Библиотека СОК

П. А. Баранов

ЭКСПЛУАТАЦИЯ И РЕМОНТ ПАРОВЫХ И ВОДОГРЕЙНЫХ КОТЛОВ

ЭНЕРГОАТОМИЗДАТ МОСКВА 1986

ББК 31.361
Б 24
УДК 621.181

Рецензент: Зыков А. К.

Баранов П. А.

Б 24 Эксплуатация и ремонт паровых и водогрейных котлов. — М.: Энергоатомиздат, 1986. — 264 с.: ил.

Приведены технические характеристики широко распространенных паровых и водогрейных котлов, выпускаемых отечественным энергомашиностроением для паро- и теплоснабжения промышленных, коммунально-бытовых и других объектов. Даны рекомендации по организации надежной и безопасной эксплуатации котельных установок, в том числе по организации оптимального водно-химического режима. Рассмотрены вопросы ремонта котлов.

Рассчитана на инженеров и средний технический персонал промышленных и коммунально-бытовых котельных.

Б $\frac{2303020100\text{-}359}{051(01)\text{-}86}$ 201-86

ББК 31.361

© Энергоатомиздат, 1986

ПРЕДИСЛОВИЕ

Бурный рост промышленности и строительства крупных жилых массивов и общественных зданий вызывает потребность в централизованном теплоснабжении за счет расширения и ввода новых теплоэлектроцентралей, промышленных и районных котельных.

Основным оборудованием, вырабатывающим тепловую энергию в промышленных и отопительных котельных, являются паровые и водогрейные котлы, и одной из главных задач при выработке тепловой энергии является всемерная экономия всех видов топлива.

Рациональное и безопасное сжигание топлива в котлах в первую очередь зависит от профессиональных знаний обслуживающего персонала, от грамотной и безопасной эксплуатации котлов и котельного оборудования, так как повреждение даже отдельных его элементов может вызывать разрушения оборудования и травмы обслуживающего персонала.

При правильной эксплуатации и своевременном ремонте котельных установок можно обеспечить бесперебойную и экономичную работу котлов и оборудования, уменьшить расходы на их ремонт, сэкономить топливо.

Автор в настоящей книге ставил перед собой задачу осветить основные вопросы безопасной эксплуатации, ремонта и водоподготовки котельных установок для обеспечения наиболее экономичной и надежной их работы. При изложении рекомендаций по эксплуатации оборудования автор исходил из того, чтобы помочь персоналу в изучении устройства котлов и котельного оборудования и освоении их обслуживания.

Автор выражает признательность профессору К. Ф. Роддатису и инженеру А. К. Зыкову за глубокий анализ рукописи и ряд полезных практических замечаний.

Замечания по книге следует направлять по адресу: 113114 Москва, М-114, Шлюзовая наб., 10, Энергоатомиздат.

ГЛАВА ПЕРВАЯ

ПАРОВЫЕ И ВОДОГРЕЙНЫЕ КОТЛЫ

1.1. ОСНОВНЫЕ СВЕДЕНИЯ О КОТЛАХ

Для получения пара или горячей воды служат специальные устройства — **паровые и водогрейные котлы.**

Котел в соответствии с ГОСТ 23172-78 — это конструктивно объединенный в одно целое комплекс устройств для получения пара или горячей воды под давлением за счет теплоты, получаемой от сжигания топлива.

Котлы, предназначенные для получения пара, называются паровыми, а котлы, которые служат для нагрева воды под давлением, — водогрейными.

В котел могут входить полностью или частично: топка, пароперегреватель, экономайзер, воздухоподогреватель, каркас, обмуровка, тепловая изоляция, обшивка.

Котлы различаются по следующим признакам:

по назначению — энергетические (предназначенные для тепловых электростанций) и отопительно-производственные;

по расположению топки — с внутренней, внешней (нижней) и выносной;

по способу сжигания топлива — слоевые, где топливо горит в слое на колосниковой решетке, и камерные, где топливо горит во взвешенном состоянии;

по перемещению уходящих газов и воды — газотрубные (дымогарные и комбинированные), в которых продукты сгорания топлива проходят внутри труб поверхностей нагрева, а вода и пароводяная смесь — снаружи труб; водотрубные, в которые вода, пароводяная смесь и пар движутся внутри труб поверхностей нагрева, а продукты сгорания топлива — снаружи труб;

по конструктивным особенностям — цилиндрические, горизонтально-водотрубные, вертикально-водотрубные с одним или несколькими барабанами;

по движению водяного или пароводяного потока внутри котла — с естественной или принудительной многократной и прямоточной циркуляцией;

по давлению — паровые котлы низкого до 0,1 МПа (10 кгс/см²), среднего от 0,1 до 10 МПа (от 10 до 100 кгс/см²) включительно, высокого давления от 10 до 22,5 МПа (от 100 до 225 кгс/см²).

Паровые котлы в соответствии со схемой циркуляции подразделяются на следующие типы:

Пр — котел с принудительной циркуляцией;

Прп — котел с принудительной циркуляцией и промежуточным перегревом пара;

Е — котел с естественной циркуляцией;

Еп — котел с естественной циркуляцией и промежуточным перегревом пара;

П — котел прямоточный с промежуточным перегревом пара;

Кп — котел с комбинированной циркуляцией и промежуточным перегревом пара.

Для обозначения вида топлива и типа топки установлены следующие буквы:

К — каменный уголь и полуантрацит; Б — бурый уголь; С — сланцы; М — мазут и Г — газ (при сжигании в камерной топке индекс типа топки не указывают); Д — другие виды топлива; Т — камерная топка с твердым шлакоудалением; Ж — камерная топка с жидким шлакоудалением; Р — слоевая топка (решетка) — индекс вида топлива, сжигаемого в слоевой топке, в обозначении не указывается; В — вихревая топка; Ц — циклонная топка; Ф — топка с кипящим слоем (флюидизированный слой).

Первое число в обозначении парового котла после типа — паропроизводительность (т/ч), второе — абсолютное давление пара (МПа, кгс/см²), далее — температура пара и промежуточного перегрева пара, затем проставляются буквы, обозначающие вид топлива и тип топки и, если котел работает с наддувом, добавляется буква Н.

Примеры условных обозначений паровых котлов:

типа Е, паропроизводительностью 10 т, с абсолютным давлением 1,4 МПа (14 кгс/см²) для производства насыщенного пара со слоевой топкой для сжигания угля — котел паровой **Е-10-1,4Р;**

типа Е, паропроизводительностью 25 т/ч, с абсолютным давлением 2,5 МПа (25 кгс/см²) для сжигания газа и мазута с наддувом — котел паровой **Е-25-1,4 ГМН;**

типа Е, паропроизводительностью 100 т/ч, с абсолютным давлением 2,4 МПа (24 кгс/см²), температурой пара 250 °С для сжигания сланца в топке с кипящим слоем — котел паровой **Е-100-2,4-250СФ.**

Таблица 1.1. **Основные параметры паровых котлов (по ГОСТ 3619-82Е)**

Тип котла	Паропроизводительность, т/ч	Абсолютное давление пара, МПа (кгс/см²)	Состояние или температура пара, °С	Температура питательной воды, °С
Пр	0,16; 0,25; 0,40; 0,70; 1,00	0,9 (9)	Насыщенный	50
Е	0,25; 0,40; 0,70			
	1,0; 1,6; 2,5			От 50 до 100*
	2,5	1,4 (14)	Насыщенный	100
	4,0; 6,5; 10,0; 16,0; 25,0; 35,0	1,4 (14)	Насыщенный или перегретый, 225	
	50; 75	1,4 (14)	225	
	100; 160	1,4 (14)	250	
	10; 16; 25; 35	2,4 (24)	Насыщенный или перегретый, 250	
	50; 75; 100; 160	2,4 (24)	250	
	10; 25; 35; 50; 75; 100; 160	3,9 (40)	440	145

* Значение уточняют при проектировании.

Примеры условных обозначений водогрейных котлов:

с топкой для сжигания газа и мазута теплопроизводительностью 11,63 МВт (10 Гкал/ч) и температурой воды на выходе из котла 150 °С — котел паровой **КВ-ГМ-10-150;**

то же с топкой для сжигания газа — котел паровой **КВ-Г-10-150;**

то же с топкой для камерного сжигания твердого топлива — котел паровой **КВ-ТК-10-15;**

то же со слоевой топкой для сжигания твердого топлива — котел паровой **КВ-ТС-10-150;**

с топкой для сжигания газа и мазута теплопроизводительностью 220 МВт (189,0 Гкал/ч), температурой воды на выходе 150 °С, в сейсмостойком исполнении и работающего с наддувом — котел паровой **КВ-ГМ-250-150СН.**

Основные параметры паровых котлов приведены в табл. 1.1.

1.2. КОНСТРУКЦИИ ПАРОВЫХ И ВОДОГРЕЙНЫХ КОТЛОВ

Рассмотрим кратко конструкции паровых и водогрейных котлов.

Появление первых паровых котлов связано с простым цилиндрическим котлом. Цилиндрические котлы работали при давлении пара до 1 МПа (10 кгс/см^2) и имели паропроизводительность 0,2—0,5 т/ч. Котел состоял из цилиндрического барабана с эллиптическими днищами, в верхней части барабана располагался сухопарник, предназначенный для отделения капель воды от образовавшегося пара. Часть барабана, образующая поверхность нагрева, с одной стороны омывается продуктами сгорания, а с другой — водой. Барабан устанавливался на опорах, связанных с металлическим каркасом, и для подачи воды снабжался питательным устройством с водоуказательным стеклом, манометром, лазами.

Необходимость повышения паропроизводительности котлов вызвала появление новых конструкций. При этом развитие котлов шло в направлении увеличения поверхности нагрева, омываемой продуктами сгорания. Появились газотрубные и водотрубные котлы. Для стационарных котельных установок дальнейшее развитие получили водотрубные котлы, которые конструировались с почти горизонтальным и вертикальным (крутонаклонным) расположением кипятильных труб. Первые котлы получили название горизонтально-водотрубных, а вторые — вертикально-водотрубных.

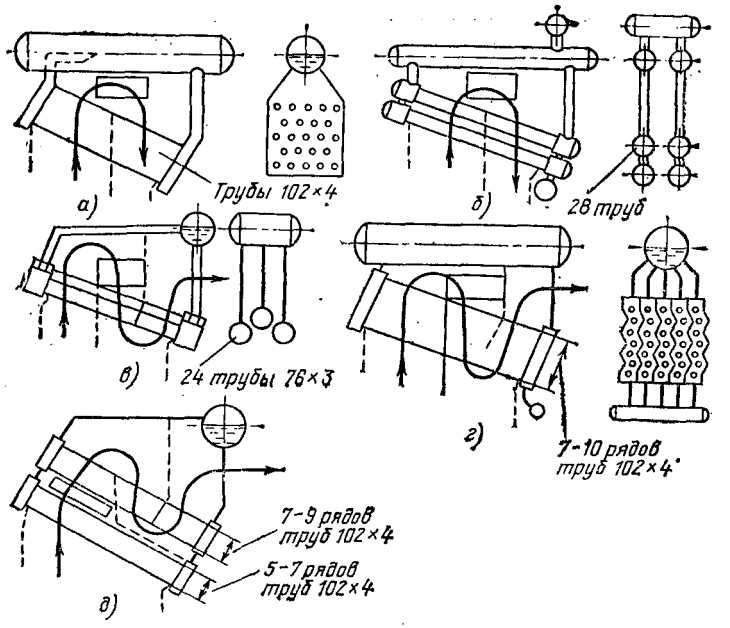


Рис. 1.1. Принципиальные схемы камерных и секционных котлов с прямыми кипятильными трубами:

а — котел Штейнмюллера; *б* — котел Шухова; *в* — котел Берлина; *г* — секционный котел с продольным барабаном; *д* — то же с поперечным барабаном

В свою очередь горизонтально-водотрубные паровые котлы делятся на цельнокамерные с продольным расположением барабана и секционные с продольным и поперечным расположением барабана.

На рис. 1.1 показаны принципиальные схемы камерных и секционных котлов с прямыми кипятильными трубами.

Отличительной особенностью камерных водотрубных котлов является наличие двух камер (передней и задней), к которой присоединяются прямые кипятильные трубы.

Секционные водотрубные котлы оказались более перспективными. В котлах вместо камер применялись змеевиковые секционные коробки. Каждая секция состояла из двух секционных коробок, в которых закреплялись вальцовкой 7—10 прямых кипятильных труб $\varnothing 102\times4$ мм. Секционные коробки изготовлялись из толстостенных труб, которым с помощью специальных прессов придавали змеевидную коробчатую форму. Такая форма была необходима для обеспечения шахматного расположения труб, при котором улучшаются условия теплопередачи по сравнению с коридорным расположением.

Вначале в секционных котлах применялось продольное расположение барабана. Последующие конструкции котлов выполнялись с поперечным расположением барабана, что создавало благоприятные условия для увеличения размеров поверхностей нагрева.

Оригинальная конструкция горизонтально-водотрубного котла была создана В. Г. Шуховым. Котлы Шухова состояли из стандартных трубчатых секций, в каждой из которых объединено по 28 труб $\varnothing 76\times3$ мм, длиной от 2745 до 5490 мм. Трубы были ввальцованы в две головки. При снятии крышки головки открывался доступ ко всему пучку труб, что выгодно отличало этот котел от прежних котлов с большим количеством лючков. Повышение паропроизводительности достигалось увеличением числа секций. Диаметры верхних барабанов, цилиндрических головок (коллекторов), грязевиков и паросборников, а также диаметр труб независимо от паропроизводительности оставались постоянными, менялась лишь длина барабанов и труб. Котел собирался из отдельных элементов (от 1 до 5), состоявших из продольного барабана и двух трубчатых батарей. Поверхность нагрева каждого элемента составляла 62 м^2.

Котлы Шухова на давление 1,3 МПа (13 кгс/см^2) и паропроизводительностью от 1 до 7 т/ч выпускал завод «Паростроя». Недостатки котлов этого типа: термическая жесткость конструкции, тесное расположение труб в пучках, затрудняющее очистку наружных поверхностей труб, коридорное расположение пучков труб, приводящее к ухудшению использования тепла газов (при повреждении перегородок газы проходят между трубными пучками). В модернизированном котле Шухова—Берлина продольные барабаны заменены одним поперечным барабаном, число труб в секции уменьшено до 24, длина труб увеличена до 5600 мм. Секции размещены в шахматном порядке и присоединяются к верхнему барабану двумя водоподводящими трубами $\varnothing 102\times3,5$ мм и двумя пароотводящими трубами 108×4 мм, ввальцованными в стенки барабана. Котлы А-2, А-3, А-5 и А-7 имеют соответственно 2, 3, 5 и 7 трубчатых батарей, поверхность нагрева от 70 до 245 м^2 и паропроизводительность от 2,4 до 8,4 т/ч.

В результате модернизации увеличена паропроизводительность, снижена металлоемкость, уменьшена жесткость конструкции, облегчена обдувка и наружная очистка труб. Однако увеличилась ширина фронта котла, что при ручном обслуживании топки вызывает определенные трудности. Из-за относительно малого объема барабана ухудшилось качество пара, повысилась чувствительность к колебаниям нагрузки. Уменьшение размеров грязевиков создало условие для частых загрязнений котла шлаком.

На рис. 1.2 показано последовательное развитие вертикально-водотрубных котлов.

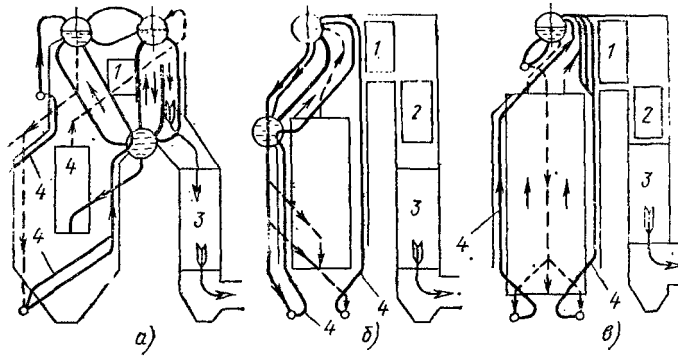


Рис. 1.2. Вертикальные водотрубные котлы:

а — многобарабанный; *б* — двухбарабанный; *в* — однобарабанный; *1* — пароперегреватель; *2* — экономайзер; *3* — воздухоподогреватель; *4* — топочные экраны

В вертикально-водотрубных котлах осуществлено непосредственное присоединение труб к барабанам, что позволяло исключить дорогостоящие камеры и секции, вызывающие дополнительные гидравлические сопротивления. Улучшению работы циркуляционного контура способствовало также вертикальное расположение труб, при котором увеличилась высота обогреваемых участков.

В первых вертикально-водотрубных котлах стремились сохранить прямые кипятильные трубы. Это облегчало осмотр и очистку труб от накипи. Для возможности развальцовки прямых труб барабаны снабжались специальной штампованной ступенчатой плитой. В некоторых конструкциях котлов часть барабана выполнялась в виде гладкой утолщенной решетки. Присоединение труб к такой решетке вызывало необходимость косой рассверловки и косой развальцовки труб.

Двух- и четырехбарабанные вертикально-водотрубные котлы с прямыми кипятильными трубами изготовлялись Таганрогским заводом «Красный котельщик», и Ворошиловградским тепловозостроительным заводом им. Октябрьской революции на давление 1,2; 1,5 и 1,7 МПа (12, 15 и 17 кгс/см^2) и с поверхностью нагрева от 100 до 600 м^2.

По мере развития техники химической подготовки воды необходимость в применении прямых кипятильных труб отпала и начали применяться в водотрубных котлах гнутые трубы, лучше компенсирующие тепловое расширение. Трехбарабанные вертикально-водотрубные котлы выпускались паропроизводительностью от 40 до 180 т/ч и на давление 3,2—3,4 МПа (32—34 кгс/см^2).

Ленинградский металлический завод выпускал котлы паропроизводительностью 90/110 т/ч на давление 3,2 МПа (32 кгс/см²) с экранированной пылеугольной топкой и воздухоподогревателем, Невский машиностроительный завод им. В. И. Ленина — двухбарабанные котлы с поверхностью нагрева от 400 до 500 м² паропроизводительностью от 14 до 20 т/ч и на давление 1,7 и 2,2 МПа (17 и 22 кгс/см²).

Стремление снизить расход металла на единицу мощности котла привело к сокращению числа барабанов и развитию экранных поверхностей нагрева, в основном сложилась принципиальная схема современного однобарабанного котла с развитыми экранными и хвостовыми поверхностями нагрева при высоком подогреве воздуха (рис. 1.2, *в*). В последующем эта принципиальная схема котлов с естественной циркуляцией совершенствовалась при создании мощных энергетических котлов.

При конструировании современных котлов применяются два вида компоновки: с горизонтальной и вертикальной ориентацией поверхностей нагрева.

Для котлов, выпускаемых и намечаемых к выпуску, характерны полное экранирование топочных камер, наличие одного-двух барабанов, использование труб небольшого диаметра, применение легких обмуровок, снижение массы, переход на газомазутные котлы и котлы, работающие с наддувом, увеличение степени заводской готовности, автоматизация, управления работой котла и полная транспортабельность котла или его блоков.

Все выпускаемые и намечаемые к выпуску водогрейные котлы имеют полностью экранированную топку и развитые конвективные поверхности нагрева. В первых конструкциях водогрейных котлов применялась преимущественно башенная компоновка, при которой конвективные поверхности нагрева расположены непосредственно над топочной камерой, а над ними установлена металлическая труба. В последних конструкциях водогрейных котлов применена П-образная компоновка, обеспечивающая большую надежность и долговечность котлов, за счет увеличения поверхностей нагрева.

Водогрейные котлы с последовательным однократным принудительным движением воды для работы в основном или пиковом режиме изготавливаются теплопроизводительностью от 4,5 МВт (3,9 Гкал/ч) до 220 МВт (189 Гкал/ч) и температурой воды на выходе из котла 150 и 200 °С.

Котлы, работающие в основном режиме, изготавливаются теплопроизводительностью 4,5 (3,9); 8,00 (6,9); 11,0 (9,5); 18,00 (15,5); 25,00 (21,5); 36,00 (31,0) МВт (Гкал/ч) и с температурой воды на выходе 150 °С.

Паровые котлы

Котлы типа Е получили широкое распространение и изготавливаются с различным рабочим давлением и температурой пара.

В настоящее время котлостроительными заводами серийно выпускаются вертикально-водотрубные котлы Е-1/9-1 (модель ММЗ-1) паропроизводительностью по насыщенному пару 0,4 и 1 т/ч и рабочим давлением 0,9 МПа (9 кгс/см^2) при сжигании газа и мазута (рис. 1.3).

Котел состоит из двух барабанов (верхнего и нижнего), конвективного пучка и топочных экранов, включенных в циркуляцию посредством четырех боковых и одного фронтового коллектора.

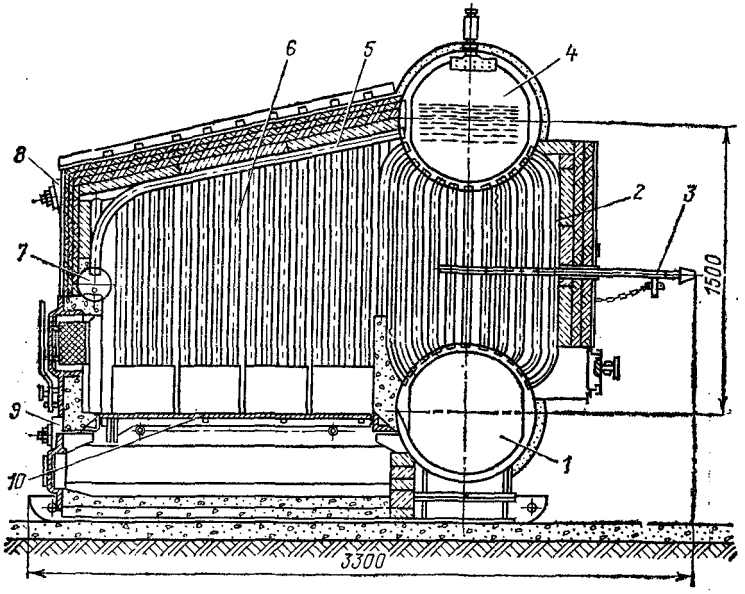


Рис. 1.3. Паровой котел Е-1/9-1:

1 — нижний барабан; *2* — конвективный пучок; *3* — устройство для обдувки; *4* — верхний барабан; *5* — потолочно-фронтовой экран; *6* — боковой экран; *7* — коллектор потолочно-фронтового экрана; *8* — верхний коллектор бокового экрана; *9* — нижний коллектор бокового экрана; *10* — колосниковая решетка

Таблица 1.2. Техническая характеристика котлов типа Е

Наименование	Вертикально-водотрубные		Двухбарабанные водотрубные			
	Е-1/9Г (МЗК-7Г)	Е-1/9Ж (МЗК-7Ж)	Е-1/9-1 (ММЗ-1)	Е-1/9-1М (ММЗ-1М)	Е-1/9-1Г (ММЗ-1Г)	ПКН-1С (ПКН-2)
Номинальная паропроизводительность, т/ч	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Температура, °С:						
уходящих газов	250	300	350	300	250	400
питательной воды	50	50	—	—	50	—
Топливо	Природный газ	Соляровое масло	Каменный уголь	Мазут	Природный газ	Мазут
Поверхность нагрева, м²	17,1	17,1	30,0	30,0	30,0	26,5
Площадь зеркала испарения, м²	0,63	0,63	—	—	—	0,95
Объем, м³:						
водяной	0,39	0,39	1,25	1,25	1,25	1,20
паровой	0,345	0,345	0,36	0,36	0,36	0,36
топочного пространства	0,61	0,61	1,80	2,10	2,10	1,60
Расчетный КПД, %	86,0	84,0	70,0	81,0	86,0	76,5
Габаритные размеры, мм:						
длина	2250	2250	3300	3695	3300	3200
ширина	1380	1380	2400	2300	2300	1600
высота	2510	2510	2700	2790	2870	2500
Масса, кг:						
металла котла	1860	1860	3270	2700	2700	2150
общая	2600	2600	5290	3870	3800	2850

Примечание. Абсолютное давление пара в котлах всех типов 0,9 МПа (9 кгс/см²).

Верхние коллекторы снабжены круглыми лючковыми затворами для возможности осмотра и механической очистки труб от накипи. В торцах каждого барабана имеются штампованные люки. Трубы присоединены к барабанам и коллекторам сваркой. Трубы конвективного пучка и топочного экрана имеют один и тот же диаметр — $\varnothing 51\times2{,}5$ мм.

Для обеспечения поперечного омывания труб газовым потоком в конвективном пучке установлены две перегородки.

Котел предназначен для сжигания топлива всех видов: твердого, жидкого и газообразного. Для сжигания твердого топлива топка оборудуется ручной колосниковой решеткой с опрокидывающимися колосниками; при сжигании газа и мазута используют соответствующие газомазутные горелки.

Удаление продуктов сгорания осуществляется дымососом, поставляемым комплектно с котлом.

Обмуровка облегченная, состоит из прилегающих непосредственно к трубам легковесных огнеупорных плит (или шамотного кирпича), покрытых газоуплотнительной обмазкой, и асбовермикулитовых (или совелитовых) плит, защищенных металлической обшивкой.

Котел снабжен автоматическим регулятором уровня воды и автоматикой безопасности. Котел поставляется в собранном виде.

Вертикально-водотрубные двухбарабанные паровые котлы Е-1/9-1 изготавливает Монастырищенский машиностроительный завод (Черкасская обл.) (табл. 1.2).

Котлы типа ДКВР. В промышленных и отопительных котельных распространены вертикально-водотрубные котлы типа ДКВ (двухбарабанные котлы водотрубные). Конструкция котлов типа ДКВ разработана ЦКТИ в содружестве с Бийским котельным заводом. Бийский завод выпускал котлы производительностью 2,4 и 6,5 т/ч, после унификации и реконструкции основных узлов котла типа ДКВ выпускались котлы производительностью 10 т/ч. Реконструированные котлы выпускались заводом под маркой ДКВР (двухбарабанные котлы водотрубные реконструированные). Реконструкция заключалась в уменьшении расстояния между трубами, что позволило сократить длину барабанов, уменьшить металлоемкость, размеры котлов и их топок.

Котлы типа ДКВР номинальной паропроизводительностью 2,5; 4; 6,5; 10; 20; 35 т/ч предназначены для выработки насыщенного и перегретого водяного пара с температурой 250 и 370 °С.

По длине верхнего барабана котлы изготовлены двух модификаций: с длинным и укороченным барабаном. В котлах паропроиз-

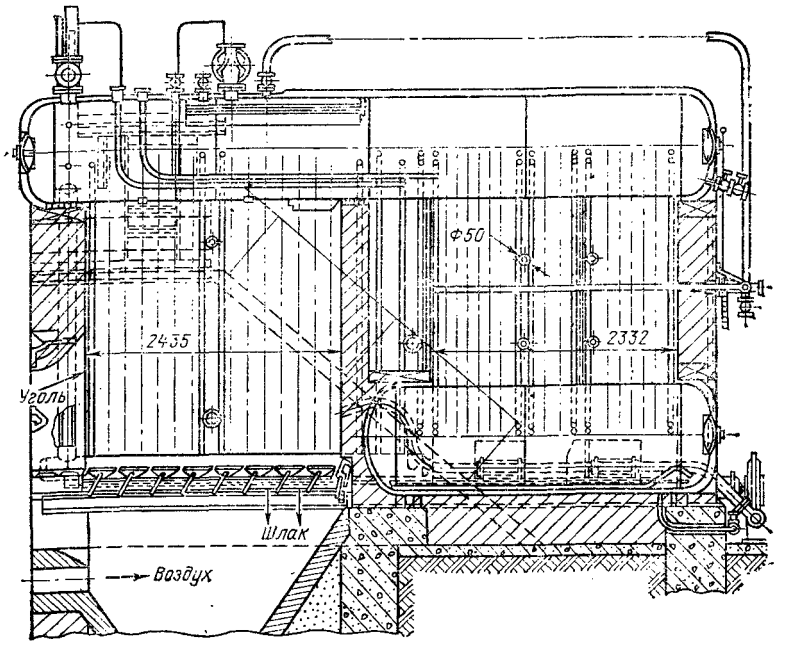


Рис. 1.4. Паровой котел ДКВР-6,5-13-23 (с топкой ПМЗ-РПК-2). Продольный разрез

водительностью 2,5; 4 и 10 т/ч (раннего выпуска) верхний барабан значительно длиннее нижнего. В котлах паропроизводительностью 10 т/ч (последней модификации) и больше верхний барабан значительно укорочен.

На рис. 1.4 показан паровой котел ДКВР-6,5-13-23.

Оба барабана имеют внутренний диаметр 1000 мм и расположены по продольной оси котла, т. е. перпендикулярно его фронту. Боковые топочные экраны и кипятильный пучок (конвективной части) изготовлены из труб ∅ 51 мм с толщиной стенки 2,5 мм.

В верхний и нижний барабаны экранные и кипятильные трубы ввальцованы, а с коллекторами трубы соединены сваркой.

Верхний барабан соединен с коллекторами экранных труб двумя опускными трубами ∅ 127 мм, которые размещены в передней стенке обмуровки котла. Одновременно эти трубы служат опорами для выступающей части барабана. Нижний барабан соединен с коллекторами экранных труб перепускными трубами ∅ 76 мм.

Верхний барабан оборудован предохранительными клапанами, водоуказательными стеклами и сигнализаторами уровня воды.

Из переднего днища верхнего барабана отводятся импульсные трубки к регулятору питания.

В верхних барабанах котлов типа ДКВР размещены сепарационные устройства, состоящие из пакетов жалюзи и дырчатых листов, а также две трубы для подвода питательной воды. Только котлы паропроизводительностью 2,5 т/ч имеют одну питательную трубу. В нижних барабанах размещены перфорированная труба для продувки, штуцер для спуска воды, а для котлов паропроизводительностью от 6,5 до 35 т/ч дополнительно устройство для прогрева котла паром при растопке.

В последние годы котлы выпускаются без устройств непрерывной продувки.

Питательная вода поступает в верхний барабан по двум питательным линиям, откуда по слабообогреваемым трубам конвективного пучка поступает в нижний барабан.

Боковые экраны котлов ДКВР имеют шаг 80 мм; шаг задних и фронтовых экранов 80—130 мм.

Питание боковых экранов котлов паропроизводительностью до 10 т/ч осуществляется одновременно из верхнего барабана по передним опускным трубам и нижнего барабана посредством соединительных труб, что повышает надежность работы котлов при пониженных уровнях воды. В котлах паропроизводительностью 20 т/ч питание фронтового экрана осуществляется только из верхнего барабана, а заднего и боковых экранов — из нижнего.

Пароводяная смесь из экранов и подъемных труб пучка поступает в верхний барабан.

Котлы имеют экранированную топочную камеру и развитый кипятильный пучок из гнутых труб.

Для устранения затягивания пламени в пучок и уменьшения потерь с уносом и химическим недожогом топочная камера котлов ДКВР-2,5, ДКВР-4 и ДКВР-6,5 разделяется шамотной перегородкой на две части — собственно топку и камеру догорания. На котлах ДКВР-10 камера догорания отделяется от топки трубами заднего экрана. Между первым и вторым рядами труб котельного пучка всех котлов также устанавливается шамотная перегородка, отделяющая пучок от камеры догорания.

Внутри котельного пучка имеется чугунная перегородка, которая делит его на первый и второй газоходы и обеспечивает горизонтальный поворот газов в пучках при поперечном омывании труб. Вход газов из топки в камеру догорания и выход газов из котла — асимметричные.

Трубы боковых экранов установлены с шагом 80 мм, фронто-

вых и задних экранов — с шагом 130 мм (последние устанавливаются на котлах паропроизводительностью 10 т/ч).

Камеры экранов имеют диаметр 219 мм с толщиной стенки 8 мм для котлов на давление 1,4 МПа (14 кгс/см²) и 10 мм — на давление 2,4 МПа (24 кгс/см²).

Для удаления отложений шлака в котлах имеются торцевые лючки на нижних камерах экранов. Для осмотра и очистки кипятильных труб в пучках котлов ДКВР-6,5 и ДКВР-10 предусмотрены коридоры шириной 300 мм.

При наличии пароперегревателя часть кипятильных труб не устанавливается.

Пароперегреватели расположены в первом по ходу газов газоходе конвективного пучка, унифицированы по профилю змеевиков для котлов одинаковых давлений и отличаются для котлов разной паропроизводительности лишь числом параллельных змеевиков. Пароперегреватели для всех котлов ДКВР изготовлены из труб ∅ 32×3.

Входные концы труб пароперегревателя развальцовываются в верхнем барабане, а выходные привариваются к камере перегретого пара. Для сохранения зазоров между отдельными змеевиками устанавливают чугунные вкладыши и весь пакет стягивают специальными болтами. Перегреватели котлов паропроизводительностью 4—10 т/ч имеют одну камеру перегретого пара, которая прикреплена к верхнему барабану с помощью двух опор, из которых одна выполнена подвижной.

Перегреватели котлов паропроизводительностью 16 т/ч на давление 3,9 МПа (39 кгс/см²) кроме камеры перегретого пара имеют промежуточную камеру, разделенную перегородкой на две части. Движение пара двухходовое. Пройдя первую половину перегревателя, промежуточную камеру и пароохладитель, пар вновь возвращается в промежуточную камеру, затем проходит вторую половину перегревателя.

Регулирование температуры пара осуществляется поверхностным пароохладителем, размещенным в нижнем барабане.

Котлы типа ДКВР паропроизводительностью 20 т/ч и 35 т/ч имеют укороченный верхний барабан.

Для сохранения необходимого водяного объема котлы снабжены выносными трубами — циклонами, к которым подключены фронтовой и боковой экраны. Подпитка циклонов ведется из нижнего барабана. Котлы полностью экранированы.

Котлы ДКВР-20 имеют фронтовой, задний и боковые (перекрещивающиеся на потолке) экраны, котлы ДКВР-35 также имеют фронтовой экран, переходящий в потолочный; задний, образующий в верхней части фестон, и боковые, состоящие из вертикальных

Таблица 1.3. **Техническая характеристика котлов типа ДКВР**

Наименование	Марка котла			
	ДКВР-2,5-14ГМ	ДКВР-4-14ГМ	ДКВР-6,5-14ГМ	ДКВР-10-14ГМ
Паропроизводительность, т/ч	3,75	6,0	9,75	15
Давление, МПа (кгс/см²)	1,4 (14)	1,4 (14)	1,4 (14)	1,4 (14)*
Температура пара, °С:				
насыщенного	194	194	194	194
перегретого	—	—	225	225
Поверхность нагрева м²:				
радиационная	16,7	21,0	27,0	49,6
конвективная	58,0	99,0	171	202
Поверхность нагрева экономайзера, м²	94	141,6	236	330
Расчетный КПД, %:				
на мазуте	88,8	88,0	89,5	89,5
на газе	90,0	90,0	91,0	91,0
Тип горелки	ГМГ-1,5М	ГМГ-2М	ГМГ-4М	ГМГ-5М
Габаритные размеры (с площадками и лестницами), мм:				
длина	5913	7203	8526	8850
ширина	4300	4590	4695	5830
высота	5120	5018	5170	7100
Масса котлов в объеме заводской поставки, кг	6886	8876	11 806	15 420

* *Паровые котлы типа ДКВР-10 выпускаются также на абсолютное давление пара 2,4 МПа (24 кгс/см²); у котлов, имеющих пароперегреватели, температура пара 250 °С.*

трубчатых панелей. Схема движения дымовых газов в этих котлах другая — пролетного типа, т. е. конвективные пучки труб омываются одним потоком дымовых газов, не изменяющих своего направления.

Котлы имеют несущий каркас, на который опирается барабан. Верхний барабан, как и у других котлов типа ДКВР, опирается на трубную систему. Котлы оборудованы стационарными обдувочными приборами с обдувочными трубами. Для обдувки применяется насыщенный или перегретый пар с давлением перед соплами 0,7—1,7 МПа (7—17 кгс/см²), может применяться сжатый воздух. Очист-

ка экранов и пучков может осуществляться через обдувочные лючки ручными переносными обдувочными приборами.

Котлы типа ДКВР предназначены для сжигания твердого, жидкого и газообразного топлива.

Техническая характеристика котлов ДКВР-2,5-14ГМ, ДКВР-4-14ГМ, ДКВР-6,5-14ГД и ДКВР-10-14ГМ приведена в табл. 1.3.

Котлы типа Е(КЕ) паропроизводительностью от 2,5 до 10 т/ч изготавливаются со слоевыми механическими топками (рис. 1.5).

Основными элементами котла являются верхний и нижний барабаны с внутренним диаметром 1000 мм, левый и правый боковые экраны и конвективный пучок, выполненный из труб $\varnothing 51\times25$ мм.

Топочная камера образована боковыми экранами, фронтовой и задней стенками. Ширина топочной камеры котлов Е-2,5-14Р (КЕ-2,5-14С), Е-4-14Р (КЕ-4-14С), Е-6,5-14Р (КЕ-6,5-14С) по осям экранных труб составляет 2270 мм, а ширина топочной камеры котла Е-10-14Р (КЕ-10-14С) — 2874 мм.

