,5/88,85	81,8	82,5	91,8/88,6
Расход топлива, м <sup>3</sup> /ч, кг/ч	2160	3140	1290/1200	4320	6290	2580/2450	6480	9550	3680/3870
Поверхность нагрева, м <sup>2</sup> :									
топочной камеры	80,4	80,4	82,8	111,7	111,7	106,5	134,4	134,4	126,9
лучевоспринимающей поверхности топочной камеры	55,9	55,9	57,6	82,8	82,8	78,9	98,6	98,6	93,1
конвективной части	221,5	221,5	221,5	406,5	406,5	406,5	592,6	592,6	592,6
Габаритные размеры, мм:									
ширина	6000	5580	6000	5500	5580	6000	5500	5580	6000
глубина	7580	8650	8350	10600	13400	11540	12783	15450	14750
высота	10800	9515	13410	10800	9515	13410	10800	9535	13410
Масса блоков, кг:									
топочного	4060	4060	5300	5982	5982	7400	6828	6828	8700
конвективного	8242	5365	8200	13450	8254	13500	18395	10400	18400
воздухоподогревателя	—	1×5330	—	—	2×5330	—	—	3×5330	—

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

Примечание. Показатели для котлов типа КВ-ГМ, приведенные дробью, соответствуют: числитель — при работе на газе; знаменатель — при работе на мазуте.



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

мерами  $\phi 219 \times 10$  мм. Боковые стенки выполнены из вертикальных труб ( $\phi 83 \times 3,5$  мм), расположенных с шагом 128 мм, объединенных камерами  $\phi 219 \times 10$  мм. Эти трубы, в свою очередь, объединяют U-образные змеевики, выполненные из труб  $\phi 28 \times 3$  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  $\varnothing 40 \times 1,6$  мм размещены в шахматном порядке с шагами  $S_1=60$  мм и  $S_2=84$  мм. Воздухоподогреватель устанавливается на опорную раму и помещается 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 насыщенного пара при рабочем давлении 0,2 МПа (2 кгс/см<sup>2</sup>) (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<sup>2</sup>) (избыточном) в водогрейном режиме;

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

Техническая характеристика данных котлов приведена в табл. 17.

Таблица 17

Техническая характеристика котлов для теплиц

Наименование	Котел АПВ-2 (паровой режим)	Котлы АВ-2 и АПВ-2 (водо- грейный режим)
Теплопроизводительность, МВт (Гкал/ч)	—	8,15(7,0)
Паропроизводительность, т/ч	12,0	—
Давление пара, воды, МПа (кгс/см <sup>2</sup> )	0,2(2)	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 <sup>3</sup> :		
водяной	17,17	19,9
паровой	2,73	—
питательный	1,58	—
Расход воды, м <sup>3</sup> /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, и труб третьего газохода, разделенного на два пучка, расположенных по обе стороны жаровой трубы. Переднее и заднее днища усилены косынками, установленными в верхней части барабана, которые связывают днища с обечайкой барабана.

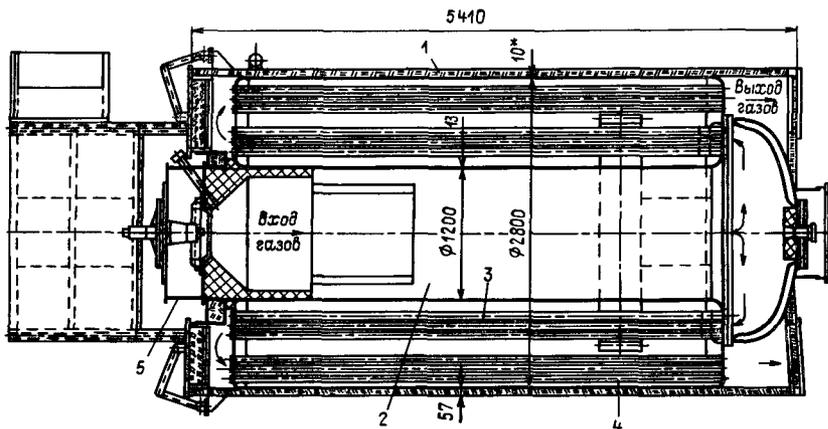


Рис. 15. Устройство котла АВ-2:

1 — барабан; 2 — жаровая труба (первый газоход); 3 — дымогарные трубы второго газохода ( $\varnothing 60 \times 3$ , 124 шт.); 4 — дымогарные трубы третьего газохода ( $\varnothing 60 \times 3$ , 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 конструкцией 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.).

## 9. ПЕРЕДВИЖНЫЕ И ТРАНСПОРТАБЕЛЬНЫЕ КОТЕЛЬНЫЕ УСТАНОВКИ

Передвижные и транспортабельные котельные установки получили применение для нужд теплоснабжения при освоении удаленных и труднодоступных районов. Характерными особенностями этих установок являются возможность быстрого обеспечения потребителей тепловой энергией и их многократное использование. Такие установки легко перемещаются на место эксплуатации железнодорожным, автомобильным, водным или воздушным транспортом. После подключения к коммуникациям электроснабжения, водопровода, канализации и тепловых сетей котельная установка практически готова к работе. Транспортабельная котельная установка представляет комплекс полной заводской готовности, включающий основное и вспомогательное оборудование, размещенное в блок-контейнере (контейнерах).

В соответствии с принятой терминологией транспортабельные котельные установки — это комплексы, состоящие из котла, вспомогательного оборудования, системы управления и защиты, помещения (контейнера), в котором смонтировано все оборудование, и приспособленные для транспортирования в целях быстрого изменения места их применения. Передвижные котельные установки — это транспортабельные котельные установки, имеющие ходовую часть (шасси).

### Передвижная котельная установка типа ПКН

Передвижная котельная установка типа ПКН предназначена для обеспечения насыщенным паром с давлением до 0,9 МПа объектов нефтедобычи, геологоразведки, а также промышленных, жилых и культурно-бытовых объектов. Установка вырабатывает 1 т пара в час. В ней используются паровые котлы ПКН-3М, рассчитанные для работы на сырой нормализованной нефти и мазуте или ПКН-3Г — для работы на природном газе.

Вся установка монтируется в одном утепленном контейнере, размещаемом на раме-салазках. Она включает: паровой котел, систему питания, топливную систему, систему автоматики и защиты, блок водоподготовки и дымовую трубу. Конструктивная схема котла соответствует приведенной на рис. 5, 6. Система питания включает питательный насос АН-2/16, питательный бак, питательный трубопровод и арматуру. Система автоматики и защиты предназначена для обеспечения автоматического управления работой котла и защиты при отклонении параметров от нормальных.

Эта система осуществляет: пуск и останов котлоагрегата по заданной программе, поддержание в заданных пределах уровня воды в барабане котла и температуры мазута перед горелкой, световую сигнализацию о нормальной работе котла, звуковую сигнализацию при упуске воды или перепитке котла водой; двухпозиционное регулирование подачи топлива, а также защиту котла при упуске воды или перепитке водой, погасании факела, понижении давления вторичного воздуха, понижении температуры мазута, коротком замыкании или перегрузке двигателей. Автоматика и электрооборудование котла управляются со щита управления горелкой.

Блок водоподготовки включает механический и натрийкатионитовый фильтры, обеспечивающие обработку природных вод до норм питательной воды для котлов с естественной циркуляцией. Производительность водоподготовки 1,3 т/ч.

В комплект передвижной котельной установки типа ПКН входит

дымовая труба диаметром 400 мм и высотой не менее 19 м, которая при работе котла создает достаточное разрежение в топке, обеспечивая стабильное горение топлива.

#### Техническая характеристика установки

Паропроизводительность, т/ч	1,0
Рабочее давление, МПа (кгс/см <sup>2</sup> ), абс.	0,9(9)
Топливо	мазут
Расход топлива, кг/ч	79
Коэффициент полезного действия, %	82
Потребляемая мощность, кВт	12
Габаритные размеры, м	6,3×3,2×3,65
Масса установки, т	9,5

#### Транспортабельная котельная установка ТКУ-0,7М

Транспортабельная котельная установка ТКУ-0,7 предназначена для выработки насыщенного пара на технологические нужды и горячей воды, используемой для отопления и горячего водоснабжения. Установка может одновременно удовлетворять потребности потребителя в паре с давлением до 0,9 МПа и горячей воде с температурой до 95° С для систем отопления и температурой до 60° С для систем горячего водоснабжения промышленных и жилых объектов. Она поставляется потребителю единым транспортабельным блоком с демонтированными дымовой трубой и дефлектором. Технологическая схема установки представлена на рис. 16. В состав установки входят: двухбарабанный водотрубный паровой котел Е-1,0—0,9-3М, водоподготовительная установка, пластинчатые теплообменники; топливные баки; топливные фильтры; топливные, сетевые и подпиточные насосы; комплект средств автоматического управления. Вместе с установкой поставляются также емкости для мазута.

Транспортабельная котельная установка рассчитана для работы на мазуте М100. В качестве резервного топлива предусмотрено использование дизельного топлива. Регулирование тепловых нагрузок обеспечивается в диапазоне 50—100 %.

Комплект средств автоматического управления обеспечивает: автоматический пуск котла, автоматическое включение в работу подпиточного насоса при понижении давления воды в системе отопления; полуавтоматическое включение и выключение сетевых насосов в системе отопления и горячего водоснабжения; автоматическое двухпозиционное регулирование уровня воды в барабане и конденсатном баке, подачи топлива и воздуха, температуры топлива; автоматическое поддержание температуры воды в сетях отопления и горячего водоснабжения; защиту и аварийную сигнализацию.

#### Техническая характеристика транспортабельной котельной установки ТКУ-0,7

Паропроизводительность номинальная, т/ч	1,0
Теплопроизводительность номинальная, МВт	0,71
Давление пара, МПа (кгс/см <sup>2</sup> ), абс.	0,9(9)
Температура пара, °С	175
Вода для отопления:	
температура максимальная, °С	95
температура минимальная, °С	70
расход номинальный, м <sup>3</sup> /ч	15
Вода для горячего водоснабжения:	
температура максимальная, °С	60
расход номинальный, м <sup>3</sup> /ч	2,4
Коэффициент полезного действия котла, %	87
Установленная электрическая мощность, кВт	40
Габариты, мм	8000×3230×3000
Масса, т	13,5

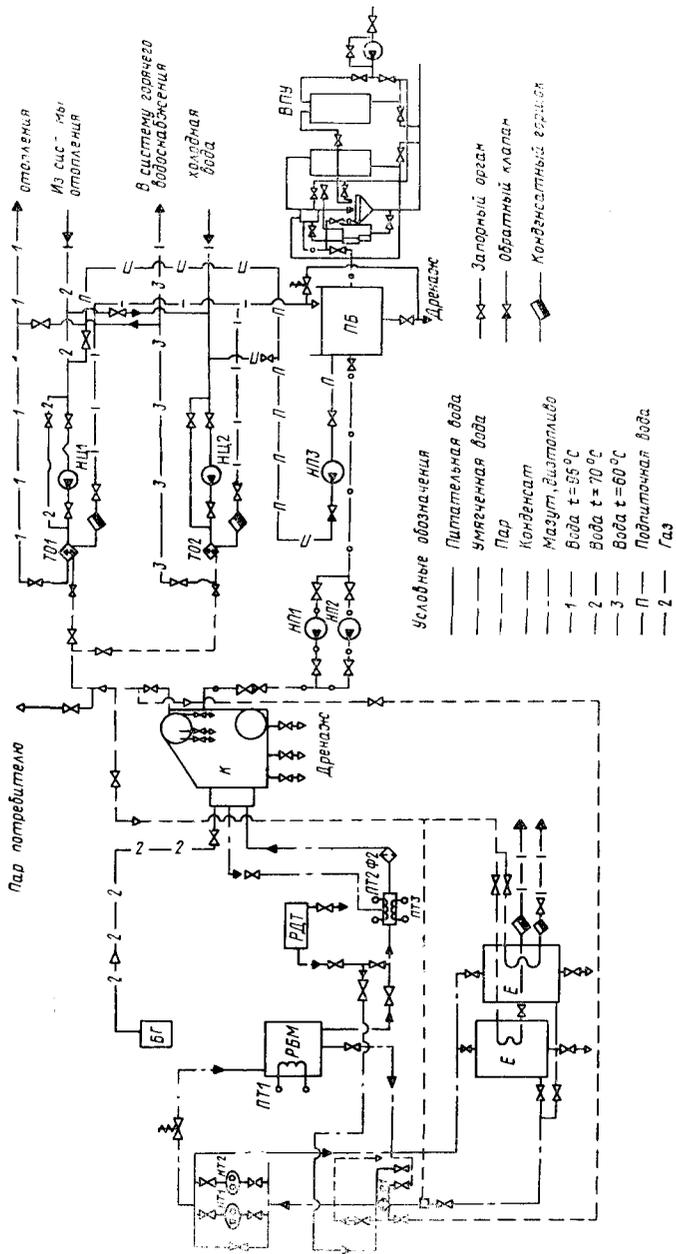


Рис. 16. Гидравлическая принципиальная схема ТКУ-07:

К — паровой котел; ВПУ — водоумягчительная установка; ВГ — газовый баллон; Е — емкость для мазута; РБМ — расходный бак мазута; РДТ — расходный бак дизтоплива; Ф1, Ф2 — фильтры грубой и тонкой очистки мазута; НТ1, НТ2 — топливные насосы; ТО1, ТО2 — пластинчатые теплообменники; НЦ1, НЦ2 — сетевые насосы; НП3 — подпиточный насос; НП1, НП2 — насосы питательные; ПБ — питательный бак; ПТ1, ПТ2, ПТ3 — подогреватели топлива

## Котельная «Виток 300-900»

Котельная «Виток 300-900» (водогрейная промышленная транспортная отопительная котельная) выпускается для теплоснабжения по закрытой схеме жилых и производственных объектов. Котельная спроектирована для работы в различных климатических зонах с расчетной температурой наружного воздуха до минус 50°С. Она может надежно работать в сейсмически активных районах с сейсмичностью до 9 баллов.

Котельная полной заводской готовности включает водогрейный котел БЦМ-У с экономайзером, трубопроводы холодной и горячей воды, арматуру, циркуляционные насосы, вентилятор, электропит, электроподогреватель. Все оборудование смонтировано в одном контейнере. Каркас контейнера несущий, ограждающие конструкции выполнены из трехслойных панелей толщиной 80 мм, состоящих из стального гофрированного листа с утеплителем из минераловатных плит. Для удобства монтажа, демонтажа и ремонта оборудования котельной крыша контейнера сделана съемной.

Котельная рассчитана для работы на твердом топливе, однако предусмотрена возможность использования жидкого или газообразного топлива.

### Техническая характеристика

Теплопроизводительность, МВт:	
на сортированном антраците	0,9
на буром угле	0,7
на дровах и древесных отходах	0,3
Температура горячей воды, °С:	
прямой	115
обратной	70
Давление теплоносителя номинальное, МПа (кгс/см <sup>2</sup> ), абс.	0,5(5)
Коэффициент полезного действия, %:	
на сортированном антраците	80
на буром угле	77
Габаритные размеры, м	6,1×3,2×3,2
Масса, т	14

### Передвижная автоматизированная котельная установка типа ПАКУ

Передвижная автоматизированная котельная установка предназначена для теплоснабжения промышленных и коммунальных объектов, расположенных в труднодоступных районах Сибири, Крайнего Севера и Дальнего Востока. Котельная рассчитана для работы на сырой нефти или легком жидком топливе (газовом конденсате). Теплоснабжение от котельной предусмотрено по закрытой схеме. Примененный комплект оборудования допускает переоборудование котельной для работы на природном газе. Все оборудование котельной размещено в трех контейнерах (контейнер котлоагрегатов, контейнер вспомогательного оборудования и контейнер емкостей воды и топлива), соединяемых на месте эксплуатации межблочными коммуникациями. Размеры контейнеров одинаковы (13 150×3250×3960 мм) и не превышают железнодорожный габарит. Каркас контейнера несущий, ограждающие конструкции выполнены из утепленных панелей.

В контейнере котлоагрегатов размещены два стальных водогрейных автоматизированных котлоагрегата ВК-1,6. Помещение для дежурного оператора отделено от котельного зала шумопоглощающими перегородками с окнами для наблюдения за оборудованием.

Топливные насосы, фильтры и запорно-регулирующая арматура

вместе с другим вспомогательным оборудованием размещены в контейнере вспомогательного оборудования. Емкость топливного бака составляет 25 м<sup>3</sup>.

#### Техническая характеристика

Теплопроизводительность, МВт	3,72
Теплоноситель	вода
Температура теплоносителя, °С:	
на входе	70
на выходе	115
Давление теплоносителя на входе, МПа (кгс/см <sup>2</sup> ), абс.	0,6(6)
Топливо	легкое жидкое, стабилизированная нефть
Расход, кг/ч:	
топлива	370
подпиточной воды	1000
Установленная электрическая мощность, кВт	116

### 10. ЭЛЕКТРОДНЫЕ ПАРОВЫЕ И ВОДОГРЕЙНЫЕ КОТЛЫ

Электротеплоснабжение является одной из форм централизованного теплоснабжения потребителей. Его преимущества состоят в простоте конструктивного исполнения электроотопительных приборов, возможности точного поддержания температурного режима в отапливаемых помещениях, экономии в связи с этим первичных энергетических ресурсов у потребителя, в более широких возможностях автоматизации процесса и позволяют при помощи электрических схем теплоснабжения обеспечить их мобильность. Одним из элементов в схемах электроснабжения являются электродные паровые и водогрейные котлы, работающие по принципу прямого преобразования электрической энергии в тепловую.

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 так:

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

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

#### Электродные паровые котлы

Котлы электродные паровые регулируемые предназначены для выработки насыщенного пара давлением до 0,6 МПа (6 кгс/см<sup>2</sup>) 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. 17.