Топочная камера котлов паропроизводительностью от 2,5 до 10 т/ч разделена кирпичной стенкой на собственно топку глубиной

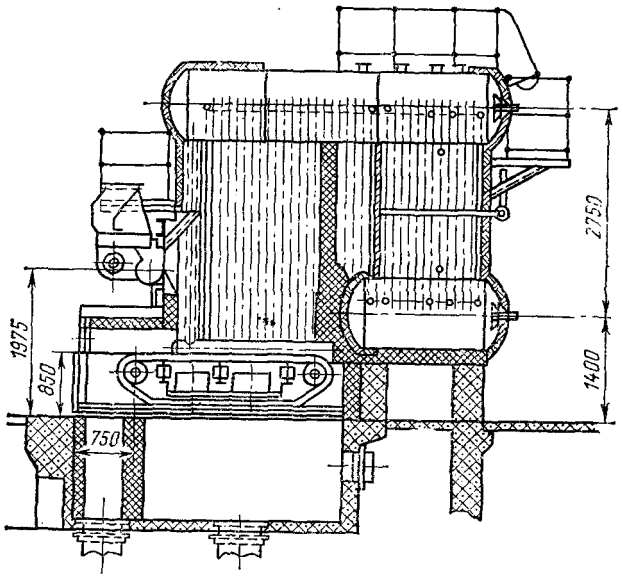


Рис. 1.5. Паровой котел Е-10-14Р (КЕ-10-14С)

1605—2105 мм и камеру догорания глубиной 360—745 мм, которая позволяет за счет уменьшения химического недожога топлива повысить КПД котла. Вход газов из топки в камеру догорания и выход газов из котла асимметричные. Под камеры догорания наклонен таким образом, чтобы основная масса подающего в камеру кусков топлива скатывалась на решетку.

Трубы конвективного пучка развальцованы в верхнем и нижнем барабанах и установлены с шагом вдоль барабана 90 мм, в поперечном сечении — 110 мм, за исключением среднего ряда труб, шаг которых равен 120 мм, ширина боковых пазух — 195—387 мм.

Установкой одной шамотной перегородки, отделяющей камеру догорания пучка, и одной чугунной перегородки, образующей два газохода, в пучках создается горизонтальный разворот газов при поперечном омывании труб.

Особенностью котлов типа КЕ являются наличие плотных боковых экранов в области топочной камеры и ограждающих стен в конвективном пучке с шагом 55 мм при трубах ∅ 51×2,5 мм. Боковые экраны и крайние боковые ряды труб конвективного пучка объединены общими коллекторами по всей длине котла.

В котлах применена схема одноступенчатого испарения. Вода циркулирует следующим образом: питательная вода из экономайзера подается в верхний барабан под уровень воды по перфорированной трубе. В нижний барабан вода опускается по задним обогреваемым трубам кипятильного пучка. Передняя часть пучка (от фронта котла) является подъемной. Из нижнего барабана вода по пароперепускным трубам поступает в камеры левого и правого экранов. Питание экранов осуществляется также из верхнего барабана по опускным стоякам, расположенным на фронте котла.

Вся пароводяная смесь выходит под уровень воды в верхнем барабане, где происходит процесс барботажа пара через слой воды. Отсепарированный в свободном объеме пар проходит через пароприемный дырчатый лист, установленный на расстоянии 90 мм от верхней образующей барабана, и направляется в паропровод.

В нижнем барабане котлов размещено устройство прогрева котла при пуске, которое состоит из подводящей трубы с пароводяным эжектором.

Применение плотных экранов позволяет заменить тяжелую обмуровку на боковых стенах котлов натрубной, состоящей из слоя шамотобетона толщиной 25 мм по сетке и нескольких слоев изоляционных плит общей толщиной 100 мм.

Котлы типа КЕ паропроизводительностью от 2,5 до 10 т/ч оборудованы стационарными обдувочными приборами с расположенной по оси котла вращающейся трубой, имеющей ряд сопл.

Таблица 1.4. **Техническая характеристика паровых котлов типа Е(КЕ-С) паропроизводительностью от 2,5 до 25 т/ч со слоевыми топками**

Наименование	Марка котла				
	Е-2,5-14Р (КЕ-2,5-14С)	Е-4-14Р (КЕ-4-14С)	Е-6,5-14Р (КЕ-6,5-14С)	Е-10-14Р (КЕ-10-14С)	Е-25-14Р (КЕ-25-14С)
Паропроизводительность, т/ч	2,5	4,0	6,5	10,0	25,0
Давление пара, МПа (кгс/см²)	1,4 (14)	1,4 (14)	1,4 (14)	1,4 (14)	1,4 (14)
Температура насыщенного (перегретого) пара, °С	194 (—)	194 (—)	194 (225)	194 (225)	194 (225)
Температура питательной воды, °С	100	100	100	100	100
Поверхность нагрева, м²:					
радиационная	19,8	20,51	27,78	30,3	91,0
конвективная	66,5	94,03	148,95	213,9	407
пароперегревателя	—	—	3,86	6,0	31,03

Продолжение табл. 1.4

Наименование	Марка котла				
	Е-2,5-14Р (КЕ-2,5-14С)	Е-4-14Р(КЕ-4-14С)	Е-6,5-14Р (КЕ-6,5-14С)	Е-10-14Р (КЕ-10-14С)	Е-25-14Р (КЕ-25-14С)
Водяной объем котла, м³	4,0	4,9	7,04	9,5	15,8
Расчетный расход топлива, кг/ч: каменный уголь ($Q_н^р$ = =5260 ккал/кг)	311	500	803	1219	3080
бурый уголь ($Q_н^р$ =2980 ккал/кг)	558	890	1440	2180	5492
Тип топки	ЗП-РПК-2-1,8/1,525	ТЛЗМ-1,87/2,4	ТЛЗМ-1,87/3,0	ТЛЗМ-2,7/3,0	ТЧЗМ-2,7/5,6
Габаритные размеры котла, мм: длина	5700	6900	7940	8650	12 640
ширина	4170	4170	4780	6050	5628
высота	5030	5030	5190	5355	7660
Масса котла в объеме заводской поставки, кг	9315	11335	13 945	16 985	37 372

Прибор крепится на каркасе задней стенки котла, а конец обдувочной трубы поддерживается втулкой, приведенной к трубе пучка. Для обдувки котлов применяется насыщенный или перегретый пар с давлением пара не выше 0,7—1,0 МПа (7—10 кгс/см²) или сжатого воздуха с давлением 4 МПа (40 кгс/см²).

В качестве топочного устройства для сжигания каменных и бурых углей к котлам паропроизводительностью 4; 6,5 и 10 т/ч устанавливаются топки типа ТЛЗМ с пневмомеханическими забрасывателями с моноблочной ленточной решеткой обратного хода.

Котел Е-2,5-14Р (КЕ-2,5-14С) комплектуется топкой типа ЗП-РПК с пневмомеханическими забрасывателями и решеткой с поворотными колосниками.

Техническая характеристика паровых котлов паропроизводительностью от 2,5 до 25 т/ч типа Е(КЕ) со слоевыми топками приведена в табл. 1.4.

Котлы типа Е(ДЕ). Газомазутные вертикально-водотрубные паровые котлы паропроизводительностью 4; 6,5; 10; 16 и 25 т/ч предназначены для выработки насыщенного или перегретого пара, идущего на технологические нужды промышленных предприятий, в системы отопления, вентиляции и горячего водоснабжения. На рис. 1.6 показан котел ДЕ-25-14ГМ.

Основными элементами котлов являются верхний и нижний барабаны, конвективный пучок, фронтовой, боковой и задний экраны, образующие топочную камеру.

Во всех типоразмерах котлов диаметр верхнего и нижнего барабанов 1000 мм. Расстояние между барабанами 2750 мм. Длина цилиндрической части барабанов котла производительностью 4 т/ч — 2250, котла паропроизводительностью 25 т/ч — 7500 мм.

Для доступа внутрь барабанов в переднем и заднем днище каждого из них имеются лазовые затворы. Изготавливаются барабаны для котлов с рабочим давлением 1,4 и 2,4 МПа (14 и 24 кгс/см²) из стали 16ГС и имеют толщину стенки соответственно 13 и 22 мм.

В водяном пространстве верхнего барабана находятся питательная труба и труба для ввода фосфатов, в паровом объеме — сепарационные устройства.

В нижнем барабане размещаются устройство для парового прогрева воды при растопке и патрубки для спуска воды.

Топочная камера котлов размещается сбоку от конвективного пучка, оборудованного вертикальными трубами, развальцованными в верхнем и нижнем барабанах. Ширина топочной камеры по осям боковых экранных труб одинакова для всех котлов — 1790 мм. Глубина топочной камеры 1930×6960 мм.

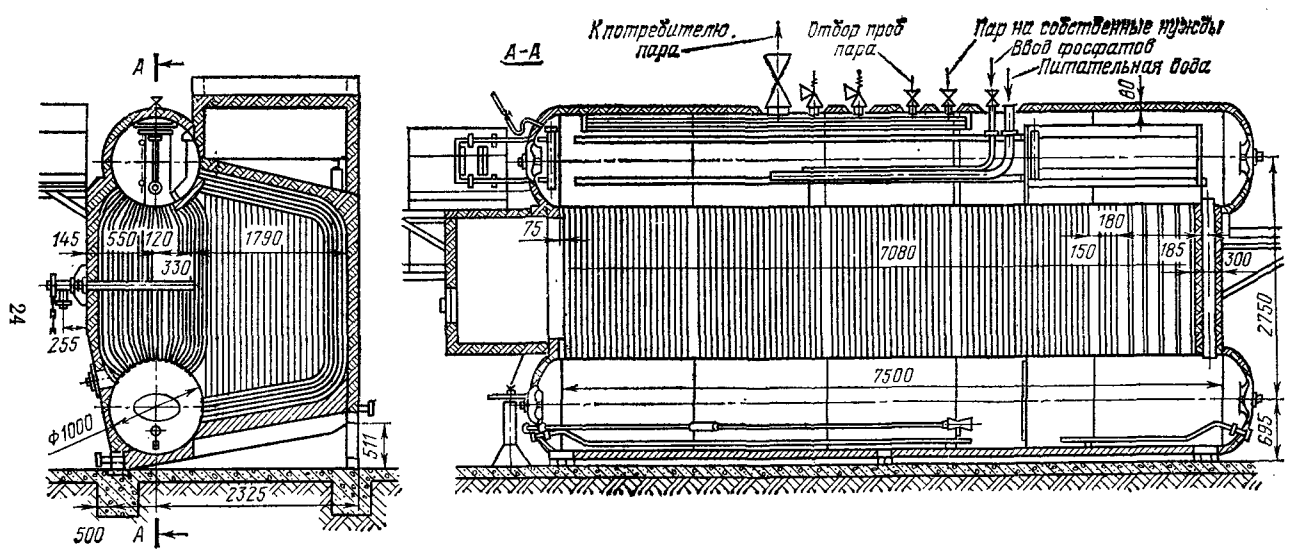


Рис. 1.6. Паровой котел ДЕ-25-14ГМ

Трубы перегородки и правого бокового экрана, образующего также под и потолок топочной камеры, вводятся непосредственно в верхний и нижний барабаны.

Концы труб заднего экрана привариваются к верхнему и нижнему коллекторам ∅ 159×6 мм. Трубы фронтового экрана котлов паропроизводительностью 4; 6,5; 10 т/ч привариваются к коллекторам ∅ 159×6 мм, а на котлах паропроизводительностью 16 и 25 т/ч развальцованы в верхнем и нижнем барабанах.

Котлы паропроизводительностью 4; 6,5 и 10 т/ч выполнены с одноступенчатой схемой испарения. В котлах паропроизводительностью 16 и 25 т/ч применено двухступенчатое испарение. Во вторую ступень испарения вынесена задняя часть экранов топки и часть конвективного пучка, расположенная в зоне с более высокой температурой газов. Контуры второй ступени испарения имеют необогреваемую опускную систему.

Конвективный пучок отделен от топочной камеры газоплотной перегородкой, в задней части которой имеется окно для ввода газов в пучок. Перегородка выполнена из труб ∅ 51×2,5 мм, вплотную поставленных с шагом $S=55$ мм и сваренных между собой. При вводе в барабаны трубы разводятся в два ряда. Места разводки уплотняются металлическими проставками и шамотобетоном. Конвективный пучок образован коридорно-расположенными вертикальными трубами ∅ 55×2,5 мм, развальцованными в верхнем и нижнем барабанах. Шаг труб вдоль барабана 90 мм, поперечный шаг 110 мм (за исключением среднего, равного 120 мм).

Для поддержания необходимого уровня скоростей газов в конвективных пучках котлов паропроизводительностью 4; 6,5 и 10 т/ч устанавливаются продольные ступенчатые перегородки, а также изменяется ширина пучка (890 мм у котлов паропроизводительностью 10 т/ч). Котлы паропроизводительностью 16 и 25 т/ч перегородок в пучке не имеют, а необходимый уровень скоростей газов поддерживается изменением ширины пучка от 890 до 1000 мм. Дымовые газы проходят по всему сечению конвективного пучка, выходят через переднюю стенку в газовый короб, который размещен над топочной камерой, и по нему проходят к расположенному сзади котла экономайзеру.

Все типоразмеры котлов имеют одинаковую циркуляционную схему. Контуры боковых экранов и конвективного пучка всех типоразмеров котлов, а также фронтового экрана котлов паропроизводительностью 16 и 25 т/ч замкнуты непосредственно на барабаны, контуры заднего экрана всех котлов и фронтового экрана котлов паропроизводительностью 4; 6,5 и 10 т/ч соединяются с барабаном через промежуточные коллекторы, нижний — раздающий (горизонтальный) и верхний — собирающий (наклонный). Концы промежу-

точных коллекторов со стороны, противоположной барабанам, объединены необогреваемой рециркуляционной трубой Ø 76×3,5 мм.

В качестве первичных сепарационных устройств первой ступени испарения используются установленные в верхнем барабане направляющие щиты и козырьки, обеспечивающие выдачу пароводяной смеси на уровень воды. В качестве вторичных сепарационных устройств первой ступени котла паропроизводительностью 4 т/ч применяется дырчатый лист, в остальных типоразмерах котлов — горизонтальный жалюзийный сепаратор и дырчатый лист. Сепарационными устройствами второй ступени испарения являются продольные щиты, обеспечивающие движение пароводяной смеси сначала на торец, а затем вдоль барабана к поперечной перегородке, разделяющей отсеки. Отсеки ступенчатого испарения сообщаются между собой по пару через окно над поперечной перегородкой, а по воде — через подпиточную трубу Ø 89—108 мм, расположенную в водяном объеме.

Пароперегреватель котлов паропроизводительностью 4; 6,5 и 10 т/ч выполнен змеевиковым из труб Ø 32×3 мм. На котлах паропроизводительностью 16 и 25 т/ч пароперегреватель вертикальный, дренируемый, из двух рядов труб Ø 51×2,5 мм, трубы наружного ряда при вводе в коллекторы Ø 159 мм осажены до диаметра 38 мм.

Котлы поставляются блоком, включающим верхний и нижний барабаны с внутрибарабанными устройствами, трубную систему экранов и конвективного пучка (в случае необходимости пароперегревателя), опорную раму и обвязочный каркас.

Плотное экранирование боковых стен (относительный шаг труб $S=1{,}08$), потолка и пода топочной камеры позволяют применить легкую изоляцию из двух, трех слоев изолированных плит общей толщиной 100 мм, укладываемых на слой шамотобетона по сетке толщиной 15—20 мм.

Обмуровка фронтовой и задней стен выполняется по типу облегченной обмуровки котлов ДКВР (шамотобетон) толщиной 65 мм из изоляционных плит общей толщиной 100 мм; например, для котлов Е-4-14ГМ, Е-6,5-14ГМ и Е-10-14ГМ выполнена из шамотного кирпича толщиной 125 мм и нескольких слоев изоляционных плит толщиной 175 мм, общая толщина обмуровки фронтовой стены 300 мм.

Обмуровка задней стены состоит из слоя шамотного кирпича толщиной 65 мм и нескольких слоев изоляционных плит толщиной 200 мм, общая толщина обмуровки составляет 265 мм. Для уменьшения присосов в газовый тракт котла снаружи изоляция покрывается металлической листовой обшивкой толщиной 2 мм, которая

Таблица 1.5. **Техническая характеристика паровых котлов типа Е(ДЕ) паропроизводительностью от 4,0 до 25 т/ч с газомазутными горелками**

Наименование	Марка котла					
	Е-4-14ГМ (ДЕ-4-14ГМ)	Е-6,5-14ГМ (ДЕ-6,5-14ГМ)	Е-10-14ГМ (ДЕ-10-14ГМ)	Е-16-14ГМ (ДЕ-16-14ГМ)	Е-25-14ГМ (ДЕ-25-14ГМ)	Е-25-24ГМ (ДЕ-25-24-380ГМ)
Паропроизводительность, т/ч	4,0	6,5	10,0	16,0	25,0	25,0
Давление пара, МПа (кгс/см²)	1,4 (14)	1,4 (14)	1,4 (14)	1,4 (14)	1,4 (14)	2,4 (24)
Температура насыщенного (перегретого) пара, °С	194 (—)	194 (225)	194 (225)	194 (225)	194 (225)	—(380)
Температура питательной воды, °С	100	100	100	100	100	100
Радиационная поверхность нагрева, м²	22,0	28,0	40,0	48,0	60,5	64,0
Конвективная поверхность нагрева, м²	48,5	67,0	116,0	156,0	212,0	224,8
Поверхность нагрева пароперегревателя, м³	—	9,2	15,02	10,08	10,08	50,35
Водяной объем котла, м³	4,42	5,7	8,32	13,3	16,5	16,5
Расчетный расход топлива, кг/ч:						
газ ($Q_н^р$=8620 ккал/м³)	300	490	745	1195	1845	2200
мазут ($Q_н^р$=9260 ккал/кг)	285	460	695	1125	1735	1975
Тип горелки	ГМ-2,5	ГМ-4,5	ГМ-7	ГМ-10	ГМП-16	ГМП-16
Габаритные размеры котла, мм:						
длина	4280	5048	6478	9235	11 500	11 500
ширина	4300	4300	4300	5930	5770	5985
высота	5050	5050	5050	4720	4720	4880
Масса котла в объеме заводской поставки, кг	7963	9565	13 195	18 200	24 352	29 159

приварена к обвязочному каркасу. Раскроенные листы обшивки поставляются пакетами.

Применение натрубной обмуровки при плотном шаге труб позволяет улучшить динамические характеристики котлов и значительно уменьшить потери теплоты в окружающую среду, а также потери при пусках и остановках.

В качестве хвостовых поверхностей нагрева котлов применяются стандартные чугунные экономайзеры из труб ВТИ.

Котлы оборудованы стационарными обдувочными аппаратами, расположенными с левой стороны котла. Для обдувки котлов используется насыщенный или перегретый пар с давлением не менее 0,7 МПа (7 кгс/см^2).

Все котлы имеют опорную раму, на которую передается масса элементов котла, работающих под давлением. Неподвижными опорами котлов являются передние опоры нижнего барабана.

Средняя и задняя опоры нижнего барабана подвижные и имеют овальные отверстия для болтов, которыми крепятся к опорной раме на период транспортировки.

Котлы типа Е(ДЕ) поставляются Бийским котельным заводом в сборе без обмуровки и обшивки.

Характеристика газомазутных котлов типа Е(ДЕ) паропроизводительностью от 4 до 25 т/ч приведена в табл. 1.5.

Котлы типа Е(ГМ). Паровые котлы Е-50-14ГМ предназначены для получения насыщенного (марка ГМ-50-14) или перегретого пара с температурой 250 °С (марка ГМ-50-14/250) (рис. 1.7).

Котлы вертикально-водотрубные с естественной циркуляцией двухбарабанные имеют П-образную схему компоновки поверхностей нагрева с отдельно вынесенной шахтой экономайзера и три хода по движению продуктов сгорания.

Топочная камера объемом 133 м^3 экранирована расположенными с шагом 70 мм трубами $\varnothing$ 60×30 мм.

Трубы фронтового и заднего экранов в нижней части образуют двухскатный наклонный под, в верхней части топочной камеры трубы заднего экрана разведены в трехрядный фестон. Трубы боковых экранов в верхней части образуют потолок топочной камеры. Экраны разделены на восемь самостоятельных циркуляционных контуров по числу блоков топочной камеры. Газомазутные горелки расположены по две на боковых стенках топочной камеры.

Схема испарения — двухступенчатая, с выносными циклонами. В верхнем барабане с внутренним диаметром 1500 мм и длиной

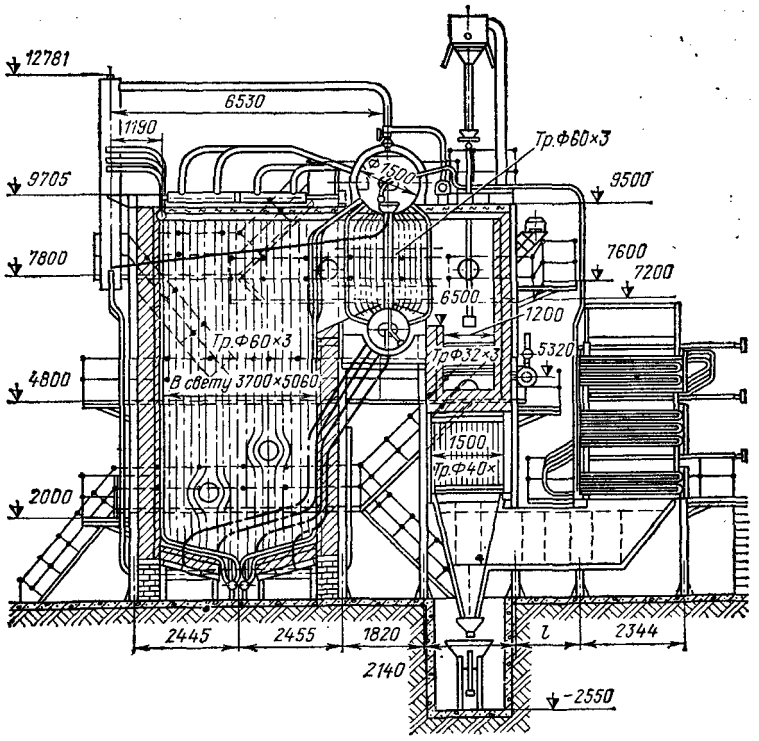


Рис. 1.7. Паровой котел Е-50-14ГМ (ГМ-50-14 и ГМ-50-14/250)

8190 мм имеется чистый отсек первой ступени испарения. В качестве второй ступени испарения служат два выносных циклона ∅ 426 мм.

Нижний барабан ∅ 1000 мм оборудован устройством для разогрева воды в период пуска котла.

Между барабанами и поверхностью нагрева расположен вертикальный котельный пучок из труб ∅ 60×3 мм. По торцам барабаны соединены между рядами необогреваемых опускных труб ∅ 133 мм. В центре котельного пучка, вдоль барабанов, расположен ряд обогреваемых опускных труб ∅ 219 мм. Питание водой всего чистого отсека экранной системы осуществляется из нижнего барабана.

Котлы оборудуются конвективным дренируемым пароперегревателем горизонтального типа с шахматным расположением змеевиков. Пароперегреватель расположен в конвективном газоходе, изго-

Таблица 1.6. **Техническая характеристика паровых газомазутных котлов типа Е(ГМ) паропроизводительностью от 35 до 75 т/ч**

Наименование	Марка котла					
	Е-35-40ГМ (БГМ-35М)	Е-50-14ГМ (ГМ-50-14)	Е-50-14ГМ (ГМ-50-14/250)	Е-50-40ГМ (БМ-35РФ)	Е-50-40ГМ (ГМ-50-1)	Е-75-40ГМ (БКЗ-75-39ГМА)
	Газ/мазут	Газ	Мазут	Мазут	Газ/мазут	Газ/мазут
Номинальная паропроизводительность, т/ч	35/45	50	50	50	50	75
Давление пара, МПа (кгс/см²)	4,0 (40)	1,4 (14)	1,4 (14)	4,0 (40)	4,0 (40)	4,0 (40)
Температура, °С:						
перегретого пара	440	—	250	440	440	440
питательной воды	145	100	100	145	145	145
уходящих газов	158/178	126	155	185	188/216	127/180
Расчетный КПД (брутто), %	90,8/90,7	92	91	90	89,6/88,2	92,4/90,36
Гарантийный КПД (брутто), %	—/88,0	—	90	89	87,0/86,0	89,0
Сопротивление газового тракта, кПа (кгс/см²)	0,27 (270) / 0,23 (230)	3,14 (314)	3,32 (332)	1,22 (122)	0,17 (170) / 0,19 (190)	—/0,67 (67)
Сопротивление воздушного тракта, кПа (кгс/см²)	2,92 (292) / 2,93 (293)	3,00 (300)	3,15 (315)	3,09 (309)	3,16 (316) / 3,2 (320)	—/3,26 (326)
Габаритные размеры котла, мм:						
Высшая отметка котла*	15 180	14 954	14 954	15 800	15 570	19 375
Ширина по осям колонн каркаса	5740	6320	6320	5310	5930	6810
Глубина по осям колонн каркаса	9850	14 204	14 204	12 280	9778	9900
Масса котла в объеме заводской поставки, т	128	142**	164**	173,3	258	259,0

* При заглублении системы очистки котла.
** В сейсмическом исполнении.

товлен из труб ∅ 32×3 мм. Экономайзер изготовлен из чугунных ребристых труб.

Котлы работают с уравновешенной тягой. Диапазон регулирования паропроизводительности 70—100 %.

Очистка пароперегревателя и воздухоподогревателя котла осуществляется дробью. Для очистки котельного пучка применяется ручная обдувка.

Обмуровка топки котлов — самонесущая, кирпичная. Обмуровка поворотной камеры и конвективного газохода — монолитная, закрепляется на каркасе котла.

Котлы поставляются транспортабельными блоками, за исключением каркаса топочной камеры, поставляемого россыпью.

Техническая характеристика паровых газомазутных котлов типа Е(ГМ) паропроизводительностью от 35 до 75 т/ч приведена в табл. 1.6.

Водогрейные котлы

Котлы типа ПТВМ. Водогрейные котлы средней и большей теплопроизводительности типа ПТВМ предназначены для работы на газообразном и жидком топливе. Котлы типа ПТВМ выпускались Дорогобужским котельным заводом (ДКЗ) и другими котлостроительными заводами и имеют П-образную и башенную компоновки.

Водогрейные газомазутные котлы КВ-ГМ-30-150 (ПТВМ-30М), предназначенные для установки в отопительных котельных в качестве основного источника водоснабжения для подогрева воды с 70 до 150 °С, выполнены по П-образной схеме, и выпуск их продолжается на Дорогобужском котельном заводе (рис. 1.8).

Котлы — прямоточные с П-образной сомкнутой компоновкой поверхностей нагрева. Конвективные поверхности нагрева расположены в конвективном газоходе с боковыми стенками, экранированными трубами ∅ 28×3 мм с шагом 128 мм, которые являются коллекторами для П-образных ширм, выполненных из труб ∅ 28×3 мм. Ширмы установлены таким образом, что трубы образуют конвективный шахматный пучок с шагом 64 и 40 мм. Задняя стенка конвективного газохода экранирована трубами ∅ 60×3 мм с шагом 64 мм.

Топка котлов полностью экранирована трубами ∅ 60×3 мм и оборудована шестью газомазутными горелками, установленными встречно на боковых стенках.

Диапазон регулирования нагрузки котлов 30—100 % номинальной теплопроизводительности. Изменение теплопроизводительности

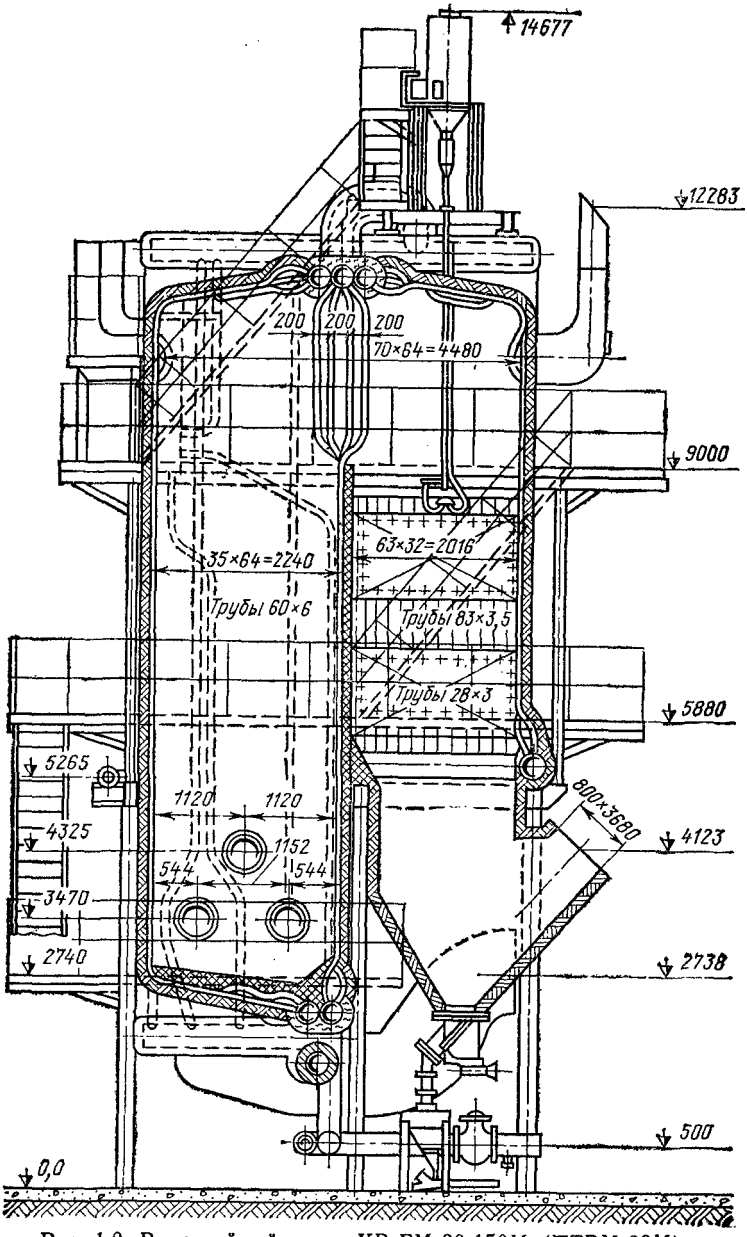


Рис. 1.8. Водогрейный котел КВ-ГМ-30-150М (ПТВМ-30М)

котлов осуществляется изменением числа работающих горелок. Расход воды через котел поддерживается постоянным, при изменении тепловой нагрузки изменяется разность температур воды на входе и выходе из котла.

При работе на мазуте котлы по воде включаются по прямоточной схеме (подвод воды осуществляется в поверхности нагрева топочной камеры, а отвод — из конвективных поверхностей нагрева); при работе только на газообразном топливе включение котлов по

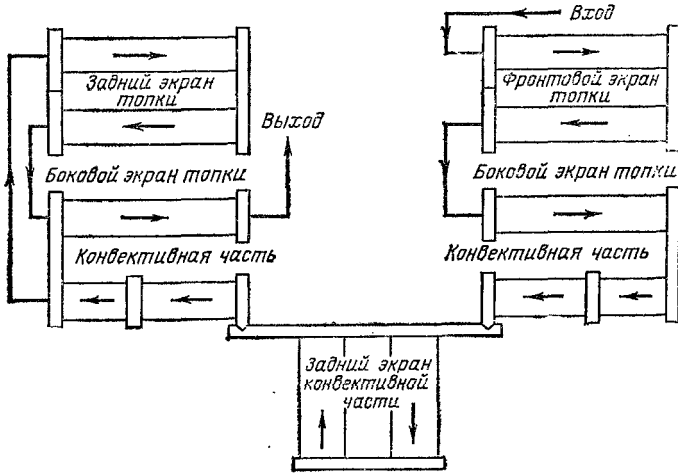


Рис. 1.9. Схема циркуляции водогрейного котла КВ-ГМ-30-150М (ПТВМ-30М)

воде выполнено по противоточной схеме (подвод воды — в конвективные поверхности нагрева, а отвод воды — из поверхностей нагрева топочной камеры). На рис. 1.9 приведена циркуляционная схема движения воды в котле КВ-ГМ-30-150М (ПТВМ-30М).

Трубная система котлов опирается на каркасную раму. Обмуровка котлов выполнена облегченной с креплением непосредственно к экранирующим трубам. Общая толщина обмуровки составляет 110 мм.

Котлы, работающие на мазуте, оборудованы устройствами дробевой очистки труб конвективных поверхностей нагрева и рассчитаны для работы с уравновешенной тягой. Котлы выпущены трех модификаций: ПТВМ-30М-2 (топливо—природный газ); ПТВМ-30М-4 (топливо — природный газ и мазут); ПТВМ-30МС (топливо — природный газ и мазут).

В настоящее время котлы сняты с производства.

Таблица 1.7. **Техническая характеристика водогрейных котлов типа ПТВМ**

Наименование	Марка котла		
	КВ-ГМ-30-150М (ПТВМ-30М)	ПТВМ-50	ПТВМ-100
Теплопроизводительность, Гкал/ч (МВт)	40 (46,4)	50 (58,2)	100 (116,3)
Давление, МПа (кгс/см²)	2,5 (25)	2,5 (25)	2,5 (25)
Температура воды, °С:			
на входе:			
в пиковом режиме	104	104	104
в основном режиме	70	70	70
на выходе	150	150	150
Расход воды, т/ч:			
в пиковом режиме	495	1250	2140
в основном режиме	375	618	1235
КПД котла (брутто) при работе, %:			
на газе	91,1	87,8	86,8
на мазуте	87,9		
Компоновка котла	П-образная	Башенная	Башенная
Количество газомазутных горелок, шт.	6	12	16
Количество дутьевых вентиляторов и дымососов, шт.	2 вентилятора и 1 дымосос	12 вентиляторов	16 вентиляторов
Габаритные размеры, мм:			
длина	5030	5160	6900
ширина	4740	5180	5180
высота	5140	13 500	14 450

Техническая характеристика водогрейных котлов типа ПТВМ приведена в табл. 1.7.

Котел ПТВМ-50 имеет башенную компоновку и выполнен в виде прямоугольной шахты, в нижней части которой находится полностью экранированная топочная камера (рис. 1.10).

Экранная поверхность площадью 116 м² выполнена из труб ∅ 60×3 мм с шагом 64 мм и состоит из двух боковых, фронтового и заднего экранов. Сверху (под топочной камерой) размещается конвективная поверхность нагрева котла площадью 1119 м². Эта поверхность образована трубами ∅ 28×3 мм и выполнена в виде

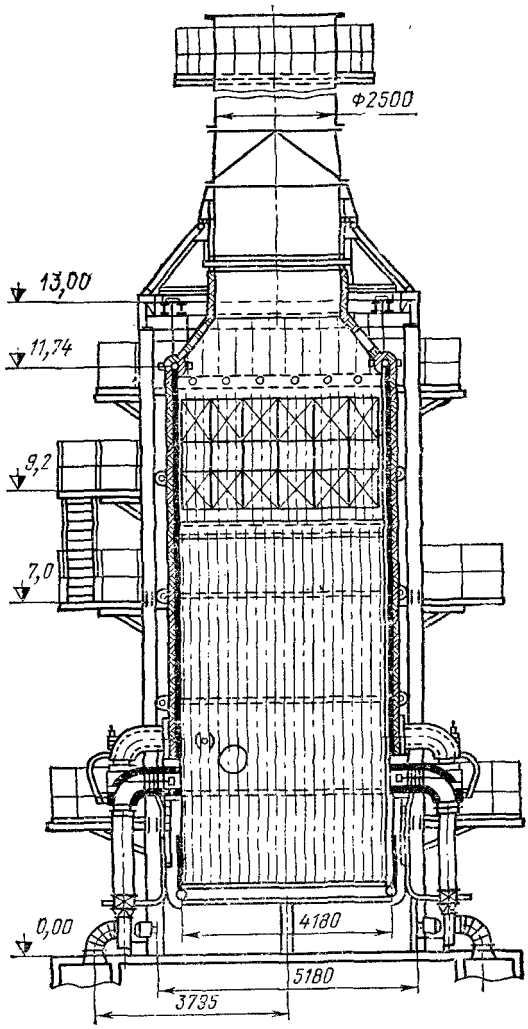


Рис. 1.10. Водогрейный котел ПТВМ-50

змеевиковых пакетов. Топка котла оборудована 12 газомазутными горелками и 12 индивидуальными дутьевыми вентиляторами.

Обмуровка котла выполнена натрубной, облегченного типа. Вся трубная часть котла подвешивается на раме каркаса.

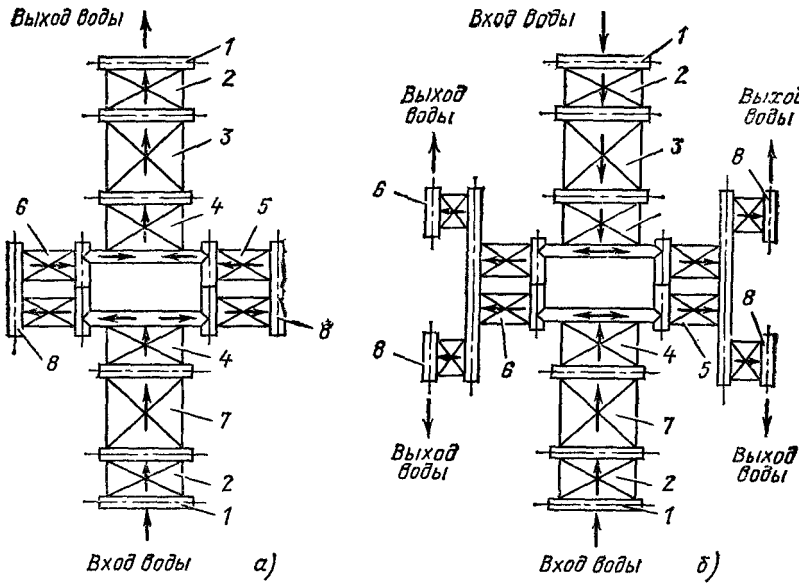


Рис. 1.11. Схема движения воды в водогрейном котле ПТВМ-50:

а — основной режим; б — пиковый режим; 1 — коллекторы подводящие и отводящие; 2 — соединительные трубы; 3 — фронтовой экран; 4 — конвективный пучок; 5 и 6 — левый и правый боковые экраны; 7 — задний экран; 8 — коллекторы контуров

Вода в котле циркулирует с помощью насоса, расход воды зависит от режима работы котла: при работе в зимний период применяется четырехходовая схема циркуляции воды (рис. 1.11, *а*), а в летний период — двухходовая (рис. 1.11, *б*).