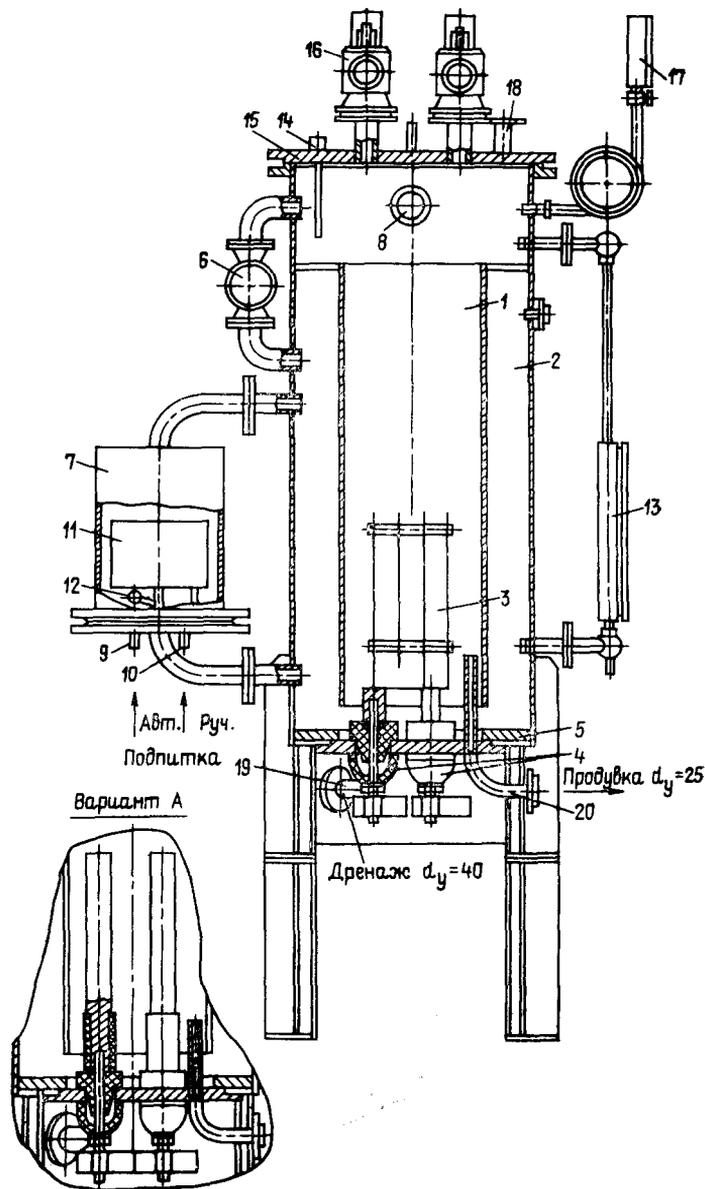


Рис. 17. Устройство электродного котла КЭПР-250/0,4:

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

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 межэлектродное пространство, 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 уставки 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 с 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.

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.

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. 18, 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. 18, 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. 18 приведена техническая характеристика паровых электродных котлов на напряжение 0,4 кВ.

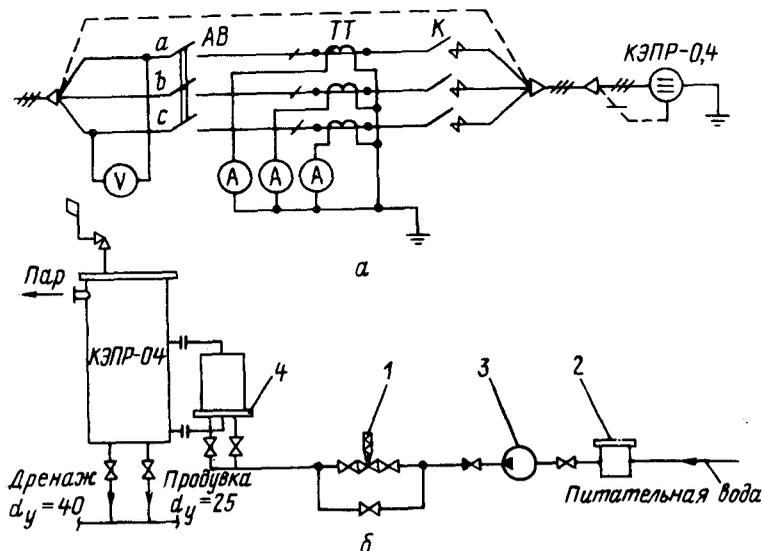


Рис. 18. Включение электродного парового котла:  
 а — в электрическую сеть; б — в систему питания водой; АВ — автоматический выключатель; ТТ — трансформатор тока; К — контактор; 1 — электромагнитный клапан; 2 — фильтр-отстойник; 3 — питающий насос; 4 — регулятор уровня

Таблица 18

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
Номинальный ток, А	375	240
Число фаз	3	3
Паропроизводительность, кг/ч	320	210
Максимальное рабочее давление, МПа (кгс/см <sup>2</sup> )	0,6(6)	0,6(6)
Удельное сопротивление питательной воды при 20° С, Ом·см	1000—12000	1000—12000
Масса, кг	500	500
Объем, л	200	200
Коэффициент полезного действия, %	98	98

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

Электродные паровые котлы большей мощности выпускаются на напряжение 6 кВ. Они вырабатывают насыщенный пар с давлением 0,6 МПа (6 кгс/см<sup>2</sup>) и применяются для теплоснабжения предприятий промышленности, коммунального и сельского хозяйства. Условное обозначение котла аналогично котлам на напряжение 0,4 кВ.

Устройство котла КЭПР-2500/6 поясняется на рис. 19. Корпус котла 1 представляет собой цилиндрический сосуд со сферическими днищами. В нем размещены парогенерирующие камеры 7 и электродные системы. На верхнем днище размещены патрубки крепления проходных изоляторов 10 электродной системы, предохранительных клапанов 5, пароотводящий патрубок 11, штуцер для установки манометра 3 и уплотнительное сальниковое устройство привода регулятора мощности 14. У котлов без регуляторов мощности 4 вместо устройства сальни-

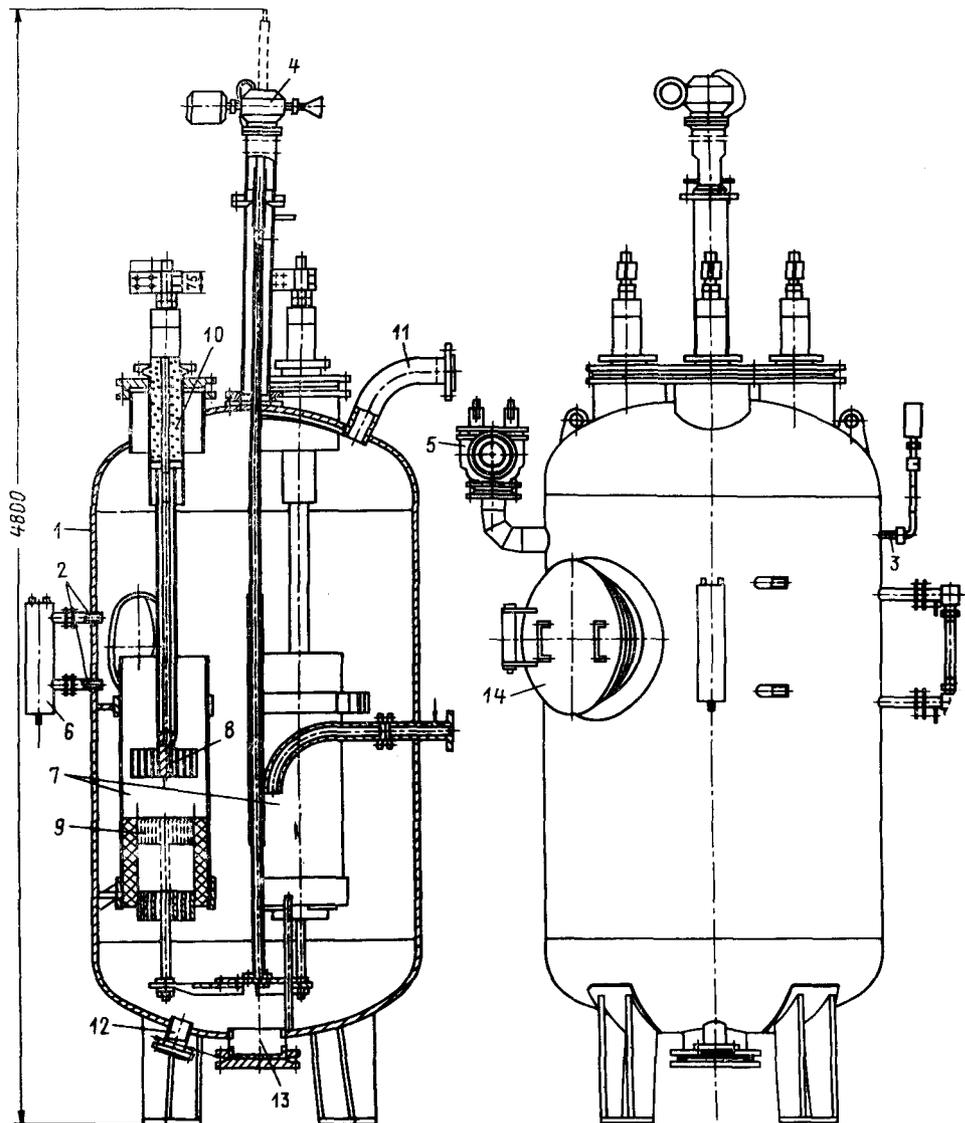


Рис. 19. Устройство котла КЭПР-2500/6:

1 — корпус котла; 2 — штуцеры для присоединения водонагревательных приборов; 3 — штуцер для присоединения манометра; 4 — привод регулятора мощности; 5 — предохранительные клапаны; 6 — колонка электродных датчиков; 7 — парогенерирующие камеры; 8 — фазные электроды; 9 — нулевые электроды; 10 — проходные изоляторы; 11 — паропроводящий патрубок; 12 — патрубок для продувки котла; 13 — патрубок для очистки котла; 14 — лаз

кового уплотнения установлен патрубок воздушника. В нижнем днище установлены патрубки для продувки 12 и очистки 13 котла. На цилиндрической части корпуса имеются штуцеры для присоединения водоуказательных приборов 2 и колонки электродных датчиков уровня 6. Доступ внутрь котла для осмотров и ремонтов обеспечивается через лаз 14.

Электродная система котла включает фазные 8 и нулевые 9 электроды, проходные изоляторы 10, токоведущие шпильки и стержни, контактные клеммы. Фазные и нулевые электроды представляют сваренные между собой концентрические стальные кольца. Уплотнение между торцом проходного изолятора и опорным кольцом токоведущей шпильки, а также между изолятором и корпусом котла выполнено прокладками из фторопласта-4. Изоляция токоведущих шпилек выполнена трубами 7 из фторопласта-4. Токоведущая шпилька узла ввода напряжения

соединена с токоведущим стержнем фазного электрода механически через шарнир, электрически — через гибкие связи.

Изолирующие трубы 7 защищают корпус котла от эрозионного износа, а также одновременно служат для создания теплового напора и циркуляции котловой воды между фазными и нулевыми электродами.

Регулирование мощности парового котла производят за счет изменения зазоров между фазными и нулевыми электродами, перемещаемыми с помощью электропривода с червячным редуктором. В котлах без регуляторов мощности мощность регулируется изменением электропроводности котловой воды.

Электродные паровые котлы напряжением выше 1000 В должны быть оборудованы защитами, действующими на отключение котла без выдержки времени при многофазных коротких замыканиях на токовводах и внутри котла, а также при однофазных замыканиях на землю на токовводах и внутри котла. От перегрузки котла должна выполняться токовая защита с выдержкой времени на отключение котла.

Кроме того, должен предусматриваться как минимум следующий объем теплотехнического контроля и технологических защит:

местное измерение температуры питательной воды и пара в котле;

местное измерение давления питательной воды и пара в котле;

регистрация давления пара (с сигнализацией);

регистрация расхода воды и пара;

защита с действием на отключение котла без выдержки времени при недопустимом снижении уровня воды (с сигнализацией);

защита с действием на запорный орган на трубопроводе питательной воды при недопустимом повышении уровня воды в котле (с сигнализацией);

измерение и сигнализация электропроводности (удельного сопротивления) котловой воды.

В табл. 19 приведены технические характеристики паровых электродных котлов напряжением 6 кВ.

Таблица 19

Технические характеристики паровых электродных регулируемых котлов напряжением 6 кВ типа КЭПР

Наименование параметров	КЭПР 2500/6	КЭПР 5000/6
Номинальная мощность, кВт	2500	5000
Напряжение питающей сети, кВ	6,0	6,0
Номинальный ток, А	230	460
Число фаз	3	3
Производительность по пару, т/час	3,0	6,0
Производительность по теплу, Гкал/час	2,15	4,3
Рабочее давление в котле, МПа (кгс/см <sup>2</sup> )	0,6(6)	0,6(6)
Диапазон регулирования мощности, % от номинальной	100—50	100—50
Удельное сопротивление питательной воды при 20° С, Ом·см	2000—8000	2000—8000
Емкость котла, л	2800	5000
Вес котла без воды, кг	1700	2300
Габариты, мм	1600×1900×4800	1600×1900×4800

### Электродные водогрейные котлы

В силу ряда преимуществ перед топливными котлами, главным из которых является полная автоматизация, исключающая постоянное наблюдение обслуживающим персоналом, электродные котлы получили достаточное распространение. Снятие ограничений по электроснабжению безусловно послужит их массовому применению в народном хозяй-

стве. Электродные водогрейные котлы предназначены для получения горячей воды за счет тепла, выделяемого электрическим током при прохождении его непосредственно через воду. Они применяются для отопления и горячего водоснабжения жилых и производственных помещений как в закрытых, так и в открытых отопительных системах. Представляет интерес применение таких котлов на строительных площадках, промышленных и сельскохозяйственных предприятиях, где требуется горячая вода с температурой 95—150° С для технологических процессов. Применение электродных водогрейных котлов совместно с аккумулирующими устройствами является наиболее перспективным, так как позволяет использовать их в часы провала нагрузок, способствуя выравниванию графика энергопотребления энергосистем.

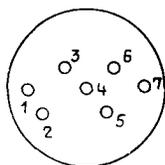
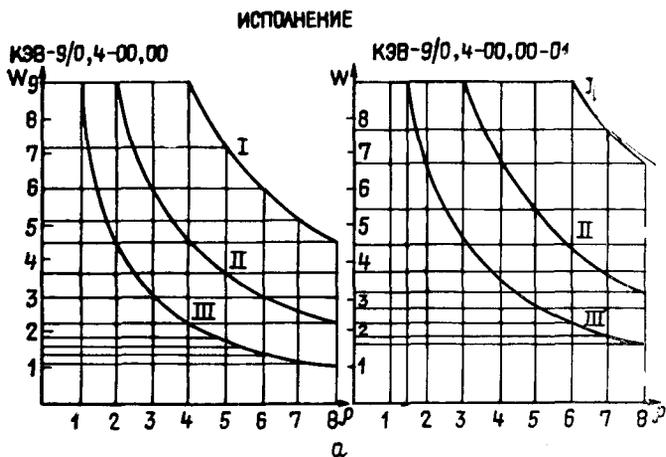
Котел электродный водогрейный БАЭ-02.000.000.00 (БАЭ-02.000.000.01) предназначен для отдельных объектов коммунально-бытового, промышленного и сельскохозяйственного назначения.

#### Техническая характеристика котла:

Номинальная мощность, кВт	9
Номинальное напряжение, кВ	0,4
Число фаз	3
Номинальная частота, Гц	50
Максимально допустимое давление в котле, МПа (кгс/см <sup>2</sup> ), абс.	0,07(0,7)
Расход воды через котел, м <sup>3</sup> /час	0,31
Номинальная температура воды, °С:	
на входе	70
на выходе	95
Удельное сопротивление воды при 20° С, 10 <sup>3</sup> Ом × × см	2,0; 3,0; 4,0; 6,0
Емкость котла, л	5,3

К цилиндрическому корпусу приварены два патрубка с наружной трубной резьбой 1,5'' для подключения котла к системе отопления. На днище установлены фторопластовые проходные изоляторы, через которые семь фазных электродов подключают к электрической сети. Изменение схемы соединения фазных электродов с помощью перемычек при постоянном удельном электросопротивлении воды позволяет менять мощность котла. Варианты возможных схем включения и графики для определения электрической мощности в зависимости от удельного электросопротивления исходной воды приведены на рис. 20 Для предотвращения возможного поворота фазных электродов между ними установлена изолирующая фиксирующая пластина. Изоляция крайних электродов от корпуса обеспечивается стеклотекстолитовыми диэлектрическими экранами, закрепленными на пластинах с помощью фторопластовых винтов. Ограждение зоны подключения фазных проводов обеспечивается защитным кожухом, крепящимся к днищу двумя шпильками.

В заданном режиме управление работой электродного водогрейного котла осуществляется автоматически. На регуляторе температуры с помощью задатчиков температур устанавливают требуемые температуры воды на входе и выходе из котла и температуры воздуха в отапливаемом помещении. Информация о фактических значениях температур от соответствующих датчиков поступает на регулятор температуры, где сравнивается с заданными и вырабатывается необходимая команда на включение или отключение котла. При команде «выше» включается силовой контактор и подается напряжение на котел, который будет работать до тех пор, пока в отапливаемом помещении не установится заданная температура. Возможно превышение заданной температуры в отапливаемом помещении при работе электродного водогрейного котла на минимальной мощности, когда температура наружного воздуха достаточно высока. В этом случае система управления по сигналу от датчика температуры воздуха отключает котел. Повторное включение возможно



Исполнение	Удельное эл. сопротивление воды при 20°С Ом см	Схемы включения электродов при ступенчатом регулировании мощности				
		Схе-ма	Мощ-ность в % от номин-нальн.	Фаза		
				А	В	С
КЭВ-9/0,4-00,00	4000	I	100	1;4;7	2;5	3;6
		II	50	1,4	2	3
		III	25	1;7	3	5
КЭВ-9/0,4-00,00-01	6000	I	100	1;4;7	2;5	3;6
		II	50	1;4	2	3
		III	25	1;7	3	5
КЭВ-9/0,4-00,00-01	3000	I	100	1;4;7	2;5	3;6
		II	50	1;4	2	3
		III	50	1;7	3	5

Рис. 20. Определение электрической мощности в зависимости от удельного электро-сопротивления исходной воды:  
а — графики; б — расположение токоведущих шпилек; в — таблица схем включения электродных пластин

после того, как температура воды на выходе из котла понизится на 10—15° С.

Схема управления электродного водогрейного котла предусматривает защиту от коротких замыканий, от неполнофазных режимов, от перегрузки по току сверх номинального значения и от перегрева воды.

Аналогичным образом устроен электродный водогрейный котел КЭВ-9/04, имеющий идентичные технические характеристики. В котлах этого типа электрический ток проходит через воду, заполняющую межэлектродные пространства, от электрода одной фазы к расположенным рядом электродам других фаз. Объемы воды в межэлектродных пространствах образуют сопротивления, собранные по схеме «треугольник», а неэкранированные от корпуса токоведущие части электродной системы обуславливают протекание тока между электродами и корпусом котла, т. е. работу по схеме «звезда». Включение котлов для работы на во-

де с различными величинами удельного электрического сопротивления производится выбором схемы соединения электродных пластин.

Электродные водогрейные котлы КЭВ-0,4 работают от электрической сети напряжением 0,4 кВ, предназначены для нагрева воды до температуры 95—130° С. Технические характеристики таких котлов приведены в табл. 20.

Таблица 20

Технические характеристики котлов электродных водогрейных напряжением 0,4 кВ

Наименование показателей	КЭВ-40/0,4*	КЭВ-63/0,4*	КЭВ-100/0,4*	КЭВ-160/0,4*	КЭВ-250/0,4*	КЭВ-440/0,4*	КЭВ-1000/0,4**
Потребляемая мощность, кВт	40	63	100	160	250	400	1000
Расход воды через котел, м <sup>3</sup> /час	1,4	2,2	3,5	5,5	8,6	13,8	34,5
Масса, кг	88	124,2	170	170	251	380	890
Габаритные размеры, мм	415*	470*	520*	520*	585*	695*	880*
	495*	545*	620*	620*	665*	770*	970*
	1180	1420	1605	1605	2000	2160	2890

\* Электродные водогрейные котлы мощностью 40—400 кВт рассчитаны на использование исходной воды с удельным электросопротивлением 1,0÷17,0 тыс. Ом.см. Они работают при давлении от 0,1 до 0,6 МПа (1,0÷6,0 кгс/см<sup>2</sup>) с нагревом воды от 70 до 95° С.

\*\* Котлы КЭВ-1000/0,4 выпускают для работы с давлением от 0,35 до 1,0 МПа (3,5÷10 кгс/см<sup>2</sup>). Температурному графику 70—95° С для них соответствуют расход воды через котел 34,5 м<sup>3</sup>/час и удельное электросопротивление исходной воды 1,0—10,0 тыс. Ом.см. Работе котла с температурным графиком 70—130° С соответствует расход воды через него 14,4 м<sup>3</sup>/час и удельное электросопротивление исходной воды 1,0—8,0 тыс. Ом.см.

Электродные водогрейные котлы типа КЭВ-0,4 включаются в сеть переменного тока напряжением 0,4 кВ частотой 50 Гц как с глухозаземленной, так и с изолированной нейтралью при соблюдении «Правил устройства и безопасной эксплуатации электродных котлов и электродных котельных».

Электродные водогрейные котлы напряжением 0,4 кВ выполнены по одной конструктивной схеме и отличаются друг от друга только размерами. Устройство их поясняется на примере котла КЭВ-400/0,4, приведенного на рис. 21. Цилиндрический корпус 1 котла имеет приваренное к нему днище 3, съемную крышку 2, входной 4 и выходной 5 патрубки для нагреваемой воды. В нижней части корпуса установлены плоские электродные пластины 6, собранные в один пакет фазных электродов из трех групп, к каждой из которых подведена соответствующая фаза трехфазной электрической сети. Электродные пластины друг от друга изолированы. Количество пластин и расстояние между ними выбирается в зависимости от удельного электросопротивления воды. К фазным электродам переменный трехфазный ток подводится по трем изолированным от корпуса проходными изоляторами токоведущим шпилькам 7. Крайние пластины в электродном пакете изолируются с наружной стороны диэлектрическими пластинами 9 для исключения возможных перекосов фазных нагрузок. Регулирование мощности котлов КЭВ-0,4 осуществляется за счет изменения рабочей площади фазных электродов. Регулятор мощности представляет пакет из диэлектрических пластин 10, входящих в зазоры между электродными пластинами и перемещающихся вертикально относительно их. В электродных котлах мощностью 400 и 1000 кВт перемещение регулятора мощности осуществляется с помощью электропривода, а в остальных котлах — вручную. В днище котла установлен патрубок для опорожнения от воды, а на крышке — воздушник для выпуска воздуха при заполнении системы водой.

Движущаяся между плоскими электродами вода нагревается при протекании через нее электрического тока. Объемы воды в межэлектродных пространствах представляют активные сопротивления, включен-

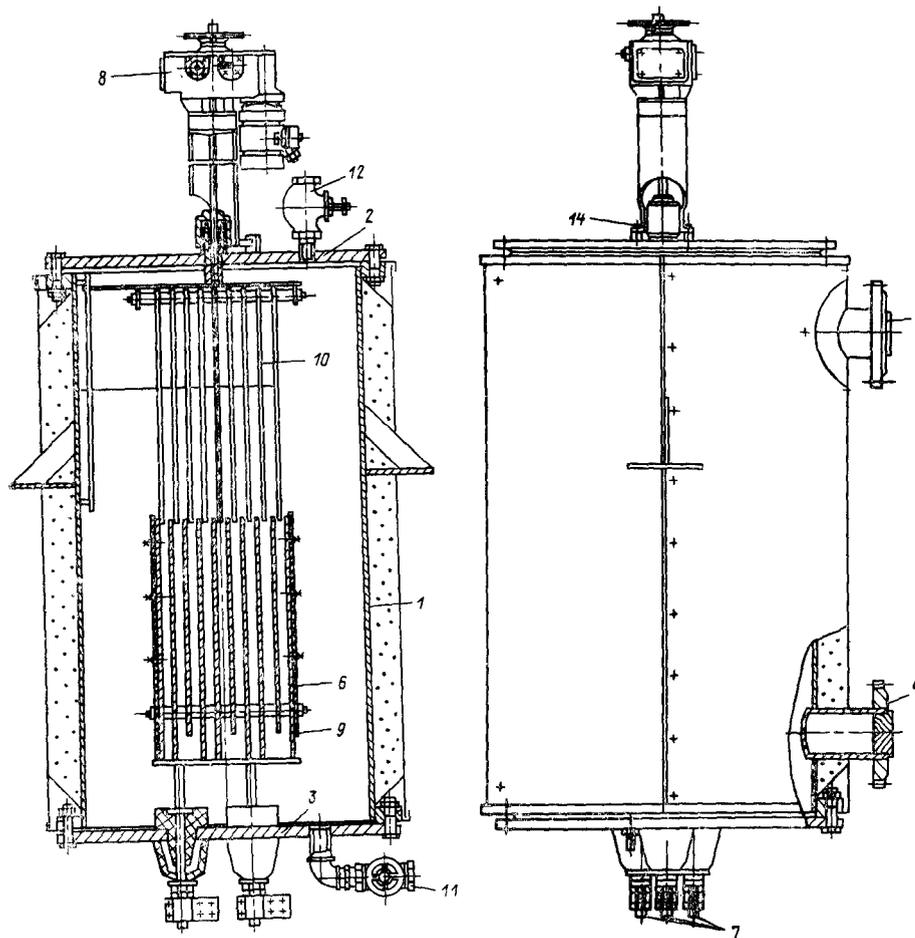


Рис. 21. Устройство котла КЭВ-400/0,4:

1 — корпус котла; 2 — съемная крышка; 3 — днище; 4 — патрубок ввода воды; 5 — патрубок отвода горячей воды; 6 — электродные пластины; 7 — токоведущие шпильки; 8 — привод регулятора мощности; 9 — диэлектрические пластины; 10 — пакет из диэлектрических пластин; 11 — патрубок для продувки котла; 12 — воздушник

ные под нагрузку по схеме «треугольник». При работе котла имеется незначительное протекание тока между фазными электродами и корпусом, определяющее частичную нагрузку, включенную по схеме «звезда». Диапазон регулирования мощности в рассматриваемых котлах  $100 \div \div 25\%$  номинальной мощности.

В схемах автоматизации котельных с электродными водогрейными котлами регулирующими сигналами являются: для электродных котлов небольшой мощности — температура в отапливаемых помещениях, для крупных электродных котлов с большим количеством отапливаемых помещений — температура прямой воды и наружного воздуха. В установках для горячего водоснабжения автоматика действует на поддержание постоянной температуры воды в баках-аккумуляторах. Необходимую температуру поддерживают путем периодического автоматического отключения и включения электродного котла. В электродных котлах мощностью 400 и 1000 кВт регулирование мощности может производиться электроприводом, связанным с регулирующим устройством.

Котлы КЭВ-0,4 оснащают защитами, действующими на отключение от электросети при перегрузке по току, а также при коротком замыкании. Предусматривают также блокировку с циркуляционным насосом, действующую на отключение котла при остановке насоса. При работе котлов обязателен контроль температуры прямой и обратной воды.

Электродные водогрейные котлы на напряжение 6—10 кВ изготавливают с цилиндрическими и кольцевыми электродами, рис. 22. Корпус котла с электродами цилиндрической формы имеет входной 2 и выходной 3 патрубки для нагреваемой воды. К корпусу приварены опорные лапы с отверстиями под анкерные болты. В зависимости от рабочего давления и диаметра корпуса крышку 5 и днище 6 изготавливают плоскими

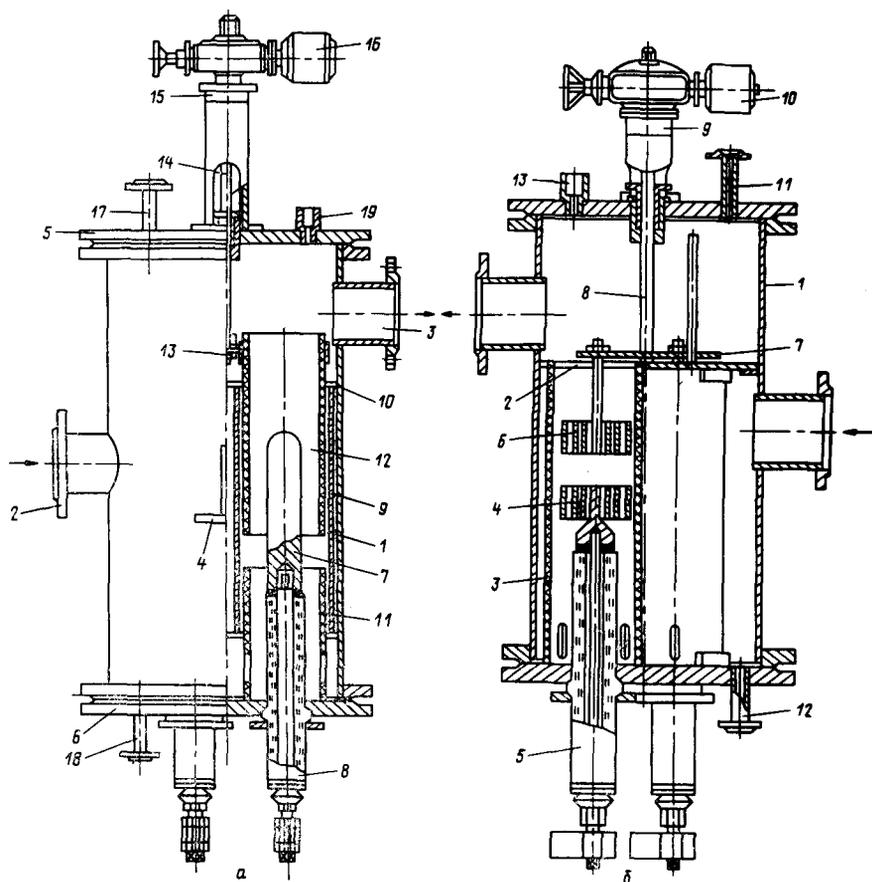


Рис. 22. Устройство электродных водогрейных котлов на напряжение 6—10 кВ: а — с цилиндрическими электродами: 1 — корпус; 2 — входной патрубок; 3 — выходной патрубок; 4 — опора; 5 — крышка корпуса; 6 — днище; 7 — фазный электрод; 8 — проходной изолятор; 9 — нулевой электрод; 10 — диафрагма; 11 — фторопластовая втулка; 12 — фторопластовый экран; 13 — крестовина; 14 — ходовой винт; 15 — кулачковая муфта; 16 — электропривод; 17 — воздушник; 18 — дренажный патрубок; 19 — штуцер для датчика температуры; б — с кольцевыми электродами: 1 — корпус; 2 — диафрагма; 3 — фторопластовая камера; 4 — фазный электрод; 5 — проходной изолятор; 6 — нулевой электрод; 7 — подвеска; 8 — ходовой винт; 9 — кулачковая муфта; 10 — электропривод; 11 — воздушник; 12 — дренажный патрубок; 13 — штуцер для датчика температуры

ми или выпуклыми. В днище котла размещены три специальных ввода, в которых смонтированы фазные электроды. Фазные электроды 7 представляют цилиндрические стержни определенной длины и диаметра, к которым подводится напряжение по токоведущим шпилькам, изолированным от корпуса проходными изоляторами 8. Каждый фазный электрод коаксиально окружен нулевым электродом 9. Нулевые электроды выполнены из стальных труб, приваренных верхними концами к диафрагме 10. Разделяя корпус котла на две части между входным и выходным патрубками, диафрагма направляет поток воды в кольцевые зазо-

ры между фазным и нулевым электродами, где и происходит ее нагрев. В нижней части нулевых электродов крепятся три фторопластовые втулки 11, которые служат для равномерного распределения воды по фазам и защищают от износа узлы уплотнения между фазными электродами и проходными изоляторами. Регулирование мощности котла осуществляется за счет изменения рабочей площади фазных электродов путем перемещения между ними и нулевыми электродами цилиндрических фторопластовых экранов 12, закрепленных на специальной крестовине 13. Экраны вместе с крестовиной перемещаются электроприводом, установленным на крышке корпуса котла, через ходовой винт 14 и кулачковую муфту 15. Для удаления воздуха из котла предусмотрен воздушник 17. Опорожнение котла предусмотрено через дренажный штуцер 18. Штуцер 19 предусмотрен для установки температурного датчика. В районах с низким удельным электросопротивлением исходной воды целесообразно применять электродные котлы с кольцевыми электродами, конструктивно отличающимися от котлов с цилиндрическими электродами только электродными системами. В корпусе котла (рис. 22) между днищем и диафрагмой 2 размещены три фторопластовые камеры 3 с отверстиями в нижней части для прохода воды в межэлектродное пространство. Фазные электроды 4 представляют собой концентрические стальные кольца, соединенные между собой сваркой и расположенные внутри фторопластовых камер. Напряжение к электродам подводится по токоведущим шпилькам, изолированным от днища котла проходными изоляторами 5. Над фазными электродами расположены нулевые электроды 6, конструктивно выполненные аналогично фазным. Нулевые электроды связаны с электроприводом 10, установленным на крышке котла, через кулачковую муфту 9, ходовой винт 8 и жестко соединенный с ними подвес 7. Регулирование мощности в этих котлах осуществляется за счет изменения расстояния между фазными и нулевыми электродами. Для опорожнения котла предусмотрен дренажный патрубок 12. Удаление воздуха при заполнении котла водой производят через воздушник 11. Присоединение температурного датчика выполняют через штуцер 13.

В схемах автоматизации отопительной котельной с котлами КЭВ-6-10 регулирующими сигналами являются температура прямой воды и температура наружного воздуха. В установках горячего водоснабжения автоматика поддерживает постоянной температуру воды в баках-аккумуляторах. Электродные котлы КЭВ-6-10 оснащают следующими защитами, действующими на их отключение:

- защита без выдержки времени при однофазных и междуфазных коротких замыканиях в котле;
- защита от перегрузки по току выше номинального на 15%;
- защита от повышения температуры прямой воды более чем на 5° С сверх максимальной по расчетному тепловому графику;
- защита от понижения давления в котле на величину более 0,5 кгс/см<sup>2</sup> от минимального рабочего;
- защита от прекращения или уменьшения циркуляции воды через котел на 15—20% от расчетной.

На каждом котле выполняется блокировка с циркуляционным насосом, действующая на отключение котла при остановке насоса. Циркуляционные насосы устанавливают с устройством автоматического включения резервного насоса при остановке одного из работающих.

Во время работы водогрейных электродных котлов контролируют значения температуры воды на входе и выходе из котла, давления, токовой нагрузки в каждой фазе.

Оперативный персонал, обслуживающий водогрейные электродные котлы напряжением 6—10 кВ, в соответствии с требованиями завода-изготовителя должен иметь квалификационную группу по технике безопасности не ниже IV.

## 11. 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. 23).

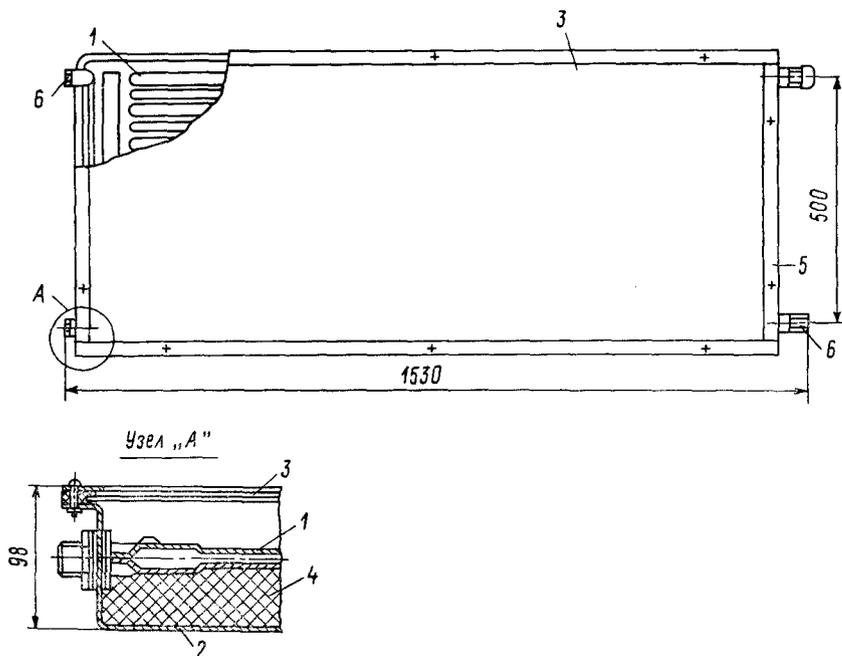


Рис. 23. Солнечный коллектор:  
1 — поглощающая панель; 2 — корпус; 3 — прозрачная изоляция (стекло); 4 — теплоизоляция; 5 — уголок; 6 — штуцер

Основным элементом солнечного коллектора является плоская поглощающая панель, по внутренней полости которой циркулирует теплоноситель. Поглощающая панель изготавливается 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. Стеклоянное покрытие и надежная герметизация предохраняют поглощающую панель от атмосферных осадков.

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 (кгс/см <sup>2</sup> ), абс.	0,6(6)
Габариты, мм: длина×ширина×высота	1530×630×98
Экономия топлива в среднем за сезон, кг	200
Масса, кг	50,5

Солнечные коллекторы рекомендуются для применения в установках бытового горячего водоснабжения: в садовых домиках и душевых установках (рис. 24, а), в индивидуальных домах усадебного типа (рис. 24, б). Использование одного солнечного коллектора в душевой кабине садового домика позволяет экономить более 1 м<sup>3</sup> дров за сезон, а использование солнечных коллекторов для бытового горячего водо-

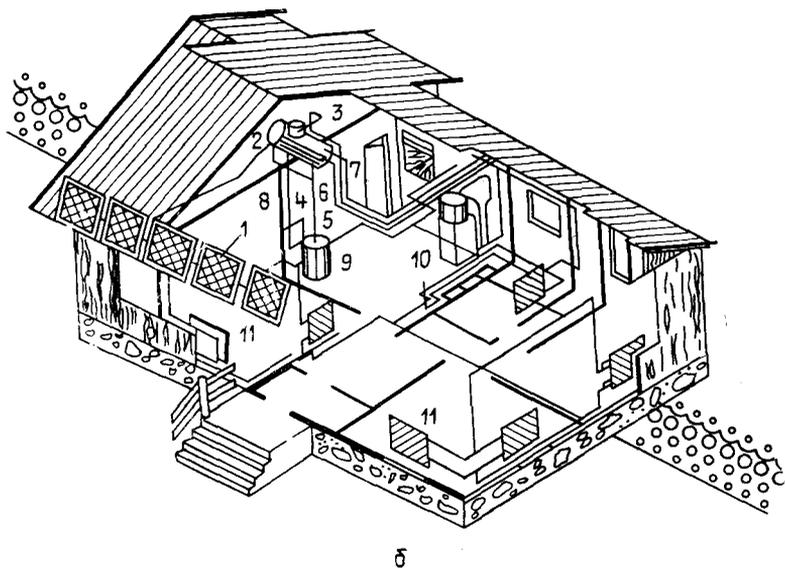
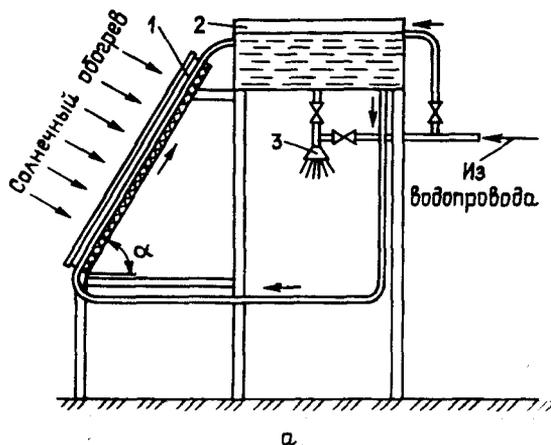


Рис. 24. Варианты применения солнечных коллекторов: а — душевая кабина с солнечными коллекторами (стрелками показано направление движения воды при нагреве ее солнечной энергией): 1 — солнечный коллектор; 2 — бак душевой установки; 3 — душевая сетка;  $\alpha = \varphi - (10-15^\circ)$ ;  $\varphi$  — географическая широта местности (для широт Киева — Санкт-Петербурга  $\varphi = 50-60^\circ$ ); б — жилой дом с солнечными системами отопления и горячего водоснабжения; 1 — солнечный коллектор; 2 — бак-аккумулятор; 3 — расширительный бак; 4 — 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

снабжения в многоквартирном трехкомнатном жилом доме дает экономию до 5 м<sup>3</sup> дров за сезон или более 1 т угля.