При четырехходовой схеме циркуляции вода из теплосети подводится в один нижний коллектор и последовательно проходит через все элементы поверхности нагрева котла, после чего также через нижний коллектор отводится в тепловую сеть.

При двухходовой схеме вода поступает одновременно в два нижних коллектора и, перемещаясь по поверхности нагрева (как показано стрелками), нагревается и затем направляется в тепловую сеть.

Двухходовая схема циркуляции позволяет пропускать через котел почти в два раза больше воды.

Это объясняется тем, что при этом режиме работы котла нагревается большее количество воды (чем в зимний период), вода поступает в котел с более высокой температурой, равной 110 °С (вместо 70 °С).

Котлы ПТВМ-50 применяются в районных отопительных котельных.

Водогрейные котлы ПТВ-50-1 и ПТВМ-100 имеют компоновку с прямоугольной топочной камерой. Все четыре стенки топочной камеры экранированы трубами ∅ 60×3 мм с шагом 64 мм. Змеевики конвективных пусков выполнены из труб ∅ 28×3 мм и располагаются в верхней части топочной камеры. Трубы змеевиков приварены к вертикальным коллекторам.

Котел ПТВМ-50-1 оборудован 12 горелками, расположенными на боковых стенках, и 12 дутьевыми вентиляторами с индивидуальными электроприводами, котел ПТВМ-100 — 16 горелками и 16 вентиляторами.

Котлы типа КВ-ГМ. Новая серия унифицированных водогрейных котлов для работы на жидком, газообразном и твердом топливе (типа КВ-ГМ — котел водогрейный газомазутный и типа КВ-ТС — котел водогрейный со слоевым сжиганием твердого топлива) разработана НПО ЦКТИ совместно с Дорогобужским котельным заводом. Котлы различаются лишь глубиной топочной камеры и конвективной шахты.

Котел КВ-ГМ-180-150 теплопроизводительностью 180 Гкал/ч (рис. 1.12) предназначен для получения горячей воды с температурой до 150 °С для использования в системах отопления, вентиляции и горячего водоснабжения объектов промышленного и бытового назначения и для установки на ТЭЦ в качестве пиково-резервного источника теплоснабжения в районах с сейсмичностью до 9 баллов включительно. Котел используется как в основном режиме, так и в пиковом, т. е. для подогрева сетевой воды от 70 до 150 °С и от 110 до 150 °С. Котел должен работать с постоянным расходом воды (рис. 1.13).

Котел водотрубный, прямоточный с Т-образной сомкнутой компоновкой поверхностей нагрева. Вертикальная призматическая топка экранирована трубами ∅ 60×4 мм с шагом 64 мм.

Конвективные газоходы примыкают к боковым стенкам топки. Разделительные стенки между газоходами и топкой газоплотные. Потолок топки и боковые стенки конвективных газоходов выполнены из труб ∅ 38×4 мм с шагом 42 мм.

Топка котла оборудована шестью вихревыми газомазутными горелками с паромеханическими форсунками, расположенными встречно треугольником с вершиной вверху на боковых стенках.

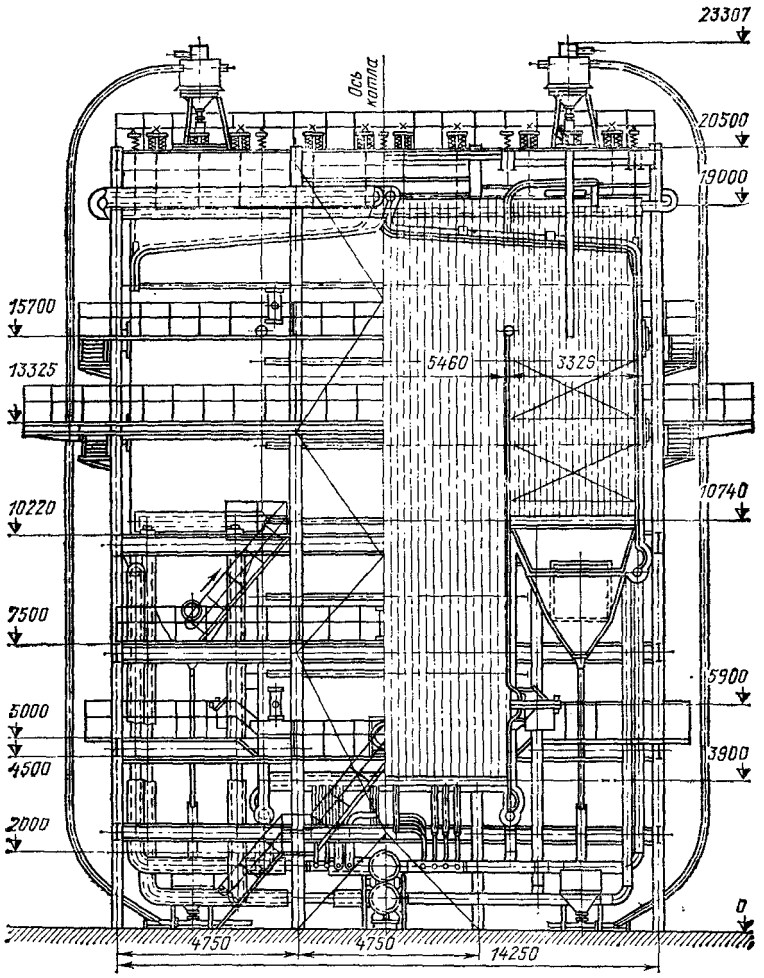


Рис. 1.12. Газомазутный водогрейный котел КВ-ГМ-180-150

Для уменьшения образования окислов азота применена рециркуляция дымовых газов из конвективного газохода в воздушный тракт перед горелками.

Котел допускает работу с изменением нагрузки в пределах 30—100 % номинальной теплопроизводительности.

Пакеты конвективных поверхностей нагрева размещены в двух опускных вертикальных экранированных газоходах. Пакеты наби-

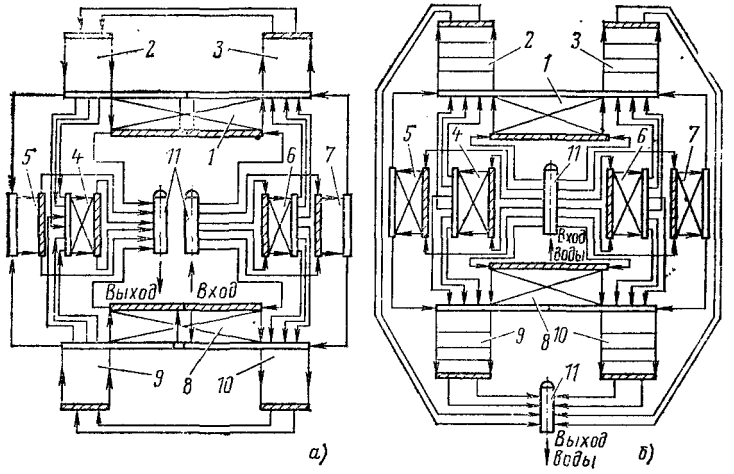


Рис. 1.13. Схема движения воды в водогрейном котле КВ-ГМ-180-150:

а — основной режим; *б* — пиковый режим; *1* — задний экран; *2* — полусекция конвективных поверхностей, задняя левая панель и стояки; *3* — полусекция конвективных поверхностей, задняя правая панель и стояки; *4* — промежуточный левый экран; *5* — боковой и потолочные экраны (левые); *6* — промежуточный правый экран; *7* — боковой и потолочный экраны (правые); *8* — фронтовой экран; *9* — полусекция конвективных поверхностей, фронтовая левая панель и стояки; *10* — полусекция конвективных поверхностей, фронтовая правая панель и стояки; *11* — камеры ⌀ 720×12 мм

раются из П-образных ширм, выполненных из труб ⌀ 32×3 мм. Трубы пакетов образуют шахматный пучок с шагом 68 и 42 мм. Боковые стены конвективного газохода закрыты трубами ⌀ 96×5 мм с шагом 136 мм, которые являются одновременно коллекторами для ширм конвективных пакетов.

При работе на мазуте котел должен включаться по прямоточной схеме (подвод воды осуществляется в поверхности нагрева топочной камеры, а отвод — из конвективных поверхностей нагрева), при работе только на газообразном топливе включение котла по воде выполняется по противоточной схеме (подвод воды — в поверхности нагрева конвективных газоходов, а отвод воды — из поверхности нагрева топочной камеры).

Изоляция котла облегченная, натрубная, толщиной 110 мм и может выполняться методом напыления. Газоплотность стен котла обеспечивается обшивкой металлическим листом толщиной 3 мм. Нагрузки котла передаются через подвески на верхнюю раму несущего каркаса. Котел рассчитан на работу с уравновешенной тягой. Для удаления наружных отложений с труб пакетов конвективных

Таблица 1.8. **Техническая характеристика**

Наименование	Марка					
	КВ-ГМ-4-150		КВ-ГМ-6,5-150		КВ-ГМ-10-150	
	Газ	Мазут	Газ	Мазут	Газ	Мазут
Теплопроизводительность, Гкал/ч (МВт)	4 (3,9)		6,5 (8,0)		10 (11,63)	
Рабочее давление, МПа (кгс/см²), не менее	1,03 (10,3)		1,03 (10,3)		1,03 (10,3)	
Расчетное давление, МПа (кгс/см²)	2,5 (25)		2,5 (25)		2,5 (25)	
Температура воды, °С:						
на входе не менее	70		70		70	
на выходе	150		150		До 150	Не менее 150
в пиковом режиме:						
на входе	—	—	—	—	—	—
на выходе	—	—	—	—	—	—
в основном режиме:						
на входе	—	—	—	—	—	—
на выходе	—	—	—	—	—	—
Расход воды через котел, т/ч:	49,5		80,4		123,5	
в пиковом режиме не менее	—	—	—	—	—	—
в основном режиме не менее	—	—	—	—	—	—
Гидравлическое сопротивление котла, МПа (кгс/см²), не более:	0,25 (2,5)		0,25 (2,5)		0,25 (2,5)	
в пиковом режиме	—	—	—	—	—	—
в основном режиме	—	—	—	—	—	—
Расчетный КПД котла (брутто), %:	93,9	90,4	94,1	90,2	92,5	89,0
в пиковом режиме	—	—	—	—	—	—
в основном режиме	—	—	—	—	—	—
Гарантийный КПД котла (брутто), %:	92	80,0	89,0	87,0	92	80,0
в пиковом режиме	—	—	—	—	—	—
в основном режиме	—	—	—	—	—	—
Габаритные размеры, мм:						
глубина	6415		7855		6500	
ширина	3510		3510		3200	
высшая отметка	6705		6705		7300	
Масса металла котла в объеме заводской поставки, т	8,0		10,9		18,4	

водогрейных котлов типа КВ-ГМ

котла									
КВ-ГМ-20-150		КВ-ГМ-30-150		КВ-ГМ-50-150		КВ-ГМ-100-150		КВ-ГМ-180-150	
Газ	Мазут	Газ	Мазут	Газ	Мазут	Газ	Мазут	Газ	Мазут
20 (23,26)		30 (35)		50 (58,2)		100 (116,3)		180 (209)	
1,03 (10,3)		1,03 (10,3)		1,03 (10,3)		1,03 (10,3)		1,03 (10,3)	
2,5 (25)		2,5 (25)		2,5 (25)		2,5 (25)		2,5 (25)	
70		70		—	—	—	—	—	—
До 150	Не менее 150	До 150	Не менее 150	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	110		110		110	
—	—	—	—	До 150	Не менее 150	До 150	Не менее 150	До 150	Не менее 150
—	—	—	—	70		70		70	
—	—	—	—	До 150	Не менее 150	До 150	Не менее 150	До 150	Не менее 150
247		370		—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	1230		2460		4420	
—	—	—	—	618		1235		2210	
0,25 (2,5)		0,25 (2,5)		—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	0,15 (1,5)		0,15 (1,5)		0,15 (1,5)	
—	—	—	—	0,25 (2,5)		0,25 (2,5)		0,25 (2,5)	
89,8	88,0	88,7	87,7	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	92,5	91,1	92,5	91,3	91,7	90,88
—	—	—	—	92,6	91,1	92,7	91,3	91,7	90,88
89	87,0	89	87,0	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	91,5	90	91,5	90	91	90
—	—	—	—	91,5	90	91,5	90	91	90
9700		11 800		18 000		18 000		14 400	
3200		3200		12 000		18 000		7300	
7300		7300		15 000		15 000		29 000	
26,2		32,4		85,0		127		430	

поверхностей нагрева при работе на мазуте котел оборудован установками дробевой очистки.

Техническая характеристика водогрейных котлов типа КВ-ГМ приведена в табл. 1.8.

ГЛАВА ВТОРАЯ

ЭКСПЛУАТАЦИЯ ПАРОВЫХ И ВОДОГРЕЙНЫХ КОТЛОВ

2.1. ПЕРСОНАЛ КОТЕЛЬНОЙ И ЕГО ОБЯЗАННОСТИ

Администрация предприятия обязана обеспечить обслуживание котлов (пароперегревателей, экономайзеров) в соответствии с требованиями Правил по котлам, инструкций завода-изготовителя и типовой инструкции для персонала котельной, утвержденной Госгортехнадзором СССР 12 июля 1970 г. На основании инструкций руководством предприятия (главным инженером) должна быть разработана и утверждена эксплуатационная инструкция применительно к местным условиям работы.

В инструкциях по обслуживанию котлов, котельного и газового оборудования необходимо указывать: порядок пуска, остановки и обслуживания во время эксплуатации и при аварийных режимах; порядок допуска ремонтного персонала к ремонту, требования правил техники безопасности; вид сжигаемого топлива и т. д.

Эксплуатационную инструкцию по обслуживанию котлов с приложением оперативной схемы трубопроводов котельной, с указанием всех запорных и регулирующих устройств, правила внутреннего распорядка, план эвакуации в случае взрыва и пожаров необходимо вывесить на рабочем месте, а инструкцию выдать на руки персоналу.

Начальником или заведующим котельной должен быть назначен приказом по предприятию только инженерно-технический работник, имеющий специальное техническое образование и опыт работы по эксплуатации котлов. Начальник или заведующий является ответственным за безопасную эксплуатацию котлов и оборудования котельной, находящихся в его ведении, и обязан: содержать в исправном состоянии паровые и водогрейные котлы, вспомогательное оборудование, автоматику

безопасности, контрольно-измерительные приборы, освещение приборов, проходов и рабочих мест; обеспечивать своевременное и качественное проведение текущего и капитального ремонта котлов, оборудования и помещения котельной; производить своевременную чистку, промывку котлов и техническое освидетельствование их; распределять обязанности между обслуживающим персоналом котельной и осуществлять контроль за выполнением им требований правил безопасности, инструкций и производственной дисциплины; следить за организацией обучения и своевременной проверкой знаний обслуживающего персонала; не допускать к работе неподготовленных и неаттестованных лиц; содержать проходы в котельном помещении и выходы из него всегда свободными.

Котельная должна быть снабжена часами и телефоном или звуковой сигнализацией для вызова в экстренных случаях администрации предприятия и для связи с цехами, являющимися потребителями пара или горячей воды, и содержаться в чистоте.

С учетом обеспечения безопасной и надежной эксплуатации котлов администрация предприятия обязана назначить необходимое количество инженерно-технических работников и обслуживающего персонала.

К обслуживанию паровых и водогрейных котлов допускаются лица не моложе 18 лет, прошедшие медицинское освидетельствование и обученные по соответствующей программе, сдавшие экзамены квалификационной комиссии в присутствии инспектора котлонадзора и получившие удостоверение установленного образца. Удостоверение должно быть подписано председателем комиссии и инспектором. Повторные проверки знаний обслуживающего персонала котельной проводятся администрацией предприятия не реже 1 раза в год. При этом присутствие инспектора котлонадзора не обязательно.

При переходе к обслуживанию котлов других типов или переводе котлов на другой вид топлива машинист должен пройти дополнительное обучение и проверку знаний устройства и особенностей эксплуатации новых котлов и вспомогательного оборудования.

Машинисты, обслуживающие котлы на газовом топливе, должны проходить дополнительное обучение по газовому оборудованию котельных, правилам сжигания газообразного топлива, обязаны сдать экзамены и полу-

чить удостоверение на право работы в газовом хозяйстве.

Машинист котла должен четко знать:

устройство и принцип работы обслуживаемых им паровых и водогрейных котлов, работающих на твердом, газообразном и жидком топливе, пароперегревателей, экономайзеров, воздухоподогревателей;

основные тепловые процессы, происходящие в котле, и способы достижения наиболее экономичных режимов работы котла;

устройство, принцип работы и порядок обслуживания вспомогательного оборудования — дымососов, дутьевых вентиляторов, насосов;

устройство и правила обслуживания газовых горелок, форсунок, топок, гарнитуры и арматуры котлов;

устройство, назначение, принцип действия газового оборудования, оборудования, работающего на твердом, жидком топливе;

устройство, назначение, принцип действия и правила обслуживания применяемых контрольно-измерительных приборов и систем автоматики регулирования и безопасности;

технологические схемы трубопроводов и оборудования котельной по чертежам и в натуре, их устройство и назначение;

применяемые способы подготовки питательной и подпиточной воды в котельной;

основные способы наружной и внутренней очистки котлов от сажи, золы и накипи;

признаки и причины возникновения неисправностей в работе котлов, вспомогательного оборудования, контрольно-измерительных приборов;

способы предупреждения и ликвидации неисправностей и аварий;

требования правил Госгортехнадзора СССР к обслуживанию паровых и водогрейных котлов, сосудов, работающих под давлением, трубопроводов пара и горячей воды, правил техники безопасности в газовом хозяйстве;

правила техники безопасности и производственной санитарии, противопожарные мероприятия, правила внутреннего распорядка, производственные инструкции, рациональную организацию труда на своем рабочем месте;

нормы расхода твердого, газового, жидкого топлива, электроэнергии и воды на выработку единицы теплоты и пара;

порядок ведения эксплуатационной документации;

слесарные и ремонтные работы, необходимые для устранения неполадок в процессе эксплуатации оборудования и выполняемые при участии в планово-предупредительных осмотрах и ремонтах;

свои права и обязанности, кому подчинен, чьи распоряжения должен выполнять, кого извещать об авариях и неполадках, о пожаре и несчастных случаях.

Машинист котла должен уметь:

обслуживать паровые и водогрейные котлы, работающие на твердом, газообразном и жидком топливе, вспомогательное оборудование котельной и следить за их исправностью;

подготавливать котлы и вспомогательное оборудование к работе;

питать котел водой, определять уровень ее в котле и проверять исправность питательных насосов;

производить продувку котла, водоуказательных приборов, проверку предохранительных клапанов и манометров;

подготавливать газовое оборудование, оборудование на твердом, жидком топливе к работе, включать горелки, форсунки и поддерживать необходимый режим работы;

определять неполноту сгорания топлива по внешним признакам и при помощи газоанализатора;

очищать топку, газоходы и поверхности нагрева от шлака, золы, сажи;

выключать газовое оборудование, оборудование на жидком топливе, горелки и форсунки, а также останавливать котел в плановом и аварийном порядке в соответствии с инструкцией;

пользоваться контрольно-измерительными приборами и средствами автоматики регулирования и безопасности и проверять их исправность;

правильно вести топочный режим, экономно расходовать топливо, электроэнергию и воду, бережно обращаться с инструментом и приборами;

применять рациональные приемы работы и способы организации труда и рабочего места;

пользоваться имеющейся на рабочем месте техниче-

ской документацией, вести эксплуатационную документацию;

производить самостоятельно мелкие ремонтные работы (набивку сальников, смену прокладок и др.);

смазывать трущиеся части питательных и мазутных насосов, вентиляторов, дымососов и электродвигателей;

предупреждать возможные аварии и неполадки в работе котла и оборудования, а в случае возникновения быстро принимать меры для их ликвидации;

оказывать первую помощь пострадавшим;

пользоваться средствами противопожарной защиты.

Усвоению изучаемого материала должны способствовать обязательные практические занятия в действующей котельной, которые включают ознакомление: с устройством и принципом работы котлов и вспомогательного оборудования; с устройством и обслуживанием газопроводов и газового оборудования (оборудования на твердом и жидком топливе); с устройством и порядком регулирования работы горелок (форсунок), включением и выключением котлов, тепломеханического оборудования; с правилами и приемами пользования контрольно-измерительными приборами и средствами автоматики регулирования и безопасности; внешние осмотры котлов, арматуры и гарнитуры, газоходов и топок неработающих котлов.

Обслуживание котлов с целью освоения практических навыков в действующей котельной разрешается только под наблюдением инструктора или старшего машиниста.

При допуске на работу каждый машинист должен получить инструктаж по технике безопасности на рабочем месте.

Посторонним лицам вход в котельную воспрещен. В исключительных случаях они могут быть допущены только с разрешения администрации и в сопровождении его представителя.

2.2. ПРИЕМКА И СДАЧА МАШИНИСТАМИ СМЕНЫ

Вступление персонала котельной на дежурство и уход с дежурства должны производиться с соблюдением требований правил внутреннего распорядка.

Принимающий дежурство машинист является для приемки смены за 20 мин до начала работы и проверяет

исправность обслуживаемых котлов и относящегося к ним оборудования, а также исправность нормального и аварийного освещения и сигнализации для срочного вызова администрации.

Вступающий на дежурство машинист знакомится в сменном журнале с записями об обнаруженных дефектах и неполадках за предыдущую смену и со всеми распоряжениями администрации котельной, касающимися обслуживания (графиком нагрузки котлов, давлением пара или температурой воды в зависимости от температуры наружного воздуха).

Машинист, сдающий смену, подготавливает и приводит все оборудование и помещение котельной в надлежащий вид; знакомит принимающего дежурство с состоянием и режимом работы сдаваемого оборудования, графиком нагрузки котлов; сообщает, какое оборудование находится в резерве или ремонте, какие работы производились в смене, о задании на смену и замечаниях администрации.

Машинист, принимающий смену после внешнего осмотра обмуровки работающих котлов и ознакомления с рабочей схемой коммуникаций пара, воды, газа и мазута, проверяет:

уровень воды в барабанах паровых котлов и исправность водоуказательных приборов;

давление пара во всех работающих котлах по манометрам, предварительно убедившись в их исправности;

давление в водогрейном котле;

исправность предохранительных клапанов путем их продувки и осмотра правильности закрепления груза;

действие всех имеющихся в котельной питательных приборов (насосов, инжекторов) путем кратковременного пуска их в работу;

исправность спускной и продувочной арматуры и отсутствие в ней пропусков;

исправность и степень открытия запорной арматуры на паровой и водяной линиях;

исправное состояние и степень открытия водозапорных вентилей, а также отсутствие пропусков в обратных питательных клапанах;

работу газовых горелок, если котлы работают на газообразном топливе, обращая особое внимание на давление газа и воздуха перед горелками и на полноту горения газа;

состояние и положение запорных устройств (кранов, задвижек) на газопроводах работающих котлов, а также находящихся в резерве и ремонте;

состояние оборудования ГРП (ГРУ) (при их наличии), обращая внимание на давление газа на вводе в котельную;

работу мазутных форсунок, если котлы работают на жидком топливе, обращая внимание на давление, температуру мазута и воздуха перед горелками и на полноту горения мазута;

состояние и работу вентиляторов подачи воздуха в горелки, форсунки и системы вентиляции, а также дымососов, обращая внимание на отсутствие вибрации шумов и стуков во время их работы и отсутствие перегрева подшипников;

положение воздушных заслонок и газовых шиберов, величину тяги и дутья;

исправное состояние автоматики безопасности и автоматики регулирования;

состояние и работу пароперегревателей, экономайзеров и воздухоподогревателей;

время произведенных последних продувок и обдувок котлов, пароперегревателей, экономайзеров и воздухоподогревателей (по журналу);

температуру перегретого пара;

температуру уходящих газов за котлом;

соответствие режима работы котлов заданным параметрам, указанным в режимной карте;

показания контрольно-измерительных приборов, убедившись в отсутствии отступлений от существующих норм;

исправность диафрагм взрывных (предохранительных) клапанов топки и газоходов;

состояние топки, при этом необходимо убедиться в отсутствии признаков течи у труб, заклепок и связей, трещин, выпучин на стенках топки, признаков подплавления легкоплавких (контрольных) пробок (там, где они поставлены) и состояние защитной футеровки всей топочной части;

наличие противопожарного инвентаря и аптечки.

Машинист, принимающий смену, должен записать в сменном журнале обнаруженные им при вступлении на дежурство дефекты и неисправности и расписаться в журнале вместе с машинистом, сдавшим смену. Если об-

наружены дефекты и неисправности, препятствующие дальнейшей работе котлов, принимающий машинист обязан немедленно сообщить об этом начальнику (заведующему) котельной. Сдача смены машинисту, явившемуся на работу больным, или во время ликвидации аварии, категорически запрещается.

2.3. ПОДГОТОВКА СТАЦИОНАРНОГО ПАРОВОГО КОТЛА К РАСТОПКЕ

Растопку котла можно производить только при наличии распоряжения, записанного начальником или заведующим котельной, или лицом, его заменяющим, в сменном журнале. В распоряжении должны быть указаны продолжительность заполнения котла водой и ее температура. Если котел находился в ремонте, был остановлен на длительное время или имел короткий перерыв в работе, то во всех этих случаях готовить котел к действию можно только тогда, когда предупрежден о времени растопки весь обслуживающий персонал, находящийся в смене.

При подготовке к растопке котла, работающего на любом виде топлива, машинист обязан проверить:

исправность котла и вспомогательного оборудования (дымососов и вентиляторов);

отсутствие внутри котла, в топке и газоходах людей или посторонних предметов (инструмента, обтирочного материала, болтов, гаек), после чего закрыть лазы и люки котла;

состояние топки и газоходов, т. е. исправность сводов, газовых перегородок, механизмов решеток и правильность установки колосников, а также наличие естественной тяги;

исправность питательных и контрольно-измерительных приборов, арматуры (водоуказательных колонок и водопроводных кранов, предохранительных клапанов, манометров, запорных вентилей, задвижек и продувочных вентилей), обратив особое внимание на снятие заглушек, поставленных перед остановкой котла, на питательных, спускных и продувочных линиях, на паропроводах, мазутопроводах и газопроводах, а также на отсутствие заглушек перед и после предохранительных клапанов; наличие диафрагмы взрывных (предохранительных) клапанов топки и газоходов;

исправность гарнитуры, при этом обращается внимание на то, чтобы дверцы топки котла плотно закрывались на щеколды, шиберы в газоходах и воздухопроводах легко поворачивались и плотно перекрывались. Вся гарнитура должна иметь хорошее уплотнение, исключающее присос воздуха в топку;

исправность оборудования для сжигания жидкого и газообразного топлива у котлов, работающих на этих видах топлива; имеется ли достаточное количество топлива и необходимый запас воды.

После тщательной проверки исправности котельного оборудования можно приступить к заполнению котла водой. Заполнение холодного котла производится через экономайзер подогретой деаэрированной водой с температурой не ниже 5 °С до низшей отметки водоуказательного стекла. Длительность заполнения котла водой составляет примерно 1—2 ч, причем летом заполнение производится быстрее, а зимой — медленнее. Во избежание появления значительных термических напряжений в барабанах и вальцовке кипятильных и экранных труб котла разность температур металла котла и воды в момент заполнения должна быть не более 40—50 °С.

Если котел был полностью заполнен водой, перед растопкой спускают воду до низшего уровня по водоуказательному стеклу. В период заполнения одновременно производится и проверка на плотность люков, фланцев, а также продувочной и спускной арматуры. Неплотность арматуры обнаруживается по нагреванию труб после вентилей, если котел заполняется горячей водой. При выявлении течи в лючках и фланцах их необходимо подтянуть; если течь продолжается, прекращают подачу воды в котел, спускают ее до определенного уровня и производят замену прокладок.

После заполнения котла водой необходимо проверить и убедиться, что уровень воды в стекле держится устойчиво. Если уровень воды падает, найти место утечки и устранить ее.

Перед началом растопки котла необходимо: плотно закрыть главный паровой запорный вентиль; открыть все воздушные вентили или краны на котле и его трубопроводах, а также на экономайзере (или предохранительный клапан) для выпуска воздуха из котла; закрыть продувочные и спускные вентили котла и экономайзера, а при наличии пароперегревателя — продувочный вентиль

на камере перегретого пара полностью открыть для выпуска воздуха, а после подъема давления — для продувки змеевиков паром; поставить в рабочее положение манометры котла, перегретого пара и питательной воды; включить водоуказательные колонки, открыть паровые и водяные вентили и закрыть продувочные (спускные) вентили; открыть вентили, соединяющие паровое и водяное пространство барабана со сниженным указателем уровня, а уравнительный вентиль на указателе закрыть; открыть вентили питательных линий к котлу и закрыть вентиль питательного клапана перед экономайзером, который открывается при заполнении котла и экономайзера водой; включить устройство (если оно имеется) для подогрева паром воды в нижнем барабане; включить устройство для предохранения элементов пароперегревателя от перегрева. Если экономайзер имеет обводной газоход, газы на время растопки необходимо направить через него, а заслонки прямого хода плотно закрыть; питательную воду в данном случае следует подавать через экономайзер, не отключая его по воде от котла без особой необходимости.

При отсутствии обводного газохода у индивидуальных экономайзеров нужно открыть заслонки для пропуска газов через экономайзер и обеспечить непрерывный проток воды через экономайзер для предупреждения нагрева ее сверх допустимой температуры.

Температура газов до 400—500 °С не представляет непосредственной опасности для стальных и тем более чугунных элементов экономайзеров. Однако подача питательной воды в разогретый экономайзер и резкое его охлаждение опасны.

Переводить горячие газы на газоход экономайзера следует только при установившемся регулярном питании котла. Если котлы имеют экономайзеры кипящего типа и рециркуляционные линии, соединяющие водяное пространство барабана с нижними коллекторами экономайзера, то перед растопкой следует открыть вентили на этих линиях. Перед растопкой проверить, закрыты ли вентили на линии питательной воды к выносным и впрыскивающим пароохладителям.

Примерная длительность растопки жаротрубного котла составляет 8—10 ч, дымогарного 6—8 ч, камерных горизонтально-водотрубных 4—5 ч, остальных котлов с рабочим давлением до 6,0 МПа (60 кгс/см^2) — 2—4 ч [9].

Котлы, на которых имелись случаи образования трещин в барабанах и заклепочных швах, кольцевых трещин в вальцовочных поясах труб и другие дефекты, растапливают медленнее, контролируют равномерность прогрева всех элементов. Растопка котла должна вестись постепенно в течение времени, установленного администрацией в соответствии с эксплуатационной инструкцией, при слабом огне и желательно на естественной тяге, с таким расчетом, чтобы обеспечить равномерный прогрев элементов котла и расширение обмуровки.

Растопка стационарного парового котла, работающего на твердом топливе

После приготовления и проверки исправности котла и котельного оборудования приступают непосредственно к розжигу котла. Необходимо естественной тягой или путем пуска дымососа произвести вентиляцию топки и газоходов котла в течение 10—15 мин. При растопке котла на колосниковую решетку забрасывают слой крупного угля (размер кусков 60—80 мм) и котел разжигают при слегка открытом поддувале сухими дровами или раскаленным углем, взятым из топки работающего котла. Дутье постепенно усиливают по мере разгорания угля.

Дутье регулируется шибером, установленным на воздуховоде перед котлами, и контролируется с помощью тягомера. Когда уголь разгорится, в топку подают понемногу уголь без мелочи, а затем используют обычное топливо, причем увеличивают естественную или включают искусственную тягу, так чтобы разрежение в верхней части топки было не менее 20 Па (2 мм вод. ст.).

При сжигании антрацита в топках с ручным обслуживанием на колосниковую решетку сначала укладывается слой рыхлого шлака, на котором производят растопку сухими дровами или раскаленным углем, затем загружают свежее топливо. Перед забросной антрацита необходимо добиться, чтобы горящие угли легли ровным слоем по всей колосниковой решетке. В течение 30—60 мин иногда следует применять паровое дутье под колосники, благодаря чему горячий шлак быстро охлаждается, делается рыхлым, пористым, до образования достаточной толщины шлаковой подушки. После этого, загрузив уголь, следует перейти на воздушное дутье. При

появлении пара через приоткрытый предохранительный клапан или воздушный вентиль их необходимо закрыть и открыть продувочный вентиль за пароперегревателем. Подачу топлива в топку можно постепенно увеличивать, одновременно прибавляя дутье и тягу. С этого момента машинист обязан внимательно следить за стрелкой манометра, уровнем воды в котле по водоуказательным стеклам, состоянием котла и горением топлива в топке.

При растопке топки с пневмомеханическими забрасывателями и ленточной цепной решеткой обратного хода необходимо: произвести в течение 5—10 мин вентиляцию топки и газоходов котла на естественной тяге или путем пуска дымососа; включить забрасыватели и покрыть $^2/_3$ длины решетки (начиная от задней стенки топки) слоем угля толщиной 30—40 мм; на слой угля набросать масляные концы и сухие дрова; открыть воздушные шиберы зоны, над которыми на решетке имеется топливо; отрегулировать разрежение в верхней части топки 10—20 Па (1—2 мм вод. ст.); поджечь масляные концы; расшуровать вручную прогоревшие дрова и закрыть воздушные шиберы; пустить дутьевой вентилятор с целью подачи небольшого количества воздуха в зону активного горения; по мере разгорания угля пустить на минимальной скорости движения цепную решетку и включить в работу забрасыватели при минимальной подаче топлива; отрегулировать подачу воздуха в зоны активного горения и разрежение в топке поддерживать 10—30 Па (1—3 мм вод. ст.); по мере разгорания угля на решетке и прогрева котла постепенно увеличить подачу топлива и воздуха, периодически контролируя качество выгорания топлива в последней зоне; при повышении форсировки топки увеличить скорость движения цепной решетки с таким расчетом, чтобы топливо на решетке успевало прогорать и сбрасывалось в шлаковый бункер.

При достижении давления в котле 0,05—0,1 МПа (0,5—1 кгс/см^2) продувают водоуказательные стекла и манометр, а также проверяют на ощупь плотность продувочной и спускной линии (если вентили пропускают, трубы будут горячими).

По мере повышения давления в котле уменьшают продувку пароперегревателя, поддерживая температуру пара не менее чем на 50 °С ниже номинальной. Продувку пароперегревателя увеличивают, когда температура пара возрастает, при этом регулируют режим горения.

Необходимо избегать резких изменений режима подпитки котла водой, что иногда является причиной значительных колебаний температуры перегретого пара.

Подняв давление до 0,29 МПа (3 кгс/см^2), необходимо еще раз проверить исправность водоуказательных стекол путем продувки, исправность манометра и предохранительных клапанов, плотность люков и лазов, при необходимости их подтянуть.

При достижении давления 0,29—0,5 МПа (3—5 кгс/см^2) необходимо котел подпитать водой и произвести поочередно продувку нижних барабанов и коллекторов экрана и котла. Подачу пара для подогрева воды в нижнем барабане котла следует прекратить при достижении давления в котле, равного 0,75 давления греющего пара и не более 0,5 нормального рабочего давления в котле.

Подтягивание болтов, лазов во время растопки должно производиться с соблюдением предосторожностей в присутствии лица, ответственного за котельную, только стандартными ключами, без применения удлиненных рычагов.

В том случае, если при остановке котла производилось вскрытие люков, лазов или фланцевых соединений, при подъеме рабочего давления в котлах до 0,6 МПа (6 кгс/см^2) подтягивание их разрешается при давлении не более 50 % рабочего, а от 0,6 МПа (6 кгс/см^2) до 6,0 МПа (60 кгс/см^2) — при давлении не более 0,3 МПа (3 кгс/см^2).

При растопке котла необходимо проверять по реперам (указателям), нет ли защемлений, препятствующих свободному расширению элементов котла.

Бийский котельный завод рекомендует следующий график подъема давления пара:

для котлов типа ДКВР, работающих при давлении до 1,27 МПа (13 кгс/см^2), через 1,5 ч после растопки 0,098 МПа (1 кгс/см^2), через 2,5 ч после растопки 0,39—0,40 МПа (4—5 кгс/см^2), через 3 ч после растопки 1,27 МПа (13 кгс/см^2);

для котлов типа ДКВР, работающих при давлении до 3,92 МПа (41 кгс/см^2), через 1,5 ч после растопки 0,098 МПа (1 кгс/см^2), через 3 ч после растопки 0,98 МПа (10 кгс/см^2), через 4 ч после растопки 3,92 МПа (41 кгс/см^2).

Перед включением котла в работу необходимо проверить исправное состояние обмуровки, сопряжений ее

с барабанами котла и боковых стен обмуровки с потолком.

Если растопка котла производилась без дымососа и дутьевого вентилятора, то дымосос пускают перед включением котла в общую паровую магистраль, а затем включают в работу дутьевой вентилятор. В процессе растопки котла без дутьевого вентилятора следят за температурой уходящих газов. Если температура повышается до 350 °С, включают вентилятор для подачи в топку воздуха через воздухоподогреватель.

При растопке котла запрещается применять легковоспламеняющие материалы (бензин, керосин и др.), заливать пароперегреватель водой для охлаждения.

Температура воспламенения (примерная) различных топлив: торф — 225 °С; дрова — 300 °С; бурый уголь — 300—400 °С; каменный уголь — 450—500 °С; антрацит — 700—750 °С; мазут — 500—600 °С; газ — около 600 °С [16].

Растопка стационарного парового котла, работающего на жидком топливе

Общие мероприятия по подготовке и обслуживанию котлов и вспомогательного оборудования, не связанных непосредственно с жидким топливом, такие же, как и для котлов на твердом топливе.

Перед растопкой парового котла на жидком топливе машинист обязан:

проверить наличие мазута в расходном баке и при необходимости подкачать в него топливо из главного резервуара;

слить отстоявшуюся воду из расходного бака;

удалить из топки случайно попавший мазут и проверить правильность сборки форсунки;

проверить степень подогрева топлива;

проверить давление мазута перед форсунками;

проверить давление мазута и распыливающего пара в коллекторах;

открыть дымовую заслонку, воздушный регистр и жалюзи или воздушные клапаны поддувала топки (при искусственной тяге включить дымосос) и провентилировать топку и газоходы котла в течение 10—15 мин;

продуть и прогреть форсунку при паровом распылении, для чего следует открыть паровой вентиль, установ-

ленный на пароподводящем трубопроводе, и удалить скопившийся конденсат;

при зажигании паровой форсунки ввести в топку горящий растопочный факел, затем ввести форсунку, после чего постепенно и осторожно открыть сначала паровой вентиль форсунки, а потом мазутный вентиль (растопочный факел подводят под струю пара).

При механическом распылении мазута необходимо после внесения в топку горящего растопочного факела или включения автоматики запала приоткрыть воздушный шибер и, медленно открывая вентиль, подавать мазут в топку. После воспламенения мазута регулируют горение путем изменения подачи мазута, пара и воздуха так, чтобы факел был коротким и чистым, без дымных полос. Растопочный факел из топки удаляют только тогда, когда горение мазута станет устойчивым.

Если топка оборудована несколькими форсунками, зажигают их последовательно. При воздушном распылении вентилятор пускают при закрытом шибере (направляющем аппарате), а давление воздуха после розжига форсунки регулируют дроссельной заслонкой.

При незагорании мазута или погасании работающих форсунок машинист обязан немедленно закрыть вначале мазутный, а затем паровой вентили, убрать из топки растопочный факел и отвести форсунку в сторону от топки. Установить причину незагорания мазута и устранить ее.

Причинами таких явлений могут быть: засорение мазутного трубопровода или мазутного канала в форсунке, попадание в мазут воды, недостаточный подогрев мазута, забивание мазута слишком сильной струей пара.

По выявлении и устранении причины можно повторить пуск форсунок только после тщательного вентилирования топки и газоходов в течение 10—15 мин.

Когда горение топлива стабилизируется, необходимо следить за повышением давления в котле по манометру, а также за уровнем воды по водоуказательным приборам.

При зажигании форсунок необходимо принимать меры предосторожности, не стоять против растопочных люков и гляделок, чтобы избежать ожогов при возможном выбросе пламени.

Зажигать факел форсунки от раскаленной кладки топки, т. е. без горящего растопочного факела, запрещается.

При сжигании высокосернистых мазутов применяются жидкие, минеральные и газообразные присадки. Эти присадки делают отложения рыхлыми и сыпучими, которые легко удаляются обдувкой.

Работа котлов на сернистых и вязких мазутах без присадок недопустима, так как в ряде случаев образовавшиеся отложения не поддаются даже механической очистке. Жидкие присадки разработаны Всесоюзным научно-исследовательским институтом нефтяной промышленности (ВНИИНП) и выпускаются различных модификаций. Испытание присадок на промышленных котлах паропроизводительностью 20 т/ч и ниже дали положительные результаты — уменьшение интенсивности коррозии и золовых отложений при подогреве воздуха перед воздухоподогревателем до 80—90 °С.

Минеральные присадки (магнезит, доломит и известь) вводятся в топку и газоходы котла в мелкодисперсном состоянии. В качестве газообразной присадки на Уфимской ТЭЦ на котлах паропроизводительностью 85—110 т/ч опробован аммиак.

При сжигании высокосернистых мазутов в промышленных котельных пока применяются жидкие присадки.

Растопка стационарного парового котла, работающего на газообразном топливе

После проведения всех подготовительных работ машинист приступает непосредственно к розжигу горелок, для чего необходимо:

убедиться, что краны перед горелками закрыты;

открыть регуляторы первичного воздуха у газовых горелок и по манометру убедиться, что перед кранами горелок давление нормальное — 30—50 кПа (3000—5000 мм вод. ст.);

отрегулировать тягу шибером за котлом или направляющим аппаратом дымососа так, чтобы разрежение в топке было не менее 20—30 Па (2—3 мм вод. ст.);

зажечь переносной запальник. Зажигают запальник при давлении газа 0,5—1,0 кПа (50—100 кгс/м^2), если горелки работают на низком давлении, и около 10 кПа (1000 кгс/м^2) — на среднем. После того как запальник зажегся, давление следует несколько увеличить медленным открытием крана запальника [22];

ввести зажженный запальник через глазок или за-

пальное отверстие на необходимую глубину в топку, к верхнему краю устья включаемой горелки. Зажигание первой горелки в топке является наиболее сложной операцией, и оно должно производиться сразу после вентиляции топки, газоходов, продувки газопровода и проверки плотности запорных устройств;

убедиться, что пламя запальника не погасло, медленно открыть задвижку перед горелкой и зажечь газ, выходящий из горелки;

убедиться, что выходящий газ из горелки воспламенился, медленно открыть воздушно-регулировочную шайбу;

отрегулировать тягу и пламя у горелки путем подачи газа и воздуха до получения прозрачного голубоватого цвета пламени. Если пламя горящего газа будет коптящим, с желтоватыми языками, следует постепенно увеличить количество поступающего воздуха, при этом во избежание подачи лишнего воздуха внимательно наблюдать за ходом горения.

После получения устойчивого факела запальник удаляется из топки. Если при розжиге горелки пламя запальника погасло, немедленно прекратить подачу газа в горелку, удалить из топки запальник и в течение 10—15 мин провентилировать горелки, топку и газоходы при расходе воздуха не менее 25 % номинального.

Вентилирование топки является ответственной, но плохо контролируемой по внешним признакам операцией. Поэтому единственным надежным методом проверки, особенно для котлов с большим объемом топочного пространства, необходимо считать анализ проб воздуха, отобранных в верхней части топки и в одном-двух местах газоходов. Затем следует проверить наличие давления газа и разрежения в топке, после этого снова приступить к розжигу горелки. Если котел оборудован несколькими горелками, то зажигание их производится последовательно. В том случае, если при растопке погаснут все или часть зажженных горелок, следует также прекратить подачу газа к горелкам, удалить из топки запальник, хорошо провентилировать в течение 10—15 мин горелки, топку и газоходы и после устранения причины невоспламенения можно приступить к повторному розжигу.

Причиной погасания пламени у запальника и у горелок котла может быть чрезмерная тяга в топке, в резуль-

тате чего происходит отрыв пламени от горелок. Наличие пульсаций и сильного шума означает, что в горелку поступает избыточное количество воздуха. В начальный период горелка должна 30—40 мин работать на малой нагрузке, что позволяет постепенно и равномерно прогреть керамические стабилизаторы горелки и футеровку топки. Гасить запальные устройства работающих горелок следует тогда, когда горение в топке станет устойчивым.

Многофакельные инжекционные горелки низкого давления, не имеющие стабилизаторов, зажигают при приоткрытых воздушно-регулировочных заслонках и минимальном давлении газа. При наличии факелов у всех отверстий необходимо давление газа перед горелкой повысить, а затем медленно приоткрыть заслонку для подачи первичного воздуха. Полностью закрывать заслонку, особенно при включении горелок у котлов с малой высотой топки, не рекомендуется.

Горелки с принудительной подачей воздуха и инжекционные среднего давления зажигают без подачи воздуха в горелку. При наличии устойчивого пламени медленно и поочередно увеличивают подачу газа и воздуха до тех пор, пока стабилизатор не разогреется до светло-красного цвета. После этого устанавливают необходимый режим работы горелки в соответствии с режимной картой.

Для обеспечения плавного подъема давления пара в котле растопку ведут при малом разрежении и увеличенных расходах воздуха в топке. Длительность растопки зависит от конструкции котла, его водяного объема, условий циркуляции воды, типа обмуровки. Общая растопка котла типа ДКВР с нормальной обмуровкой, находящегося в холодном состоянии, составляет около 3 ч. При этом растопка и прогрев котла до начала подъема давления должны вестись не менее 1,5 ч. Время растопки котлов в облегченной обмуровке может быть сокращено до 1 ч.

При подъеме давления пара проводятся те же операции, которые указаны при растопке котла, работающего на твердом топливе.

При отсутствии постороннего источника пара в процессе растопки котлов, оборудованных устройством для обогрева нижнего барабана, для равномерного прогрева элементов котла его следует периодически продувать.

При наличии воздухоподогревателя машинист через 20 мин после включения дымососа при достижении температуры газов за воздухоподогревателем не менее 140 °С должен включить дутьевой вентилятор во избежание сильного охлаждения стенок труб и появления коррозии [58].

Порядок продувки нижних коллекторов и барабана котла при растопке, включении пароперегревателя, экономайзера и воздухоподогревателя, приборов и устройств автоматики безопасности и автоматики регулирования подробно излагается в эксплуатационной инструкции на каждый тип котла и тип автоматического устройства. Чтобы не возникло взрыва газовоздушной смеси при растопке котла, запрещается: зажигать газовый факел от соседней горелки или кладки; находиться против растопочных люков (гляделок); зажигать огонь, включать электрические приборы и электродвигатели, если чувствуется в помещении запах газа.

2.4. ВКЛЮЧЕНИЕ СТАЦИОНАРНОГО ПАРОВОГО КОТЛА В РАБОТУ

Подготавливая растопленный котел для включения в общую паровую магистраль, давление пара в нем поднимают до значения, на 0,02—0,05 МПа (0,2—0,5 кгс/см^2) меньшего, чем давление в паропроводе, чтобы исключить вскипание и заброс воды в паропровод, которые возможны при большом давлении в котле. Перед включением котла в паропровод закрывают вентиль на линии рециркуляции экономайзера. За 25—30 мин до подключения котла для тщательного прогрева паропровода и выпуска из него воды и во избежание гидравлических ударов необходимо открыть все дренажные вентили и конденсационные горшки. Еще раз продувают водоуказательные стекла и проверяют уровень воды в котле. Проверяют исправность действия предохранительных клапанов, питательных устройств и манометров.

После проверки и включения автоматики безопасности, сигнализаторов и аппаратуры автоматического управления котлом при ослабленном горении медленно и осторожно на $^1/_8$ оборота открывают паровой вентиль. При этом в паропроводе должен быть слышен шум пара. Как только шум прекратится, открывают вентиль еще на $^1/_8$ оборота и так по мере прогревания паропровода

постепенно увеличивают открытие главного парозапорного вентиля на котле с таким расчетом, чтобы к концу прогрева главного паропровода парозапорный вентиль на котле был полностью открыт.

После открытия вентиля до отказа следует повернуть его маховичок на полоборота в обратную сторону для предотвращения заедания в результате теплового расширения. При прогреве необходимо следить за исправностью паропровода, компенсаторов, опор и подвесок, а также за правильностью расширения паропроводов.

После включения котла в паровую магистраль машинист обязан еще раз проверить исправность действия арматуры и уровень воды в котле. При наличии сниженного указателя уровня воды правильность его показаний проверяется по водоуказательным стеклам прямого действия. Когда начинается отбор пара от котла, включают экономайзер в поток газов, усиливают тягу, дутье и горение в топке и постепенно повышают нагрузку котла. По мере повышения нагрузки продувка пароперегревателя уменьшается и при достижении нагрузки, близкой к 50 %, полностью прекращается.

После включения котла в работу его переводят на автоматическое регулирование питания водой и регулируют непрерывную продувку и подачу фосфатов согласно указаниям химика. Если при включении котла в работу будут замечены ненормальности (гидравлические удары или толчки паропровода), необходимо закрыть парозапорный вентиль на котле, уменьшить форсировку топки и усилить продувку паропровода и пароперегревателя (при его наличии на котле) до устранения дефектов. После тщательной продувки и прогрева паропровода пуск котла в работу повторяют сначала.

Работа котла с неисправными арматурой, питательными приборами, автоматикой безопасности и средствами противоаварийной защиты и сигнализации запрещается. Время включения котла в паропровод записывают в сменный журнал.

2.5. УХОД ЗА СТАЦИОНАРНЫМ ПАРОВЫМ КОТЛОМ ВО ВРЕМЯ РАБОТЫ

Во время работы парового котла машинист обязан:
следить за уровнем воды в котле;
следить за давлением топлива после регулирующего

клапана, не допуская отклонения его от пределов, указанных в режимной карте;

поддерживать заданное давление пара в котле, не допуская перехода стрелки манометра за отметку наивысшего рабочего давления;

наблюдать за работой всего вспомогательного оборудования котельной, дымососов и вентиляторов, обеспечивая нормальную смазку и охлаждение подшипников;

следить за плотностью воздушного тракта, обмуровки, газовых перегородок, состоянием поверхностей нагрева;

производить проверку исправности действия предохранительных клапанов, манометров, водоуказательных приборов продувкой в соответствии с эксплуатационной инструкцией;

строго соблюдать инструкцию по поддержанию водного режима, режима продувок и обдувок поверхностей нагрева;

строго выполнять правила техники безопасности Госгортехнадзора СССР, а также вести регулярный учет работы котлов в сменном журнале, производя в нем необходимые записи;

вести топочный режим в соответствии с показаниями контрольно-измерительных приборов и режимной картой, не допуская работы топки с химической неполнотой сгорания топлива.

Машинист должен знать, что недостаток и избыток воздуха в топке вызывают большие потери теплоты. Потери от химической неполноты сгорания могут достигнуть 8 % и более. Поэтому надо уметь различать по виду факела (по его длине и окраске), когда топка работает с недостатком воздуха, а когда с избытком.

Для полного сгорания топлива в камерных топках следует: поддерживать температуру в топке достаточно высокой (1000—1200 °С); вводить в топку достаточное для сжигания количество воздуха; хорошо и тонко распыливать жидкое топливо, обеспечивая подвод всего расходуемого воздуха к корню факела; обеспечивать перемешивание газообразного и твердого топлива в пылевидном состоянии с воздухом.

Во время работы котлов с перегревателем, экономайзером машинист обязан поддерживать температуру перегретого пара и температуру воды на выходе из экономайзера, не допуская повышения ее сверх установленного предела.

Если температура пара поднялась выше нормальной, часть дымовых газов направляют мимо перегревателя (если это возможно) или понижают температуру дымовых газов перед ним. Для этого обдувают трубы экранов (трубы перегревателя не обдувают), уменьшают избыток воздуха и нагрузку котла. Наоборот, при понижении температуры перегретого пара увеличивают обдувку труб перегревателя и по возможности повышают нагрузку котла.

При работе котла на твердом топливе забрасывание топлива на колосниковую решетку ручной топки следует производить небольшими, желательно равномерными порциями и в равные отрезки времени по мере прогорания топлива. Толщина слоя топлива на колосниковой решетке должна соответствовать его марке.

Давление воздуха под колосниками поддерживают в следующих пределах, Па (мм вод. ст.) [17]:

Дрова	40—150 (4—15)
Торф	200—300 (20—30)
Каменный уголь	300—800 (30—80)
Антрацит (рядовой)	600—800 (60—80)

Для предотвращения попадания в топку избыточного воздуха загрузочные топочные дверцы должны быть всегда закрыты, а при забрасывании топлива необходимо как можно меньше держать их открытыми. Регулировать работу топки следует с помощью тяги и дутья, но не частым забрасыванием топлива или увеличением его порций.

Пламя топлива должно быть светло-соломенного цвета, равномерное по высоте, и без слепяще-белых и потемневших (завалены) мест, которые характеризуются появлением на них голубых огоньков, указывающих на химический недожог топлива, что является следствием недостаточного поступления воздуха. Более тонкие слои топлива подвержены так называемым прогарам, так как в эти места из-за меньшего сопротивления поступает большее количество воздуха. Поэтому надо стремиться, чтобы толщина слоя топлива по всему полотну колосниковой решетки была одинаковой. Устранять прогары необходимо заполнением их небольшими порциями свежего топлива, но ни в коем случае нельзя их заваливать. Прогары можно также аккуратно заполнять путем перемещения поверхностного слоя топлива с других, более утолщенных мест. При этом не следует допускать подрезки нижних слоев топлива, так как шуровка путем

вскрытия нижних слоев ведет к недожогам и механическим потерям топлива.

При правильном ведении режима в ручных топках коэффициент избытка воздуха имеет следующие значения [17]:

При сжигании:	
бурых углей	1,3—1,4
сортированных антрацитов (АС, АМ, АО)	1,25—1,3
антрацита АРШ	1,45—1,5
дров, торфа, щепы	1,25—1,3

При сжигании бурых и каменных углей необходимо топливо загрузить горкой или грядкой для полного сгорания выделяющихся летучих горючих газов. При загрузке горкой топливо забрасывается на переднюю часть колосниковой решетки; летучие газы протекают над раскаленным слоем, встречаются с нагретым воздухом, проходящим через раскаленный слой части решетки, и полностью сгорают. Этот способ применим для внутренних топок. Если топливо загружать грядкой, то уголь поочередно забрасывают на правую, а затем левую половину решетки; летучие газы выделяются с одной стороны, а воздух для горения проходит через другую половину. Заброску топлива производят только по прогоревшим местам.

При сжигании спекающихся углей рекомендуется после окончания выделения летучих газов спекшийся слой разломать резаком, не допуская при этом, смешивания топлива с золой и шлаком.

В процессе эксплуатации топки с чешуйчатой цепной решеткой прямого хода при сжигании сортированных антрацитов марок АС и АМ необходимо следить за равномерным поступлением топлива по всей ширине решетки, отсутствием завалов и прогаров. Скорость движения полотна решетки следует выбирать с таким расчетом, чтобы активное горение заканчивалось в начале последней шлаковой зоны. Для изменения форсировки топки при постоянной толщине слоя топлива в общем случае плавно и постепенно регулируют скорость движения решетки, дутье и тягу. Вследствие большой тепловой инерции топки для кратковременного увеличения производительности котла достаточно увеличить подачу воздуха и соответственно отрегулировать тягу. Это приводит к более быстрому догоранию топлива и увеличению длины шлаковой зоны на полотне решетки. При длительном увели-

чении производительности котла необходимо увеличить скорость движения цепной решетки, количество подаваемого воздуха, отрегулировать соответственно тягу.

В зависимости от фракционного состава и качества топлива (зольность, влажность, температура плавления золы), а также форсировки топки в первую зону (по направлению решетки) воздух подается в небольшом количестве (около 10 %) или совсем не подается. В последнюю зону при пониженных форсировках топки подается 5—10 % воздуха, а при повышенных —20 %. Основное количество воздуха (70—80 %) подается в зоны активного горения (вторая и третья зоны). Разрежение в верхней части топки поддерживается постоянным, равным 20—30 Па (2—3 мм вод. ст.), давление воздуха под решеткой — около 1000 Па (100 мм вод. ст.).

При резком повышении давления пара в котле необходимо выключить питатели топлива на всех забрасывателях, уменьшить до минимума подачу воздуха направляющим аппаратом вентилятора, отрегулировать разрежение в топке, снизить скорость движения решетки до минимальной. Необходимо помнить, что полная остановка решетки, во избежание перегрева колосникового полотна, может производиться только на короткое время.

Для сжигания топлив с большим содержанием мелочи (до 60 % частиц размером 0—6 мм) применяются цепные решетки прямого (решетка движется от фронтовой к задней стенке топки) или обратного (решетка движется от задней к фронтовой стенке топки) хода с пневмомеханическими забрасывателями. При нормальной работе обслуживание топки заключается в регулировании подачи топлива, правильном распределении воздуха по зонам и поддержании разрежения в верхней части топки. Скорость движения колосникового полотна необходимо установить так, чтобы толщина слоя сбрасываемого шлака составляла 80—120 мм. Меньшая толщина слоя шлака рекомендуется при работе на углях спекающихся или с легкоплавкой золой.

В процессе эксплуатации цепных решеток встречаются следующие неполадки: перегрев колосников; повреждение нижних коллекторов экранов, являющихся панелями решетки; повреждение подшипников и шеек валов решетки; обгорание контактных уплотнителей и боковых держателей; коробление передней части решетки; задевание подвижной частью решетки неподвижных частей.

В зависимости от температуры начала жидкоплавкого состояния золы различают угли с легкоплавкой золой (при температуре ниже 1350 °С), с золой средней плавкости (1350—1450 °С) и с тугоплавкой золой (выше 1450 °С).

Время работы котла между чистками колосниковой решетки от шлака зависит от зольности угля и загрузки топки. При наличии дутьевых устройств периоды между чистками удлиняются, так как принудительное дутье способствует замедлению нарастания шлакового слоя. Перед чисткой топки необходимо закрыть дверцы шлаковой ванны и убавить до минимума тягу. После этого горящий слой топлива сгребают на одну из сторон колосниковой решетки, а освободившуюся часть очищают от шлака. Затем на очищенную часть решетки перемещают горящее топливо и чистят вторую половину. После чистки слой горящего топлива равномерно разравнивают по всей колосниковой решетке, открывают дверцы шлаковой ванны и постепенно увеличивают тягу, забрасывают свежее топливо, добиваются нормального горения, восстанавливают рабочий режим. Однако после чистки топки в течение 20—40 мин не следует форсировать горение. Это время необходимо для накопления шлака и образования шлаковой подушки, которая нужна для предотвращения перегрева и коробления колосников от действия высокой температуры. Создание шлаковой подушки особенно важно при сжигании антрацита, выделяющего при горении много теплоты. Колосники также могут перегореть от недостаточного поступления воздуха через них, так как в этом случае не будут в достаточной мере охлаждаться даже при невысокой температуре горения топлива.

При чистке топки и забросе антрацита дутье не выключают, а уменьшают, так как остановка дутья приводит к уплотнению и оплавлению шлака, что ухудшает процесс горения.

При работе котла на жидком топливе машинист должен следить за устойчивостью факела; состоянием форсунок, чтобы топливо полностью сгорало и не стекало по стенкам топки и не было пропуска мазута через неработающие форсунки, а также неплотности мазутопровода; исправностью топливных насосов, фильтров, температурой топлива и своевременным сливом из расходных баков отстоявшейся воды; нагрузкой котла, осуществляя

изменение давления мазута вентилем перед форсунками или изменение числа работающих форсунок.

Для повышения давления в котле необходимо усилить тягу и прибавить дутье, а затем увеличить количество распыливающего пара (в паровых форсунках) и подачу мазута.

При снижении нагрузки сначала необходимо уменьшить подачу мазута, а затем при работе на паровых форсунках снизить расход распыливающего пара, убавить дутье и, наконец, уменьшить тягу.

Горение регулируют так, чтобы: факел равномерно заполнял всю топочную камеру, не затягивался за перегородку в камеру догорания и не ударялся в трубы заднего и боковых экранов; конец факела был чистым и не имел потемнения и дымных полос. Потемнение его указывает на появление химического недожога.

Ослепительно белый цвет пламени в топке указывает на большой избыток воздуха, поэтому уменьшают расход пара или увеличивают подачу мазута в форсунку. При недостатке воздуха и пара горение в топке неполное, дым из трубы черный — при этом увеличивают подачу пара или уменьшают количество подаваемого мазута. Наличие черных полос в конце факела свидетельствует о засорении паровых форсунок, поэтому их надо продувать паром не реже 1 раза в смену. Если дым из трубы выходит слабо-серым, а факел светло-соломенного цвета, то это указывает на нормальное, правильно отрегулированное горение мазута.

Экономичность сжигания мазута зависит от качества распыливания его и правильного подвода воздуха. При грубом распыливании у корня факела появляются летящие и горящие на лету крупные капли мазута, факел удлиняется, при тонком — факел чистый, яркий и полупрозрачный. Тонкость распыливания мазута в паровых форсунках зависит от количества и давления распыливающего пара, вязкости мазута и размера паровой щели (увеличение его приводит к грубому распыливанию и повышению расхода пара), а в механических форсунках — от давления и температуры мазута, точности установки и сборки форсунок.

Паромеханические форсунки обеспечивают удовлетворительное распыливание мазута в диапазоне изменения мощности форсунок от 20 до 100 % и имеют расход пара 0,02—0,03 кг пара на 1 кг мазута.

Давление мазута перед форсункой в зависимости от ее номинальной мощности выбирается от 1,3 до 3,5 МПа (от 13 до 35 кгс/см²). Для механических и паромеханических форсунок вязкость мазута рекомендуется поддерживать 2,5° ВУ, для пневматических — не более 6° ВУ и ротационных — не более 8° ВУ. Рекомендуется подогревать мазут марки 40 до 115 °С, а марки 100 — до 130 °С при применении механических и паромеханических форсунок; до 90 и 110 °С соответственно пневматических и до 80 и 95 °С соответственно ротационных форсунок [23].

При сжигании высокосернистых мазутов в связи с загрязнением воздушного бассейна и коррозией хвостовых поверхностей нагрева важное значение приобретает коэффициент избытка воздуха. Избыток воздуха в топке в зависимости от качества мазута и регистров поддерживается в пределах 1,05—1,15.

В период работы форсунок может произойти нарушение процесса горения: погасание факела из-за поступления обводненного и плохо подогретого мазута; нарушения в работе мазутных насосов; засорение фильтров; засорение сопл форсунок; шлакование амбразур, коробление и неправильная работа регистров и т. п.

При работе мазутных форсунок не допускается касание амбразуры корнем факела и появление коксовых наростов на амбразурах.

Касание факелом стенок амбразуры устраняют регулированием подачи воздуха и мазута, а при необходимости заменяют форсунку. Не реже одного раза в смену осматривают работающие форсунки и при необходимости их заменяют. При шлаковании амбразур их по возможности очищают.

При работе котла на газе повышение нагрузки производится постепенным и поочередным увеличением подачи газа, воздуха с соответствующим регулированием тяги. При уменьшении нагрузки котла необходимо убавить подачу воздуха, а затем газа и после этого регулировать тягу.

При нормальном горении газовый факел заполняет равномерно всю топочную камеру и имеет голубовато-синий с фиолетовым на концах цвет; если пламя вытянутое и имеет темно-желтую окраску, то значит, недостает воздуха. Если пламя короткое и имеет ослепительно белую окраску, это говорит о большом избытке воздуха. Лучше всего о процессе горения судить по приборам и

анализам уходящих газов, которые показывают содержание в них кислорода и углекислого газа.

Давление газа перед горелками типа ГМГ принимают 1,5—3,5 кПа (150—350 кгс/м²) в зависимости от тепловой мощности горелки, а минимально допустимое давление газа 1,5 кПа (15 кгс/м²).

Давление воздуха перед регулирующим шибером воздуховода в горелках ГМГ принимают равным 0,4—1,2 кПа (40—120 кгс/м²). Горелки ГМГ обеспечивают полноту сгорания газа при коэффициенте расхода воздуха 1,05 [22].

Регулировать работу котлов можно двумя способами: изменением тепловой мощности всех горелок, установленных в топке; отключением части горелок, если необходимое снижение давления газа перед горелками не может быть допущено по условиям надежности или экономичности.

Расположение оставшихся в работе горелок должно быть симметрично относительно топки. Воздушные заслонки отключенных горелок должны быть плотно закрыты. Выключение части горелок возможно, если количество их больше двух. На протекание процесса горения значительное влияние оказывает постоянство давления газа и воздуха и состояние горелок.

С целью предупреждения проскока пламени в горелке машинист обязан:

не допускать снижение давления газа (недогрузки) во время работы горелок против предусмотренного режимной картой;

гасить горелки, уменьшая их нагрузку до минимально допустимой режимной картой, до полного прекращения подачи газа, а затем прекратить поступление первичного воздуха;

уменьшать разрежение в топке котла медленно и осторожно, наблюдая за состоянием и работой горелки;

не допускать работы горелок с частичным смешением газа с воздухом, с повышенной подачей первичного воздуха, так как при этом обедняется газовоздушная смесь и повышается скорость распространения пламени;

не допускать работы горелок с поврежденными краями выходных отверстий, охлаждаемых воздухом или водой.

Для предупреждения отрыва пламени от горелок машинисту необходимо:

не допускать при работе горелок избытка первичного воздуха или большой скорости газовоздушной смеси на выходе (гудение и шум);

увеличивать количество подаваемого первичного воздуха и газа в горелки попеременно малыми порциями медленным открытием запорных устройств (задвижек, кранов, клапанов), это необходимо делать до полной нагрузки горелок только при разогреве огнеупорной части топки до красного каления; при разрушении огнеупоров, способствующих устойчивости пламени, горелки следует выключить;

не увеличивать резко тягу в топке, особенно при обслуживании инжекционных горелок низкого давления.

В случае проскока или отрыва пламени следует быстро прекратить подачу газа в горелку, закрыв рабочую и контрольную задвижки, и открыть кран продувочной свечи.

Особую опасность представляет не замеченный обслуживающим персоналом отрыв пламени от горелки, так как в результате этого произойдет загазовывание топки газовоздушной смесью, а затем от случайной искры, неправильного действия персонала может произойти взрыв.

Следует твердо помнить: запрещается оставлять котел без постоянного наблюдения со стороны обслуживающего персонала до прекращения горения топлива и полного снижения давления в котле до нуля; не допускается сброс газа и мазута в неработающую топку.

2.6. ОСТАНОВКА СТАЦИОНАРНОГО ПАРОВОГО КОТЛА НА КОРОТКОЕ ВРЕМЯ

Различают нормальную остановку котла (в горячий или холодный резерв) и аварийную. Нормальная остановка котла производится по графику или письменному распоряжению администрации котельной.

При нормальной остановке котла постепенно снижают его нагрузку, выключают автоматический регулятор питания (если он имеется) и, перейдя на ручное регулирование, подпитывают котел водой до уровня немного выше среднего рабочего положения.

При остановке котла, работающего на газообразном топливе с принудительной подачей воздуха, постепенно уменьшают давление газа у горелок до минимального,

допускаемого местной инструкцией, поочередным в несколько приемов уменьшением количества воздуха и газа. После этого быстро закрывают воздушную шайбу (у инжекционных горелок) и одновременно кран на газопроводе перед горелкой. При остановке котла с инжекционными горелками ИГК воздушные шайбы закрывают только после остывания футеровки топки, чтобы обеспечить просасывание воздуха через пластины стабилизатора и предохранить их от перегрева и коробления. При смесительных (дутьевых) горелках тем же порядком уменьшают подачу воздуха и газа, а затем быстро полностью перекрывают воздух и газ, чтобы не допустить проскока пламени в горелку и предотвратить выход газа через горелку в топку без подвода необходимого для его сгорания воздуха.

После погасания всех горелок закрывают контрольную задвижку и задвижку перед котлом и открывают краны на продувочных и сбросных линиях. Через 8 мин после прекращения горения останавливают вентилятор, а через 10 мин — дымосос. Через 15—30 мин после остановки дымососа, когда топка несколько охладится, шиберы перед дымососом и все заслонки на воздухопроводе закрывают.

Остановку газифицированных котлов с автоматикой регулирования процесса горения и автоматикой безопасности производят в соответствии с производственной инструкцией.

При остановке мазутной топки прекращают подачу топлива к форсункам, а затем пара или воздуха (у паровых или воздушных форсунок). После этого форсунки отводят из топки (если позволяет конструкция), прекращают подачу воздуха через воздушные топочные регистры, отключают отвод мазутопровода к данному котлу, останавливают мазутный насос, вентилируют топку и газоходы. Через 5 мин после отключения форсунок останавливают дутьевой вентилятор, а через 10 мин — дымосос.

При слоевых топках прекращают подачу топлива, дают возможность прогореть топливу на колосниковой решетке, затем прекращают тягу, закрывают дымовую заслонку, топочные и поддувальные дверцы, а при механической подаче топлива тягу прекращают после охлаждения решетки. При топках с молотковыми мельницами выключают питатели топлива, прекращают подачу в

мельницы воздуха и их останавливают, соответственно уменьшают, а затем прекращают подачу вторичного воздуха и тягу.

После полного прекращения горения топлива и отбора пара следят по водоуказательным стеклам за уровнем воды в котле, отключают котел от общего паропровода. Предварительно открывают (на 0,5—1 оборот) клапан на продувочной линии перегревателя (при его наличии) во избежание повышения температуры стенок труб, а затем отключают котел от паропровода перегретого пара. После отключения котла от общего паропровода (в случае повышения давления) пар некоторое время отводят в линию собственных нужд, а при снижении давления котел отключают от общего паропровода насыщенного пара.

При наличии обводного газохода экономайзера его заслонки открывают, а заслонки прямого хода закрывают. Подпитку котла водой продолжают через экономайзер. В неотключаемых экономайзерах при наличии трубопровода рециркуляции открывают ее вентиль. Особое внимание обслуживающий персонал котельной должен уделить процессу охлаждения котла. Охлаждение котла должно вестись медленно, за счет естественного остывания, при этом дверцы, лючки и лазы топки и котла не открывают в течение 4—6 ч после его остановки. Воздух в топку поступает через всасывающее отверстие дутьевого вентилятора и открытые направляющий аппарат и воздушные заслонки на воздушном тракте, при естественной тяге — в обход дымососа или через него, при открытых направляющем аппарате и заслонках.

При неформированном охлаждении котла после отключения его от паропроводов производят шламовую продувку. Через 4—6 ч продувку можно повторить.

Длительность расхолаживания котла должна указываться в производственной инструкции.

Если котел остановлен для проведения срочного ремонта, через 8—10 ч можно включить дымосос и усилить вентиляцию газоходов, приоткрыв топочные дверцы.

Спуск воды из котла, если необходимо, производится после остывания обмуровки, падения давления пара до нуля и снижения температуры котловой воды до 70—80 °С.

Как правило, спуск воды производится через 24—30 ч после остановки котла. Спуск воды надо вести мед-

ленно, при приподнятом предохранительном клапане или открытых воздушных вентилях.

При остановке котла в горячий резерв котел отключают от паропроводов перегретого и насыщенного пара, воду из него не спускают, а поддерживают на верхнем допустимом уровне. Режим горячего резерва котла устанавливается распоряжением начальника или заведующего котельной.

Существуют два основных метода содержания котлов в горячем резерве.

1. После прекращения работы топки с молотковыми мельницами тщательно уплотняют котел, с прикрытием тяги, воздушных регистров, продувок. В случае снижения давления в котле до заданного, например 50 % номинального, необходимо произвести кратковременную подтопку с продувкой перегревателя, подпитку водой и повышение давления до номинального, после чего прекращают работу топки и уплотняют котел.

При слоевом сжигании топлива из-за необходимости охлаждения колосников и перегревателя указанный режим не рекомендуется.

2. Поддерживают заданное давление в котле и горение в топке при минимальной тяге, без искусственного дутья, с минимально необходимой продувкой перегревателя и подпиткой водой котла. Цепные решетки периодически пускают на малой скорости.

Котел, находящийся в горячем резерве, должен быть под постоянным наблюдением обслуживающего персонала.

Остановив котел в холодный резерв, следует из перегревателя удалить воду. При остановке котла в холодный резерв на длительное время обязательна его консервация.

2.7. АВАРИЙНАЯ ОСТАНОВКА СТАЦИОНАРНОГО ПАРОВОГО КОТЛА

Основными причинами аварий при эксплуатации паровых котлов являются: упуск воды, превышение давления, нарушение водного режима, дефекты изготовления и ремонта. Анализ причин аварий показывает, что они являются следствием неудовлетворительного надзора за эксплуатацией паровых котлов со стороны администрации предприятий, недостаточной квалификации рабочих,

обслуживающих котлы, и низкой трудовой дисциплины.

Аварии, вызванные упуском воды, происходят из-за того, что машинисты оставляют работающие котлы без надзора (уход из котельной, сон во время дежурства) или в результате неправильных действий машинистов при обслуживании котла.

В отдельных случаях последствия аварий усугублялись неправильными действиями машинистов, производящих питание котла водой после обнаружения упуска воды.

Основной причиной аварий, связанных с превышением давления в котле выше допустимого, является работа котлов с неисправными и неотрегулированными предохранительными клапанами (или отключенными с помощью заглушек, или заклиненными) и неисправными манометрами.

Применение воды с повышенной жесткостью для питания котлов влечет за собой образование накипи, перерасход топлива и увеличение расходов на ремонт и чистку котлов. Известно, что накипеобразование может привести к аварии котла из-за пережога металла поверхностей нагрева и барабанов котла. Поэтому правильный водный режим следует рассматривать не только с точки зрения повышения экономичности котельной установки, но и как важнейшее профилактическое мероприятие по борьбе с аварийностью.

Аварии паровых котлов происходят редко, но в отдельных случаях они сопровождаются травмированием людей, вызывают разрушение зданий и наносят значительный материальный ущерб.