На рис. 25 приведены примеры использования системы солнечных нагревателей в сочетании с резервными системами теплоснабжения экспериментальных домов, разработанными Институтом высоких температур АН России.

Система теплоснабжения, приведенная на рис. 25, 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<sup>2</sup>, трубчатый теплообменник площадью 25 м<sup>2</sup>, расположенный в баке-теплообменнике, и насос, с помощью которого осуществляется циркуляция теплоносителя (антифриза) в контуре.

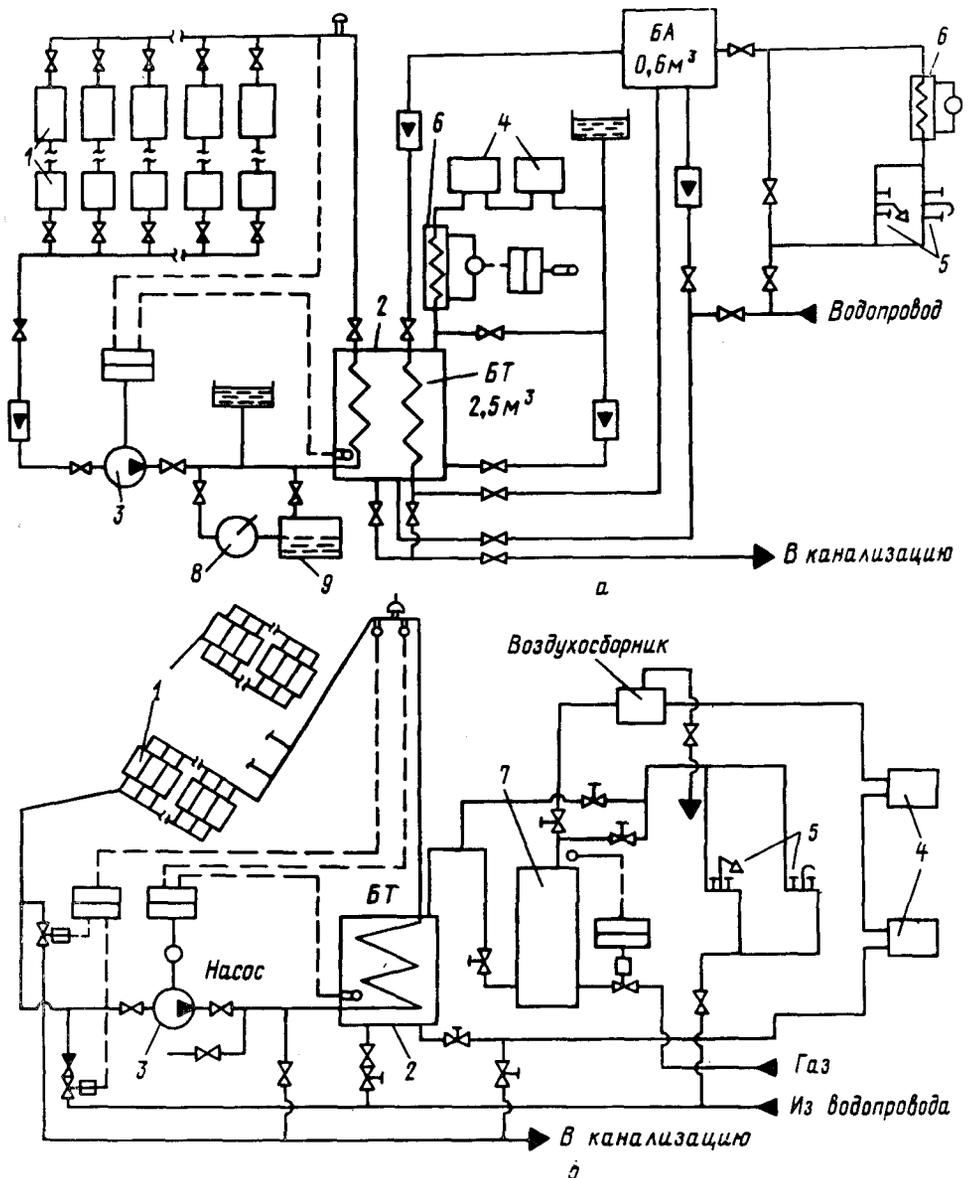


Рис. 25. Схемы солнечного теплоснабжения жилого дома в сочетании с резервными системами:

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

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

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

Проектом дома за счет солнечной энергии предусматривается покрытие до  $65\%$  годовой потребности в тепле.

На рис. 25, 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 теплом при отсутствии солнечной радиации. Во всех контурах теплоноситель — вода.

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

В отопительный контур входят: бак-теплообменник, водонагреватель АГВ-120, отопительные чугунные радиаторы площадью около  $28 \text{ м}^2$ . 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 тепле.

## ВСПОМОГАТЕЛЬНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

## 12. 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, 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.

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 размещены 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. 26).

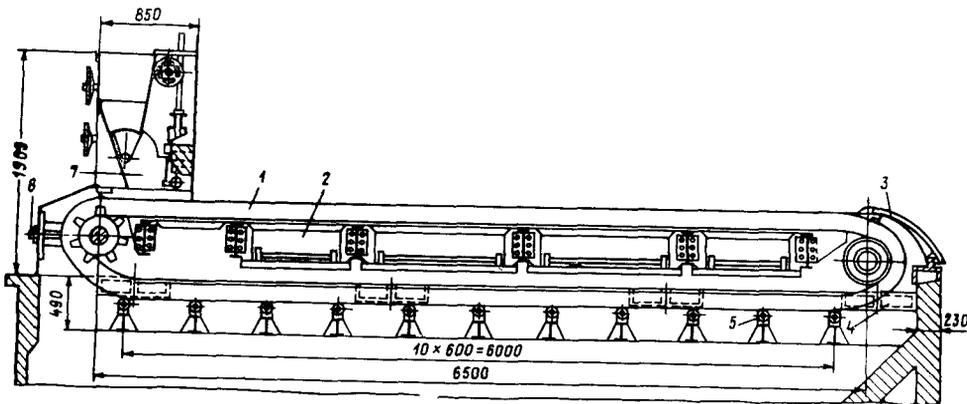


Рис. 26. Топка с чешуйчатой цепной решеткой прямого хода (продольный разрез) длиной 6500 мм:

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

Топки обратного хода, чешуйчатая (типа ТЧЗ) и ленточная (типа ТЛЗ), с пневмомеханическими забрасывателями (рис. 27, 28) относятся к факельно-слоевым топочным устройствам.

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

Конструкция и принцип работы колосникового полотна топок типа ТЧЗ и ТЧ аналогичны. Колосниковое полотно топки типа ТЛЗ плотнее

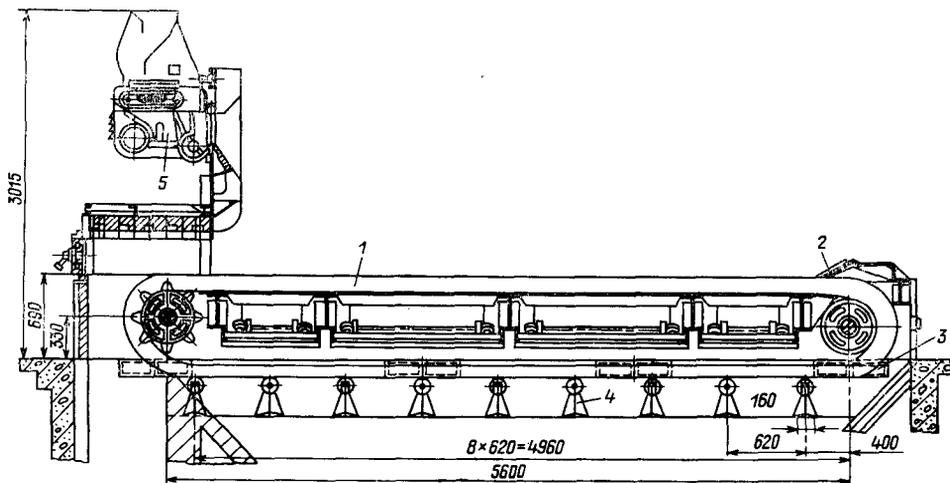


Рис. 27. Топка типа ТЧЗ длиной 5600 мм (продольный разрез):  
1 — колосниковое полотно; 2 — заднее уплотнение; 3 — башмак опорный; 4 — рольганг; 5 — забрасыватель топлива

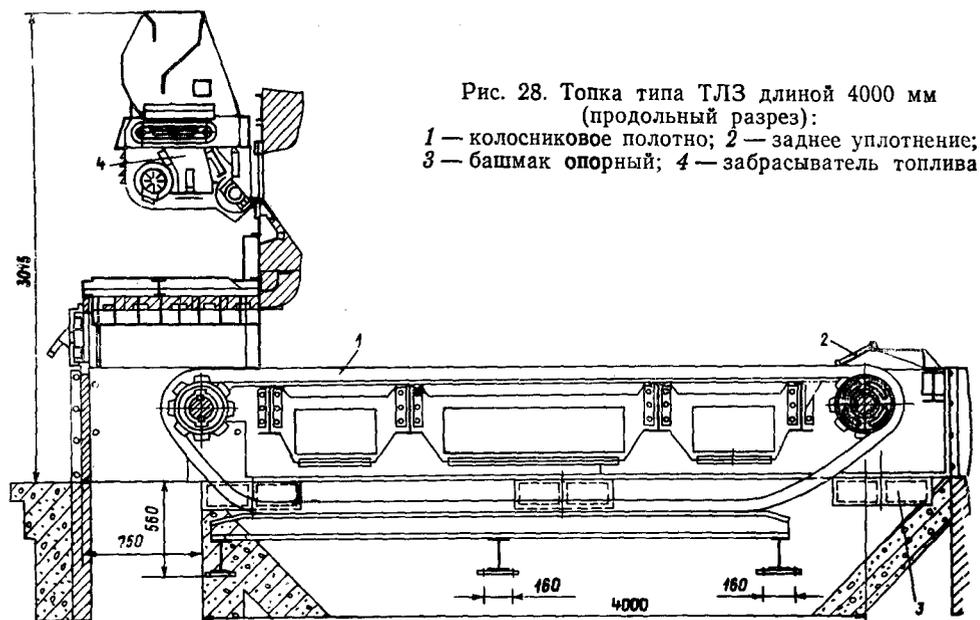


Рис. 28. Топка типа ТЛЗ длиной 4000 мм  
(продольный разрез):  
1 — колосниковое полотно; 2 — заднее уплотнение;  
3 — башмак опорный; 4 — забрасыватель топлива

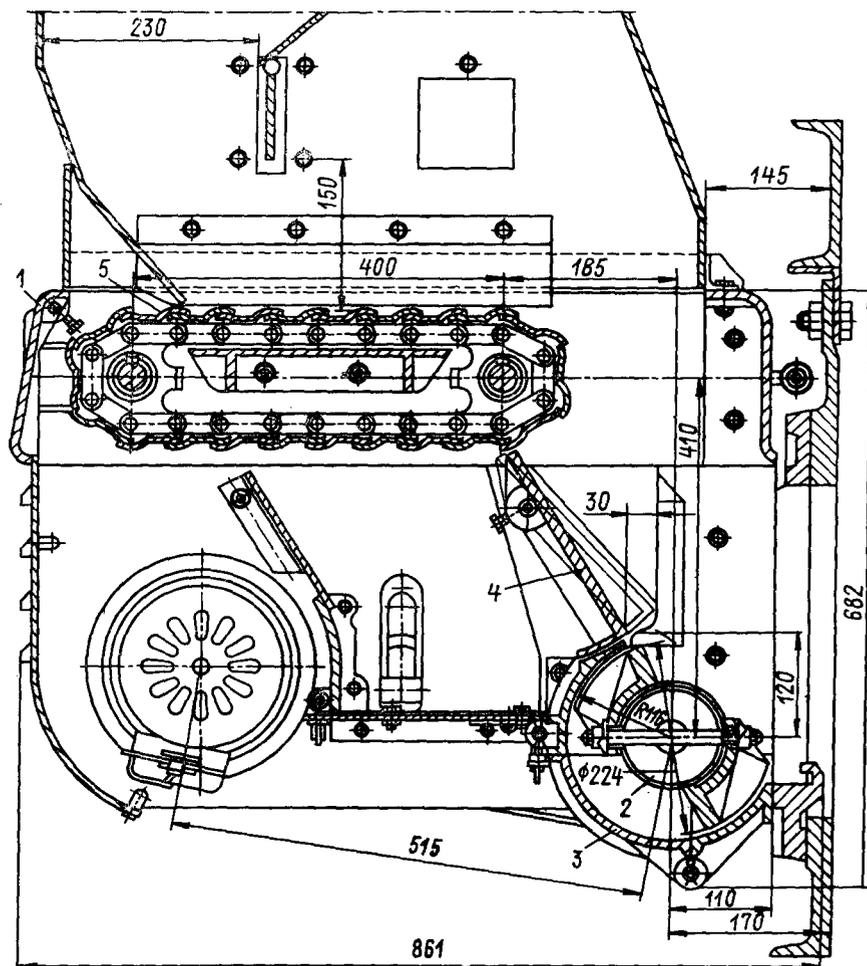


Рис. 29. Пневмомеханический забрасыватель с пластинчатым питателем:  
1 — корпус; 2 — ротор с лопастями; 3 — цилиндрический лоток; 4 — кулиса;  
5 — питатель

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 составляет 2,31—15,72 м/ч, топки ТЛЗ — 2,04—13,9 м/ч.

Пневмомеханический забрасыватель с пластинчатым питателем (рис. 29) 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 горячий 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 отдельные 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. 30).

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 течи для удаления провала.

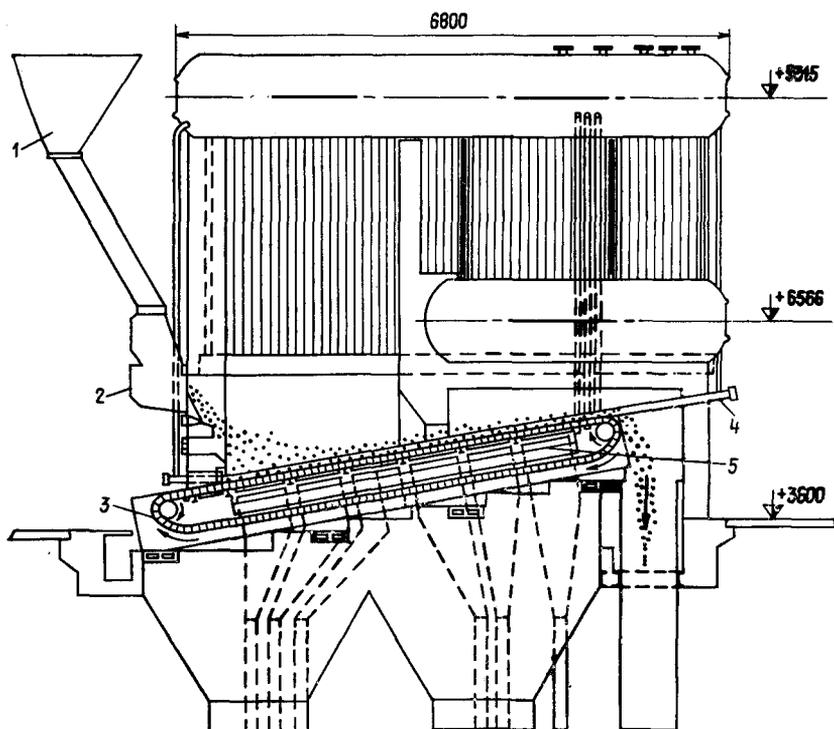


Рис. 30. Топочное устройство для сжигания топлива в высокотемпературном кипящем слое:

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

Колосниковое ленточное полотно включает два вида колосников (крайние и средние), тяговые стальные пластинчатые цепи, опорные ролики и соединительные стержни  $\varnothing$  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 крепятся 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 фронтальной 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  $1,25-25 \text{ с}^{-1}$  (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 ванны, образованной поверхностью наклонной 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 выжигания шлака. Регулировка первых трех зон кипения требуется при каждой растопке котла, поэтому органы управления этих зон вынесены на фронт котла.

Регулирование тепловой нагрузки топki 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 фотоспротивления. В корпусе горелки имеются три окна для прохода воздуха, подаваемого вентилятором к завихрителю.

Форсунка (рис. 31) состоит из корпуса, завихрителя, сопла, фильтра и обратного клапана. В завихрителе форсунки топливо получает вращательное движение и, выходя из сопла с углом распыливания около  $80^\circ$ , перемешивается с поступающим воздухом. Стабилизация горения обеспечивается слоем жароупорного бетона на поду топki.