Котел следует остановить немедленно в аварийных случаях, если:

давление поднимается выше разрешенного (более чем на 10 %) и продолжает расти, несмотря на прекращение подачи топлива и уменьшение тяги и дутья и усиленное питание его водой;

произошел упуск воды из котла (в этом случае подпитка котла водой категорически запрещается);

уровень воды в котле быстро понижается, несмотря на усиленное питание его водой;

уровень воды поднялся выше верхней кромки водоуказательного стекла (или выше верхнего водопробного крана) и продувкой котла не удается быстро снизить его;

не действуют все питательные устройства; не работают все водоуказательные приборы или 50 % предохранительных клапанов;

в основных элементах котла (барабане, коллекторе, камере, огневой коробке, кожухе топки, трубной решетке и т. п.) обнаружены трещины, выпучины, неплотность сварных швов, разрыв труб, обрыв двух и более находящихся рядом связей;

расплавлена контрольная пробка;

повреждены элементы котла или обмуровки, создающие опасность для обслуживающего персонала;

прекращена подача электроэнергии при искусственной тяге;

возник пожар в котельной.

Аварийными условиями, связанными со сжиганием газового и жидкого топлива, при которых котел должен быть остановлен действием технологических защит или обслуживающим персоналом являются: взрыв газовоздушной смеси в топке котла или газоходах; самопроизвольное погасание факела в топке; отключение всех дымососов (для котлов с уравновешенной тягой) или вентиляторов; отключение всех регенеративных воздухоподогревателей; резкое понижение или повышение давления газа после регулирующего клапана относительно заданных значений (при работе на газе); понижение давления мазута в коллекторе за регулирующим клапаном ниже заданного значения (при работе на мазуте); потеря напряжения на устройствах дистанционного и автоматического управления, а также на всех контрольно-измерительных приборах; загазованность помещения котельной; прекращение подачи топлива.

При необходимости аварийной остановки машинист должен действовать четко и быстро со знанием последовательности выполняемых им операций: срочно прекратить подачу топлива и воздуха в топку, а при твердом топливе загрузку топлива, резко ослабить тягу и удалить горящее топливо из топки.

В исключительных случаях при невозможности быстрого удаления топлива из топки горящее топливо заливается водой, при этом особое внимание машиниста должно быть обращено на то, чтобы струя воды не попала на стенки топки котла и обмуровку. При работе на газовом топливе следует быстро закрыть задвижку или

кран на газопроводе к котлу, а затем у каждой горелки открыть продувочные свечи и свечи «безопасности». При аварийной остановке всех котлов закрывается задвижка на вводе газопровода в котельную. При работе котла на мазуте закрыть вентили мазутопровода на форсунки, а затем закрыть регистр воздухонаправляющих устройств и вынуть форсунки из топки.

После прекращения горения в топке открыть на некоторое время дымовую заслонку, при наличии пароперегревателя — немедленно открыть его продувку и отключить от общего паропровода перегретого пара; в ручных топках — открыть топочные дверцы. Необходимо отключить котел от паропровода насыщенного пара, если в этот паропровод поступает пар также от других котлов, выпустить пар через приподнятые предохранительные клапаны, кроме случаев перепитки котла и прекращения действия всех питательных устройств. Если аварийная остановка котла произведена не по причине упуска воды или отказа в работе питательных приборов, можно подпитывать котел водой.

Если аварийная остановка производится из-за упуска воды, т. е. при снижении уровня воды в котле ниже нижнего уровня при нормальном давлении в питательной линии, необходимо: убедиться в исправности водоуказательных стекол и проверить исправность работы питательного насоса; проверить отсутствие течи в швах, трубках, люках; закрыть вентиль непрерывной продувки и проверить плотность всех продувочных и спускных вентилей котла. Если уровень воды продолжает снижаться до нижней кромки водоуказательного стекла, машинист обязан подготовиться к остановке котла. При дальнейшем снижении уровня, когда он стал невидимым в стекле, прекратить подачу топлива, остановить дымосос, вентилятор и прикрыть шибер за котлом.

Аварийная остановка котла из-за его перепитки водой выше верхнего указателя на водоуказательном стекле производится после продувки водоуказательных стекол, проверки правильности их показаний, выяснения причин повышения уровня воды в котле. Если уровень продолжает подниматься, необходимо прекратить подачу воды в котел, осторожно произвести продувку, следя при этом за уровнем воды в стекле. После его снижения закрыть продувочные вентили. Если уровень воды опять поднялся за верхнюю кромку водоуказательного стекла,

необходимо прекратить подачу топлива, остановить вентилятор и дымосос и прикрыть шибер за котлом.

Если произошел разрыв кипятильных или экранных труб, что легко обнаружить по шуму вытекающей пароводяной смеси в топку или газоход, выбросу пламени или газов через дверцы, гляделки, лючки, падению давления пара в котле, снижению уровня воды в водоуказательном стекле, машинист должен прекратить подачу топлива в топку и остановить вентилятор. Если уровень воды в водоуказательных стеклах остается видимым, следует пустить резервный питательный насос, выключив при этом автоматический регулятор питания, и перейти на ручное регулирование. Если же уровень воды не виден в водоуказательном стекле, то питание котла прекратить, отключить котел от паровой магистрали, а дымосос остановить тогда, когда основное количество пара выйдет из котла.

Обслуживающий персонал обязан сообщить начальнику котельной или лицу, его заменяющему, об аварийной остановке котла, а время и причины остановки — записать в сменном журнале. Меры предупреждения аварий и неполадок подробно излагаются в местной противоаварийной инструкции.

2.8. ОСОБЕННОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ СТАЦИОНАРНЫХ ВОДОГРЕЙНЫХ КОТЛОВ

Особенностью водогрейных котлов является работа их при постоянном расходе сетевой воды и включении непосредственно в тепловую сеть. Нагрузка котлов регулируется изменением температуры входящей и выходящей воды путем изменения форсировки топки.

Номинальная теплопроизводительность котла — это наибольшая теплопроизводительность, которую котел должен обеспечивать в длительной эксплуатации при номинальных значениях параметров с учетом допускаемых отклонений.

Пуск и обслуживание водогрейных котлов во время работы несколько отличается по эксплуатации паровых котлов. Поэтому машинист должен уметь эксплуатировать водогрейные котлы, знать специфику их работы и обслуживание.

Каждый котел для нагрева воды под давлением оборудуется следующей запорной и регулирующей армату-

рой и предохранительными устройствами. На линиях входа в котел и выхода горячей воды из котла устанавливаются задвижки или вентили. Если в котельной установлен только один котел с нагревом воды до 115 °С, тогда установка запорных устройств на входе и выходе воды из котла не обязательна. У каждого котла, подключенного к общей магистрали горячей воды, на подводящем и отводящем трубопроводах устанавливают по одному вентилю или задвижке.

Запорные устройства устанавливают также для удаления воды из котла на случай ремонта или очистки от накипи и других загрязнений в нижней его части и в местах возможного скопления воздуха. На котлах с номинальной теплопроизводительностью менее 4,5 МВт (3,9 Гкал/ч) и с принудительной циркуляцией для предотвращения резкого повышения давления и температуры воды в котле при случайной остановке циркуляционных насосов необходимо на трубопроводе (или коллекторе) отвода горячей воды из котла до запорного устройства врезать патрубок с внутренним диаметром не менее 50 мм с вентилем или задвижкой для сброса воды в водосток.

Для контроля давления воды в котле, в системе центрального отопления и контроля за работой насосов устанавливают манометры: один из них—на котле или между ним и запорным устройством (на трубопроводе горячей воды), второй — на линии питательной воды, в пределах котельной или на общей магистрали обратной воды. Если котел работает с принудительной циркуляцией воды, тогда кроме манометров на каждом котле устанавливают дополнительно один манометр на всасывающей линии перед насосом и один на нагнетательной линии после циркуляционного насоса. При этом манометры обязательно располагаются на одном уровне по высоте. Для котлов номинальной теплопроизводительностью не более 5,8 МВт (5 Гкал/ч) обязательна установка регистрирующего манометра.

При работе котлов постоянно встречается необходимость в температурном контроле процесса горения, подпиточной и сетевой воды и других рабочих сред. Этот контроль осуществляется приборами для измерения температуры: ртутными термометрами и термометрами сопротивления, термоэлектрическими пирометрами и термопарами.

Под номинальной температурой горячей воды в котле принимается температура горячей воды, которая должна обеспечиваться на выходе из водогрейного котла при номинальной производительности с учетом допускаемых отклонений. На патрубках входа воды в котел и выхода воды из котла устанавливаются термометры для измерения температуры воды. На линии горячей воды их устанавливают между котлом и задвижкой, а при установке в котельной более двух котлов термометр устанавливается также на общих магистралях горячей и обратной воды. Тогда в этом случае установка их на входе воды в каждый котел не обязательна.

При работе котлов на жидком топливе на топливопроводе устанавливается термометр для измерения температуры топлива перед форсунками.

В котлах с номинальной теплопроизводительностью более 1,16 МВт (1 Гкал/ч) прибор для измерения температуры, установленный на выходе из котла, должен быть регистрирующим.

Для предупреждения повышения давления воды выше рабочего каждый котел оборудуется предохранительными устройствами.

В качестве предохранительных устройств на всех котлах номинальной теплопроизводительностью выше 0,4 МВт (0,34 Гкал/ч) устанавливается не менее двух независимых друг от друга предохранительных клапанов с минимальным диаметром 38 мм, на котлах с номинальной теплопроизводительностью менее 0,4 МВт (0,34 Гкал/ч) — один предохранительный клапан. Регулировка предохранительных клапанов производится так, чтобы давление в котле не могло подниматься более чем на 0,019 МПа (0,2 кгс/см^2) сверх суммарного давления, получающегося от статического и динамического напоров.

В котлах с нагревом воды до 115 °С допускается замена одного предохранительного клапана на устройство обводной линии с установкой обратного клапана. Обводная линия задвижки выполняется из труб диаметром не менее 50 мм на выходе горячей воды из котла.

Гидравлическое сопротивление прямоточного водогрейного котла согласно ГОСТ 21563-82 «Котлы водогрейные стационарные. Основные параметры» при сдаче в эксплуатацию при номинальном расходе и температуре воды на выходе из котла 150 °С не должно быть более

0,24 МПа (2,5 кгс/см²) в основном режиме и 0,15 МПа (1,5 кгс/см²) в пиковом. Температура воды на выходе из котла при работе на топливах с приведенным содержанием серы $S \leqslant 0{,}05\ \% \cdot$кг/МДж (0,2 кг/Мкал) должна быть не менее 150 °С на всех нагрузках и режимах. Температура воды на входе в котел должна быть не менее 70 °С независимо от вида топлива.

Растопка водогрейного котла, пускаемого после остановки, может производиться только по письменному распоряжению начальника котельной или лица его заменяющего в соответствии с инструкцией для персонала котельной.

При подготовке котла к растопке обслуживающий персонал проверяет: исправность котла, топки, гарнитуры, арматуры, взрывных предохранительных клапанов (если они имеются) и шибера; наличие и исправность манометров, термометров на котле и отопительной системе, а также наличие масла в гильзах оправки термометров; отсутствие заглушек между фланцами на линии входа и выхода воды из котла, а также между котлом и предохранительными устройствами, на питательной, спускной и продувочных линиях горячей воды; отсутствие в топке, газоходе людей, а также посторонних предметов; заполнение котла водой.

При отсутствии воды в котле после проверки всего оборудования и приборов КИПиА приступают к заполнению водой, для чего открывают задвижку на входе в котел и пробный кран для выпуска воздуха из котла. При появлении воды в пробном кране его необходимо закрыть, а задвижку на линии выхода воды из котла открыть; после включения котла в систему отопления или горячего водоснабжения его следует подпитывать водой. Наполнение системы (котла) водой требует значительного времени, осторожности и внимания.

Наполнение котла следует производить водой с температурой 40—70 °С в течение времени, указанного в распоряжении на растопку.

Во время наполнения котла необходимо проверить плотность люков, фланцев, продувочной арматуры. В случае появления течи следует подтянуть их.

Убедившись в наличии воды в отопительной системе, машинист проверяет действие циркуляционных насосов, дутьевых вентиляторов и дымососов и электродвигате-

лей, пустив каждый на короткое время в работу, достаточность освещения котельного помещения и исправность аварийного освещения.

2.9. НАБЛЮДЕНИЕ ЗА РАБОТОЙ СТАЦИОНАРНОГО ВОДОГРЕЙНОГО КОТЛА

Во время работы водогрейного котла необходимо: поддерживать нормальное давление воды до и после котла, не допуская его выше или ниже разрешенного, температуру воды на выходе из котла; нормальное горение топлива в топке; контролировать работу циркуляционных насосов, дымососов и дутьевых вентиляторов, регулярно производить смазку их подшипников; поддерживать постоянное разрежение в верхней части топки не менее 20 Па (2 мм вод. ст.) при искусственном дутье, регулируя его направляющим устройством дымососа, а при отсутствии такового — шибером; следить за состоянием котла, арматуры, гарнитуры и трубопроводов; производить проверку манометров, предохранительных клапанов; регулярно чистить топку; производить очистку поверхностей нагрева котла от сажи, золы.

Особое внимание следует обращать при работе прямоточных водогрейных котлов с камерным сжиганием топлива на исправность автоматических приборов, прекращающих подачу топлива в топку, а при слоевом сжигании топлива — приборов, отключающих тягодутьевые машины и топливоподающие механизмы топки.

Нельзя допускать работу котлов с большей перегрузкой, или, наоборот, слабо нагруженных. Это ведет к снижению КПД и перерасходу топлива.

Нагрузку котельной по температуре воды следует регулировать изменением производительности не всех, а одного-двух котлов, которые должны обслуживаться наиболее квалифицированным персоналом. Остальные котлы должны работать по возможности на постоянных оптимальных режимах. Обслуживая котлы, следует руководствоваться требованиями эксплуатационных инструкций и режимных карт.

На видном месте в котельной должна быть вывешена таблица зависимости температуры воды в котле от температуры наружного воздуха (табл. 2.1).

Надежная работа водогрейных котлов возможна

Таблица 2.1. **Температура сетевой и обратной воды системы центрального отопления при работе на котлах ПТВМ-50**

Температура наружного воздуха, °С	Температура сетевой воды, °С	Температура обратной воды, °С	Температура наружного воздуха, °С	Температура сетевой воды, °С	Температура обратной воды, °С
+8	65	37	—11	105,1	54,7
+7	65	36,7	—12	107,8	55,7
+6	65	36,4	—13	110,5	56,6
+5	65	36,0	—14	113,2	57,6
+4	69	37,2	—15	115,8	58,5
+3	72,5	38,5	—16	118,5	59,4
+2	76	39,7	—17	121,2	60,9
+1	79,0	41,0	—18	123,8	61,2
0	82	42,5	—19	125,4	62,1
			—20	129,2	63,0
—1	86	43			
—2	88	44,5	—21	131,8	63,2
—3	90	46,6	—22	134,4	64,8
—4	93	47,7	—23	137,0	65,6
—5	95	48,8	—24	139,6	66,5
—6	95	49,8	—25	142,3	67,4
—7	95	50,8	—26	144,9	68,3
—8	97	51,8	—27	147,5	69,2
—9	99,7	52,8	—28	150	70
—10	102,4	53,8			

только при отсутствии закипания воды в обогреваемых трубах.

Полное закипание всей воды, проходящей через котел, возможно только или при снижении расхода ее до предела, при котором вода нагревается выше температуры кипения, или при уменьшении давления воды в котле до значения, при котором соответствующая ему температура кипения будет меньше температуры воды в котле. Оба эти случая являются прямым нарушением нормальной эксплуатации.

Необходимым условием нормальной работы водогрейных котлов является поддержание давления воды в них на уровне, обеспечивающем достаточный недогрев ее до кипения. Выбор этого уровня давления должен производиться из условия недопущения поверхностного кипения с учетом тепловой и гидравлической неравномерностей.

Вследствие неодинаковых перепадов давления на концах параллельно работающих обогреваемых труб расход

воды в некоторых из них может оказаться значительно меньше среднего и стать причиной появления поверхностного кипения.

2.10. АВАРИЙНАЯ ОСТАНОВКА СТАЦИОНАРНОГО ВОДОГРЕЙНОГО КОТЛА

Водогрейный котел должен быть немедленно остановлен и отключен действием защит или обслуживающим персоналом путем прекращения горения в топке в случаях, если: повысились температура воды или давление в котле (несмотря на принимаемые меры — прекращение подачи топлива, уменьшение тяги и дутья и др.); отказали предохранительные устройства; снизилось давление в системе (несмотря на подпитку); отказали в работе насосы и прекращена циркуляция воды; остановился вентилятор или дымосос; обнаружены повреждения котла (повреждена кладка или обмуровка, угрожающая обвалом, или элементы котла и каркаса накалились докрасна; обнаружены трещины, выпучины в основных элементах котла и т. д.); повреждены мазутопроводы или арматура; прекратилась подача жидкого топлива или воздуха; произошел взрыв газов в газоходах котла или загорелась сажа или частицы топлива; появились гидроудары в котле.

Во всех случаях после прекращения горения в топке и снижения температуры воды на выходе из котла до 70 °С следует открыть перепуск воды помимо котла открытием задвижек, после чего котел может быть отключен от теплосети. О причинах и времени аварийной остановки котла необходимо сообщить начальнику котельной и сделать запись в сменном журнале.

2.11. ОБСЛУЖИВАНИЕ ПИТАТЕЛЬНЫХ ПРИБОРОВ, ВСПОМОГАТЕЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ И АРМАТУРЫ

Пуск в работу парового поршневого насоса. Пуск в работу парового насоса начинают с проверки исправности насоса и наличия масла в масленке парового цилиндра с одновременной смазкой трущихся частей, затем открывают продувочные краники для выпуска конденсата из паровых цилиндров, открывают запорные вентили на всасывающем и нагнетательном трубопроводах

и проверяют открытие всех вентилей на питательной линии от насоса до входа воды в барабан котла. Убеждаются, открыты ли вентили на выхлопной паровой линии и на отводе конденсата из нее. Паровой вентиль открывают осторожно, пока насос не начнет медленно работать. Когда после нескольких ходов поршня (после их прогрева) из продувочных краников станет вырываться пар без конденсата, их закрывают, а открытие парового вентиля постепенно увеличивают до полного. Производительность парового насоса регулируют открытием паровой задвижки, увеличивая или уменьшая подачу пара в насос и тем самым изменяя число ходов поршня.

После пуска насоса в работу необходимо следить, чтобы насос работал плавно, без стука. В случае появления стука следует увеличить смазку, открыть продувочные краники для выпуска конденсата из паровых цилиндров. Необходимо следить за создаваемым насосом давлением по показаниям манометра, установленного на нагнетательной линии. Давление насоса должно превышать давление в барабане котла не менее чем на 0,05—0,15 МПа (0,5—1,5 кгс/см^2). Снижение или прекращение подачи воды в котел при работающем насосе может произойти из-за подсоса воздуха во всасывающую трубу, крышку или сальники водяных цилиндров; большой высоты всасывания; засорения приемной трубы; чрезмерно высокой температуры всасывающей воды; неисправностей клапанов (лопнули или сорваны пружины); сработанности уплотнительных колец водяного поршня; протекания воды из одной полости в другую (этот дефект выявляется по резкому увеличению числа ходов поршня и уменьшению подачи воды). Если насос не работает при нормальном давлении пара, это значит: закрыты задвижка на всасывающей линии или задвижки на линии отработанного пара; золотник стоит в среднем положении и перекрывает доступ пара в цилиндр; произошло заклинивание цилиндров; разрегулировалось пароораспределение.

Пуск в работу центробежного насоса. Перед пуском в работу центробежного насоса проверяют: наличие масла в подшипниках, правильность положения смазочных колес на валу и состояние сальников (излишнее затягивание сальников увеличивает их износ); закрыты ли краны у мановакуумметра и манометра, установленные для

измерения напора во всасывающем и нагнетательном патрубках; плавность вращения вала насоса; плотность фланцев; исправность пускового устройства электродвигателя, обратного клапана и заполнение насоса водой. При отсутствии в насосе воды производят ее заливку. Открывают задвижку на всасывающей линии. Центробежный насос пускают на холостом ходу, поэтому задвижка на нагнетательной линии должна быть закрыта во избежание перегрузки электродвигателя.

Включают электродвигатель насоса, проверяя при этом направление его вращения. После того, как насос разовьет нормальную частоту вращения, а манометр покажет соответствующее давление, медленно открывают запорную задвижку на нагнетательной линии и кран на мановакуумметре, открывают подачу воды для охлаждения подшипников и для уплотнения сальников. Регулированием задвижки на нагнетательной линии подают требуемое количество воды в котел.

Во время работы насоса необходимо следить за наличием масла, вращением смазочных колец, температурой подшипников, плотностью сальника и периодически просушивать насос. Нагрев подшипников может происходить из-за неправильной установки насоса, плохого вращения смазочных колец, загрязнения масла, износа вкладышей.

Повышенная вибрация (размер ее не должен превышать 0,12 мм при частоте вращения до 750 об/мин и 0,06 мм при частоте вращения до 2000 об/мин) может происходить из-за недопустимого износа вкладышей подшипников, нарушения балансировки рабочего колеса, нарушения центровки насоса с электродвигателем. Шум и удары в насосе могут быть при неправильной расточке соединительных муфт, прогибе вала, стуке подшипников, задевании рабочего колеса за уплотнение, витковом замыкании электродвигателя, кавитации.

При ненормальной работе электродвигателя (сильное искрение, перегрузки, появление вибрации в недопустимых пределах, стуков в подшипниках и др.) насос необходимо остановить.

Остановку центробежного насоса производят в такой последовательности: закрывают медленно задвижку на нагнетательной линии, кран на мановакуумметре и выключают электродвигатель. Затем закрывают задвижку на всасывающей линии, кран на манометре, закрывают

подачу воды для охлаждения подшипников и для уплотнения сальников.

Снижение подачи насоса через некоторое время его нормальной работы может быть вызвано увеличением щелевых потерь внутри насоса, повышением температуры воды и большим сопротивлением трубопровода на всасе (запаривание насоса), засорением рабочего колеса и износом лопаток и уплотняющих колец, попаданием воздуха в корпус насоса и всасывающий трубопровод.

Подача насоса уменьшается также при засорении сетки приемного клапана и заедании приемного клапана; не полностью открытой задвижке на всасывающем и нагнетательном трубопроводах; недостаточном уровне воды в баке и падении напряжения в электрической сети.

Уход за манометрами. Манометры служат для измерения давления паров, газов и жидкостей. На шкале манометра должна быть нанесена красная черта, определяющая высшее допустимое рабочее давление в котле.

Взамен красной черты, наносимой на циферблат, разрешается снаружи на корпусе манометра укреплять металлическую пластинку, окрашенную в красный цвет и плотно прилегающую к стеклу манометра. Нельзя наносить красную черту прямо на стекло, так как стекло может быть сдвинуто и красная черта будет смещена.

Манометры допускаются к работе только исправные и проверенные. Проверка манометров производится ежегодно в контрольно-измерительных лабораториях Государственного комитета СССР по стандартам. При этом на них ставится пломба или клеймо с обозначением квартала и года. Кроме того, рабочий манометр не реже 1 раза в 6 мес должен проверяться администрацией предприятия с помощью контрольного манометра с записью результатов в журнал контрольных проверок. Обычно на котлах перед манометром устанавливают трехходовой кран, что дает возможность проверить исправность манометра в рабочем состоянии, не снимая его, подсоединить для проверки контрольный манометр, продуть сифонную трубку и тем самым очистить ее внутреннюю полость.

Проверка исправности действия манометра трехходовыми кранами на котлах, перегревателях и экономайзерах должна производиться не реже 1 раза в смену. Проверку необходимо производить и в случаях, когда стрел-

ка манометра долго находится в одном и том же положении или не дошла еще до красной черты, а предохранительные клапаны уже срабатывают.

Возможные положения, в которые может быть поставлена пробка трехходового крана, показаны на рис. 2.1.

Машинист котла с помощью пробки крана может произвести основные операции: соединить манометр с

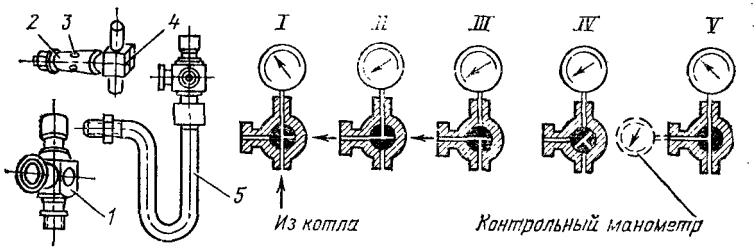


Рис. 2.1. Трехходовый кран с сифонной трубкой (положение трехходового крана):

I — рабочее положение; *II* — соединение манометра с атмосферой; *III* — продувка сифонной трубки; *IV* — положение (сбор конденсата в сифонной трубке); *V* — проверка рабочего манометра контрольным; *1* — корпус трехходового крана; *2* — пробка крана; *3* — соединительные каналы; *4* — указательные риски; *5* — сифонная трубка

паровым котлом (положение *I*), произвести проверку исправности рабочего манометра, поставить пробку крана в положение, чтобы манометр был отключен от котла и соединен с атмосферой (положение *II*); эту операцию называют проверкой манометра на нуль.

Перед проверкой манометра на нуль машинист должен заметить положение стрелки манометра, затем поворотом пробки трехходового крана отключить манометр от котла и соединить его с атмосферой. Стрелка манометра должна при этом опуститься на нулевое положение. Потом медленно и осторожно установить пробку крана в рабочее положение, и при этом стрелка манометра должна возвратиться в то положение, в котором находилась к началу проверки.

Для продувки сифонной трубки пробку крана, которая находится в положении *I*, ставят в положение *III*, т. е. соединяют сифонную трубку с атмосферой и находящийся в трубке конденсат удаляется паром.

После продувки трехходовой кран на короткое время ставят в нейтральное положение (положение *IV*), при

котором котел, манометр и атмосферный канал отсоединены. В данный момент происходит конденсация пара в кольце сифонной трубки и образуется гидравлический затвор, предохраняющий внутренний механизм манометра от воздействия высокой температуры и колебаний давления пара. Для более точного определения правильности показаний рабочего манометра подсоединяют к фланцу крана с помощью скобы контрольный манометр. При этом машинист медленным поворотом ставит пробку трехходового крана в положение *V*. Так как на пробке нанесены риски, указывающие направление каналов, что дает возможность машинисту безошибочно ставить пробку крана в любое положение.

Поворот пробки крана следует осуществлять в одном направлении независимо от положения, в которое необходимо поставить трехходовой кран. Это обеспечивает устойчивую работу пробки крана и предохраняет от одностороннего износа.

Манометры не допускаются к работе, если: истек срок проверки, отсутствуют клеймо или пломба с датой проверки; стрелка при соединении манометра с атмосферой не возвращается к нулевому показанию шкалы на величину, превышающую половину допускаемой погрешности для данного манометра; при работе стрелка движется рывками или заскочила за шпинек; разбито стекло или запотевают циферблат или стекло или имеются другие повреждения, которые могут отразиться на правильности его показаний.

При работе манометров могут встречаться такие неисправности.

1. При проверке манометра стрелка не становится на нуль, произошла деформация пружины (трубки) в результате попадания в нее пара. В этом случае манометр подлежит замене.

2. При работе и проверке манометра стрелка двигается рывками, скачкообразно. Причины этого:

а) засорился или закипел канал трехходового крана и штуцера манометра. Необходимо продуть кран и устранить засорение или отвернуть манометр и прочистить штуцер, а также кран;

б) поврежден механизм манометра. Такой манометр подлежит замене.

3. При проверке манометра на нуль стрелка двигается очень медленно. Это возможно при частичном засоре-

нии проходного отверстия штуцера или крана, а также в неправильное положение поставлена пробка крана при проверке манометра. Следует прочистить проходные отверстия крана и штуцера и поставить трехходовой кран в правильное положение.

4. Сбита стрелка с оси или заскочила за шпинек. Значит, шестеренка соскочила с зубчатого сектора. Эта неисправность появляется в результате быстрой перестановки пробки крана при проверке манометра и гидравлических ударов конденсата, находящегося в сифонной трубке. Манометр следует заменить.

5. Запотевает циферблат и стекло крышки манометра. Это возможно в результате повреждения пружины (трубки) манометра или пропуска пара в месте припайки ее к штуцеру. Такой манометр также подлежит замене.

При длительных остановках котла в холодных помещениях необходимо спустить воду из сифонной трубки и соединительных трубок и снять манометр во избежание замерзания и его повреждения.

Уход за предохранительными клапанами. Предохранительные клапаны представляют собой запорное устройство, автоматически открывающееся при повышении давления в котле выше допустимого и снова закрывающееся при снижении давления. Предохранительные клапаны на котлах могут быть рычажно-грузовые или пружинные, а на котлах с давлением выше 3,9 МПа (39 кгс/см^2) устанавливаются импульсно-предохранительные устройства. В стационарных установках применяют преимущественно рычажные клапаны, а на передвижных котлах — пружинные. Предохранительные клапаны необходимо снабжать трубой для отвода рабочей среды за пределы помещения в безопасное место при их срабатывании. Эти трубы должны иметь устройство для удаления скапливающегося в них конденсата. Предохранительный клапан поставляется заказчику с паспортом, в котором указана характеристика его пропускной способности.

Каждый котел паропроизводительностью более 100 кг/ч снабжается двумя независимыми предохранительными клапанами, установленными на патрубках в верхней части барабана. Один из клапанов называется контрольным и должен иметь устройство, не позволяющее персоналу котельной произвольно изменять регулировку клапана (перемещать груз на рычаге, накладывать дополнительный груз, изменять натяжение пружины). Од-

нако устройство это не должно препятствовать проверке исправности клапана.

Проверку исправности действия предохранительных клапанов продувкой следует производить после пуска котла, экономайзера и перегревателя в работу, а также в период их работы — не реже одного раза в сутки. Если давление пара в котле превышает 2,4 МПа (24 кгс/см^2), проверка каждого клапана должна производиться в присутствии ответственного за смену.

Проверку исправности рычажных предохранительных клапанов начинают с осмотра правильности закрепления груза на рычаге, обращая внимание на отсутствие парения и клиньев в вилках клапана. После этого необходимо стать со стороны свободного конца рычага лицом к клапану и осторожно приподнять вручную рычаг. Клапан должен легко открыться и выпустить пар. После продувки рычаг опускают и клапан должен сесть на седло и прекратить пропуск пара. В контрольном клапане для этой цели имеется выведенная через отверстие, вырезанное в кожухе, цепочка, которая прикреплена к рычагу.

После проверки (подрывом вручную) исправности действия предохранительных клапанов и после каждого срабатывания из-за повышения давления в котле необходимо проверять плотность клапана и отсутствие парения.

Основными неисправностями предохранительных клапанов являются преждевременное или с запаздыванием срабатывание и пропуск пара через клапан. Клапан будет открываться раньше, чем давление в котле достигнет установленного, если груз на рычаге уменьшен или сдвинут в сторону клапана, а на пружинном клапане — при недостаточном сжатии пружины.

Клапан будет открываться с запозданием при превышении давления в котле выше установленного, если груз на рычаге завышен или сдвинут к краю рычага, а на пружинном клапане пружина излишне сжата. Возможно заедание направляющих ребер в гнезде и штока в месте прохода его в крышке.

Предохранительный клапан не откроется, если клапан прикипел к седлу или в направляющую вилку над рычагом заложен клин. Прикипание клапана к седлу возможно при нерегулярной продувке клапана. Прикипевший клапан открывать при помощи удлинения рычага или ударами молотка запрещается.

Причинами пропуска пара через клапан могут быть: износ клапана и седла; перекос клапана; наличие раковин или твердых частиц на соприкасающихся поверхностях; перекос рычага или шпинделя; ослабление пружины в пружинных предохранительных клапанах.

В чем бы ни выражалась неисправность предохранительного клапана, следует срочно принять меры к восстановлению нормального положения, и необходимо помнить, что без предохранительного клапана котел эксплуатировать запрещено.

При повышении давления в котле и при срабатывании предохранительного клапана следует понизить давление.

Понизить давление можно питанием котла водой, прикрытием шибера за котлом и дутья, уменьшением горения форсунок (горелок) при работе на мазуте или газе, увеличением расхода пара из котла.

Машинист должен каждый раз использовать наиболее целесообразное и оптимальное решение.

Водоуказательные приборы. Для контроля за уровнем воды в котле применяются водоуказательные приборы. На каждом котле должно быть установлено не менее двух водоуказательных приборов прямого действия. Водоуказательные приборы или водопробные краны устанавливаются на котле отдельно один от другого. Допускается присоединение двух водоуказательных стекол к сообщающейся с котлом колонке диаметром не менее 70 мм. Если водоуказательный прибор состоит из нескольких отдельных водоуказательных стекол, то они должны быть размещены одно относительно другого так, чтобы непрерывно показывать уровень воды в котле. На водоуказательных приборах и у водопробных кранов должны быть установлены металлические указатели с надписями «Низший уровень» (против допускаемого низшего уровня воды в котле) и «Высший уровень» (против допускаемого высшего уровня воды в котле). Водоуказательные колонки выбирают таким образом, чтобы указатели низшего и высшего уровня воды размещались не менее чем на 25 мм выше нижней и не менее чем на 25 мм ниже верхней видимой кромки стекла. При эксплуатации котла требуется постоянное наблюдение и поддержание в нем нормального уровня воды. Надежная работа автоматических питательных устройств не снимает с обслуживающего персонала ответственности за исправность и точность показаний водоуказательных приборов.

Неисправность водоуказательных приборов может привести в заблуждение обслуживающий персонал и привести к упуску воды в котле. Под действием высокой температуры перегревается металл освободившейся поверхности стенок котла от воды, в результате чего могут образоваться отдулины, выпучины, трещины и даже разрывы труб и барабанов котла.

При упуске воды подпитка котла категорически запрещается, перепитка котла водой способствует повышению влажности пара или приводит к выбросу котловой воды в пароперегреватель и паропровод.

Исправность водоуказательных приборов проверяют продувкой не реже 1 раза в смену у котлов с рабочим давлением до 2,4 МПа (до 24 кгс/см^2), и не реже 1 раза в сутки с давлением от 2,4 до 3,9 МПа (от 24 до 30 кгс/см^2).

Во время работы котла паровой и водяной краны водоуказательного стекла должны быть открыты, а продувочные краны закрыты. Указатели уровня воды проверяют с соблюдением определенной последовательности: проверяют положение кранов и определяют уровень и колебание воды в стекле; открывают продувочный кран и продувают одновременно паровой и водяной краны; закрывают водяной кран и продувают паровой; открывают водяной кран и закрывают паровой; открывают паровой и медленно закрывают продувочный кран; после этого водоуказательные колонки остаются в рабочем положении; сравнивают уровень и колебания воды в стекле до и после продувки. После продувки вода в стекле должна занять прежний уровень. Вода в стекле при работе котла должна слегка колебаться, что свидетельствует о кипении воды в котле и исправном состоянии стекла.

Для предохранения персонала от ожогов продувочная линия водоуказательных приборов должна быть оборудована воронкой с защитными приспособлениями и отводными трубами для свободного слива.

При каждой продувке проверяют работу сигнализаторов высшего и низшего допускаемых уровней воды в котле. Если до водоуказательных приборов от площадки наблюдения более 6 м, то котлы дополнительно оборудуются сниженными указателями уровня воды с тарированными шкалами. Сниженные указатели присоединяются к барабану котла на отдельных штуцерах независимо от

верхних водоуказательных приборов и имеют успокоительные устройства.

Гидростатические указатели работают по принципу уравновешивания двух столбов воды в сообщающихся трубках при помощи специально окрашенной жидкости с плотностью, почти в два раза большей, чем плотность воды. Показания сниженных указателей уровня воды необходимо сверять с показаниями приборов, установленных на барабане котла.

Основными причинами неисправности водоуказательных приборов могут быть: полное или частичное засорение парового или водяного крана или присоединительных трубок; частичное или полное перекрытие пробкой крана парового или водяного канала при неправильной установке крана после его продувки; пропуск воды или пара в сальниках, в резьбовых соединениях и в пробках кранов; разрывы стекол.

При полном засорении парового крана все стекло будет заполнено водой. При засорении водяного крана уровень воды в стекле неподвижен, но в результате конденсации пара будет постепенно повышаться.

При частичном засорении водяного и парового кранов показания стекла будут правильными, но колебания воды будут слабыми. Засорение водяного крана бывает значительно чаще, чем парового.

При всяком сомнении в точности показаний водоуказательного прибора машинист должен немедленно продуть краны и, если продувка не ликвидирует засорение, то прочистить краны.

Перед прочисткой крана машинист должен: подкачать воду в котел немного выше нормального уровня; приготовить проволоку, (изогнутую под прямым углом, чтобы при пользовании ею можно было находиться сбоку от крана), гаечный ключ и асбестовый шнур; отключить неисправное стекло, для этого закрыть паровой и водяной краны и открыть продувочный; отвернуть ключом заглушку одного из кранов; завести в отверстие крана проволоку и медленно открыть кран, прочистить проходное отверстие пробки крана до появления из крана струи воды или пара. Повторить операцию в такой же последовательности и для другого крана.

Во время прочистки необходимо внимательно следить за уровнем воды в котле по исправному второму водоуказательному прибору или водопробным кранам.

После прочистки необходимо закрыть кран, намотать по ходу резьбы асбестовый шнур и ввернуть заглушку.

Перед включением водоуказательного прибора в работу необходимо постепенно и осторожно прогреть стекло паром. Затем открыть водяной и продувочный краны.

Парение кранов (парового, водяного и продувочного) происходит из-за плохой притирки, износа пробки или неплотности сальника. При парении парового крана уменьшается давление в паровой части стекла и уровень воды поднимается выше фактического.

Если парит водяной кран, то происходит уменьшение давления в водяной части стекла и уровень воды в стекле будет ниже фактического. То же самое происходит, если парит продувочный кран.

Во всех указанных случаях следует устранить неисправность.

Пробка у открытого крана может частично или полностью перекрывать канал. Это может произойти в результате невнимательности машиниста, поставившего ручку в неправильное положение после продувки стекла.

На торцах пробок должны быть нанесены риски, по которым необходимо проверять правильное положение пробок.

Разрывы стекол могут быть из-за плохого качества стекол или наличия в них трещин; установки стекол с перекосом; неправильной продувки или включения; резких изменений температуры.

Новые и отремонтированные водоуказательные приборы проверяют на плотность гидравлическим испытанием. Отдельно проверяют плотность запорных кранов верхней и нижней головки приборов, затем присоединяют и испытывают колонку.

Необходимо, чтобы в котельной всегда имелись исправные собранные резервные колонки, которые устанавливаются взамен колонок с поврежденными стеклами.

Во время работы котла необходимо следить за тем, чтобы краны легко открывались и закрывались, и производить их продувку не менее 3 раз в смену. Прочищают краны так же, как и краны водоуказательных приборов, с помощью проволоки.

Применение пробковых кранов в качестве запорных разрешается лишь на котлах с давлением до 1,3 МПа (13 кгс/см^2).

Для котлов с рабочим давлением до 39 МПа (40 кгс/см^2) применяются рифленые стекла, а также стекла, имеющие гладкую поверхность с обеих сторон.

Водоуказательные приборы прямого действия следует устанавливать в вертикальной плоскости или с наклоном вперед под углом не более 30°, их расположение и освещение должны обеспечивать хорошую видимость уровня воды с рабочего места машиниста и доступность для проверки.

Запорная арматура (вентили, задвижки) должна безотказно работать, не пропускать пар, воду, газ и жидкость. Все запорные устройства должны легко открываться и закрываться.

Задвижки по устройству затвора делятся на параллельные и клиновые; по устройству подъема затвора — на задвижки с выдвижным и невыдвижным шпинделем; по приводу — с ручным, электрическим, пневматическим или гидравлическим управлением.

В клиновых задвижках боковые поверхности затвора наклонные к вертикальной оси корпуса. Этим достигается плотное прилегание уплотнительных поверхностей клина и корпуса, а следовательно, и необходимая плотность задвижки.

В параллельных задвижках уплотнительные поверхности затвора параллельны друг другу, а сам затвор может быть шиберным (однодисковым) или двухдисковым. Затвор в корпусе задвижки перемещается при вращении маховика, соединенного с затвором при помощи шпинделя с ленточной резьбой.

В задвижках с пневматическим или гидравлическим приводом вместо резьбового шпинделя применяется шток, а в быстродействующих с электроприводом — зубчатая рейка.

К достоинствам вентилей можно отнести высокую герметичность, относительную простоту притирки клапанов к седлам, а также небольшой ход тарелки клапана, необходимый для полного открытия затвора. Однако использование вентилей ограничено повышенным гидравлическим сопротивлением и увеличением длины и диаметра труб.

Длительная и надежная работа вентилей и задвижек может быть обеспечена только при правильной их установке, систематическом наблюдении в процессе эксплуатации за их состоянием и своевременном ремонте.

Открывать запорную арматуру следует медленно и плавно до отказа, после чего маховик поворачивают в обратную сторону на пол-оборота во избежание прикипания или заедания в резьбе шпинделя из-за его теплового расширения.

Запорные вентили и задвижки при эксплуатации изнашиваются меньше, чем регулирующие устройства, которые подвергаются постоянному износу, увеличивающемуся с глубиной регулирования.

При работе котла приходится регулировать расход пара или воды вентилями обыкновенной конструкции. В этих случаях плотность закрытия потока обеспечивается запорным вентилем, установленным последовательно с регулирующим.

Регулирующая арматура применяется в котельных установках главным образом на питательных трубопроводах для регулирования количества воды, поступающей в котел, и на трубопроводах впрыска воды для регулирования температуры пара.

В качестве сальниковой набивки наиболее часто применяется шнуровой асбест, пропитанный в жире с добавлением графита. Для приготовления набивки требуется 50 г шнурового асбеста, 40 г технического жира и 10 г графитового порошка [21]. В растопленный жир добавляют графит, а затем укладывают асбестовый шнур, который впитывает приготовленную смазку.

Применять загрязненную, находившуюся в работе набивку при замене или добавлении сальниковой набивки запрещается.

Высота набивки после обжатия должна быть такой, чтобы втулка сальника была опущена в корпус не более чем на 10—12 мм. Концы болтов и шпилек в собранной арматуре должны выступать из гаек не менее чем на шаг резьбы.

При давлении воды и пара до 2,5 МПа (25 кгс/см^2) и температуре потока до 300 °С можно применять асбестовую просаленную набивку — плетеный асбестовый шнур, пропитанный антифрикционной массой, включая тальк и графит.

Во избежание перекоса затяжку болтов сальниковых крышек следует производить поочередно крест-накрест по пол-оборота каждой гайки.

Основными причинами повреждения пароводяной арматуры могут быть: нарушение ее плотности, парение или

течь из-за дефектов литья, фланцевого соединения или сальникового уплотнения; попадание твердых частиц на уплотнительные поверхности или наличие на них коррозионных разъеданий; затруднения при открытии или закрытии арматуры из-за перекоса, искривления или срыва резьбы шпинделя.

Появление при закрытом затворе даже небольшой неплотности приводит к быстрому дальнейшему разрушению уплотнительных поверхностей арматуры за счет движущегося потока среды, особенно при наличии в ней механических примесей.

Для уплотнения фланцевой арматуры между фланцами устанавливают прокладки, при этом подтягивание гаек болтов производят постепенно, за несколько приемов, и обязательно крест-накрест, чтобы не перекосить фланцы.

Перед установкой арматуры на котел или трубопровод проверяют, указаны ли в маркировке:

наименование или товарный знак завода-изготовителя;

условный проход;

условное давление или рабочее давление и температура среды;

направление потока среды. Арматура, не имеющая маркировки, к применению не допускается.

Кроме того, арматура, изготовленная из легированной стали с условным проходом более 20 мм, должна иметь сертификат, в котором указывается марка материалов, применяемых для изготовления корпуса, крышки, крепежных деталей.

На маховиках арматуры необходимо иметь обозначения, указывающие направления вращения при открывании и закрывании ее.

Обратные клапаны устанавливаются на питательной линии перед поступлением воды в барабан котла для предотвращения обратного тока воды в питательную линию при снижении в ней давления, а также на напорной стороне центробежных насосов во избежание обратного тока воды при аварийной остановке насоса.

Конструкция обратного клапана проста, но требует внимательного ухода для обеспечения плотности при работе.

Причинами неисправной работы обратного клапана могут быть; неравномерное и неплотное прилегание та-

релки к седлу; попадание твердых частиц на уплотнительные поверхности или наличие на них коррозионных разъеданий.

Пропуск воды из котла через обратный клапан можно обнаружить по повышению температуры питательного трубопровода. Если трубопровод прогрет только вблизи обратного клапана, то обратный клапан исправен. Если трубопровод прогревается на значительном расстоянии от клапана и в питательном трубопроводе прослушиваются стуки, это означает, что обратный клапан пропускает воду из котла.

В случае прекращения питания котла водой следует проверить питательный трубопровод от обратного клапана к насосу.

Постукивание тарелки клапана о седло из-за периодического подъема при подаче питательной воды указывает на исправную работу обратного клапана.

Обслуживание дымососов и дутьевых вентиляторов. В котельных с котлами средней и большой производительности применяется искусственная (принудительная) тяга. Центробежные машины, предназначенные для удаления продуктов сгорания и преодоления сопротивлений газового тракта котельной установки, называются дымососами, а обеспечивающие подачу в топку воздуха, необходимого для организации процесса горения топлива, — дутьевыми вентиляторами.

Дымососы работают в более тяжелых условиях, чем вентиляторы, так как отсасывают газы, имеющие более высокую температуру (до 250 °С), чем воздух. Поэтому в дымососах предусматривается водяное охлаждение подшипников, а конструктивное исполнение лопаток и кожуха более прочное. Обслуживание дымососов и вентиляторов осуществляется в соответствии с эксплуатационной инструкцией.

Основными функциями обслуживания являются пуск и остановка дымососов (вентиляторов), регулирование их производительности и наблюдение за нормальной работой. Перед пуском тягодутьевых машин необходимо проверить: качество и количество масла в подшипниках; правильность положения смазочных колец на валу и легкость их вращения; правильность центровки (по муфте) дымососов (вентиляторов) с электродвигателями и отсутствие заеданий (проверяют легкость вращения роторов); систему водяного охлаждения; исправность заземм-

ления корпусов электродвигателей; положение пусковых приспособлений электродвигателя; исправность и плотность закрытия газовых шиберов, заслонок и направляющих аппаратов. При отсутствии дефектов включается электродвигатель. После включения электродвигателя следует убедиться в отсутствии стуков, шума и вибраций.

Если электродвигатель асинхронный с короткозамкнутым ротором, пуск в работу производят простым выключателем пускателя. Если электродвигатель имеет контактные кольца, его пуск производят следующим образом: опускают щетки, ставят пусковой реостат в положение «ПУСК», включают пускатель и медленно, без рывков, выводят сопротивление реостата, поднимают щетки.

Во избежание перегрузки электродвигателей пуск тягодутьевых машин производится при закрытом направляющем аппарате или заслонке. Их открывают постепенно на требуемую величину после того, как электродвигатель наберет нормальную частоту вращения, и после достижения необходимого напора.

Во время работы тягодутьевых машин необходимо: контролировать по амперметру нагрузку электродвигателей, которая должна соответствовать режимной карте; регулировать подачу воздуха и напор в соответствии с нагрузкой котла; следить за температурой нагрева подшипников и корпуса электродвигателей и изменением шума при вращении; следить за температурой уходящих газов, поступающих в дымосос.

При каждом изменении нагрузки котла необходимо немедленно регулировать тягу и дутье. Этим не только улучшается работа топки, но сберегается электроэнергия благодаря периодическому сокращению нагрузки дымососов (вентиляторов). Такое регулирование должно производиться автоматически.

Регулирование дымососов (вентиляторов) при работе котла осуществляется плавно без рывков направляющими аппаратами и реостатами, вводимыми в цепь ротора электродвигателя, и регулирующими муфтами или заслонками.

При регулировании изменением частоты вращения электродвигателя необходимо в случае уменьшения нагрузки вначале уменьшить частоту вращения машины, а затем при минимальной частоте использовать в дальнейшем (если требуется снижение производительности) ме-

тод дросселирования. В остальное время заслонки должны быть полностью открыты.

Наиболее удобным и экономичным считается регулирование направляющим аппаратом (дает экономию электроэнергии до 20 %). Направляющий аппарат эффективно работает при снижении подачи машины до 50 % номинальной, при дальнейшем снижении подачи работает как шибер [23].

Дымосос (вентилятор) должен быть аварийно остановлен: в случае внезапного возникновения вибрации, стуков и ненормального шума, признаков внутреннего задевания, сильного нагрева подшипников (70 °С и выше) или загорания несгоревших остатков топлива в газоходах.

При остановке дымососа (вентилятора) машинист должен: перевести дымовые газы на прямой ход; снизить нагрузку перекрытием регулирующего устройства (шибера, направляющего аппарата); выключить пускатель электродвигателя и привести его в исходное, пусковое положение.

Работу блокировки дымососа и дутьевого вентилятора и автоматики отключения газа в период эксплуатации проверяют таким образом. Котел разгружают до возможной минимальной паропроизводительности, а другие работающие котлы подготавливают к повышению их нагрузки после остановки проверяемого котла. Подготавливают запальники для его растопки. После отключения дымососа (вручную или кнопкой дистанционного управления) блокировка должна автоматически отключить дутьевой вентилятор, а автоматика безопасности — отключить подачу газа в топку. После этого необходимо немедленно: закрыть запорные и регулирующие вентили всех горелок, пустить дымосос, затем вентилятор; провентилировать топку, закрыть подачу воздуха на регистры; подготовить горелку для пуска; при открытом запорном вентиле и при закрытом регулирующем вентиле газа вводят в топку зажженный запальник и подают газ в первую горелку; затем зажигают последовательно остальные горелки.

Для проверки действия автоматики отключения горения топлива при остановке дутьевого вентилятора аналогично подготавливают котел и отключают вентилятор, оставляя дымосос в работе. После отключения подачи газа включают в работу дутьевой вентилятор, закрывают

газовые вентили горелок, вентилируют топку и далее повторяют действия, указанные выше. Проверку автоматических устройств производят под руководством мастера КИПиА в присутствии лица, ответственного за безопасную работу котлов, при этом обращают внимание на предупреждение возможности ложных отключений газа автоматикой.

Особое внимание при работе уделяют состоянию подшипников дымососов (температура масла должна быть не выше 70 °С), исправности масляной системы, бесперебойной подаче охлаждающей воды (температура воды на выходе должна быть не больше 30—40 °С) и ее сливу.

Подшипники качения заполняют консистентной смазкой не более чем на 0,5—0,75 объема корпуса, а при жидкой смазке ее уровень должен быть не выше центра нижнего ролика (шарика). Машинист контролирует уровень масла в подшипнике по видимой отметке на масломерном стекле.

Обслуживание экономайзера. Экономайзер — это трубчатая поверхность нагрева, обогреваемая продуктами сгорания топлива и предназначенная для подогрева или частичного испарения воды, поступающей в котел. Экономайзеры различаются по способу присоединения к паровому котлу на отключаемые по воде и газу и неотключаемые.

По степени подогрева питательной воды экономайзер разделяется на некипящий и кипящий. В экономайзере некипящего типа вода подогревается до температуры 20 °С ниже температуры насыщенного пара в котле. В экономайзере кипящего типа температура нагрева воды не ограничена: вода доводится до кипения с возможностью ее испарения до 10—12 %.

Чугунные экономайзеры изготавливаются некипящего типа, так как при вскипании воды в них могут возникать гидравлические удары. Чугунные экономайзеры обязательно должны быть отключаемыми по воде.

Стальные экономайзеры могут быть как некипящего, так и кипящего типа, преимущественно они изготавливаются кипящего типа и выполняются неотключаемыми по воде.

Экономайзеры, отключаемые по воде, должны иметь следующую арматуру:

два предохранительных клапана диаметром в проходе

не менее 32 мм каждый — один на входе воды после запорной арматуры, другой на выходе воды до запорной арматуры, причем последний должен при отключении экономайзера оставаться включенным в общую его систему;

два манометра — один на входе воды до запорной арматуры и предохранительного клапана, другой на выходе воды до запорной арматуры и предохранительного клапана;

два обратных клапана — один на входе воды, другой на выходе воды (между экономайзером и котлом);

клапан на сгонной линии для подачи воды в деаэратор и клапан (воздушник) для удаления воздуха из экономайзера;

термометры, установленные на входе и выходе воды;

продувочные и спускные краны в нижних точках экономайзера;

запорную арматуру, отключающую экономайзер от питательной линии.

Если имеется манометр на общих питательных линиях до экономайзеров, то установка манометров на входе воды в экономайзер не обязательна.

Обслуживание экономайзера при нормальной работе котла заключается в контроле температуры воды и продуктов горения перед экономайзером и после него, периодическом прослушивании газохода и проверке его плотности, систематическом наблюдении за состоянием поверхности нагрева.

Повышение температуры стенки экономайзеров осуществляется путем подачи деаэрированной воды с температурой 103—104 °С. При установке вакуумных деаэраторов температура воды, поступающей в экономайзер, не должна быть ниже 70 °С.

После включения экономайзера в работу следят за подогревом воды до тех пор, пока температура на выходе не станет равной заданной. В случае повышения температуры воды выше установленной производят прокачку воды в котел через экономайзер и сгонную линию, в крайнем случае переключают газы мимо экономайзера.

При нормальной работе экономайзера вентиль на обводной линии должен быть закрыт и опломбирован.

При отключении экономайзера, соединенного с котлом, следует: перевести газы на обводную линию мимо экономайзера, плотно закрыть шибер на входе газов в экономайзер; закрыть задвижку (вентиль) на входе в

экономайзер питательной воды (оставив полностью открытой задвижку на выходе питательной воды из него); открыть постепенно задвижку на обводной линии питательной воды до полного открытия, а затем закрыть задвижку на выходе воды из экономайзера.

Экономайзер, находящийся в работе, должен быть немедленно остановлен в следующих случаях:

если давление воды в экономайзере поднимается выше разрешенного, несмотря на принимаемые меры;

если произошел упуск воды;

если перестали действовать все питательные приборы или более 50 % предохранительных клапанов;

если повреждение элементов экономайзера создает опасность обслуживающему персоналу или угрозу разрушения экономайзера.

Порядок аварийных остановок экономайзера указывают в инструкции по обслуживанию котла.

Обслуживание пароперегревателя. Пароперегреватель — это трубчатая поверхность нагрева для повышения температуры пара выше температуры насыщения, соответствующей давлению в котле. Пароперегреватели котлов небольшой паропроизводительности являются преимущественно конвективными.

Температура дымовых газов, поступающих в газоход пароперегревателя, редко превышает 800—900 °С при работе котлов на твердом топливе и 900—1000 °С — на жидком и газообразном [9].

В зависимости от взаимного направления движения пара и дымовых газов конвективные пароперегреватели делятся на прямоточные, противоточные и смешанного типа. В прямоточных направление движения пара и дымовых газов происходит в одну сторону. В противоточных потоки пара и дымовых газов направлены противоположно.

Необходимо помнить, что трубы пароперегревателя весьма чувствительны к изменению температуры, а следовательно, и к изменению перегрева пара. Температура перегретого пара при изменении нагрузки котла обеспечивается регуляторами температуры различной конструкции. Наибольшее распространение получили поверхностные и впрыскивающие пароохладители.

Надежность работы пароперегревателя зависит от многих факторов и в первую очередь от влажности поступающего пара. Вместе с капельками воды в паропе-

регреватель вносятся различные соли, которые при испарении воды выпадают на стенки, образуя накипь. Наличие накипи резко ухудшает условия передачи теплоты и может привести к перегреву и пережогу труб. Существенное влияние на надежность пароперегревателя оказывает скорость движения пара, воспринимающего теплоту от змеевиков. Повышение скорости движения пара приводит к снижению температуры стенок труб, но увеличивает гидравлическое сопротивление пароперегревателя. Поэтому скорость движения пара принимают с учетом обоих этих факторов в пределах 20—25 м/с.

Повышение температуры пара выше номинальной может происходить при растопке котла из-за чрезмерной ее форсировки или при неправильном режиме горения и питания водой. Персонал иногда пытается снизить температуру пара регулятором перегрева, что может привести к повреждению пароперегревателя. Для исключения этого необходимо улучшить режим горения, уменьшить, если потребуется, форсировку топки и увеличить продувку пароперегревателя. Включение пароохладителя при растопке и малой нагрузке может ввести персонал в заблуждение вследствие неравномерного распределения по змеевикам конденсата из пароохладителя. При эффективном снижении температуры пара, измеряемой после пароперегревателя, в отдельных змеевиках температура пара может значительно превышать допустимую.

Отклонение температуры пара от номинальной может быть вызвано неправильным режимом питания котла водой. При перерыве питания котла, имеющего экономайзер некипящего типа, расход топлива при прочих равных условиях уменьшается и температура перегретого пара снижается; последующее усиленное питание котла водой для достижения нормального уровня требует, во избежание снижения давления, форсирования топки, вследствие чего температура пара возрастает. Такие явления особенно часты при растопке и малой нагрузке котла.

Температура пара возрастает выше допустимой при ухудшении режима горения, повышенном избытке воздуха в топке, при неправильной работе горелок (форсунок), затягивании горения в конвективные газоходы и т. п.

При работе пароперегревателя наблюдают за температурой перегретого пара, а в случае ее повышения принимают меры к поддержанию в допустимых пределах; следят за исправным состоянием обмуровки, арматуры и

отсутствием пропуска дренажных клапанов и предохранительных клапанов; проверяют, нет ли парений в лючках коллекторов; производят обдувку пароперегревателя в установленные сроки.

Обслуживание воздухоподогревателя. Воздухоподогреватель — это поверхность для подогрева воздуха продуктами сгорания топлива перед подачей в топку котла. При подаче в топку подогретого воздуха улучшается процесс горения топлива (особенно влажного и многозольного), снижается расход топлива и потери теплоты с уходящими газами, повышается экономичность котла.

Температура подогрева воздуха выбирается в зависимости от способа сжигания и вида топлива. При сжигании каменных углей и антрацитов в слоевых топках температура подогрева воздуха не должна превышать 200 °С, а для бурых углей необходим подогрев до 150—200 °С. Рекомендуемые температуры подогрева воздуха при камерном сжигании различных топлив приведены в табл. 2.2 [23].

Распространенными типами воздухоподогревателей для котлов малой и средней производительности явля-

Таблица 2.2. Рекомендуемая температура подогрева воздуха при камерном сжигании топлива

Характеристика топки	Топливо	Температура воздуха, °С
Топки с твердым шлакоудалением при замкнутой схеме пылеприготовления:		
с воздушной сушкой	Каменные и тощие угли	300—350
	Бурые угли, фрезерный торф, сланцы	350—400 250—300
с сушкой топлива газами	Бурые угли	300—350
Топки с твердым шлакоудалением при разомкнутой схеме пылеприготовления с сушкой топлива газами	Всех видов	350
Камерные топки	Мазут и природный газ	250—300

Примечание. Бо́льшие значения применяются при сжигании топлива с высокой влажностью.

ются трубчатые и пластинчатые. Наибольшее распространение получили главным образом рекуперативные стальные трубчатые воздухоподогреватели.

При включении воздухоподогревателя в работу необходимо открыть вначале газовые заслонки для пропуска газов в него, а потом закрыть заслонки газового обводного хода.

При малых нагрузках котел для повышения температуры стенок воздухоподогревателя (температура стенок должна быть всегда примерно на 10 °С выше температуры точки росы дымовых газов) необходимо применять ввод в воздухоподогреватель предварительно подогретого воздуха.

При эксплуатации котла уход за воздухоподогревателем заключается в основном в контроле температуры газов после него, газового сопротивления и отсутствия присосов, а также в регулярной обдувке и наружном осмотре.

Воздухоподогреватель необходимо не реже 1 раза в смену обдувать от золовых отложений. Периоды между обдувками определяют опытным путем, принимая во внимание, что при установившемся режиме повышение температуры газов за воздухоподогревателем и понижение обогрева воздуха свидетельствуют о загрязнении газовых каналов.

Обдувка поверхностей нагрева. Для нормальной работы котла важное значение имеет регулярная и эффективная обдувка поверхностей нагрева.

Загрязнение поверхностей нагрева золой или сажей ведет к повышению температуры уходящих газов и перерасходу топлива, составляющему при повышении температуры на 20—22 °С около 1 % [9]. Увеличивается также газовое сопротивление, что может уменьшить тягу и паропроизводительность котла.

Наиболее широко распространены обдувочные аппараты, выпускаемые заводом «Ильмарине». Аппараты могут быть с маловыдвижными, глубоковыдвижными, невыдвижными и качающимися сопловыми головками. Котлы оборудуются паровыми или воздушными обдувочными аппаратами стационарного или переносного типа.

Выбор конструкции аппарата производится в зависимости от типа котла.

Аппараты имеют привод от электродвигателя через

редуктор. Управление аппаратами — дистанционное, а при паропроизводительности котла 50 т/ч и выше автоматизируются операции после включения электродвигателя, например выдвижение головки при обдувке, выключение пара, возвращение головки в обмуровку для защиты от нагревания.

Условием нормальной работы аппарата является правильная установка сопл относительно обдуваемых труб. Близкое расположение их к отдельным трубам вследствие длительного воздействия струи пара является причиной ускоренного эрозионного износа труб.

Перед пуском обдувочного аппарата следует открыть все дренажные вентили на паровом трубопроводе, затем медленно открыть вентиль на обдувочной магистрали.

Когда вся сконденсировавшаяся из водяного пара вода из трубопроводов сольется и трубопровод будет достаточно прогрет, можно приступить к обдуванию поверхностей нагрева, предварительно закрыв дренаж. Наиболее высокая эффективность обдувки достигается лишь при условии применения обдувочного пара или сжатого воздуха с высоким давлением. Нормальное давление у обдувочного аппарата должно быть около 1,0 МПа (10 кгс/см^2). Во избежание выбивания газов обдувку производят при увеличенном разрежении в топке. Начинают обдувку с экранных труб, затем поочередно по ходу газов переходят к обдувке конвективных пучков, пароперегревателя, экономайзера.

Одновременное обдувание поверхностей нагрева несколькими обдувочными устройствами не разрешается, чтобы не допускать большого снижения давления пара перед соплами.

После окончания паровой обдувки следует закрыть главный вентиль к обдувочным аппаратам и полностью открыть продувочные (дренажные) вентили, чтобы аппараты не могли оказаться под давлением. Необходимо убедиться в плотности закрытия вентиля на обдувание и отсутствии пропуска пара в газоход, ибо пропуск пара вызывает коррозию поверхностей нагрева, забивание увлажненной золой газовых каналов.

Обдувка поверхностей нагрева производится в зависимости от показаний контрольно-измерительных приборов, но не реже 1 раза в смену. Частота обдувок зависит от рода топлива, конструкции котла и устанавливается местной инструкцией. О необходимости обдувки судят по

возросшим (при данной нагрузке котла и избытке воздуха) гидравлическому сопротивлению газоходов и температуре уходящих газов. Так как разрежение в топке поддерживается постоянным, то газовое сопротивление котла характеризуется разрежением в последнем газоходе перед заслонкой или направляющим аппаратом дымососа.

В некоторых случаях обдувка имеет профилактическое назначение. Например, при работе котла на мазуте, если имело место значительное дымление котла (быстрый набор нагрузки, значительные ее колебания, неустановившийся режим и т. д.), необходимо независимо от газового сопротивления тщательно обдуть хвостовые поверхности, чтобы удалить возможные отложения сажи и предупредить ее последующее самовозгорание.

При отсутствии обдувных аппаратов, а также в случае малой эффективности производится ручная обдувка и расшлаковка поверхностей нагрева. Обдувка производится сжатым воздухом, подведенным по гибкому шлангу к трубе с давлением 0,4—0,6 МПа (4—6 кгс/см²). Подача воздуха к соплу ∅ 15—20 мм начинается только после ввода обдувочной пики в газоход и прекращается перед выемкой пики. При расшлаковке пику охлаждают воздухом.

Очистка поверхностей нагрева водогрейных котлов при башенной компоновке (котлы ПТВМ) производится путем обмывки водой. На котлах ПТВМ для обмывки применяется сетевая вода с температурой не ниже 70 °С при давлении не менее 0,3—0,4 МПа (3—4 кгс/см²).

2.12. АВТОМАТИКА БЕЗОПАСНОСТИ И РЕГУЛИРОВАНИЯ ДЛЯ ВОДОГРЕЙНЫХ КОТЛОВ ТИПА ПТВМ

Для автоматизации топочного режима работы водогрейных котлов типа ПТВМ, оснащенных горелками ГМГ-625, а также для обеспечения нормальных условий их эксплуатации применяется автоматика безопасности и регулирования типа РПИБ (регулятор пропорциональный интегральный бесконтактный).

Автоматика РПИБ обеспечивает безопасность работы котла путем прекращения подачи топлива в топку при понижении давления топлива; понижении и повышении давления воды за котлом; повышении температуры воды за котлом; уменьшении расхода воды через котел; пога-

сании факела в каждой растопочной горелке; падении разрежения в топке котла; падении давления воздуха перед горелками ниже допустимого.

Автоматика безопасности и регулирования выполнена на два вида топлива. Если котел работает на газе, то в качестве отсекающего органа применяется предохранительный клапан низкого давления (ПКН), на котором устанавливается электромагнит МИС-4100Е.

При работе котла на мазуте в качестве отсекающего органа применяется автоматическая задвижка на подводе топлива к топке. При переходе работы котла с одного вида топлива на другой в схеме автоматики безопасности и регулирования предусмотрен переключатель вида топлива (ПТ).

Управление задвижками котла осуществляется дистанционно со щита, в котором имеются необходимые блокировки; так, закрытие задвижки на трубопроводе воды до котла возможно только после полного закрытия задвижки на газопроводе; закрытие задвижки на трубопроводе воды за котлом возможно только после закрытия задвижки на трубопроводе воды к котлу.

Автоматика предусматривает возможность ручного останова котла со щита управления при помощи кнопки (КО).

Датчиками, контролирующими изменение параметров в системе автоматики, являются при:

понижении давления топлива в газомазутопроводе — манометр электрический дифференциальный (МЭД);

понижении и повышении давления воды за котлом — манометр электрический дифференциальный (МЭД);

повышении температуры воды за котлом — термометр сопротивления типа ТСМ;

уменьшении расхода воды через котел — дифференциальный манометр (ДМ);

погасании факела в каждой растопочной горелке — фотосопротивление типа ФСК или контрольный электрод (в зависимости от типа применяемого запально-защитного устройства);

падении разрежения в топке котла — датчик тяги ДТ-100 мембранного типа.

Принципиальная схема автоматики безопасности и регулирования типа РПИБ показана на рис. 2.2.

Розжиг котла ПТВМ-50 производится при разрежении в топке 20—30 Па (2—3 мм вод. ст.), при расходе воды

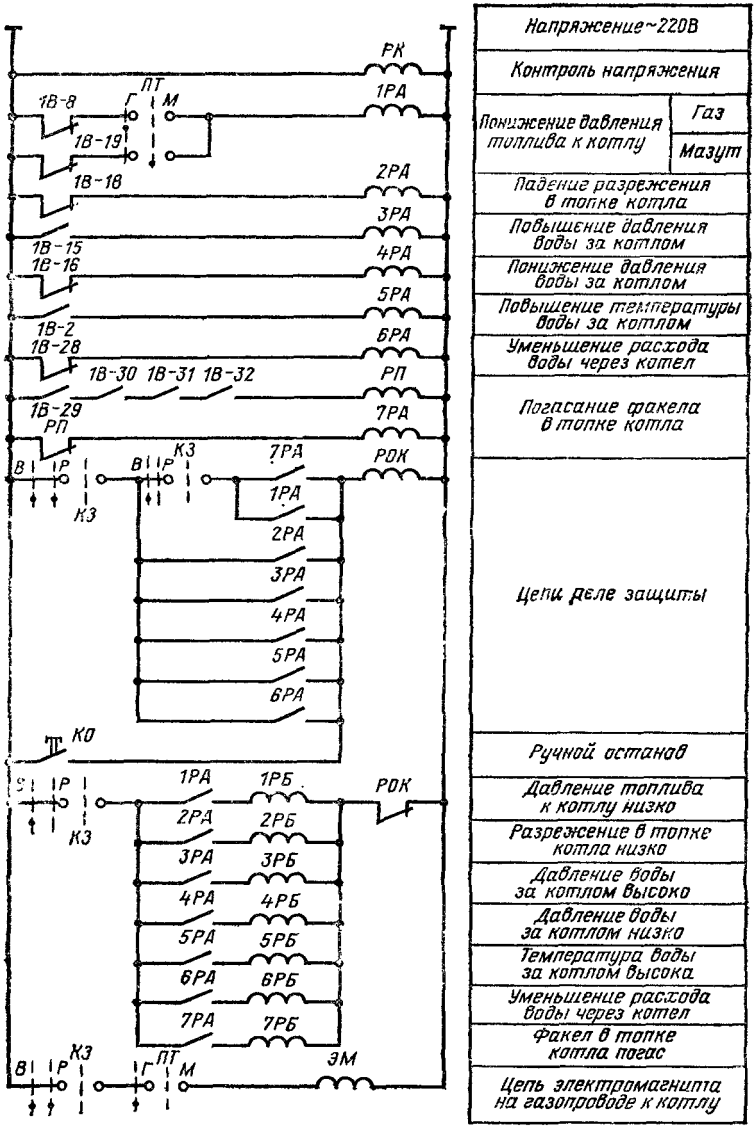


Рис. 2.2. Принципиальная схема автоматики безопасности и регулирования типа РПИБ

через котел более 500 м³/ч и давлении воды на входе в котел не менее 1,0 МПа (10 кгс/см²).

При розжиге водогрейного котла с автоматикой безопасности и регулирования типа РПИБ рекомендуется соблюдать следующий порядок действий.

Включают рубильник электропитания щита управления и сигнализации. После подачи напряжения на щите загораются следующие табло:

ДАВЛЕНИЕ ТОПЛИВА К КОТЛУ НИЗКО
РАЗРЕЖЕНИЕ В ТОПКЕ КОТЛА НИЗКО
ДАВЛЕНИЕ ВОДЫ ЗА КОТЛОМ НИЗКО
УМЕНЬШЕНИЕ РАСХОДА ВОДЫ ЧЕРЕЗ КОТЕЛ
ФАКЕЛ В ТОПКЕ КОТЛА ПОГАС

На щите управления и сигнализации переключатель топлива (ПТ) ставят в положение «ГАЗ»;

взводят в рабочее положение клапан-отсекатель автоматики безопасности (молоточек клапана в рабочее положение не ставится);

открывают поворотом ключа управления газовой задвижкой (КУГЗ) на щите управления электрозадвижку на главном газопроводе котла и по манометру проверяют наличие давления газа в сети;

открывают нажатием на кнопку на щите управления (или вручную) продувочный клапан газопровода котла на свечу и производят его продувку.

Ключ управления (КУ) растопочной горелкой устанавливают в положение «ВЕНТИЛЯЦИЯ», при этом включается вентилятор, открывается шибер на воздуховоде к горелке, запускается реле времени вентиляции, которое настроено на время выдержки 10—15 мин. По истечении заданной выдержки времени, т. е. после предварительной вентиляции топки котла, замыкается контакт реле времени и загорается сигнальная лампа «ОКОНЧАНИЕ ВЕНТИЛЯЦИИ». Кроме того, другим контактом реле времени подготавливается цепь для включения трансформатора розжига.

Ручку задатчика регулятора разрежения устанавливают в положение «ДИСТАНЦИОННО», и после нажатия кнопок «БОЛЬШЕ» или «МЕНЬШЕ» в топке котла устанавливается разрежение в пределах 20—30 Па (2—3 мм вод. ст.).

Вручную открывают газовый кран на спуске к растопочной горелке.

Ключ розжига (КР) устанавливают в положение «ВКЛЮЧЕНО», срабатывает реле розжига (РР), при этом подается напряжение на электромагнитный вентиль на газопроводе и к электрозапальнику.

При загорании газа фотодатчик или контрольный электрод подает сигнал на электронный блок запальнозащитного устройства (ЗЗУ) о наличии пламени в топке котла, т. е. срабатывает реле контроля пламени (РКП) и своим замыкающим контактом подготавливает цепь открытия крана растопочной горелки.

Ключ управления (КУ) растопочной горелкой ставится в положение «ТОПЛИВО», газ поступает в топку котла и загорается от факела запальной горелки. После розжига горелки и получения устойчивого горения газа ключ розжига возвращают в положение «ОТКЛЮЧЕНО». При этом снимается напряжение с трансформатора зажигания и соленоидного клапана. Запальная горелка гаснет.

Если в процессе растопки в течение 3—5 с факел запальной горелки не загорелся, то реле (РВР) замкнет контакты реле розжига и повторное включение его возможно только после отработки реле времени вентиляции котла.

В случае погасания факела растопочной горелки во время розжига реле (РКП) своим размыкающим контактом поставит под напряжение цепь пускателя закрытия газового крана. Остальные растопочные горелки разжигаются аналогично.

После розжига всех растопочных горелок производится настройка задатчика разрежения и управление заданным режимом переводится с дистанционного на автоматическое путем поворота ручки «АВТОМАТИЧЕСКИЙ РЕЖИМ» на корпусе задатчика; устанавливается в рабочее положение ударный молоточек клапана-отсекателя.

Горелки дистанционного розжига включаются по мере необходимости поворотом ключа управления соответствующей горелкой в положение «ТОПЛИВО». При этом подается напряжение на исполнительный механизм, открывающий одновременно газовый кран перед горелкой и шибер на воздуховоде к горелке (соотношение газ—воздух заранее отрегулировано).

При нормальной работе котла (без нарушения контролируемых параметров) катушка, удерживающая ударный молоточек, постоянно находится под напряжением через нормально замкнутые контакты реле остановки

котла (РОК) и молоточек находится во взведенном положении.

При аварийном отклонении одного из контролируемых параметров срабатывает соответствующее промежуточное реле *1РА—7РА*, замыкаются цепи определенных блинкерных реле *1РБ—7РБ* и реле остановки котла (РОК).

В результате срабатывания реле (РОК) цепь электромагнита обесточится и задвижка на газопроводе закроется, значит, прекратится подача топлива в топку котла. Одновременно подается световой и звуковой сигналы о срабатывании защиты через нормально открытые контакты промежуточных реле *1РА—7РА*. Определение параметра, вызвавшего срабатывание защиты, осуществляется световой сигнализацией на табло. Определение первопричины срабатывания защиты питания цепей блинкерных реле производится через нормально замкнутый контакт реле остановки котла (РОК). При срабатывании защиты цепи катушек блинкерных реле обесточатся и отклонение от нормы последующих параметров не будет вызывать срабатывания других блинкерных реле.

Система поддерживает температуру воды, подаваемой в теплосеть, в соответствии с отопительным графиком. Для этой цели предусмотрен регулятор температуры прямой сетевой воды на выходе из котельной, который воздействует на подачу топлива. Изменение подачи топлива регулятором температуры осуществляется ступенчато включением и отключением горелок.