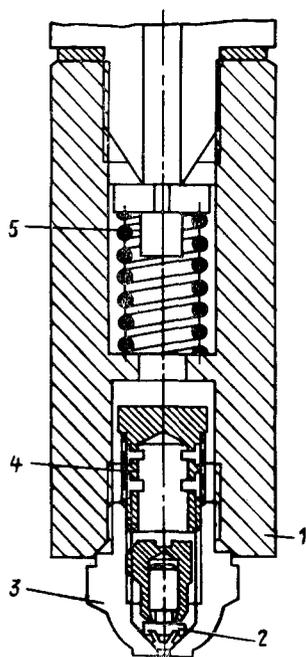


Рис. 31. Топливная форсунка котла КПА-500Ж:  
1 — корпус; 2 — завихритель; 3 — сопло; 4 — фильтр; 5 — обратный клапан

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. 32, б). Форсунка Ф-1,0 (рис. 33) со-

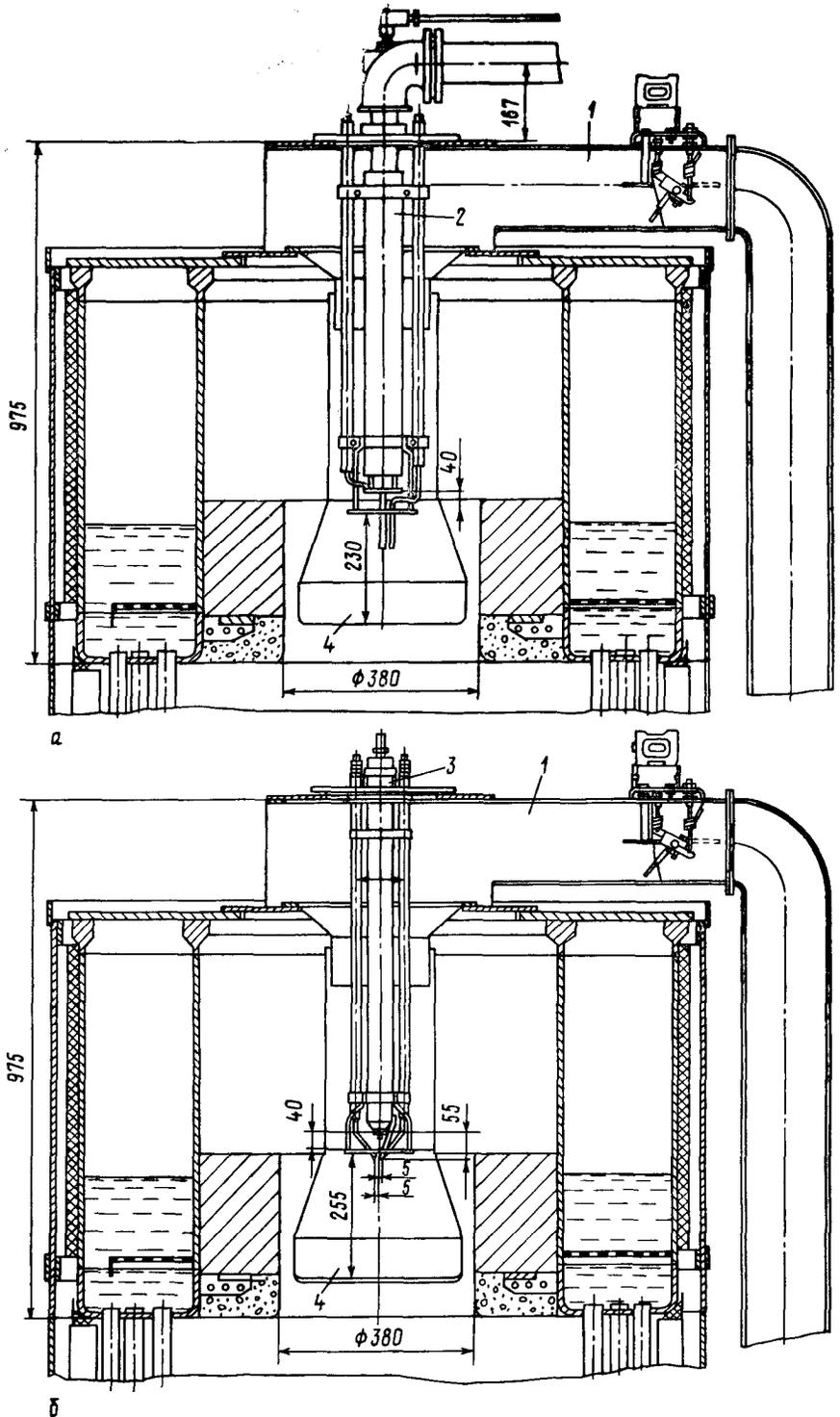


Рис. 32. Горелочное устройство:  
 а — котла Е-1,0-9Г; б — котла Е-1,0-9Ж; 1 — воздушный регистр; 2 — газовая горелка; 3 — форсунка; 4 — смеситель

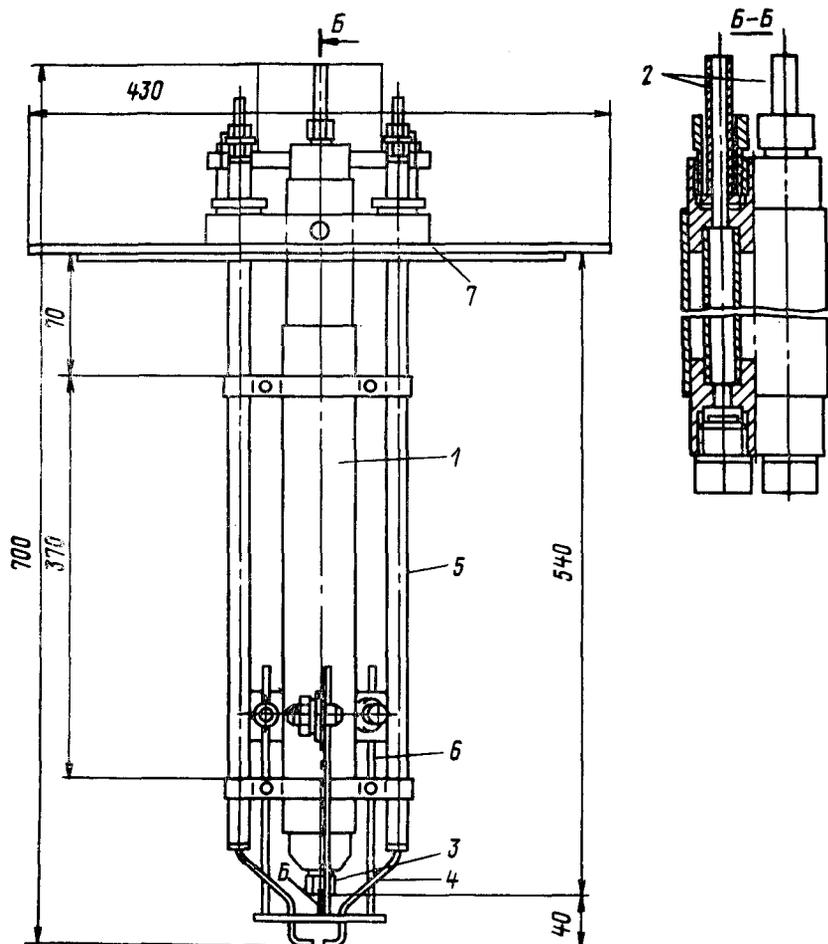


Рис. 33. Форсунка механическая Ф-1,0:  
 1 — ствол; 2 — топливные каналы; 3 — распылитель; 4 — электрод зажигания; 5 — фарфоровая изоляционная трубка; 6 — электрод «земля»; 7 — присоединительный фланец

стоит из топливного ствола с двумя параллельными каналами, двух распылителей, расположенных на конце топливного ствола, двух электродов зажигания и электрода «земля».

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)
Давление перед форсункой:	80
Расход топлива, кг/ч	
топлива, МПа (кгс/см <sup>2</sup> ), абс.	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-II, щит управления и воздухонаправляющий короб (рис. 34). Топливо от шес-

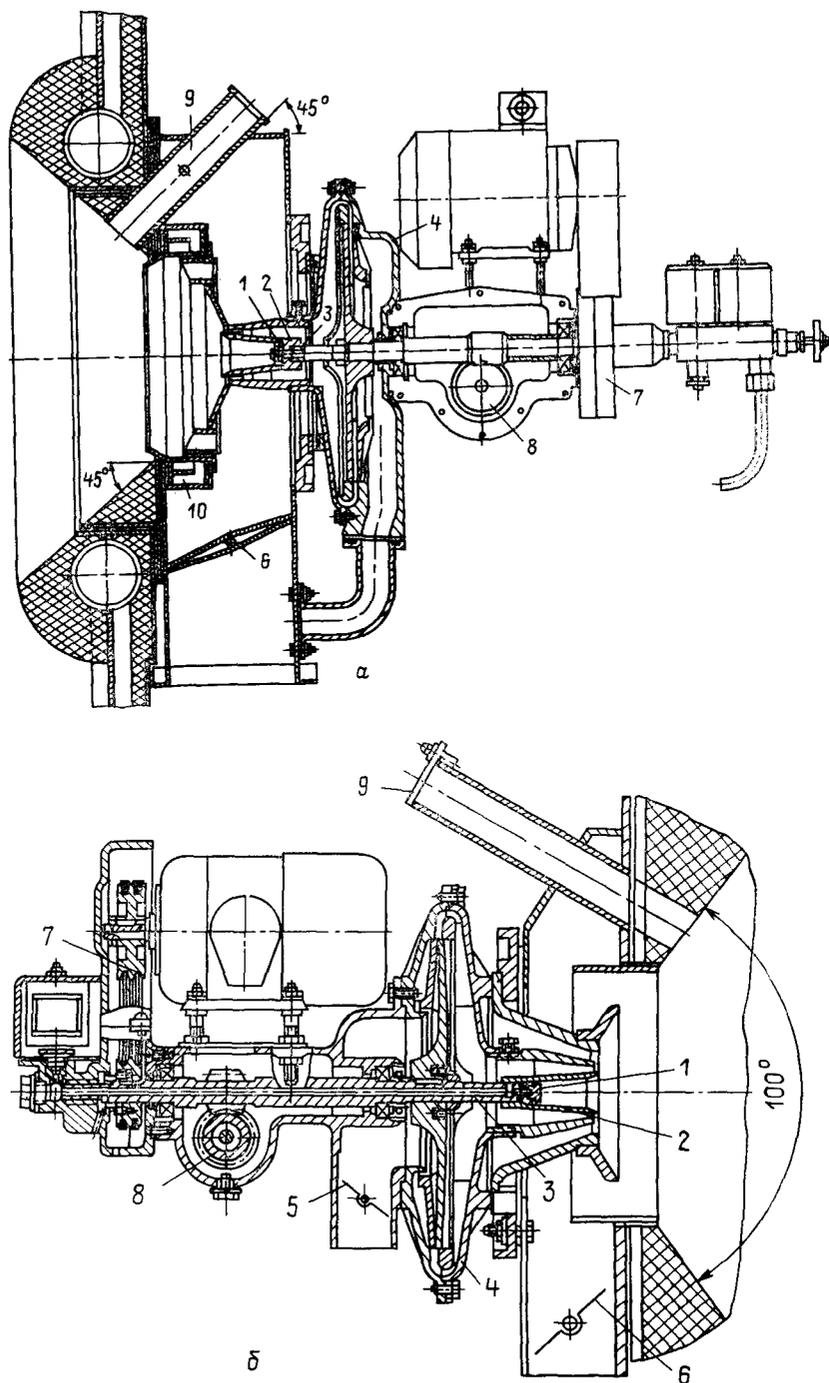


Рис. 34. Горелочное устройство:  
 а — АР-90; б — РГМГ-1; РГМГ-2; 1 — форсунка; 2 — распыливающий стакан; 3 — полый вал; 4 — вентилятор первичного воздуха; 5 — шибер на воздуховоде первичного воздуха; 6 — шибер на воздуховоде вторичного воздуха; 7 — клиноременный привод форсунки; 8 — привод топливного насоса; 9 — гляделка; 10 — кольцевой коллектор

теренчатого насоса подается к штуцеру горелочного устройства, откуда через полый вал поступает в форсунку. На полым 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 избыток 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.

Горелочное устройство котлов Е-1,0-9Г, работающих на газообразном топливе, включает воздушный регистр, газовую горелку и смеситель (рис. 32, а). Для наблюдения за горением в газоплотную обшивку 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. 35.

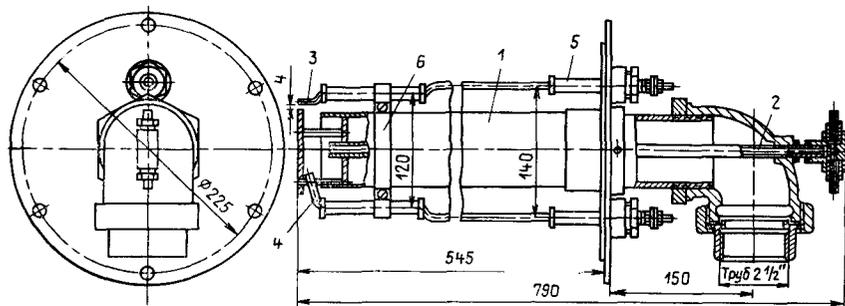


Рис. 35. Газовая горелка Г-1,0 для котла паропроизводительностью 1,0 т/ч: 1 — центральная труба; 2 — запальное устройство; 3 — электрод для зажигания газа; 4 — электрод для контроля пламени; 5 — фарфоровая изоляция; 6 — хомут

#### 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 <sup>2</sup> )*	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

\*  $100\,000\text{ Па} = 0,1\text{ МПа} \approx 1\text{ кгс/см}^2$ ,  $1\text{ кПа} = 1000\text{ Па} \approx 100\text{ мм вод. ст.}$

В центральной трубе горелки размещена трубка запальника, на конце которой закреплен насадок для стабилизации горения. Зажигание газа в запальнике осуществляется от запального устройства подачи 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-1,0 К

Теплопроизводительность, ГДж/ч (Гкал/ч)	3,35(0,8)
Теплотворная способность природного газа, $Q_p^n$ , кДж/м <sup>3</sup> (ккал/м <sup>3</sup> )	33500(8000)
Расход газа при номинальной нагрузке, м <sup>3</sup> /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

Горелки РГМГ-1 и РГМГ-2 (рис. 34, 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. 21.

Таблица 21

#### Техническая характеристика горелок РГМГ-1 и РГМГ-2

Наименование	Марка горелки	
	РГМГ-1	РГМГ-2
Номинальная тепловая мощность, МВт (Гкал/ч)	1,163(1)	2,33(2)
Давление мазута перед форсункой, МПа (кгс/см <sup>2</sup> ), абс.	0,2(2)	0,2(2)
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 $Q_p^n=40400$ кДж/кг ( $Q_p^n=9650$ ккал/кг), кг/ч	100	200
Номинальный расход газа при $Q_p^n=35500$ кДж/м <sup>3</sup> ( $Q_p^n=8500$ ккал/м <sup>3</sup> ), м <sup>3</sup> /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 агрегированные газогорелочные (АГГУ-1) и топливно-горелочные (АГТУ-1) устройства.

Горелочное устройство представляет единый блок, включающий корпус, вентилятор с электродвигателем, короткофакельную горелку смешительного типа (либо форсунку) с центральной раздой газу, смеситель, газопровод (или топливопровод). Устройство изготавливается 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 газодавящих трубок  $\varnothing 21,3 \times 2,8$  мм, выходящих из кольцевого коллектора.

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 со 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<sup>3</sup> (8500 ккал/м<sup>3</sup>) или мазуте М40 и М100. Допускается одновременное сжигание газа и мазута.

Устройство газомазутной горелки поясняется на рис. 36. Для распыливания жидкого топлива в горелке применена паромеханическая форсунка, обеспечивающая высокое качество распыла во всем диапазоне регулирования нагрузки. Форсунка состоит из распыляющей 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 работа форсунки на всех режимах обеспечивается при давлении распыливающего пара

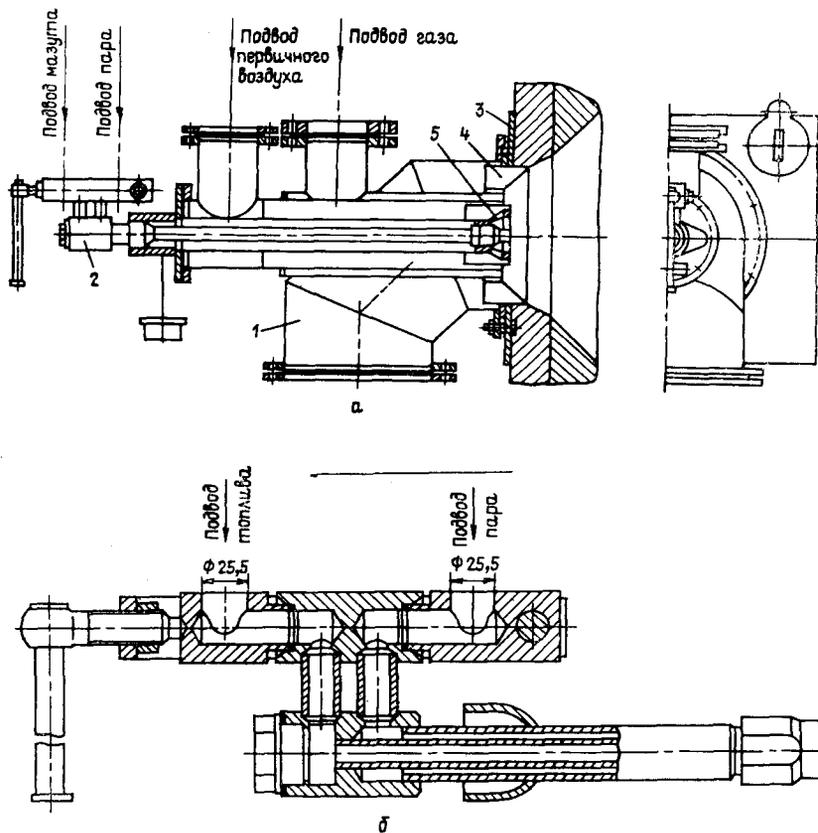


Рис. 36. Газомазутная горелка типа ГМГ:  
 а — горелка; б — форсунка; 1 — газовоздушная часть; 2 — мазутная форсунка; 3 — монтажная плитка; 4 — регистр вторичного воздуха; 5 — регистр первичного воздуха

0,07—0,2 МПа (0,7—2,0 кгс/см<sup>2</sup>), на нагрузках выше 70% форсунка может устойчиво работать и без парового распыла.

Воздух к корню 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 изготавливаются правого и левого закручивания.

Производительность горелки регулируется изменением давления мазута или газа и соответствующим изменением подачи 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. 22.

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  $Q_p^u = 35\,500$  кДж/м<sup>3</sup> ( $Q_p^u = 8500$  ккал/м<sup>3</sup>). Горелка обеспечивает диапазон регулирования в пределах 10—100% номинальной производительности. В случае применения горелки для сжигания дизельного топлива или солярного масла может быть использована та же форсунка. При

Техническая характеристика горелок типа ГМГ

Наименование	Марка горелки					
	ГМГ-1/1,5-I	ГМГ-1/1,5-II	ГМГ-2	ГМГ-4	ГМГ-5,5/7-I	ГМГ-5,5/7-II
Номинальная теплопроизводительность, ГДж/ч (Гкал/ч)	3,86(0,9)	5,64 (1,35)	8,36(2)	16,7(4)	23(5,5)	29,3(7)
Давление воздуха, Па (мм вод. ст.):						
первичного	350(35)	350(35)	1200 (120)	1200 (120)	1200 (120)	1200 (120)
вторичного	400(40)	850(85)	1200 (120)	1200 (120)	800(80)	1200 (120)
Давление, МПа:						
мазута при номинальной производительности	0,6	1,25	2,0	2,0	2,0	3,0
распыливающего пара природного газа, $Q_p^H = 35\,500$ кДж/м <sup>3</sup> ( $Q_p^H = 8500$ ккал/м <sup>3</sup> )	0,07—0,1 0,012	0,07—0,1 0,017	0,1 0,027	0,1—0,2 0,054	0,1—0,2 0,08	0,1—0,2 0,1
Расход воздуха, м <sup>3</sup> /ч	1200	1700	2700	5400	8000	10 000
Диапазон регулирования, %	30—100	20—100	20—100	20—100	20—100	15—100
Коэффициент* избытка воздуха при сжигании:						
мазута	1,1/1,35	1,1/1,35	1,15/1,35	1,15/1,35	1,15/1,6	1,15/1,6
газа	1,15/1,3	1,15/1,3	1,15/1,3	1,15/1,3	1,15/1,3	1,15/1,3
Длина факела при работе на мазуте с номинальной нагрузкой, м	1	1	1,5	1,5—2	2	2
Угол раскрытия факела, град	70	70	70	80	70	70

\* Числитель — при номинальной нагрузке, знаменатель — при минимальной

этом следует учитывать, что ее рабочая характеристика изменится в зависимости от плотности и вязкости топлива.

Горелка типа ГМГБ (рис. 37) 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 расположенные 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 отверстие в распределительной шайбе поступает в кольцевой канал топливного завихрителя и далее по тангенциальным каналам — в камеру завихрения, совершая 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 дробится на мельчайшие капли, вылетающие в толку 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

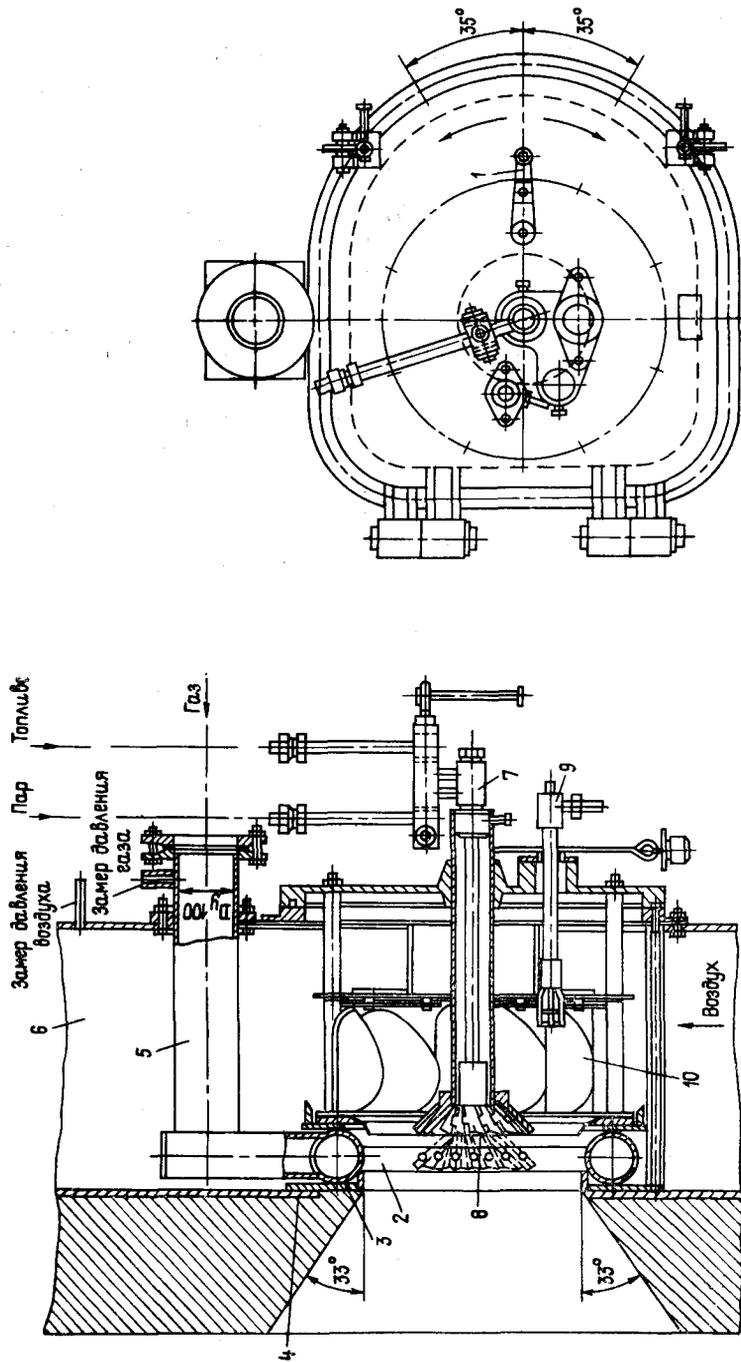


Рис. 37. Газомасляная горелка типа ГМГБ:  
 1 — рычаг поворота лопаток; 2 — газовый коллектор; 3 — фланец; 4 — задняя стенка; 5 — газовая часть; 6 — воздушный короб; 7 — масляная форсунка; 8 — стабилизатор пламени; 9 — запально-защитное устройство; 10 — дополнительное устройство

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.

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 <sup>2</sup> )
Давление газа на входе в газовую часть	50 кПа (5000 кгс/м <sup>2</sup> )**
Давление пара перед форсункой	0,1—0,2 МПа (1,0—2,0 кгс/м <sup>2</sup> )
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

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

\*\* 1 кПа≈100 мм вод. ст.=100 кгс/м<sup>2</sup>; 10 кПа≈1000 кгс/м<sup>2</sup>.

### 13. 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 рабочим давлением (абсолютным) до 4,0 МПа (40 кгс/см<sup>2</sup>) 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 <sup>2</sup> )	20
для водотрубных котлов с рабочим давлением (абсолютным) выше 1,4 до 4,0 МПа (от 14 до 40 кгс/см <sup>2</sup> )	15
Содержание растворенного кислорода, мкг/кг, не более:	
для котлов с рабочим давлением до 4,0 МПа (40 кгс/см <sup>2</sup> ), 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/см <sup>2</sup> ), 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/см <sup>2</sup> )	5
для котлов с рабочим давлением выше 1,4 МПа до 4,0 МПа (от 14 до 40 кгс/см <sup>2</sup> )	3

Нормы соледержания 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 выпускают блочные водоподготовительные установки, удовлетворяющие потребностям производственно-отопительных котельных.

Блочные водоподготовительные установки производительностью 1,0 м<sup>3</sup>/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. 23.

Таблица 23

Техническая характеристика водоподготовительных установок производительностью 1,0 м<sup>3</sup>/ч

Наименование	Марка установки		
	ВПУ-1,0	ВПУ-1,0-М	ВПУ-1,0-К
Рабочее давление исходной воды, МПа (кгс/см <sup>2</sup> ), абс.	0,4(4)	0,4(4)	0,4(4)
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

В комплект поставки установки ВПУ-1,0 входят катионитовый фильтр, растворный бак, верхнее и нижнее распределительные устройства, трубопроводы и арматура, фундаментная рама, крепеж, манометры (рис. 38).

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 (рис. 39).

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. 40). Na-катионитные фильтры, входящие в блочные установки, представляют собой цилиндрические сосуды диаметром 480 мм с фильтрующей загрузкой катионита КУ-2 объемом 0,27 м<sup>3</sup> (ВПУ-1,0-К) и 0,28 м<sup>3</sup> (ВПУ-1,0; ВПУ-1,0-М).

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

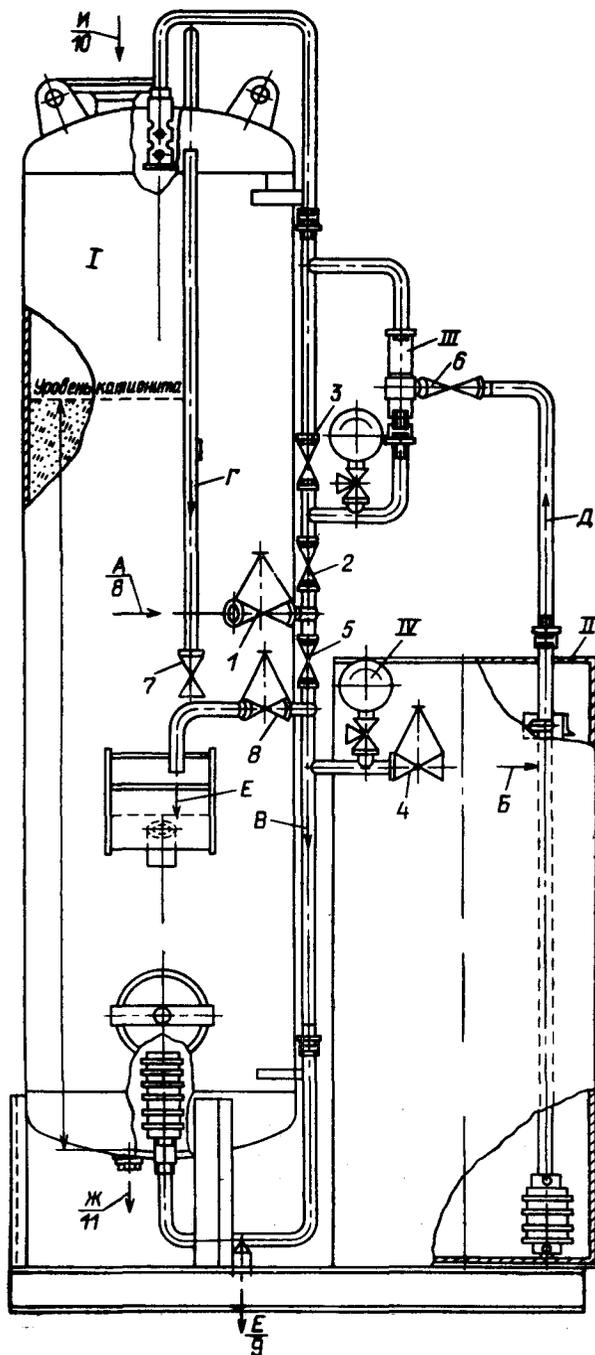


Рис. 38. Блочная водоподготовительная установка ВПУ-1,0 (без осветлительного фильтра):

А — подвод исходной воды,  $D_y$  15 мм; Б — отвод обработанной воды,  $D_y$  15 мм; В — подвод воды на взрыхление,  $D_y$  15 мм; Г — сброс взрыхляющей воды,  $D_y$  15 мм; Д — подвод концентрированного раствора реагента,  $D_y$  15 мм; Е — сброс в дренаж,  $D_y$  15 мм; Ж — гидрозагрузка фильтрующего материала,  $D_y$  50 мм; 1 — Na-катионный фильтр; II — растворный бак; III — эжектор; IV — манометр; 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

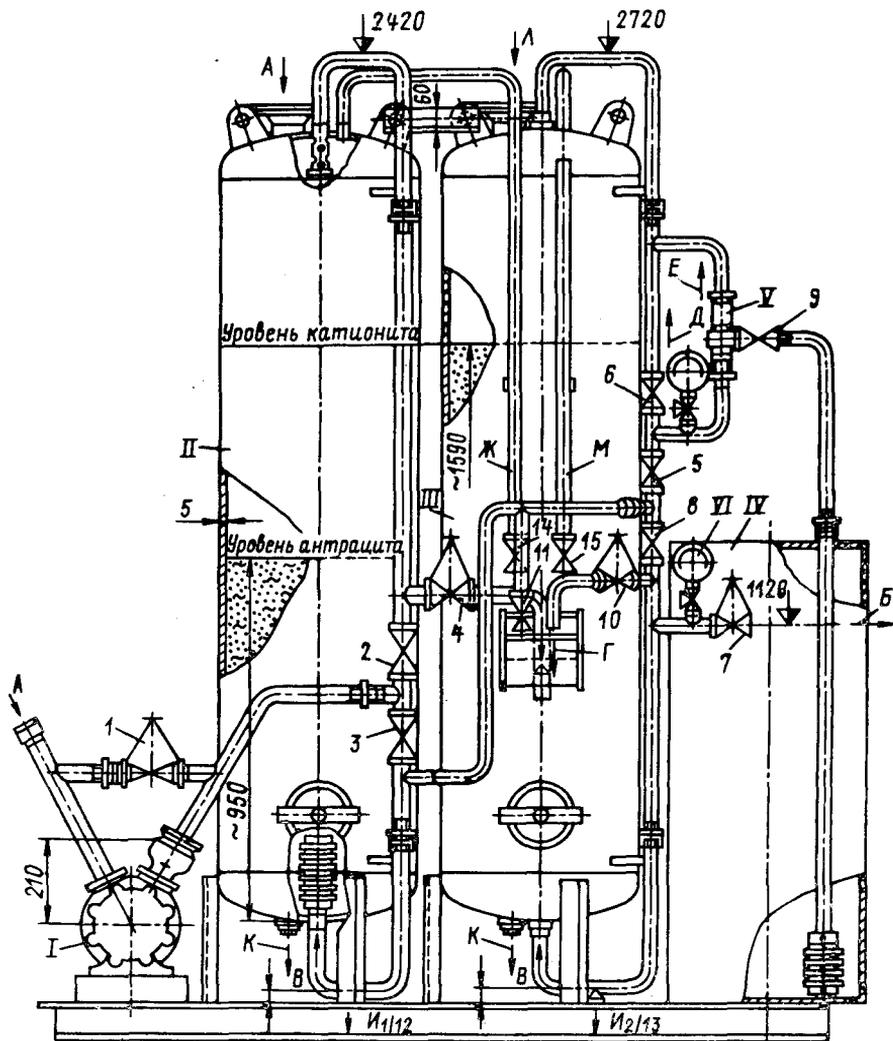


Рис. 39. Блочная водоподготовительная установка ВПУ-1,0-М (с осветлительным фильтром):

А — подвод исходной воды,  $D_y$  25 мм; В — отвод обработанной воды,  $D_y$  15 мм; В — подвод воды на взрыхление,  $D_y$  25 мм; Г — сброс взрыхляющей воды,  $D_y$  25 мм; Д — подвод осветлительной воды к Na-катионитному фильтру,  $D_y$  15 мм; Е — подвод регенерационного раствора,  $D_y$  15 мм; Ж — воздушники,  $D_y$  15 мм; И<sub>1</sub>, И<sub>2</sub> — сбросы в дренаж,  $D_y$  25 мм,  $D_y$  15 мм; К — гидровыгрузка фильтрующего материала,  $D_y$  25 мм; Л — гидрозагрузка фильтрующего материала,  $D_y$  50 мм; М — сброс взрыхляющей воды и воздуха,  $D_y$  15 мм; I — насос исходной воды; II — осветлительный 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 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

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

Исходная вода (в установках ВПУ-1,0-М и ВПУ-1,0-К осветлен-

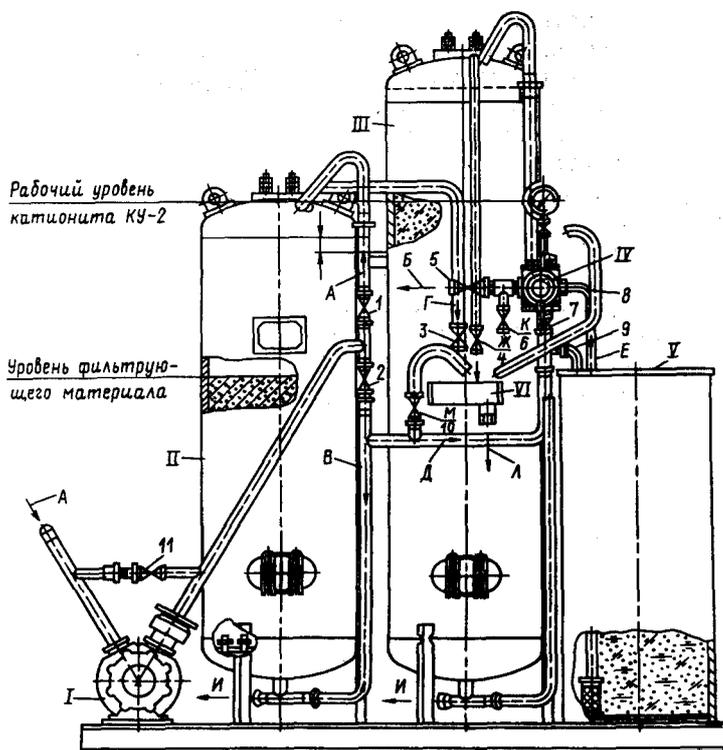


Рис. 40. Блочная водоподготовительная установка ВПУ-1,0-К с осветлительным фильтром:

*A* — подвод исходной воды,  $D_y$  15 мм; *B* — отвод обработанной воды,  $D_y$  15 мм; *V* — 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; *E* — 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 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

ная) 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% раствором поваренной соли, который получают после эжектора, разбавляющего исходной водой концентрированный 26% раствор поваренной соли, забираемый 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 слои 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 должен быть не менее 3 м<sup>3</sup>.

Продолжительность рабочего цикла фильтра между регенерациями при работе котлов Е-1/9 с номинальной паропроизводительностью 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 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. 41) 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<sup>3</sup>/ч и от 5,5 до 2,5 м<sup>3</sup>/ч осуществляется в зависимости от расхода, при нагрузке ниже 1,0 и 2,5 м<sup>3</sup>/ч клапаном 17.

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

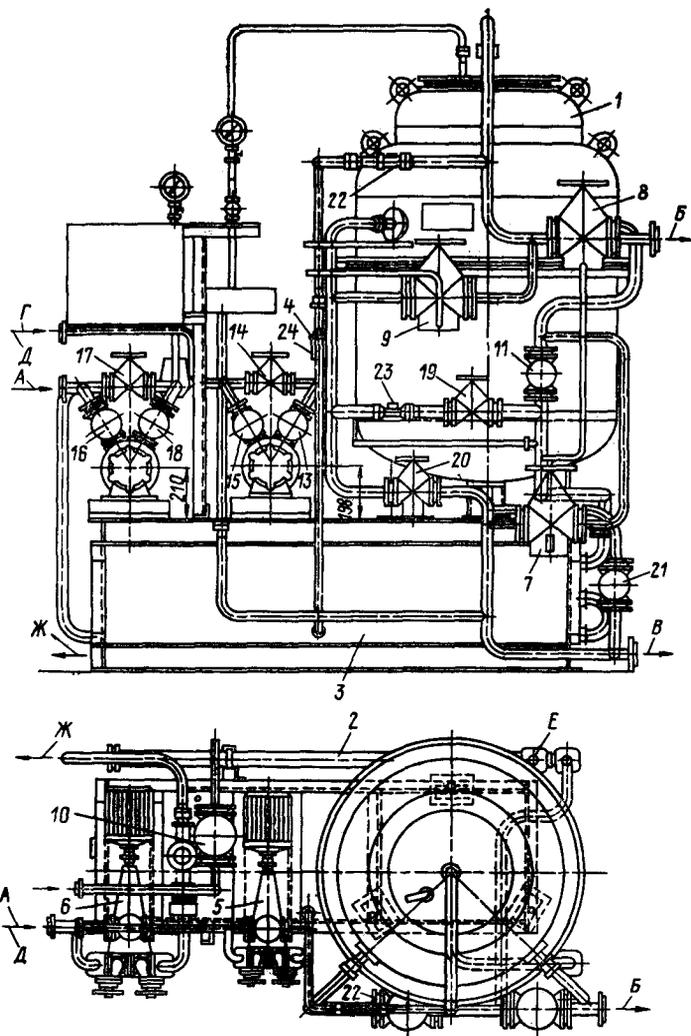


Рис. 41. Блочная водоподготовительная установка ВПУ-5,0 (без осветлительного фильтра):

А — подвод воды на обработку,  $D_y$  32 мм; Б — отвод обработанной воды,  $D_y$  32 мм; В — дренаж,  $D_y$  32 мм; Г — подвод концентрированного раствора хлористого натрия,  $D_y$  20 мм; Д — подвод умягченной воды из бака возврата конденсата,  $D_y$  32 мм; Е — подвод теплоносителя,  $D_y$  32 мм; Ж — отвод 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

токами, соотношение между расходами которых регулируется вентиляем 12. Отработанный раствор сбрасывается в дренаж через клапан 7. Как только опорожнится бак-мерник (при закрытом венти́ле 10), срабатывает клапан отсекающего воздуха и через эжектор 4 насосом 5 про-

качивается только умягченная вода для отмывки ионита от продуктов регенерации. После отмывки фильтр готов к работе. На-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, На-катионитный противоточный двухходовой фильтр, теплообменник, бак-мерник, эжектор, арматуру, обратные клапаны, дистанционно управляемые клапаны, технологические и импульсные трубопроводы, панель управ-

Таблица 24

Техническая характеристика установок  
ВПУ-2,5 и ВПУ-5,0

Наименование	Марка установки	
	ВПУ-2,5	ВПУ-5,0
Производительность, м <sup>3</sup> /ч	2,5	5,0
Рабочее давление исходной воды, МПа (кгс/см <sup>2</sup> ), абс.	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

ления электродвигателями насосов, манометры с трехходовыми кранами, фундаментную раму.