При отклонении температуры воды на выходе из котла за пределы зоны нечувствительности регулятора происходит разбалансировка в его измерительном блоке и включается реле «БОЛЬШЕ» или «МЕНЬШЕ». Реле «БОЛЬШЕ» своими нормально открытыми контактами включает магнитный пускатель вентилятора горелки и реле времени, которое через промежуток времени, подбираемый при наладке схемы регулирования, своими контактами включает промежуточное реле открытия. Контакты реле включают исполнительный механизм, открывающий воздушную заслонку и газовый кран. Если сигнал реле «БОЛЬШЕ» не исчез, аналогично включаются дополнительные горелки автоматического розжига.

Отключение горелок регулятором производится в обратной последовательности по сигналу реле «МЕНЬШЕ». Импульс на закрытие горелки подается через контакт

промежуточного реле, которое находится в цепи реле «МЕНЬШЕ», при этом исполнительный механизм газового и воздушного клапанов работает на закрытие.

При полном закрытии клапанов контакты конечного выключателя замыкают цепь промежуточного реле закрытия. Реле срабатывает и размыкает свои контакты в цепи пускателя вентилятора, и происходит его отключение. Для создания выдержки времени на отключение другой горелки контакты соответствующего реле шунтируют контакты промежуточного реле вентилятора, которое остается во включенном положении в течение промежутка времени, определяемого временем отключения одной горелки. По истечении выдержки времени при повторяющемся сигнале реле «МЕНЬШЕ» подается команда на закрытие исполнительного механизма, газового и воздушного клапанов горелки.

Дальнейшее отключение других горелок происходит аналогично.

Для контроля за работой котла на щите управления устанавливаются:

регистрирующий и показывающий приборы температуры воды;

регистрирующий и показывающий приборы расхода воды через котел;

регистрирующий и показывающий приборы давления воды после котла;

показывающий прибор разрежения в верхней части топки;

регистрирующий и показывающий приборы содержания свободного кислорода в дымовых газах;

регистрирующий и показывающий приборы давления газа для общей магистрали.

2.13. АВТОМАТИКА КОТЛОВ Е-1/9-1М С ГОРЕЛОЧНЫМ УСТРОЙСТВОМ АР-90

Котлы Е-1/9-1М, работающие на жидком топливе, оборудуются горелочными устройствами АР-90. Для защиты котла подача топлива автоматически прекращается при понижении уровня воды в котле ниже допустимого, при повышении давления пара в котле выше допустимого, при коротком замыкании и перегрузке электродвигателей.

На двери щита имеются кнопки управления дымосо-

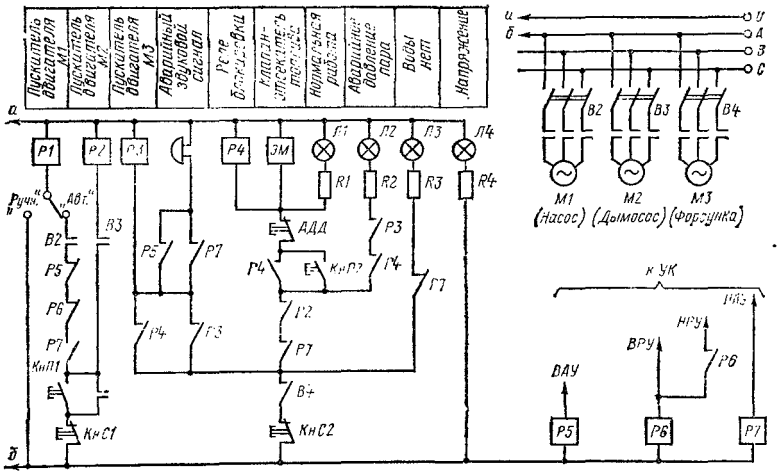


Рис. 2.3. Схема автоматики котлов Е-1/9-1М с горелочным устройством типа АР-90

сом, форсункой, тумблер ручного управления питательным насосом и световая сигнализация для контроля за работой котла. Имеется возможность подключения звукового аварийного сигнала. Щит управления обеспечивает автоматическое регулирование уровня воды в котле.

Схема автоматики котлов с горелочным устройством АР-90 показана на рис. 2.3.

Датчиками системы автоматики являются уровнемерная колонка (УК) и контактный датчик давления (АДД), а исполнительными органами — электродвигатели питательного насоса и дымососа. Для автоматического прекращения подачи топлива при аварийном выключении форсунки служит электромагнитный клапан-отсекатель (ЭМ), установленный на подаче топлива в форсунку.

Работа схемы при пуске горелочного устройства и котла осуществляется следующим образом.

При повороте переключателя *В1* (на схеме не показан) в положение «ВКЛЮЧЕН» на схему подается напряжение и загорается зеленая сигнальная лампа *Л4* «НАПРЯЖЕНИЕ». В том случае, если уровень воды в котле ниже допустимого, когда уровень воды не достигает электрода нижнего аварийного уровня (НАУ), то реле *Р7* обесточено, не срабатывает и своими контактами

включает красную сигнальную лампу *Л3* «ВОДЫ НЕТ», разрывает цепь включения клапана отсекателя и электродвигателя питательного насоса. В этом случае необходимо сначала допитать котел, для чего на щите управления тумблер переключателя питательным насосом переводится в положение «РУЧНОЕ» и котел заполняется водой.

При достижении водой уровня электрода нижнего аварийного уровня (НАУ) в уровнемерной колонке срабатывает реле *Р7*, гаснет сигнальная лампа *Л3* «ВОДЫ НЕТ». После этого необходимо переключатель «РУЧНОЕ—АВТОМАТИЧЕСКОЕ» поставить в положение «АВТОМАТИЧЕСКОЕ», чтобы включить схему автоматического регулирования уровня воды в котле во время работы горелочного устройства.

При нажатии на кнопку *КнП1* («ПУСК» питательного насоса, дымососа) включаются питательный насос в автоматическом режиме регулирования уровня воды в котле и дымосос.

После вентиляции топки можно зажечь запальный факел и приступить к пуску форсунки.

При нажатии на кнопку *КнП2* («ПУСК» форсунки) включается клапан-отсекатель топлива и реле блокировки *Р4*, которое своим замыкающим контактом включает пускатель двигателя форсунки *М3*. Зажигается зеленая сигнальная лампа *Л1* «НОРМАЛЬНАЯ РАБОТА». Подача топлива осуществляется при помощи ручного клапана.

Автоматическое регулирование уровня воды в котле осуществляется с помощью двухпозиционного регулятора, т. е. регулирование уровня воды ступенчатое.

Чувствительными элементами регулятора являются два специальных электрода, установленных в уровнемерной колонке. Уровень воды в колонке соответствует уровню воды в котле. Электрод (НРУ) установлен на нижнем регулируемом уровне воды, а электрод (ВРУ) — на верхнем регулируемом уровне воды. Функцию исполнительного органа регулятора выполняет электродвигатель питательного насоса. Управление пускателем электродвигателя *М1* питательного насоса осуществляется размыкающимися контактами реле *Р6*.

Если переключатель «РУЧНОЕ—АВТОМАТИЧЕСКОЕ» находится в положении «АВТОМАТИЧЕСКОЕ», то нажатием на кнопку *КнП1* приводятся в действие питательный насос и дымосос, начинает работать система

автоматического регулирования уровня воды в котле, происходит подпитка котла и уровень воды поднимается. Как только в уровнемерной колонке уровень воды достигнет верхнего электрода (ВРУ), срабатывает реле *Р6* и своими контактами разрывает цепь питания магнитного пускателя питательного насоса и прекращается подача воды в котел.

При снижении уровня воды до электрода (НРУ) в уровнемерной колонке, т. е. до отметки нижнего регулируемого уровня, происходит замыкание контактов реле *Р6*, которое своими контактами включает в работу питательный насос, и вновь происходит подпитка котла водой.

При упуске воды из котла ниже аварийного уровня разрывается цепь питания реле *Р7*, которое своими контактами отключает клапан-отсекатель (ЭМ), реле блокировки *Р4*, сигнальную лампу *Л1* «НОРМАЛЬНАЯ РАБОТА» и магнитный пускатель питательного насоса. Одновременно реле *Р7* своими контактами включает сигнальную лампу *Л3* «ВОДЫ НЕТ» и звуковой сигнал.

Электродвигатель форсунки и дымосос продолжают работать.

При повышении уровня воды в котле выше допустимого происходит включение реле *Р5*, которое своими замыкающими контактами включает звуковой сигнал, а размыкающими контактами разрывает цепь питания магнитного пускателя питательного насоса. Одновременно реле *Р7* своими контактами включает сигнальную лампу *Л3* «ВОДЫ НЕТ» и звуковой сигнал.

Электродвигатель форсунки и дымосос продолжают работать.

Для отключения подачи топлива при повышении давления пара в котле используется контактный датчик (АДД), который настраивается на предельное давление пара. Если давление пара в котле повышается выше аварийного предела, контактный датчик (АДД) размыкает свои контакты в цепях питания клапана-отсекателя топлива (ЭМ), реле блокировки *Р4* и сигнальной лампы *Л1* «НОРМАЛЬНАЯ РАБОТА». При этом клапан-отсекатель закрывается, прекращается подача топлива в форсунку, реле *Р4* срабатывает и сигнальная лампа «НОРМАЛЬНАЯ РАБОТА» гаснет. Одновременно реле *Р4* замыкает свои контакты и загорается сигнальная лампа *Л2* «АВАРИЙНОЕ ДАВЛЕНИЕ ПАРА». Электродвигатели форсунки и дымососа остаются включенными, а питательный

насос продолжает работать в автоматическом режиме регулирования уровня воды в котле. Сигнальная лампа «АВАРИЙНОЕ ДАВЛЕНИЕ ПАРА» остается включенной до тех пор, пока не будет нажата кнопка *КнС2* «СТОП» форсунки. После понижения давления пара в котле можно производить пуск форсунки.

Пуск горелочного устройства производится в следующем порядке. Включается напряжение при помощи соответствующего ключа на щите управления, который крепится на стене или на специальной раме. После включения загорается зеленая сигнальная лампа «НАПРЯЖЕНИЕ», а если уровень воды в котле ниже аварийного, то загорается и красная сигнальная лампа «ВОДЫ НЕТ».

Для подпитки котла водой необходимо включить питательный насос при помощи переключателя «РУЧНОЙ ВКЛЮЧАТЕЛЬ ПИТАТЕЛЬНОГО НАСОСА». После подпитки котла водой красная сигнальная лампа «ВОДЫ НЕТ» гаснет. Необходимо переключить переключатель «РУЧНОЙ ВКЛЮЧАТЕЛЬ ПИТАТЕЛЬНОГО НАСОСА» в положение «АВТОМАТИЧЕСКОЕ».

Шибер дымососа следует полностью открыть и произвести вентиляцию топки, для чего необходимо нажать на кнопку «ПУСК» питательного насоса и дымососа. При этом одновременно с включением дымососа включается и питательный насос. Если после включения напряжения на щите управления сигнальная лампа «ВОДЫ НЕТ» не загорается, можно сразу приступить к вентиляции топки.

После вентиляции топки нажимают на кнопку «СТОП» питательного насоса и дымососа, т. е. выключают дымосос и зажигают в топке запальный факел. Затем снова включают дымосос.

При получении стабильного запального факела следует повернуть форсунку к передней плите и жестко закрепить зажимным винтом. Необходимо закрыть ручной вентиль для регулирования подачи топлива, затем ручку для регулирования давления топлива повернуть против часовой стрелки до отказа и на 3—4 оборота в противоположную сторону.

Открыть шибер дымососа и шибер для регулирования подачи первичного воздуха примерно на 70 %.

Нажатием на кнопку «ПУСК» форсунки следует включить ее в работу, при этом загорается зеленая сигнальная лампа «НОРМАЛЬНАЯ РАБОТА».

Для регулирования подачи топлива следует медлен-

но открыть ручной вентиль, при этом необходимо убедиться в зажигании мазутного факела. После зажигания устойчивого мазутного факела необходимо полностью открыть ручной вентиль.

Расход топлива для максимальной нагрузки котла настраивается регулированием давления топлива при помощи ручки топливного насоса форсунки. Дальнейшее регулирование нагрузки котла производится при помощи ручного вентиля форсунки.

Выключение электродвигателей при коротком замыкании или перегрузке осуществляется при помощи автоматических выключателей, вмонтированных в щите управления. Для включения сработавшего автомата следует открыть дверь щита и нажать на кнопку включения сработавшего автомата.

Если необходимо остановить котел, то нажимают на кнопку *КнС2* «СТОП» форсунки и на кнопку *КнС1* «СТОП» дымососа и питательного насоса.

2.14. ОБСЛУЖИВАНИЕ СИСТЕМ АВТОМАТИКИ

До начала работы все автоматические приборы должны быть настроены на заданные параметры. Наладка осуществляется в соответствии с заводскими инструкциями, на основе которых проверяются все датчики, электронный усилитель, задатчик, исполнительные механизмы и регулировочные устройства. В результате составляются характеристика режимов автоматики и рекомендации по обслуживанию котельной, включая режимные карты котлов.

При эксплуатации котельной установки осуществляется теплотехнический контроль и регулирование параметров работы котлов, производится поддержание котлов и оборудования в рабочем состоянии и обеспечивается безопасность, долговечность и надежность их работы.

Независимо от принципа управления работой котлов (ручное, автоматическое, дистанционное) теплотехнический режим котла задается требованиями теплоснабжения и должен поддерживаться строго в заданных пределах изменения параметров теплоносителя (давление и температура пара или температуры воды).

В большинстве отопительных и промышленных котельных участие операторов в регулировании работы котлов составляет еще значительную долю. Поэтому качест-

во эксплуатации котлов во многом зависит от знаний, опыта и квалификации обслуживающего персонала.

Для обеспечения безаварийной работы автоматизированных котельных необходимо их профилактическое обслуживание.

Один из элементов профилактического обслуживания — проведение периодических обходов и осмотр автоматизированных котельных. Периодичность обходов для систем автоматики различна, посещение и осмотр котельных зависят от степени надежности работы автоматики, от устойчивой работы отопительной системы котельной, от работы ее технологического оборудования и других причин. При наружном осмотре проверяется отсутствие неисправностей в системе автоматики, газоснабжения и тепломеханической части котельной.

Если по запаху обнаружено наличие газа в котельной, то необходимо интенсивно провентилировать помещение котельной, после чего проверить плотность газопроводов обмыливанием резьбовых и фланцевых соединений, сальников и других вероятных мест утечек газа. Обнаруженные неплотности следует немедленно устранить.

Второй элемент профилактического обслуживания — периодические проверки состояния технологического оборудования и устройств автоматизации котельных.

В первую очередь обращают внимание на состояние устройств автоматической защиты, непрерывность действия которых не самоконтролируется.

Последовательность профилактического обслуживания автоматизированной котельной может быть следующей:

проверка исправности газового, теплового и механического оборудования котельной;

проверка четкости срабатывания устройств автоматической защиты при нарушении нормальных режимов работы котлов (погасание пламени, перегрев котла, прекращение циркуляции, падение разрежения в топке и т. п.);

проверка плотности закрытия отсечных устройств при получении сигналов от датчиков системы автоматической защиты;

проверка работы автоматики горения;

проверка исправности системы автоматического регулирования теплопроизводительности котельной;

опробование работы системы сигнализации при создании аварийных режимов котлов.

Работа автоматики проверяется такими же способами и средствами, что и при наладке.

Опробование системы сигнализации заключается в проверке работы сигнальных ламп и звуковых сигналов на щите диспетчерского пункта и у котлов при возникновении аварийных режимов.

При наличии в системе автоматики механических элементов следят за тем, чтобы в этих устройствах не было коррозии подвижных частей, заеданий при срабатывании.

В электрических схемах обращают внимание на чистоту контактов, периодичность промывки которых должна быть оговорена в инструкции по эксплуатации автоматики.

Каждое посещение котельной фиксируется в журнале, в котором отмечается время осмотра, показания контрольно-измерительных приборов, какие работы произведены и результаты осмотра.

При повседневной эксплуатации профилактическое обслуживание приборов автоматики заключается в проверке:

плотности всех соединений, запорных устройств системы автоматики, отсутствия утечек газа;

срабатывания клапана-отсекателя или электромагнитного клапана при отсутствии тяги, превышении давления пара в котле, уменьшении давления газа в командных линиях автоматики;

срабатывания электромагнитного клапана на отсечку газа при потухании запальника;

работы регулятора расхода воздуха, регулятора тяги, регулятора давления газа;

работы регуляторов технологических параметров котлоагрегата — стабилизатора давления пара и регулятора уровня воды;

работы системы сигнализации.

Исправность приборов, надежная и бесперебойная работа аппаратуры систем автоматики возможна только при правильной организации эксплуатации и своевременном проведении профилактических работ, регламентируемых заводскими и производственными инструкциями.

При эксплуатации котельных часто пренебрегают простыми и доступными средствами контроля за работой котла по разрежению, температуре уходящих газов и со-

ставу продуктов горения топлива. Внимательное отношение к этим измерениям позволяет выяснить многие неполадки в работе. Так, падение температуры продуктов сгорания за котлом может свидетельствовать об увеличении разрежения сверх нормального, о возрастании коэффициента избытка воздуха в топке, об образовании неплотностей в газовом тракте.

Повышение температуры продуктов сгорания может произойти из-за: недостатка воздуха для горения, падения разрежения в топке, загрязнения поверхности нагрева котла, нарушения циркуляции в котле.

Особенно важен контроль за тягой, так как это в наибольшей мере связано с безопасностью работы котла на газовом топливе. Для этой цели применяют различные виды тягомеров, среди которых простейшим является жидкостный.

2.15. СПОСОБЫ КОНСЕРВАЦИИ КОТЛОВ

Если котел остановлен на длительное время, то необходимо его законсервировать. При консервации котлов необходимо руководствоваться указаниями инструкции завода-изготовителя по монтажу и эксплуатации.

Для защиты котлов от коррозии применяют сухой, мокрый и газовый способы консервации, а также в отдельных случаях консервацию методом избыточного давления.

Сухой способ консервации применяют при длительной остановке котла и когда невозможно отапливать помещение котельной зимой. Сущность его заключается в том, что после удаления воды из котла, пароперегревателя и экономайзера и очистки поверхностей нагрева сушку котла производят пропуском горячего воздуха (тщательной вентиляцией) или разводят в топке небольшой костер. При этом предохранительный клапан должен быть открыт для удаления водяных паров из барабана и труб котла. При наличии пароперегревателя необходимо открыть дренажный вентиль на камере перегретого пара для удаления оставшейся в нем воды. После окончания сушки через открытые лазы в барабанах помещают заранее приготовленные железные противни с негашеной известью CaO или силикагелем (в количестве 0,5 —1,0 кг $CaCl_2$, 2—3 кг CaO или 1,0—1,5 кг силикагеля на 1 $м^3$ объема котла). Плотно закрывают лазы барабана и пере-

крывают всю арматуру. При остановке котла более чем на 1 год рекомендуется снять всю арматуру, а на штуцерах установить заглушки. В дальнейшем не реже 1 раза в месяц должно проверяться состояние реактивов, а затем через каждые 2 мес в зависимости от результатов проверки обязательно должна производиться его замена. Рекомендуется периодически следить за состоянием обмуровки и в случае необходимости производить ее сушку.

Мокрый способ. Мокрую консервацию котлов применяют тогда, когда нет опасности замерзания в них воды. Сущность ее заключается в том, что котел полностью заполняют водой (конденсатом) с повышенной щелочностью (содержание едкого натра 2—10 кг/м³ или тринатрийфосфата 5—20 кг/м³). Затем подогревают раствор до температуры кипения для удаления из него воздуха и растворенных газов и плотно закрывают котел. Применение щелочного раствора обеспечивает при равномерной концентрации достаточную устойчивость защитной пленки на поверхности металла.

Газовый способ. При газовом способе консервации из остывшего котла спускают воду, тщательно очищают внутреннюю поверхность нагрева от накипи. После этого котел заполняют через воздушник газообразным аммиаком и создают давление около 0,013 МПа (0,13 кгс/см²). Действие аммиака состоит в том, что он растворяется в пленке влаги, которая находится на поверхности металла в котле. Эта пленка становится щелочной и защищает котел от коррозии. При газовом способе персонал, производящий консервацию, должен знать правила техники безопасности.

Метод избыточного давления заключается в том, что в котле, отключенном от паропроводов, поддерживают давление пара несколько выше атмосферного и температуру воды выше 100 °С. Это предотвращает попадание в котел воздуха, а следовательно, и кислорода, являющегося основным коррозионным агентом. Добиваются этого периодически подогревами котла.

При выводе котла в холодный резерв до 1 мес его заполняют деаэрированной водой и поддерживают в нем небольшое избыточное гидростатическое давление, подключив к расположенному выше бачку с деаэрированной водой. Однако этот способ по сравнению с предыдущим менее надежен.

При всех способах консервации котлов необходимо обеспечить полную герметичность арматуры; все люки и лазы должны быть плотно закрытыми; при сухом и газовом способе неработающие котлы нужно отделять от работающих заглушками. Консервация оборудования и ее контроль проводятся по особой инструкции и под руководством химика.

ГЛАВА ТРЕТЬЯ

ВОДНЫЙ РЕЖИМ ПАРОВЫХ И ВОДОГРЕЙНЫХ КОТЛОВ

3.1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Для безаварийной и экономичной работы котельных установок большое значение имеет качество воды, которой питаются котлы. Необработанная вода из различных источников (артезианская, поверхностная) содержит растворенные соли, различные механические и органические примеси, а также кислород и углекислый газ. Количество и состав примесей зависит от свойства пород, с которыми контактирует вода, а также от количества и состава сбросов, поступающих в водоисточники.

Для питания отопительных котлов иногда используется артезианская вода, в которой почти нет механических примесей (взвешенных веществ) и сравнительно мало органических примесей. Однако эта вода обычно содержит большое количество растворенных солей.

Основными накипеобразующими примесями необработанной воды являются соли кальция и магния, которые обусловливают жесткость воды, а также соединения железа.

Наличие указанных примесей не позволяет применять без предварительной обработки исходную (сырую) воду для питания котлов, так как при нагреве и испарении воды на внутренних поверхностях труб и барабанов котла осаждаются соли, образующие накипь и шлам. Поскольку накипь — плохой проводник теплоты (в 40 раз хуже, чем сталь), в местах ее отложения происходит местный перегрев металла котла, образуются отдулины и трещины. Установлено, что при отсутствии накипи температура стенки труб котла при давлении 4,0 МПа (40 кгс/см^2) не превышает 280 °С, при толщине накипи в 3 мм температура металла повышается до 580 °С.

Водно-химический режим котельной должен вестись таким образом, чтобы была обеспечена работа оборудования без повреждений и снижения экономичности, вызванных: образованием накипи и отложений на поверхностях нагрева; отложениями шлама в котлах и в тепловых сетях; коррозией внутренних поверхностей котлов, трубопроводов питательного тракта и тепловых сетей.

Главными показателями качества воды являются: прозрачность, солесодержание, щелочность и жесткость, содержание соединений железа и окисляемость.

Прозрачность воды характеризуется содержанием в ней взвешенных примесей (мутностью) и определяется по высоте слоя воды (в см), через который можно видеть определенных размеров крест или шрифт (прозрачность по кресту или шрифту).

Солесодержание воды характеризует общее количество растворенных в ней веществ, его определяют путем измерения электрической проводимости или по массе сухого остатка после выпаривания воды при температуре 105—110 °С.

Щелочность выражает количество находящихся в ней щелочных соединений — гидратов, карбонатов и бикарбонатов.

Жесткость воды характеризует общее содержание в ней солей кальция и магния. Общая жесткость ($Ж_о$) делится на постоянную ($Ж_п$) (некарбонатную), которая обусловлена содержанием в воде сульфатов ($CaSO_4$, $MgSO_4$) и хлоридов ($CaCl_2$, $MgCl_2$) и временную ($Ж_в$) (карбонатную), которая характеризуется содержанием в воде бикарбонатов $Ca(HCO_3)_2$, $Mg(HCO_3)_2$.

Общая жесткость воды равняется сумме постоянной и временной жесткости

$$Ж_о = Ж_п + Ж_в. \qquad (3.1)$$

Кроме солей жесткости в воде присутствуют соли натрия, кремнекислота и другие соединения.

При нагревании и упаривании в котлах соли карбонатной жесткости образуют низкотемпературные накипи, состоящие в основном из $CaCO_3$. Эти накипи образуются при нагреве воды уже до 40—50 °С.

При более высоких температурах и больших солесодержаниях исходной воды возможно образование гипсовой накипи $CaSO_4$. Соли карбонатной жесткости (вре-

менной) при нагревании могут выпадать как в виде накипи, так и в виде рыхлого шлама в зависимости от условий кристаллизации.

За единицу измерения жесткости воды принят миллиграмм-эквивалент (мг-экв), равный 20 мг кальция или 12 мг магния. Концентрация солей жесткости в воде выражается в мг-экв/кг, или в мкг-экв/кг.

По общей жесткости все природные воды условно можно разделить на три группы: мягкие ($Ж_о \leqslant 4$ мг-экв/кг), средней жесткости ($Ж_о = 4 \div 7$ мг-экв/кг) и жесткие ($Ж_о \geqslant 7$ мг-экв/кг).

Щелочность воды выражается в тех же единицах, что и жесткость, и показывает суммарное содержание в ней гидроксильных, карбонатных и бикарбонатных анионов. Возможно раздельное определение гидратной, карбонатной и бикарбонатной щелочности. В природных водах щелочность преимущественно бикарбонатная.

Качество котловой воды характеризуется ее солесодержанием, щелочностью, а также относительной щелочностью, которая для паровых котлов давлением до 3,9 МПа (39 кгс/см^2) должна быть не более: 20 % для клепаных котлов; 50 % для котлов со сварными барабанами и вальцовочными соединениями труб с барабанами, включая вальцованные трубы с уплотнительной обваркой.

Относительная щелочность для паровых котлов давлением до 3,9 МПа (до 39 кгс/см^2) со сварными барабанами и сварными соединениями труб с барабанами и коллекторами не нормируется.

Относительная щелочность $Щ_{отн}$, %, может быть определена по формуле

$$Щ_{отн} = 40 \frac{Щ_{к.в}}{A_{с.о}} 100, \qquad (3.2)$$

где $Щ_{к.в}$ — щелочность котловой воды, мг-экв/кг; $A_{с.о}$ — сухой остаток котловой воды, мг/кг; 40 — коэффициент для пересчета щелочности на NaOH.

Важное значение имеет показатель концентрации в воде водородных ионов — pH. В зависимости от этого показателя воду считают кислой, щелочной или нейтральной. Химически чистая вода имеет нейтральную реакцию, при этом часть молекул воды диссоциирована на ионы: $H_2O \rightleftarrows H^+ + OH^-$.

Таблица 3.1. Растворимость в воде кислорода (мг/кг) в зависимости от температуры

Растворенный газ	Температура, °С											
	0	5	10	15	20	25	30	40	50	60	80	100
O_2	14,6	12,8	11,3	10,1	9,1	8,3	7,5	6,5	5,6	4,8	2,9	0

Степень этой диссоциации ничтожна: из 10 000 000 молекул воды только одна молекула распадается на ионы. Концентрацию в воде ионов водорода принято выражать отрицательным логарифмом этой величины и обозначаемым pH. При нейтральной реакции воды концентрации ионов H^+ и OH^- одинаковы и при 25 °С равны 10^{-7} и pH этой воды равен 7; при $pH<7$ концентрация ионов водорода увеличивается и реакция воды будет кислой, а при $pH>7$ — щелочной.

Концентрация гидроксильного иона соответственно характеризуется pOH.

Косвенным показателем содержания в воде органических веществ является ее окисляемость, которая показывает расход кислорода (или перманганата калия $KMnO_4$) на окисление органических веществ в определенных условиях и выражается в миллиграммах кислорода или перманганата на 1 л воды.

Растворимость в воде газов выражается в мг/кг и зависит от физических свойств, температуры и парциального давления газов (табл. 3.1).

Соединения железа встречаются в природных водах в виде двухвалентного (закисного) и трехвалентного (окисного) железа. Концентрация соединений железа выражается в мг/кг.

3.2. ПРЕДВАРИТЕЛЬНАЯ ОБРАБОТКА ВОДЫ

При использовании воды из поверхностных источников предусматривается:

а) фильтрование на осветлительных фильтрах для удаления взвешенных веществ при их количестве до 100 мг/кг. Предварительная коагуляция применяется, если окисляемость воды более 15 мг/кг O_2 или концент-

рация соединений железа более 1 мг/кг (в нефильтрованной пробе);

б) коагуляция в осветлителях и последующее фильтрование на осветлительных фильтрах для удаления взвешенных веществ (при их количестве более 100 мг/кг) и органических примесей (при окисляемости воды более 15 мг/кг O_2) в течение более 30 сут ежегодно. Указанную обработку следует предусматривать при щелочности исходной воды до 1,5 мг-экв/кг;

в) известкование с коагуляцией в осветлителях и последующим фильтрованием на осветлительных фильтрах для уменьшения щелочности, солесодержания, содержания соединений железа и органических примесей, удаления взвешенных веществ при их количестве более 100 мг/кг. Указанную обработку предусматривают при щелочности исходной воды более 1,5 мг-экв/кг;

г) содоизвесткование с коагуляцией в осветлителях и последующим фильтрованием на осветлительных фильтрах. Обработку допускается предусматривать для вод с большой постоянной жесткостью.

3.3. ОБРАБОТКА ВОДЫ ДЛЯ ПИТАНИЯ ПАРОВЫХ КОТЛОВ

Для питания паровых котлов при использовании воды хозяйственно-питьевого водопровода, воды из поверхностных источников, прошедшей предварительную обработку (см. выше), воды из подземных источников, прошедшей при необходимости обезжелезивание, а также воды из подземных и поверхностных источников с содержанием взвешенных веществ не более 8 мг/кг и цветностью не более 30° следует предусматривать обработку воды Na-катионированием: одноступенчатым — для уменьшения общей жесткости до 0,1 мг-экв/кг, двухступенчатым — менее 0,1 мг-экв/кг.

Указанный метод допускается применять при карбонатной жесткости менее 3,5 мг-экв/кг.

После Na-катионирования могут применяться корреционные методы обработки воды:

аминирование — для уменьшения содержания в паре свободной углекислоты и уменьшения коррозии пароконденсатного тракта;

фосфатирование или трилонирование — для защиты от отложений накипи на поверхностях нагрева котлов с давлением пара более 1,4 МПа (14 кгс/см^2);

сульфитирование — для удаления нитритов из питательной воды котлов с давлением пара 3,9 МПа (39 кгс/см²);

H-Na-катионирование — параллельное или последовательное с нормальной или «голодной» регенерацией H-катионитных фильтров — для уменьшения жесткости, щелочности и солесодержания питательной воды, а также концентрации углекислоты в паре;

Na-Cl-ионирование — для уменьшения общей жесткости, в том числе карбонатной, и содержания углекислоты в паре. Указанный метод допускается применять при отношении бикарбонатной щелочности к сумме сульфатов, нитратов и нитритов $\geqslant 1$, содержании анионов сильных кислот (кроме хлорида) $\leqslant 2$ мг-экв/кг и отсутствии органических соединений и железа;

NH_4-Na-катионирование — для уменьшения жесткости, щелочности, солесодержания питательной воды и содержания углекислоты в паре. Указанный метод применяется, если в паре допустимо наличие аммиака;

частичное обессоливание ионированием для уменьшения минерализации воды.

При Na-катионировании содержание железа в обрабатываемой воде не должно превышать 0,3 мг/кг, при H-Na-катионировании — 0,5 мг/кг, при Na-Cl-ионировании и частичном обессоливании ионированием железо должно отсутствовать.

Для обезжелезивания подземных вод используются следующие методы.

1) Удаление железа аэрацией с последующим фильтрованием через сульфоуголь (с катализатором), которое возможно при соблюдении определенных условий: щелочность исходной воды должна быть более 2 мг-экв/кг, перманганатная окисляемость воды мг O_2 на 1 кг — менее 0,15 (Fe^{2+}), где Fe^{2+} — содержание двухвалентного железа в исходной воде, мг/кг; содержание аммонийных солей — менее 1 мг/кг (в пересчете на NH_4); содержание сульфидов — менее 2 мг/кг; pH воды после аэрации и гидролиза — более 7. Катализатором в процессе окисления Fe^{2+} в Fe^{3+} служат соединения железа, которые образуются в виде пленки при первоначальном пропуске воды со скоростью 25 м/ч в течение 170—180 ч. Аэрация обезжелезиваемой воды производится путем присадки сжатого воздуха или установки эжектора с минимальным сопротивлением на трубопроводе обрабатываемой воды.

При этом методе растворимые соли двухвалентного железа гидролизуются и окисляются в гидрат окиси железа $Fe(OH)_3$ — нерастворимое соединение, которое задерживается на сульфоугольном фильтре.

Этот метод наиболее прост и нашел широкое применение в котельных установках.

2) Метод аэрации с последовательным фильтрованием воды через контактные фильтры с дробленым пиролюзитом или омарганцованным песком и затем через механические фильтры.

3) Удаление железа путем аэрации и последующего хлорирования или известкования.

4) Удаление ионного железа катионированием. Этот метод применим в случаях, если требуется умягчение воды и в обрабатываемой воде отсутствует кислород.

3.4. ОБРАБОТКА ВОДЫ СИСТЕМ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ И ГОРЯЧЕГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ

При использовании для закрытых систем теплоснабжения воды из поверхностных источников, прошедшей предварительную обработку, а также воды из подземных источников, прошедшей при необходимости обезжелезивание, или при использовании воды хозяйственно-питьевого водопровода для закрытых и открытых систем теплоснабжения, а также систем горячего водоснабжения предусматривают:

1) Na-катионирование одноступенчатое

для закрытых систем теплоснабжения при карбонатной жесткости исходной воды 5 мг-экв/кг и менее, при этом, если предусматривается работа водогрейных котлов параллельно с пароводяными подогревателями, карбонатная жесткость исходной воды не должна превышать 3,5 мг/экв-кг;

для открытых систем теплоснабжения и систем горячего водоснабжения при карбонатной жесткости исходной воды менее 2 мг-экв/кг;

2) Н-катионирование с голодной регенерацией фильтров

для закрытых систем теплоснабжения при карбонатной жесткости исходной воды более 5 мг-экв/кг;

для открытых систем теплоснабжения и горячего водоснабжения при карбонатной жесткости исходной воды более 2 мг-экв/кг.

Указанный метод, как правило, применим при отношении содержания карбонатов к сумме содержания сульфатов и хлоридов более 1; отношении содержания ионов натрия к сумме содержания ионов кальция и магния — менее 0,2; возможность применения H-Na-катионирования с голодной регенерацией при других условиях должна быть обоснована (условной сульфатно-кальциевой жесткостью и др.);

3) подкисление умягченной при Na-катионировании воды улучшенной контактной серной кислотой при условии ее автоматического дозирования и последующего удаления свободной углекислоты для открытых систем теплоснабжения и систем горячего водоснабжения.

Магнитную обработку воды для систем теплоснабжения и горячего водоснабжения допускается производить при соблюдении следующих условий: подогрев воды — не выше 95 °С; карбонатная жесткость исходной воды — не более 9 мг-экв/кг; содержание железа в исходной воде — не более 0,3 мг/кг.

При этом следует предусматривать вакуумную деаэрацию, если содержание кислорода в исходной воде более 3 мг/кг, а сумма содержания хлоридов и сульфатов более 50 мг/кг.

Для систем бытового горячего водоснабжения необходимо применять магнитные аппараты с напряженностью магнитного поля не более 2000 Э.

Для подпитки закрытых систем теплоснабжения может применяться вода из поверхностных источников, обработанная методом известкования или содоизвестко-вания с коагуляцией и последующим фильтрованием для дополнительного умягчения другими методами.

3.5. ОСНОВНЫЕ СХЕМЫ ОБРАБОТКИ ВОДЫ

Коагуляция — известкование — осветление

Для обработки природных вод применяется схема: коагуляция — известкование с последующей фильтрацией на осветлительных (механических) фильтрах. Коагуляция и известкование исходной воды проводятся в специальных аппаратах-осветлителях.

Исходная вода, предварительно подогретая до температуры 40 °С, поступает в воздухоотделитель осветлителя, где освобождается от пузырьков воздуха, затем в

нижнюю часть осветлителя, куда подается раствор коагулянта и извести. Вода и реагенты перемешиваются благодаря вращательному движению, создаваемому соплами.

При известковании и коагуляции в качестве коагулянта применяется сернокислое закисное железо (pH воды 4—10), при одной коагуляции можно применять сернокислый алюминий (pH воды 6,5—7,5). В результате обработки воды растворами коагулянта и извести образуется осадок в виде шлама, который поступает в шламоуплотнитель, где уплотняется и выводится из него через трубопроводы непрерывной продувки.

Более плотный шлам скапливается в нижней части осветлителя-грязевика, откуда выводится при периодической продувке.

Осветленная вода собирается в верхней части осветлителя и отводится в баки осветленной воды.

Приготовление раствора коагулянта осуществляется по следующей схеме: склад мокрого хранения коагулянта — перекачивающие насосы — механический фильтр (для очистки раствора коагулянта от механических примесей) — расходный бак коагулянта — насосы-дозаторы.

Раствор коагулянта применяется 5—10 %-ной концентрации.