Техническая характеристика водоподготовительных установок ВПУ-2,5 и ВПУ-5,0 приведена в табл. 24.

В блочных водоподготовительных установках ВПУ-10,0-М (с осветлительным фильтром) могут быть осуществлены четыре схемы обработки воды: Na-катионирование; совместное  $\text{NH}_4$ -Na-катионирование; осветление — Na-катионирование; осветление — совместное  $\text{NH}_4$ -Na-катионирование. Установка рассчитана на работу при качестве исходной воды (не ниже):

Содержание взвешенных частиц	$\leq 50$ мг/кг
Сухой остаток	$\leq 500$ мг/кг
Жесткость общая	$\leq 5$ мг-экв/кг
Жесткость карбонатная	$\leq 5$ 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  $\text{NH}_4$ -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  $\text{NH}_4$ -Na-катионирования половину бака-склада и один мерник используют для хранения, получения насыщенного раствора сульфата аммония и отмеривания его.

Разбавление 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  $\text{NH}_4$ -Na-катионировании. Продолжительность пропуска регенерационного раствора — 30 мин. Крепость регенерационного раствора поваренной соли при Na-катионировании — 6%, раствора поваренной соли и сульфата аммония при  $\text{NH}_4$ -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 —  $\text{NH}_4$ -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 <sup>3</sup> /ч	10,0
Рабочее давление исходной воды, МПа (кгс/см <sup>2</sup> ), абс.	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

## 14. 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 их работы в случаях: повышения температуры пара сверх установленной (190° С); превышения рабочего давления пара более 0,02 МПа (0,2 кгс/см<sup>2</sup>); 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<sup>2</sup>).

В котлах, работающих на газообразном топливе, кроме перечисленных случаев, предусматривается автоматический останов при сни-

жении 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 В4 (рис. 42) замкнут, обмотка реле Р10 находится под током и своим контактом Р10/1 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).

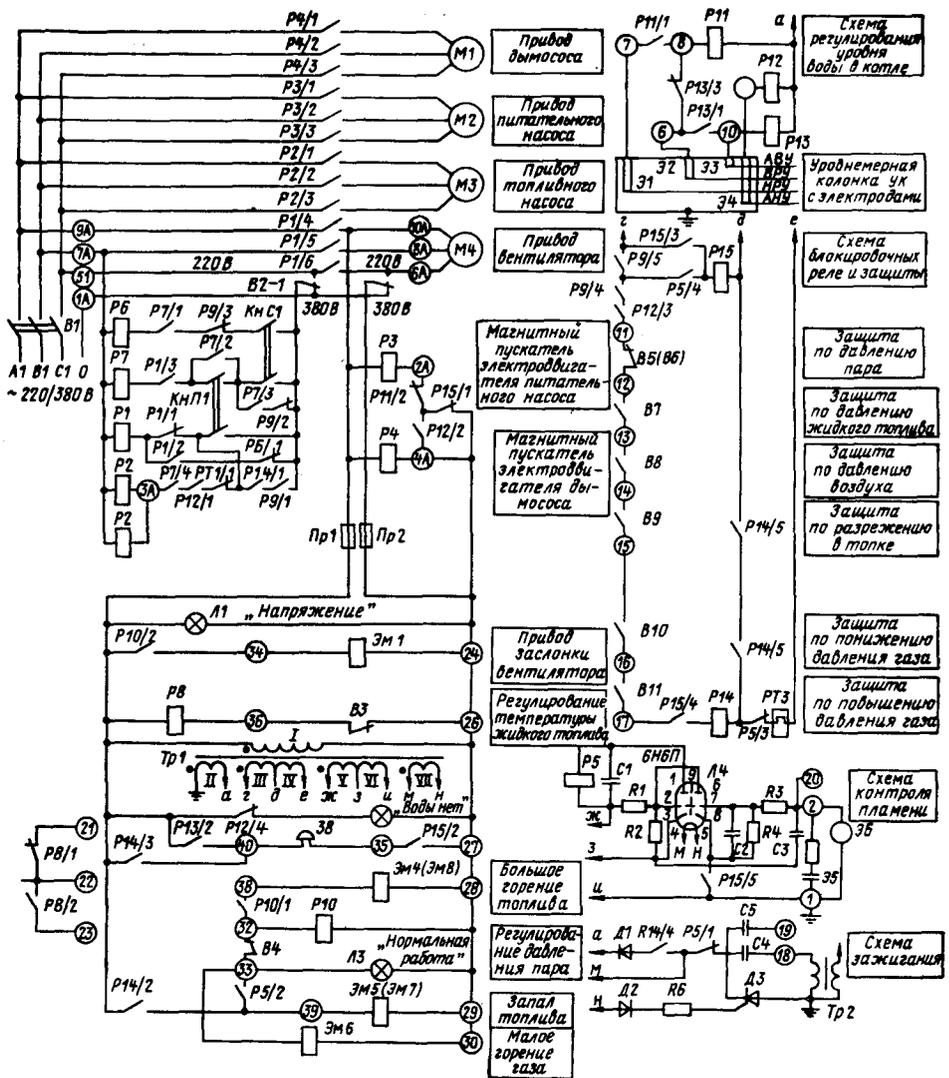


Рис. 42. Система автоматики АМК-У

В случае питания котла от индивидуального питательного насоса с электроприводом  $M2$  функцию исполнительного органа регулятора питания выполняет магнитный пускатель  $P3$ , управляющий работой электродвигателя  $M2$  питательного насоса. При пониженном уровне воды в котле реле уровня  $P11$  обесточено, включен контактами  $P11/2$  магнитный пускатель  $P3$ , и питательный насос работает с номинальной производительностью. Как только уровень воды достигнет верхнего регулируемого уровня ВРУ, включается реле уровня  $P11$  и контактом  $P11/2$  размыкает цепь питания магнитного пускателя  $P3$ , отключая привод питательного насоса. Питание котла водой прекращается. Реле  $P11$  контактом  $P11/1$  блокируется. Уровень воды в барабане котла при его работе постепенно понижается, и при снижении его ниже НРУ происходит обесточивание реле  $P11$  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 «большо-

го» 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 *P10*.

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 *B3* цепью питания реле температуры жидкого топлива *P8*. Если температура жидкого топлива недостаточна, контакт *B3* датчика температуры замыкается, срабатывает реле *P8* и включается электронагреватель. Как только температура топлива достигнет верхней регулируемой величины, контакт *B3* размыкается, реле *P8* обесточивается и электронагреватель отключается.

Пуск котла в работу осуществляется дистанционно, нажатием кнопки «Пуск», сопровождающимся срабатыванием магнитного пускателя *P1*, подачей напряжения на цепи автоматики, включением блокировочного реле *P7*. Магнитные пускатели *P3* и *P4* включают в работу электродвигатели вентилятора *M4*, дымососа *M1* (при его наличии), питательного насоса *M2*. 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 *P12*. После замыкания контактов датчика предельного давления пара *B5*, датчика давления воздуха *B8*, датчика разрежения в топке *B9*, датчика аварийного понижения давления газа *B10*, датчика превышения давления газа *B11* и через 10—15 с после первого нажатия кнопки «Пуск» срабатывает реле *P5*, котел готов к розжигу. При повторном нажатии кнопки «Пуск» после тщательной вентиляции топки и газоходов происходит автоматический розжиг котла. Срабатывает реле *P9*, а у котлов, работающих на жидком топливе, срабатывает при этом магнитный пускатель *P2* электродвигателя топливного насоса и замыкается контакт датчика давления жидкого топлива *B7*. Когда кнопка «Пуск» будет выключена (при всех нормальных параметрах), реле *P9*, блокируясь своими контактами, включает схему блокировочных реле и защиты *P14*, *P15*.

Зажигание топлива происходит при устойчивом пробое зазора 6—10 мм на электродах напряжением 10 кВ, создаваемым на вторичной обмотке трансформатора *Tr2*. 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 *P5*. Если пламя в топке погаснет, срабатывает реле *P5* и включает схему зажигания. Вместе с этим включается в работу тепловое реле времени *PT1* 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». Оставливают котел нажатием кнопки «Стоп».

Защита котла при превышении давления пара выше заданного настройкой датчика (реле ДД-10-20К) происходит при размыкании контакта *B5* и срабатывании схемы защиты, реле *P12* и *P9* 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 *P12*. Аварийное понижение уровня воды сопровождается разрывом цепи питания реле *P12*, катушка реле обесточивается, срабатывает схема защиты, реле *P9*, *P14* 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 *B9* разрывается, срабатывает схема защиты, и реле *P9*, *P14* 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<sup>2</sup>). Снижение давления топлива ниже уставки срабатывания защиты связано с размыканием контакта реле *B7*, что вызывает срабатывание схемы защиты и обесточивание реле *P9*, *P14*.

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 *P5*, 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).

При работе котлов на жидком топливе в качестве чувствительного элемента применяется фотоэлемент *Э6* и фотоэлектрический датчик (ФД). Устройство контроля пламени обеспечивает защиту котла при аварийном погасании пламени.

### Система автоматики КСУ-2П

Комплект средств управления (КСУ) (рис. 43) 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 и обеспечивает регулирование:

уровня воды в барабане котла в пределах от нижнего регулиру-



емого 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.

Управляющие сигналы, вырабатываемые управляющими устройствами, усиливаются в усилителях мощности и подаются на исполнительные устройства котельной установки.

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

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. 44). Устройства предназначены для работы в интервале температур от  $+5$  до  $+50^{\circ}\text{C}$  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 по следующим параметрам:

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



Условные обозначения

	Вода		Электроувствитель переменного тока
	Мазут		Термобаллон монотермического термометра
	Воздух		Термометр расширения стеклянный
	Газ		Сосуд разделительный
	Дымовые газы		Кнопка управления
	Заслонка регулирующая		Отбор импульсов
	Кран трехходовой		Показывающий
	Арматура запорная		Давление
	Арматура регулирующая		Следящий
	Клапан-отсекатель		Температура
	Связь механическая		РДУК
	Связь электрическая		РДО

Рис. 44. Принципиальная схема автоматизации котла АВ-2 с устройством КУРС-101:  
 Д1, Д2, Д3, Д4, Д5 — 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<sup>2</sup>); Р2 — реле комбинированное с  
 чувствительными элементами температуры (настрой 80, 89, 95°С, длина капилляра 4 м); Т2 — термометр манометрический ТПГ-4 (предел измерения с  
 0—150°С, длина капилляра 4 м); Т3 — термометр манометрический ТПГ-4 (предел измерения 0—400°С, длина капилляра 10 м); У — устройство управления  
 котла КУРС-101; Б — обмотка 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 регу-  
 лирующие; З — запальный; И — ионизационный датчик; К1 — клапан регулирующий; К2 — кран трехходовой; К3, К4 — клапаны отсекающие; М1, М2 —  
 манометры; М — механизм электрический однооборотный МЭО; Т1 — термометр ртутный; Ф — фоторезистор

в устройство; индикаторная лампа «АВР пит. насоса», сигнализирующая 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 ( $120 \pm 24$  с) автоматика выдает сигнал на исполнительный механизм, прикрывающий воздушную заслонку и регулирующей заслонку на подаче топлива до 20% открытия, подается напряжение на катушку зажигания Б-1 и на клапаны запальника. Если в течение времени  $10 \pm 2$  с не произойдет розжиг запальника, появляется сигнал «Авария», включается послеостановочная вентиляция, обесточиваются клапаны запальника и катушка зажигания. Продолжительность послеостановочной вентиляции  $60 \pm 12$  с, после чего обесточиваются цепи магнитных пускателей вентиляторов.

В случае розжига запальника обеспечивается подача напряжения на клапаны отсекающего (на газовой и мазутой линиях) и обесточиваются катушки зажигания Б-1. Розжиг горелочного устройства происходит в течение  $7 \pm 1,4$  с (на газе) и  $11 \pm 2,2$  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 ис-

течении времени послеостановочной вентиляции обесточиваются магнитные пускатели вентиляторов.

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

Работа котла в режиме 40% 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 положение 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% 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% открытия регулирующих органов топлива и воздуха.

Отключение котла осуществляется нажатием кнопки «Стоп», сопровождающимся обесточиванием цепей клапанов — отсекаателей топлива, автоматическим перемещением регулирующих органов топлива и воздуха в положение 20% 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 первопривине 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% 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. 45).

Регулирование подачи топлива в топку обеспечивает соответствие паропроизводительности котла паровой нагрузке. В котлах типов ДКВР, ДЕ, КЕ роль регулятора нагрузки выполняет регулятор давления пара в барабане котла, воздействующий на изменение подачи топлива и имеющий жесткую или гибкую обратную связь (рис. 45, 46, 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 регулирующий 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. 46, 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. 46, 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 измере-

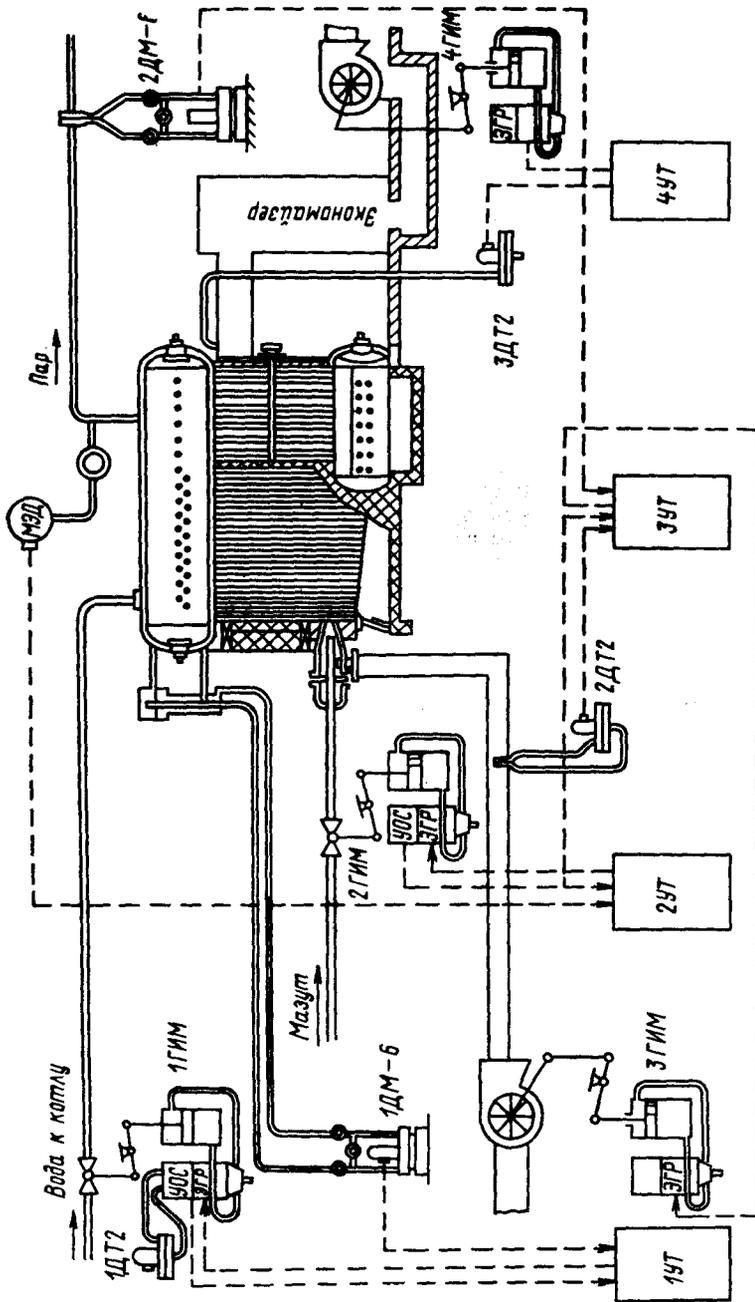


Рис. 45. Функциональная схема автоматического регулирования работы котла ДКВР на базе регуляторов системы «Кристалл»

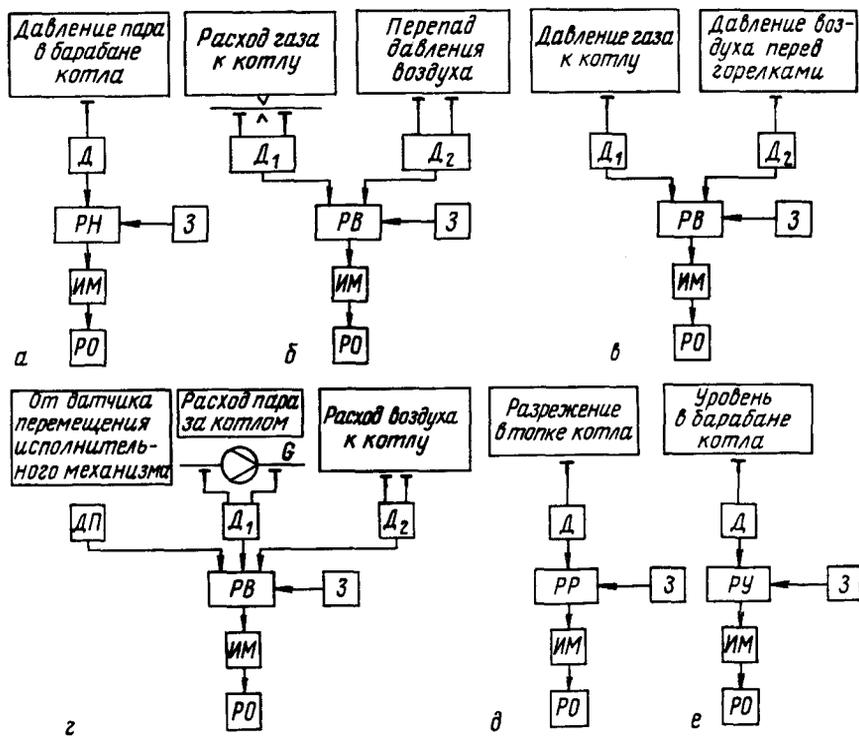


Рис. 46. Структурные схемы регуляторов работы барабанных котлов: а — регулятора нагрузки; б—г — регулятора воздуха; д — регулятора разрежения; е — регулятора питания; Д, Д<sub>1</sub>, Д<sub>2</sub> — датчики; З — задатчик; ИМ — исполнительный механизм; РО — регулирующий орган; РН — регулятор нагрузки; РВ — регулятор воздуха; РР — регулятор разрежения; РУ — регулятор уровня

нии 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. 45 показана схема регулирования подачи воздуха по принципу «пар — воздух». Структурная схема такого регулирования приведена на рис. 46, 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 ЗУТ. Сюда же поступает импульс по расходу воздуха от дифференциального тягомера 2ДТ2. В регуляторе воздуха РВ (усилителе ЗУТ) 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 направляется по управлению, 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<sup>2</sup>)\*. Регулятор разрежения получает импульс по разрежению в верхней части топочной камеры от дифференциального тягомера ЗДТ2. 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;  
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:

\*  $10 \text{ Па} \approx 1 \text{ мм вод. ст.} = 1 \text{ кгс/м}^2$ .

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 регулируемую 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. 47.

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).

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 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 воздействующих клапана-отсекателя, между которыми на свече безопасности имеются электромагнитные продувочные клапаны. Открытие клапанов-отсекателей пе-



ред 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 или 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, электродвигателей 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 — отсекаателей 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<sup>2</sup>)\*;
- температура мазута перед отсечным клапаном не менее 85° С;
- давление мазута перед регулирующим клапаном не менее 0,2 МПа (2 кгс/см<sup>2</sup>);

\*1 кПа ≈ 100 мм вод. ст. = 100 кгс/м<sup>2</sup>; 10 кПа ≈ 1000 кгс/м<sup>2</sup>.

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<sup>2</sup>);  
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.

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 вентиляторы 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 — отсекающих 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 регулирующей орган на топливной магистрали и направляющий аппарат вторичного воздуха автоматически переводятся в положение, соответствующее пусковой нагрузке котла. Затем при работе на газе автоматически открываются 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 защиты по основному пламени, давлением газа перед основной горелкой и регулирующим органом происходит через 5 с после начала открытия запорного органа основного клапана — отсекающего 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% 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 открывается 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% 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., Эттингер Л. С., Гохбейм 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 по котельным установкам малой производительности / Под ред. К. Ф. Роддатиса. Изд. 2-е, перераб. М.: Энергия, 1975.
6. Роддатис К. Ф., Полтарецкий А. Н. Справочник по котельным установкам малой производительности / Под ред. К. Ф. Роддатиса. М.: Энергоатомиздат, 1989.
7. Правила устройства и безопасной эксплуатации паровых и водогрейных котлов. М.: НПО ОБТ, 1993.
8. Котлы малой, средней мощности и топочные устройства. Каталог-справочник, 18-4-72. М.: НИИинформтяжмаш, 1972.
9. Котлы малой производительности: Каталог-справочник, К8-70. М.: НИИинформтяжмаш, 1970.
10. Котлы малой производительности. Отраслевой каталог. М.: НИИЭнформэнерго-маш, 1985.
11. Резник Г. В., Бордюков А. П. Монтаж водогрейных котлов. М.: Энергия, 1980.
12. Серогодский В. Н. Ремонт паровых котлов типа ДКВР. М.: Энергоатомиздат, 1985.
13. Баранов П. А. Эксплуатация и ремонт паровых и водогрейных котлов. М.: Энергоатомиздат, 1986.
14. Правила устройства и безопасной эксплуатации электродных котлов и электрокотельных. М.: НПО ОБТ, 1993.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие	3
<b>Глава первая. Водотрубные паровые котлы малой производительности</b>	<b>4</b>
1. Котлы КПА-500Г и КПА-500Ж	4
2. Вертикальные водотрубные котлы	6
3. Двухбаранные водотрубные котлы паропроизводительностью до 2,5 т/ч	10
Котлы Е-1/9-1, Е-1/9-1М, Е-1/9-1Г	10
Котлы Е-1—0,9 Р, Е-1—0,9 М, Е-1—0,9 Г	13
Котлы Е-1,6—0,9М	14
Котлы Е-2,5—0,9ГМ	15
Котлы ПКН-1С, ПКН-2 и ПКН-3Г	16
<b>Глава вторая. Паровые котлы с рабочим давлением до 2,4 МПа (24 кгс/см<sup>2</sup>)</b>	<b>21</b>
4. Двухбаранные вертикально-водотрубные котлы типа ДКВР	21
Типоразмеры котлов типа ДКВР	21
Конструктивная схема котлов типа ДКВР паропроизводительностью 2,5; 4; 6,5 и 10 т/ч	26
Конструктивные особенности котлов ДКВР-20	30
5. Паровые котлы типа Е (КЕ)	33
6. Паровые котлы типа Е (ДЕ)	36
<b>Глава третья. Водогрейные котлы</b>	<b>41</b>
7. Водогрейные котлы тепловой мощностью до 30 Гкал/ч	41
8. Котлы водогрейные и пароводогрейные для теплиц	46
9. Передвижные и транспортабельные котельные установки	48
Передвижная котельная установка типа ПКН	48
Транспортабельная котельная установка ТКУ-0,7М	49
Котельная «Виток 300—900»	51
Передвижная автоматизированная котельная установка типа ПАКУ	51
10. Электродные паровые и водогрейные котлы	52
Электродные паровые котлы	52
Электродные водогрейные котлы	57
11. Солнечные нагреватели (коллекторы)	64
<b>Глава четвертая. Вспомогательное оборудование</b>	<b>68</b>
12. Топочные устройства	68
13. Водоподготовительное оборудование	83
14. Автоматика регулирования работы котлов	92
Система автоматического регулирования котлов КПА-500	92
Система автоматического регулирования котла малой мощности АМК-У	93
Система автоматики КСУ-2П	96
Управляющее устройство КУРС-101	99
Схемы автоматического регулирования паровых барабанных котлов	104
Система автоматизации газомазутных водогрейных котлов	107
Список литературы	113

**ВНИМАНИЮ**  
**объединений, предприятий и организаций,**  
**инженерно-технических работников, технического персонала,**  
**сотрудников научно-исследовательских и проектных институтов**

Научно-производственное объединение «Обучение безопасному труду» (НПО ОБТ) специализируется на подготовке, издании и распространении нормативно-технической и учебной литературы по вопросам охраны труда и техники безопасности всех основных отраслей промышленности, строительства, транспорта.

Только приобретая и пользуясь литературой, изданной НПО ОБТ, Вы получаете гарантию наиболее полной и точной информации в области нормативных актов и положений.

**ВНИМАНИЕ!**

В соответствии с требованием  
Госгортехнадзора России  
перепечатка, копирование  
и все другие виды размножения  
нормативно-технической литературы,  
издаваемой НПО ОБТ,  
**ЗАПРЕЩЕНЫ**

Для удобства заказчиков полная информация об изданной и готовящейся к изданию НПО ОБТ литературе помещена в каждой книге.

## ВНИМАНИЮ СПЕЦИАЛИСТОВ,

### занимающихся вопросами охраны труда и техники безопасности

НПО «Обучение безопасному труду» издает и подготавливает к изданию нормативно-техническую литературу по охране труда и технике безопасности в соответствии с Перечнем

#### Раздел 1

##### Охрана труда и безопасная эксплуатация объектов котлонадзора

1. Правила устройства и безопасной эксплуатации паровых котлов с давлением пара не более 0,07 МПа (0,7 кгс/см<sup>2</sup>), водогрейных котлов и водоподогревателей с температурой нагрева воды не выше 338 К (115° С).
2. Правила технической эксплуатации коммунальных отопительных котельных.
3. Руководящий документ. Сосуды и аппараты стальные сварные. Общие технические требования.
4. Пособие для изучающих «Правила устройства и безопасной эксплуатации сосудов, работающих под давлением» и проведению аттестации рабочих и ИТР.
5. Правила устройства и безопасной эксплуатации электродных котлов и электрокотельных.
6. Правила устройства и безопасной эксплуатации паровых и водогрейных котлов.
7. Правила устройства и безопасной эксплуатации трубопроводов пара и горячей воды.
8. Инструкция по надзору за изготовлением, монтажом и ремонтом объектов котлонадзора.
9. Руководящий документ РД-34.027—93. Сварка, термообработка и контроль трубных систем котлов и трубопроводов при монтаже и ремонте оборудования электростанций (РТМ-1с—93).
10. Методические указания по обследованию предприятий, эксплуатирующих объекты котлонадзора.
11. Методические указания по проведению технического освидетельствования паровых и водогрейных котлов, сосудов, работающих под давлением, трубопроводов пара и горячей воды. РД-03-29—93.
12. Пособие для изучающих «Правила устройства и безопасной эксплуатации паровых и водогрейных котлов в вопросах и ответах».
13. Справочник «Эксплуатация объектов котлонадзора».
14. Справочник «Паровые и водогрейные котлы».
15. Справочник по металлам для котлов, сосудов и трубопроводов.

#### Раздел 2

##### Правила безопасности в газовом хозяйстве

1. Правила технической эксплуатации и требования безопасности труда в газовом хозяйстве.
2. Изменения № 1 к «Правилам технической эксплуатации и требованиям безопасности труда в газовом хозяйстве».
3. Правила безопасности в газовом хозяйстве (новая редакция — издание 2-е с изменениями № 1, утвержденными Госгортехнадзором России 11.02.92 г.).

Изменения № 2 и комментарии к «Правилам безопасности в газовом хозяйстве».

4. Сборник нормативных и руководящих материалов для работников газовых хозяйств и газового надзора (часть 1).

### Раздел 3

#### Безопасная эксплуатация грузоподъемных машин

1. Правила устройства и безопасной эксплуатации грузоподъемных кранов.
2. Правила устройства и безопасной эксплуатации подъемников (вышек).
3. Правила устройства и безопасной эксплуатации лифтов.
4. Пособие для машинистов (крановщика) по безопасной эксплуатации мостовых и козловых кранов.
5. Пособие для машиниста (крановщика) по безопасной эксплуатации башенных кранов.
6. Пособие по техническому надзору за безопасной эксплуатацией грузоподъемных кранов.
7. Пособие для машиниста (крановщика) по безопасной эксплуатации стреловых самоходных кранов (автомобильных, пневмоколесных, гусеничных, тракторных, железнодорожных).
8. Пособие для стропальщиков (зацепщиков) по безопасному ведению стропальных работ при обслуживании грузоподъемных кранов.
9. Пособие для лиц, ответственных за безопасное производство работ грузоподъемными кранами.
10. Пособие для ИТР, ответственных за содержание грузоподъемных машин в исправном состоянии.
11. Пособие для ИТР по надзору за безопасной эксплуатацией грузоподъемных машин.
12. Пособие по изучению «Правил устройства и безопасной эксплуатации грузоподъемных кранов» и проведению аттестации рабочих и ИТР.
13. Пособие по изучению «Правил устройства и безопасной эксплуатации лифтов» и проведению аттестации рабочих и ИТР.
14. Сборник нормативных и справочных документов по безопасной эксплуатации грузоподъемных машин.
15. Инструкция по проведению технических освидетельствований грузоподъемных машин.
16. Справочник по надзору и эксплуатации грузоподъемных машин.
17. Инструкция по надзору за изготовлением, ремонтом и монтажом подъемных сооружений.
18. Типовая инструкция для лиц, ответственных за техническое содержание подъемников (вышек) в исправном состоянии.
19. Приборы безопасности грузоподъемных кранов (часть I).
20. Стропы грузовые общего назначения. Требования к устройству и безопасной эксплуатации. РД-10-33—93.
21. Пособие по проведению технических освидетельствований лифтов на предприятиях и в организациях.
22. Руководящий документ. Рельсовые пути козловых кранов. Общие технические условия и нормы устройства и эксплуатации.

### Раздел 4

#### Взрывные и горные работы

1. Единые правила безопасности при взрывных работах.
2. Единые правила безопасности при разработке месторождений полезных ископаемых открытым способом.
3. Сборник инструкций по безопасности работ:

- а) при проведении массовых взрывов на земной поверхности,
- б) при проведении массовых взрывов в подземных выработках.
- 4. Единые правила безопасности при дроблении, сортировке, обогащении полезных ископаемых и окучивании руд и концентратов.
- 5. Правила безопасности в нефтяной и газовой промышленности.
- 6. Руководящий документ. Правила по эксплуатации, ревизии, ремонту и отбраковке нефтепромысловых трубопроводов.
- 7. Пособие по изучению «Правил безопасности в нефтяной и газовой промышленности» и проведению аттестации рабочих и специалистов.
- 8. Инструкция о порядке ликвидации, консервации скважин и оборудования их устьев и стволов.

## Раздел 5

### Общие правила по охране труда

- 1. Лицензирование видов деятельности, связанных с повышенной опасностью промышленных производств (объектов) и работ (части 1 и 2).
- 2. Положение о порядке разработки и утверждения правил и инструкций по охране труда.  
Методические указания по разработке правил и инструкций по охране труда.
- 3. Сборник официальных материалов по охране труда (часть 1).
- 4. Перечень нормативных актов по охране труда, действующих в России.
- 5. Правила аттестации специалистов неразрушающего контроля.
- 6. Правила аттестации сварщиков.
- 7. Правила устройства и безопасной эксплуатации факельных систем.
- 8. Правила безопасности при производстве, хранении и транспортировке хлора.
- 9. Библиотечка специалиста по охране труда (выпуск 1).
- 10. Основы законодательства Российской Федерации об охране труда.
- 11. Правила безопасности при перевозке опасных грузов железнодорожным транспортом.
- 12. Техника безопасности при сжижении, хранении, транспортировке и применении хлора.
- 13. Инструкция по составлению планов ликвидации аварий в металлургических и коксохимических производствах.
- 14. Правила безопасности в ферросплавном производстве.

Для приобретения литературы необходимо в соответствии с предварительной ценой и Вашей потребностью перевести деньги:

- для заказчиков Москвы и Московской области на расч/счет — 467625 в Интерпрогрессбанке г. Москвы МФО 201508;
- для заказчиков других регионов на расч/счет 467652 в Интерпрогрессбанке кор/счет 402161100 в РКЦ ГУ ЦБ РФ г. Москвы МФО 201791.

### Реквизиты НПО «Обучение безопасному труду»

**Адрес:** 115201, Москва, Старокаширское шоссе, д. 2, корп. 7.  
**Проезд:** ст. М. «Каширская», выход к Онкологическому центру, далее автобусами 742, 164, 298, 275 и тролл. 71 до остановки «Библиотека им. Л. Н. Толстого».  
**Телефоны:** (095) 113-25-18; 113-25-28; 113-48-62; 113-56-85.

## БЛАНК ЗАКАЗА

Платежное поручение

(почтовый перевод) № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ 19 \_\_\_\_ г.

Перечисленная сумма \_\_\_\_\_ рублей.

Ваш почтовый адрес \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Ф. И. О. получателя \_\_\_\_\_

Название организации \_\_\_\_\_

Ваши каналы связи: телефон \_\_\_\_\_

Бланк заказа направляется в НПО «Обучение безопасному труду»  
по адресу: 115201, Москва, Старокаширское шоссе, д. 2, корп. 7.

### **ВНИМАНИЕ!**

К бланку заказа следует приложить:

- копию платежного поручения (почтового перевода);
- перечень заказываемых изданий с указанием требуемого количества экземпляров.

# НОВЫЕ ИЗДАНИЯ НПО ОБТ

готовятся к печати:

1. Правила устройства и безопасной эксплуатации сосудов, работающих под давлением.
2. Нормативные и директивные материалы по безопасной эксплуатации объектов котлонадзора.
3. Руководящий документ «Аттестация технологии сварки объектов котлонадзора.
4. Справочник по сварочным работам.
5. Сборник нормативных и руководящих материалов для работников газовых хозяйств и газового надзора (часть 2).
6. Нормативные и директивные материалы по безопасной эксплуатации лифтов.
7. Приборы безопасности грузоподъемных кранов (часть 2).
8. Справочник по безопасной эксплуатации грузоподъемных кранов.
9. Монтаж и ремонт грузоподъемных машин.
10. Нормативные и справочные материалы. Грузоподъемное оборудование промышленных предприятий.
11. Сборник учебных программ для подготовки ИТР и рабочих, обслуживающих объекты котлонадзора и грузоподъемные машины (25 выпусков).
12. Руководящие материалы «Регламентные работы при обслуживании мостовых и козловых кранов».
13. Руководящие материалы «Ремонт, модернизация, реконструкция мостовых, козловых и консольных кранов».
14. Правила устройства и безопасной эксплуатации путей мостовых кранов.
15. Пособие для машиниста (крановщика) по безопасной эксплуатации стреловых самоходных кранов (автомобильных, пневмоколесных, на специальном шасси автомобильного типа, гусеничных, тракторных). Изд. 2-е.
16. Пособие оператору (машинисту) по безопасной эксплуатации кранов-манипуляторов.
17. Правила устройства и безопасной эксплуатации пассажирских подвесных канатных дорог.
18. Правила безопасности в угольных шахтах.
19. Сборник инструкций по безопасности работ:
  - а) при механизированном зарядании шпуров, скважин и протяженных выработок на земной поверхности;
  - б) при механизированном зарядании шпуров, скважин и камер в подземных выработках.
20. Инструкция по безопасной эксплуатации электроустановок открытых горных работ.
21. Правила безопасности лакокрасочных производств.
22. Сборник официальных материалов по охране труда (часть 2).
23. Пособие по охране труда и технике безопасности для рабочих и специалистов.
24. Руководящие материалы. Система проектной документации. Оформление комплектов проектной документации.
25. Инструкция по безопасности при использовании газокислородных смесей в доменных печах.
26. Справочник межотраслевых нормативных материалов по охране труда, учитываемых при проектировании производственных объектов, конструировании машин, механизмов и оборудования.
27. Сборник инструкций по охране труда и технике безопасности для строительно-монтажных организаций.

Редактор *В. Г. Щербакова*

Технический редактор *С. М. Сурикова*

Корректоры: *Л. Н. Яновская, С. Д. Федоренко*

ЛР № 040214 от 17.01.92  
Высокая печать  
Усл. печ. л. 10,5

Подписано в печать 12.04.95  
Бум. типографская  
Уч.-изд. л. 8,61

Ф-т 70×108<sup>1/16</sup>  
Тир. 15 000 экз.

Сдано в набор 29.12.94  
Гарн. литературная  
Заказ 3853

Адрес редакции: 115201, Москва, Старокаширское шоссе, д. 2, корп. 7  
Телефоны: (095) 113-25-18; 113-25-28; 113-48-62; 113-56-85

Производственно-издательский комбинат ВИНТИ,  
140010, г. Люберцы Московской обл., Октябрьский пр-т, 403