Приготовление раствора извести осуществляется по схеме: гашение извести в известегасителе — перекачивающие насосы — циркуляционный смеситель — циркуляционные насосы — насосы-дозаторы. Известковое молоко для известкования применяется 3—5 %-ной концентрации. Коагуляция применяется для снижения окисляемости, содержания взвешенных веществ, соединений железа и может выполняться периодически (весной, осенью). Известкование снижает щелочность (карбонатная жесткость), солесодержание, содержание свободной углекислоты и частично содержание железа. Известкование воды является одним из способов умягчения воды методом осаждения.

Вода из осветлителя поступает на механические фильтры для удаления взвешенных веществ. При нормальной работе осветлителя концентрация взвешенных веществ в осветленной воде должна составлять 10—12 мг/кг, после механических фильтров — не более 5 мг/кг. Вода поступает в фильтр через верхнее распределительное устройство. В качестве фильтрующего ма-

териала применяется дробленый антрацит, кварцевый песок.

Эксплуатация механических фильтров состоит из фильтрации (работа фильтра), промывки (взрыхление). При фильтрации вода проходит через слой загрузки сверху вниз, при промывке — в обратном направлении.

Включение фильтра в работу производится открытием задвижек на входе и выходе воды. В процессе фильтрования через фильтрующий материал вода освобождается от взвешенных частиц. Продолжительность рабочего цикла фильтра будет тем длиннее, чем больше фильтр способен задержать взвешенных веществ. Во время работы ведется контроль за прозрачностью осветленной воды и перепадом давлений на входе и выходе воды из фильтра. Если фильтр начнет выдавать воду с прозрачностью ниже нормы, фильтр отключают на промывку. Задвижки на входе воды из фильтра закрывают и открывают на трубопроводе подачи взрыхляющей воды и на верхнем дренаже, вода поступает в фильтр снизу.

В течение 3—5 мин вода из фильтра сбрасывается, затем закрывают задвижку на трубопроводе подачи сжатого воздуха при открытой задвижке на верхнем дренаже. Взрыхление воздухом производится в течение 5—7 мин, затем задвижку на трубопроводе подачи воздуха закрывают и открывают на трубопроводе подачи взрыхляющей воды. Взрыхление водой производится насосом из бака для взрыхления.

Взрыхление продолжается до тех пор, пока из верхнего дренажа фильтра не появится прозрачная вода (15—30 мин). Затем задвижки закрывают, открывают задвижки на подаче воды в фильтр и на нижнем дренаже; отмывка производится в течение 5—10 мин до прозрачной воды, после чего фильтр готов к работе.

Na-катионирование

Для глубокого умягчения воды применяется двухступенчатое Na-катионирование, которое позволяет снизить жесткость исходной воды до 0,005—0,015 мг-экв/кг. Эта схема применяется как для природных вод, прошедших предварительную обработку, так и для артезианской воды. При Na-катионировании соли жесткости во-

ды удаляются путем замещения катионов кальция и магния (накипеобразователей) на катионы натрия

$$2Na^+R + Ca^{2+} \rightarrow Ca^{2+}R_2 + 2Na^+; \quad (3.3)$$

$$2Na^+R + Mg^{2+} \rightarrow Mg^{2+}R_2 + 2Na^+, \quad (3.4)$$

где R — катионит, ионообменный материал.

В качестве катионита используется сульфоуголь или ионообменные смолы КУ-1, КУ-2 и др. Катионит поглощает ионы Ca^{++} и Mg^{++}, а в воду переходят ионы Na^+, т. е. в ней образуется бикарбонат натрия $NaHCO_3$, определяющий щелочность воды в котле при упаривании за счет разложения $NaHCO_3$ на $NaOH$ и CO_2, и нейтральные соли — $NaCl$, Na_2SO_4. Способность катионита заменять Ca^{++} и Mg^{++} на Na^+ называется его обменной способностью. Когда все ионы натрия в катионите заменяются на ионы кальция и магния, катионит подвергается регенерации раствором поваренной соли.

Реакции, протекающие при регенерации, можно выразить следующими уравнениями:

$$CaR_2 + 2NaCl \rightarrow 2NaR + CaCl_2; \quad (3.5)$$

$$MgR_2 + 2NaCl \rightarrow 2NaR + MgCl_2. \quad (3.6)$$

В результате регенерации снова получается катионит в Na-форме, готовый к умягчению воды, т. е. обмену ионов Na^+ на ионы Ca^{2+} и Mg^{2+}. В раствор при регенерации переходят ионы кальция и магния, от которых катионит должен быть отмыт.

Эксплуатация катионитного фильтра состоит из следующих операций: умягчение воды, регенерация, состоящая из взрыхления катионита, пропуска регенерационного раствора соли и отмывки катионита от продуктов регенерации.

Во время работы фильтра подача воды производится сверху вниз, для чего при включении фильтра в работу открывают задвижку на входе исходной воды в фильтр и воздушник и проверяют, заполнен ли фильтр водой. Когда из воздушника появится вода, его закрывают и открывают задвижку на линии выхода умягченной воды. Для более глубокого умягчения применяется двухступенчатая схема (барьерный фильтр). Вода последовательно проходит через катионитные фильтры I и II ступеней, остаточная жесткость после I ступени умягчения должна быть не выше 0,5—0,7 мг-экв/кг, после II ступе-

ни — 0,01—0,02 мг-экв/кг. При работе фильтра необходимо соблюдать следующие правила:

а) изменение нагрузки на фильтр должно быть равномерным, без резких колебаний;

б) во время работы фильтра необходимо периодически открывать воздушник для выпуска скопившегося воздуха;

в) следить за исправностью всех вентилей и задвижек.

Скорость при фильтровании должна быть не менее 5 м/ч и не более 15 м/ч для фильтров I ступени и до 40 м/ч для фильтров II ступени.

Регенерация

Регенерация начинается с взрыхления катионита. Взрыхление катионита производится после выключения фильтра из работы подачей воды в фильтр снизу вверх. Взрыхление может производиться исходной водой из трубопровода сырой воды или насосом из бака взрыхления. Для этого открывают задвижки на входе взрыхляющей воды в фильтр и на выходе ее из верхнего дренажа. Расход воды на взрыхление регулируется задвижкой на верхнем дренаже, т. е. на сбросе воды в канализацию. Длительность взрыхления составляет 15—20 мин. Если через 20 мин после начала взрыхления не наступило заметного осветления воды, то взрыхление следует продолжать. Во время взрыхления необходимо вести контроль за вытекающей водой из верхнего дренажа, чтобы в ней отсутствовали рабочие зерна катионита (свыше 0,2—0,3 мм), быстро оседающие на дно колбы. После окончания взрыхления задвижки на верхнем дренаже и подаче взрыхляющей воды следует закрыть. Во время взрыхления фильтр должен быть постоянно с водой (проверяется из воздушника).

Подача регенерационного раствора соли осуществляется непосредственно в водяную подушку фильтра без спуска ее. Регенерационный раствор соли готовится двумя способами:

1) в схеме с сухим хранением соли — загружается определенное количество соли в солерастворитель, подается вода для растворения соли и затем открывается задвижка на выходе раствора из солерастворителя на фильтры;

2) в схеме с мокрым хранением соли — в склад мокрого хранения соли загружается соль из расчета 1 т на 1,5 м^3 воды и готовится концентрированный раствор. Затем концентрированный раствор соли в количестве, необходимом для регенерации, перекачивается насосами через механический фильтр в бак-измеритель, где готовится регенерационный раствор концентрацией 6—8 % для I ступени фильтров, 10—12 % — для II ступени. Из бака-измерителя определенное количество регенерационного раствора соли подается насосом на регенерацию фильтра.

Регенерационный раствор по солевому трубопроводу поступает в фильтр сверху вниз, для чего необходимо открыть задвижки на входе раствора соли в фильтр и на нижнем дренаже. Скорость пропуска регенерационного раствора соли 3—5 м/ч, длительность —20—25 мин. Для каждого типоразмера фильтров на регенерацию дается строго определенное количество соли, установленное при наладке. После пропуска раствора соли все ранее открытые задвижки закрывают сначала на выходе из фильтра, затем на входе.

Отмывка фильтра производится для удаления из него продуктов регенерации и остаточной соли. При отмывке открывают задвижки на входе исходной воды в фильтр, затем на нижнем дренаже. Скорость пропуска воды при отмывке в течение первых 20 мин должна быть не более 5 м/ч, затем — 10—12 м/ч.

Если есть бак для взрыхления фильтров, то при жесткости отмывочной воды ниже исходной отмывка производится в баке для взрыхления фильтров, эта вода затем используется при взрыхлении, что приводит к улучшению работы фильтра и экономии расхода соли, так как отмывочная вода значительно мягче исходной и содержит избыток соли (особенно при отмывке фильтров II ступени).

H-Na-катионирование

Схема применяется для снижения солесодержания и щелочности исходной воды. При Н-катионировании обменным катионом является H^+. Поэтому все нейтральные соли превращаются в кислоты, а щелочной анион HCO_3^- разрушается: $HCO_3^- + H^+ \rightarrow H_2O + CO_2$, что вызывает понижение щелочности и сухого остатка. Водородные

фильтры регенерируются 1,5—1,8 %-ным раствором кислоты, большая концентрация не применяется, так как может привести к загипсованию катионита.

Подача регенерационного раствора кислоты производится эжектором, где происходит разбавление кислоты, или насосом-дозатором концентрированной кислоты в трубопровод, где кислота разбавляется исходной водой до заданной концентрации. Во всех случаях необходим расходомер на разбавляющей воде и подача кислоты должна строго контролироваться во избежание повышения концентрации регенерационного раствора кислоты. Концентрированная кислота забирается насосом или эжектором из бака-измерителя кислоты. Расход кислоты на регенерацию устанавливается во время наладки.

Н-катионирование обычно сочетается с Na-катионированием, что возможно по двум схемам: параллельного или последовательного H-Na-катионирования. При параллельном H-Na-катионировании обрабатываемая вода разделяется на два потока, каждый из которых пропускается через Н- и Na-катионитные фильтры. Кислая вода после Н-катионитных фильтров смешивается со щелочной Na-катионированной водой, происходит реакция нейтрализации с образованием свободного углекислого газа CO_2, который затем удаляется из обрабатываемой воды путем продувки воздухом в декарбонизаторе.

В схеме последовательного H-Na-катионирования обрабатываемую воду пропускают через Н-катионитные фильтры, а затем после нейтрализации кислой воды неумягченной исходной водой и удаления углекислого газа в декарбонизаторе воду доумягчают на Na-катионитных фильтрах. Эта схема применяется для вод с солесодержанием >1000 мг/кг.

Наибольшее распространение получила схема последовательного H-Na-катионирования с голодной регенерацией Н-катионитных фильтров. Благодаря регенерации недостаточным количеством кислоты получают частично умягченную воду (с небольшой остаточной щелочностью), которую после декарбонизаторов доумягчают на Na-катионитных установках. Для подпитки теплосетей, где не требуется удаления солей некарбонатной жесткости, а карбонатная жесткость допускается до 0,7—1,5 мг-экв/кг, схема Н-катионирования с голодной регенерацией фильтров нашла широкое применение в чистом виде.

Для устранения колебания щелочности за фильтр-цикл и предотвращения появления кислой реакции непосредственно после Н-катионитных фильтров устанавливаются буферные (саморегенерирующиеся) фильтры, загруженные сульфоуглем. Остаточная щелочность обрабатываемой воды зависит от содержания в воде солей натрия, анионного состава и дозы кислоты на регенерацию, которая устанавливается при наладке.

Эксплуатация Н-катионитных фильтров состоит из тех же операций, как и Na-катионитных фильтров:

скорость пропуска регенерационного раствора кислоты и скорость отмывки должны составлять не менее 10 м/ч во избежание загипсования сульфоугля;

прекращение подачи кислоты или воды через фильтр во время регенерации не допускается;

при подаче кислоты на фильтр давление в нем не должно быть больше 0,02—0,03 МПа (0,2—0,3 кгс/см^2), так как при большем давлении вода может попасть в бак-измеритель кислоты.

Контроль отмывки катионита после пропуска раствора кислоты ведется по двум показателям: жесткости и щелочности (кислотности).

NH_4-Na-катионирование

NH_4-Na-катионирование в зависимости от качества исходной воды может осуществляться в схемах параллельного или совместного NH_4-Na-катионирования. Схема параллельного NH_4-Na-катионирования применяется, как правило, при содержании натрия в воде более 30—35 % общей жесткости и при степени обмена на аммоний (NH_4) больше 90 и меньше 40 %. Схема совместного NH_4-Na-катионирования применяется при содержании натрия в воде менее 30—35 % общей жесткости и при степени обмена на аммоний (NH_4) в пределах 40—90 %. Обменным ионом в NH_4-катионитных фильтрах является катион аммония —NH_4, который образует бикарбонат аммония и другие аммонийные соли при умягчении воды. Бикарбонат аммония, сульфат аммония и другие соли при нагревании разлагаются и образуются кислота и аммиак:

$$(NH_4)_2SO_4 \rightarrow NH_3\uparrow + H_2SO_4; \qquad (3.7)$$

$$NH_4HCO_3 \rightarrow NH_3\uparrow + CO_2\uparrow + H_2O. \qquad (3.8)$$

При разложении аммонийных солей аммиак улетучивается и остается кислота, поэтому в чистом виде NH_4-катионирование не применяется, а применяется в сочетании с Na-катионированием, где, наоборот, при нагревании образуется из бикарбоната натрия щелочь NaOH. Регенерация NH_4-катионитных фильтров производится сульфатом аммония. Пропуск 2—3 %-ного раствора сульфата аммония при регенерации и отмывка производится со скоростью не менее 10 м/ч. При совместном NH_4-Na-катионировании регенерационный раствор готовится из сульфата аммония (2—3 %) и поваренной соли (6—8 %) или растворы готовятся раздельно и пропускают вначале раствор поваренной соли, а затем раствор сульфата аммония. Концентрация регенерационного раствора сульфата аммония не должна быть более 3 %.

Na-Cl-ионирование

Na-Cl-ионитный метод основан на умягчении воды с одновременным снижением щелочности, осуществляется путем последовательного фильтрования обрабатываемой воды через Na-катионитные фильтры первой и Na-Cl-ионитные фильтры второй ступени. Во второй ступени рационально совмещать в одном фильтре Na-катионирование с Cl-ионированием, при этом внизу загружается катионит, а сверху — сильноосновный анионит АВ-17. В этом методе катионит и анионит регенерируются поваренной солью (Na^+ регенерирует катионит, Cl^- — анионит). На первой ступени катионирования происходит замещение катионов Ca^{2++} и Mg^{2++} на Na^+. Во второй ступени (в совмещенном Na-Cl-ионитном фильтре) в слое анионита происходит обмен анионов SO_4^-, NO_3^-, HCO_3^-, содержащихся в обрабатываемой воде, на Cl-ион, а в слое катионита проскочившие катионы жесткости обмениваются на Na^+.

При этом в катионите протекают такие же реакции, как при Na-катионировании, а в анионите:

$$2АнCl + Na_2SO_4 \rightarrow АнSO_4 + 2NaCl; \qquad (3.9)$$

$$АнCl + NaHCO_3 \rightarrow АнHCO_3 + NaCl. \qquad (3.10)$$

Анионитные фильтры отключаются на регенерацию при щелочности свыше 3 мг-экв/кг. Схему Na-Cl-иониро-

вания можно применять при соотношении анионов в исходной воде

$$\frac{HCO_3}{SO_4 + NO_3 + NO_2} \geqslant 1. \qquad (3.11)$$

Кроме того, сумма анионов сильных кислот (кроме хлоридов) не должна превышать 3 мг-экв/кг. Применение низкоосновных анионитов невозможно, так как емкость поглощения анионитов АН-31, АН-18 после двух-трех циклов не восстанавливается, т. е. фильтр не регенерируется.

Аниониты очень чувствительны к содержанию железа и органических веществ, которые выводят анионит из строя.

Все операции на Na-Cl-ионитных фильтрах (взрыхление, приготовление регенерационного раствора соли, отмывка) выполняются только умягченной водой. Солесодержание исходной воды после Na-Cl-ионирования несколько повышается. Расход соли на регенерацию фильтра II ступени умягчения (смешанного Na-Cl-ионитного фильтра) принимается только из расчета на регенерацию анионита, так как катионов натрия из этого количества соли достаточно на регенерацию катионита.

3.6. УСТРОЙСТВО ФИЛЬТРОВ И ПОДГОТОВКА ИХ К ПУСКУ

Основными аппаратами почти для всех схем обработки воды являются фильтры. Фильтр состоит из цилиндрического корпуса с верхней и нижней полусферами. Фильтры бывают осветлительные и катионитные, которые делятся на Na-катионитные, H-катионитные и фильтры смешанного действия. В качестве осветлительных фильтров применяются типовые напорные однопоточные фильтры, загруженные дробленым антрацитом или кварцевым песком. В зависимости от расхода воды фильтры подбираются по диаметру и площади фильтрования (табл. 3.2).

Таблица 3.2. **Диаметр фильтров и площадь фильтрования**

Диаметр фильтра D_y, мм	700	1000	1500	2000	2600	3000	3400
Площадь фильтрования, м^2	0,39	0,76	1,72	3,1	5,2	6,95	9,1

Высота загрузки осветлительных фильтров фильтрующим материалом обычно 1,0—1,2 м.

Na-катионитные фильтры, так же как и осветлительные фильтры, имеют такие же диаметры. Высота загрузки катионита для фильтров диаметром меньше 1,5 м составляет 2 м, для фильтров диаметром больше 1,5—2,5 м. Фильтры II ступени выпускаются меньшей высоты, и высота загрузки фильтрующим материалом обычно составляет 1,5 м. Н-катионитные фильтры в отличие от Na-катионитных имеют антикоррозионное покрытие внутренних поверхностей.

Все фильтры для подвода воды снабжены верхним распределительным устройством, которое выполняется обычно в виде коллектора с присоединенными перфорированными трубами, обращенными отверстиями вверх. В плане такая конструкция имеет вид лучей, расходящихся из одного центра. Верхняя распределительная система изготавливается из нержавеющей стали. Для равномерной подачи воды при взрыхлении и отвода воды из фильтра во время работы внизу фильтра располагается нижнее распределительное устройство. Нижнее дренажное распределительное устройство состоит из коллекторов, к которым присоединены распределительные трубы с одним заглушенным концом. В фильтрах малого диаметра ($\leqslant$1,5 м) у распределительных труб имеются приваренные штуцера с резьбой, на которые навертываются дренажные щелевые колпачки (типа ВТИ-К) с шириной щелей не более 0,4 мм. В фильтрах диаметром свыше 1,5 м используется трубчато-желобковый дренаж. Распределительные трубы по всей длине имеют отверстия, перекрытие сверху общим щелевым желобком. Ширина щелей составляет 0,4 мм. Нижнее распределительное устройство изготавливается также из нержавеющей стали.

Нижнее днище до уровня нижней распределительной системы заполняется бетоном, по которому выполняется цементная стяжка. Это делается для того, чтобы не было мертвого пространства. Все распределительные устройства должны быть смонтированы строго горизонтально. Перед загрузкой механических фильтров фильтрующий материал сортируют и отмывают, затем выполняют загрузку послойно фракциями разного диаметра.

В катионитные фильтры, предварительно заполненные водой, катионит загружают через верхний люк. При за-

грузке мелких сортов катионита (0,3—0,7 мм) непосредственно на дренажное устройство следует загрузить слой поддерживающего материала (антрацит, кварцевый песок) с фракцией 0,8—1,2 мм и высотой 100—150 мм. После загрузки катионита его промывают в обратном направлении со скоростью 8—10 м/ч до светлой воды. После отмывки фильтра до нейтральной реакции его вскрывают и собравшуюся на поверхности катионита мелочь удаляют вручную (слой 20—50 мм). После этого проводят регенерацию последовательно двумя порциями соли (для Na-катионитных фильтров), отмывают фильтр и фильтр считается готовым принять нагрузку.

Все фильтры снабжаются манометрами (на входе и выходе воды), кранами для отбора проб, воздушником. Перед каждым фильтром на трубопроводе сырой воды должен быть расходомер и один общий расходомер на общем трубопроводе взрыхления фильтров.

3.7. ДЕАЭРАЦИЯ ПИТАТЕЛЬНОЙ ВОДЫ

Заключительной стадией технологического процесса приготовления питательной воды для паровых котлов является удаление растворенных в ней агрессивных газов, в первую очередь кислорода, а также углекислоты, вызывающих коррозию металла теплосиловых установок. Кислородная коррозия является наиболее опасной, так как она проявляется на отдельных участках поверхности металла в виде небольших язвин и развивается в глубину металла вплоть до образования сквозных свищей. Для современных паровых котлов большой паропроизводительности даже самая незначительная концентрация растворенного в питательной воде кислорода может быть причиной нарушения нормальной работы и выхода из строя отдельных элементов их, из которых в первую очередь обычно подвергается коррозии экономайзер.

Таким образом, для обеспечения надежной эксплуатации современных паровых котлов необходимо стремиться к практически полному отсутствию в питательной воде растворенного кислорода.

Процесс удаления из воды растворенных газов носит название дегазации или деаэрации. В настоящее время известно несколько способов деаэрации—термический и химический.

Наибольшее распространение получил термический способ деаэрации воды. Этот способ основывается на том, что растворимость в воде газов с повышением ее температуры уменьшается, а при температуре, равной температуре кипения, газы почти полностью удаляются из воды. Таким способом газы удаляются из воды в специальных устройствах, которые принято называть термическими деаэраторами.

Для дегазации воды применяются преимущественно деаэраторы атмосферного типа, работающие при абсолютном давлении 0,1 МПа (1 кгс/см^2), и вакуумные деаэраторы, работающие при абсолютном давлении от 0,0007 до 0,05 МПа (от 0,075 до 0,5 кгс/см^2), т. е. при температурах деаэрированной воды от 40 до 80 °С. Деаэрация воды основана на законе Генри, согласно которому количество газа, растворенного в единице объема воды, пропорционально парциальному давлению этого газа в газовой или парогазовой смеси над поверхностью воды. Для полного удаления газов из воды необходимо создать условия, при которых парциальные давления этих газов над поверхностью воды будут равны нулю, что возможно при температуре кипения воды, т. е. при доведении ее до температуры насыщения при давлении в деаэраторе и отводе газов из парового пространства деаэратора.

В паровых котельных наибольшее применение получили деаэраторы атмосферного типа — ДСА (рис. 3.1). Двуступенчатый барботажный деаэратор состоит из малогабаритной деаэрационной колонки и бака-аккумулятора со встроенным барботажным устройством и перегородками, образующими специальные отсеки. Деаэрационная колонка имеет две тарелки с отверстиями, через которые вода стекает в бак-аккумулятор. На первой по ходу воды тарелке смонтировано устройство для лучшего перемешивания поступающих в деаэратор потоков конденсата и химически обработанной воды. Эти потоки поступают во внешнее кольцо смесительного устройства, после чего вода через два водослива попадает на перфорированную часть первой тарелки.

После колонки деаэрируемая вода поступает в бак-аккумулятор, в нижней части которого у противоположного торца размещается затопленное барботажное устройство. Греющий пар по трубе подается в паровую коробку и через отверстия дырчатого листа барботирует через слой воды, медленно движущейся над листом в сто-

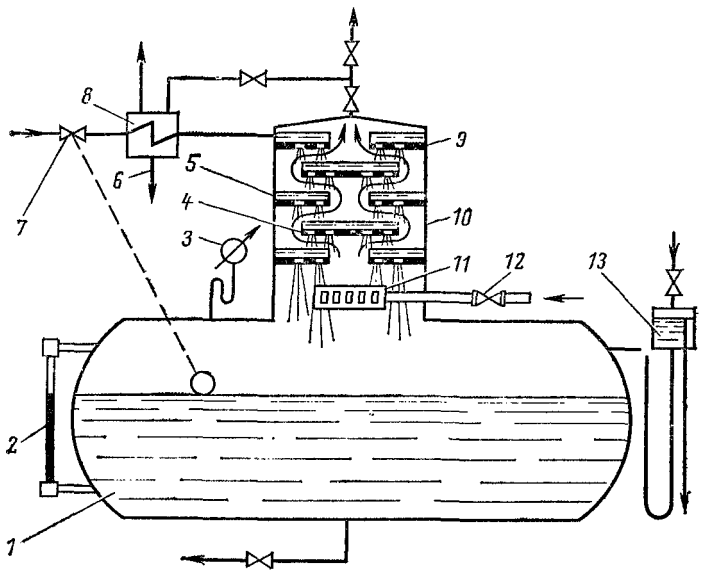


Рис. 3.1. Схема атмосферного деаэратора смешивающего типа:

1 — бак-аккумулятор деаэрированной воды; *2* — водоуказательное стекло; *3* — манометр; *4*, *5* — тарелки; *6* — конденсат из охладителя; *7* — регулирующий клапан питательной воды; *8* — охладитель выпара; *9* — кольцеобразное распределительное устройство; *10* — деаэраторная колонка; *11* — распределитель пара; *12* — клапан; *13* — гидравлический затвор

рону патрубка для отвода воды из деаэратора. Вода, выходящая из барботажного устройства, поступает в подъемную шахту. Вскипание объясняется наличием небольшого перегрева воды относительно температуры насыщения, которая соответствует давлению в паровом пространстве бака-аккумулятора. Перегрев определяется высотой столба жидкости над барботажным листом.

Пар, проходящий через барботажное устройство и столб воды, попадая в паровое пространство, движется над поверхностью воды в сторону колонки. Размещение колонки на противоположной стороне от барботажного устройства обеспечивает четко выраженное противоточное движение потоков воды и пара и хорошую вентиляцию парового пространства бака.

Пар, необходимый для деаэрации, подается в барботажное устройство от регулятора давления: давления пара перед регулятором 0,6—0,7 МПа (6—7 кгс/см^2),

после регулятора — 0,05—0,07 МПа (0,5—0,7 кгс/см²). На деаэраторах производительностью более 50 т/ч предусмотрен патрубок для подвода низкотемпературного пара с давлением 0,02—0,03 МПа (0,2—0,3 кгс/см²) (от расширителей непрерывной продувки, от поршневых паровых насосов, турбонасосов) непосредственно в паровое пространство деаэратора для лучшей вентиляции парового объема деаэратора и на первую ступень деаэрации в деаэрационной колонке.

Выпар из деаэрационной колонки отводится в охладитель выпара и из него в канализацию, а газы — через воздушник в атмосферу. Деаэраторы комплектуются гидрозатворами для защиты от превышения давления.

Деаэраторы атмосферного типа рассчитаны на работу при давлении 0,01—0,02 МПа (0,1—0,2 кгс/см²) и температуре воды 102—104 °С. Согласно ГОСТ 16860-71 «Деаэраторы термические» изменение подогрева воды в деаэраторах должно быть не более 10—40 °С.

НПО ЦКТИ разработана новая конструкция двухступенчатых барботажных деаэраторов (типа ДА) атмосферного типа. Эти деаэраторы отличаются тем, что барботажное устройство в них располагается в нижней части деаэрационной колонки. Колонка устанавливается на деаэрационный бак старой конструкции. Подвод химически очищенной воды и конденсата осуществляется в верхнюю часть колонки, пар подводится в паровое пространство деаэраторного бака со стороны, противоположной колонке. Такой подвод пара обеспечивает надежную вентиляцию парового объема бака. Отвод воды из деаэратора осуществляется со стороны, противоположной колонке.

Преимущества новых деаэраторов сравнительно с деаэраторами типа ДСА: повышенная заводская готовность, снижение металлоемкости, упрощение монтажа, повышение эксплуатационной надежности, уменьшение коррозии деаэраторных баков. Общая высота по сравнению с ДСА увеличилась на 600—700 мм.

Вакуумные деаэраторы применяются в основном в водогрейных котельных.

Вакуумная деаэрационная установка представляет собой вакуумную колонку (деаэратор) и аккумуляторный бак, находящийся под атмосферным давлением.

Вакуумная колонка имеет две ступени дегазации: струйную и барботажную.

Подогретая вода поступает на верхнюю тарелку, которая секционирована с таким расчетом, что при минимальных нагрузках работает только часть отверстий во внутреннем секторе. При увеличении нагрузки в работу включаются дополнительные ряды отверстий, это позволяет избежать гидравлических перекосов по воде и пару при колебаниях нагрузки. Под барботажный лист подается пар или перегретая вода (120—140 °С), при вскипании которой образуется паровая подушка и происходит процесс парового барботажа.

Вакуумные деаэраторы укомплектованы охладителями выпара, водо-водяными эжекторами, системой автоматического регулирования и контроля и соответствующими регулирующими клапанами.

Дегазация воды химическим способом осуществляется путем сульфитирования, т. е. введения в нагретую (до 80 °С) питательную воду раствора сульфита натрия Na_2SO_3. Этот способ по сравнению с термической дегазацией более дорогой и поэтому не получил широкого распространения.

Способ обработки воды для конкретной котельной установки должен определяться специализированной (проектной, наладочной) организацией. Согласно требованиям Правил по котлам все котлы паропроизводительностью 0,7 т/ч и более должны быть оборудованы установками для докотловой обработки воды.

В котельных с котлами паропроизводительностью менее 0,7 т/ч установка водоподготовительных устройств не обязательна, но периодичность проведения очистки котлов должна быть такой, чтобы к моменту остановки котла на очистку толщина отложений на наиболее теплонапряженных участках его поверхности нагрева не превышала 0,5 мм.

Для каждой котельной с котлами паропроизводительностью 0,7 т/ч и выше должна быть разработана проектной, наладочной или другой специализированной организацией и утверждена администрацией предприятия инструкция (режимные карты) по водоподготовке. В инструкции должны быть указаны нормы качества питательной и котловой воды для данной котельной установки, режим непрерывной и периодической продувок, порядок выполнения анализов котловой и питательной воды и обслуживания водоподготовительного оборудования, сроки остановки котла на очистку и промывку и

порядок осмотра остановленных котлов. В необходимых случаях в инструкции следует предусматривать также проверку агрессивности котловой воды.

Чтобы исключить случаи питания котла сырой водой, на резервных линиях сырой воды, присоединенных к линиям питательной воды, должны устанавливаться два запорных органа и контрольный кран между ними. Запорные органы следует опломбировать в закрытом положении (контрольный кран открыт), а каждый случай питания котла сырой водой записывать в журнал по водоподготовке с указанием причин.

3.8. НОРМЫ КАЧЕСТВА ПИТАТЕЛЬНОЙ ВОДЫ

Питательная вода паровых котлов представляет собой смесь конденсата и химически очищенной воды.

Показатели качества питательной воды жаротрубных котлов, работающих с докотловой обработкой воды, не должны превышать среднесуточных значений, указанных в табл. 3.3.

Для жаротрубных и водотрубных котлов с абсолютным давлением до 1,4 МПа (14 кгс/см^2), оборудованных прямыми трубопроводами и работающих на твердом топливе, а также для котлов с надстроенным бойлером допускается замена докотловой обработки воды другими эффективными способами при условии выполнения требований «Правил устройства и безопасной эксплуатации паровых и водогрейных котлов».

Для водогрейных котлов качество подпиточной воды должно удовлетворять всем требованиям, предъявляемым к соответствующим показателям сетевой воды (табл. 3.4).

Таблица 3.3. **Нормы качества питательной воды по ГОСТ 20995-75**

Наименование	Нормы для котлов	
	на твердом топливе	на газе и жидком топливе
Содержание взвешенных веществ, мг/кг	50	5
Общая жесткость, мкг-экв/кг	100	30
Содержание кислорода, мкг/кг	100	50

Таблица 3.4. Нормы сетевой воды на выходе из котла ОСТ 108.030.47-81

Наименование	Система теплоснабжения					
	открытая			закрытая		
	при температуре сетевой воды, °С					
	115	150	200	115	150	200
Прозрачность по шрифту, см, не менее	40	40	40	30	30	40
Карбонатная жесткость при отсутствии использования воды от непрерывной продувки паровых котлов, мкг-экв/кг:						
для сетевой воды с pH до 8,5	800	750	375	800	750	375
для сетевой воды с pH более 8,5	Не допускается			По графику рис. 3. 2		
Условная сульфатно-кальциевая жесткость, мг-экв/кг	По номограмме рис. 3.3					
Растворенный кислород, мкг/кг	50	30	30	50	30	20
Соединение железа (в пересчете на Fe), мкг/кг	300	250/300	200/250	500/600	400/500	300/375
Показатель pH при $t=25$ °С	От 7,0 до 8,5			От 7,0 до 11,0		
Свободная углекислота	Отсутствие					
Масла и тяжелые нефтепродукты, мг/кг, не более	1,0					

Примечания: 1. В числителе указаны нормы для газомазутных котлов, в знаменателе — для пылеугольных котлов со слоевым сжиганием топлива.

2. Для теплосетей, в которых водогрейные котлы работают параллельно с бойлерами, имеющими латунные трубки, верхний предел pH сетевой воды не должен превышать 9.5.

Показатели качества питательной воды водотрубных котлов на входе в котел перед экономайзером не должны превышать среднесуточных значений, указанных в табл. 3.5.

Перечисленные выше показатели качества питательной воды распространяются на паровые котлы с абсолютным $p \leqslant 4{,}0$ МПа (40 кгс/см^2) и паропроизводительностью 0,7 т/ч и более.

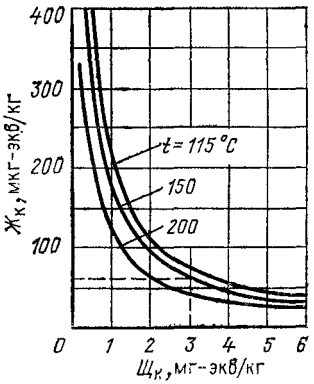


Рис. 3.2. График для сетевой воды с pH более 8,5:

t — температура воды на выходе из котла; $Ж_к$ — карбонатная жесткость; $Щ_к$ — карбонатная щелочность

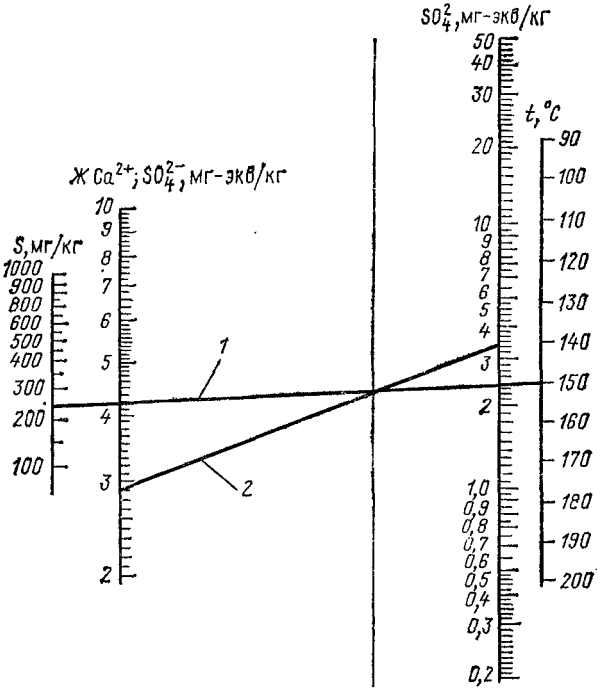


Рис. 3.3. Номограмма условной сульфатно-кальциевой жесткости:

$Ж_{Ca^{2+},SO_4^{2-}}$ (2) — условная сульфатно-кальциевая жесткость; SO_4^{2-} — концентрация сульфатов; 1 — температура воды на выходе из котла; S — сухой остаток

Таблица 3.5. **Нормы качества питательной воды для водотрубных котлов**

Наименование	Для котлов с абсолютным давлением, МПа (кгс/см²)		
	до 1,4 (14)	до 2,4 (24)	до 3,92 (40)
Общая жесткость, мкг-экв/кг	20/15	15/10	10/5
Содержание:			
взвешенных веществ, мг/кг	5	5	Не допускается
соединений железа, мкг/кг	Не нормируется/300	200/100	100/50
соединений меди, мкг/кг	Не нормируется		Не нормируется/10
растворенного кислорода, мкг/кг	50/30	50/20	30/20
свободной углекислоты, мкг/кг	Не допускается		
CO_2, мкг/кг	Не нормируется		20
масел, мг/кг	3	3	0,5
показатель pH при t = 25 °C	8,5—9,5	8,5—9,5	8,5—9,5

Примечание. В числителе указаны нормы для котлов, работающих на твердом топливе с нагрузками поверхности нагрева до 350 кВт/м², а в знаменателе — для котлов, работающих на газообразном, жидком и твердом топливе при тепловом потоке более 350 кВт/м².

3.9. ЩЕЛОЧЕНИЕ КОТЛОВ

После монтажа вновь установленного котла или окончания капитального ремонта внутренние поверхности его могут иметь окалину от сварки, ржавчину или масляные загрязнения. Перед пуском такого котла в работу необходимо предварительно произвести его щелочение — очистку внутренних поверхностей от загрязнений. Перед щелочением следует тщательно осмотреть внутренние и наружные поверхности котла.

Наружный осмотр производится с целью выяснения правильности сборки элементов котла и трубопроводов, устройства для регулирования и подачи воды, пара, топлива и воздуха, правильности установки контрольно-измерительных приборов и т. д.

Щелочение котла должно производиться в соответствии с «Инструкцией по щелочению паровых и водогрейных котлов», утвержденной Главтехуправлением Мини-

стерства энергетики и электрификации СССР 3 апреля 1970 г.

Наружный осмотр производится с целью выяснения правильности сборки элементов котла и трубопроводов, устройства для регулирования и подачи воды, пара, топлива и воздуха, правильности установки контрольно-измерительных приборов и т. д.

Перед началом щелочения котла необходимо осмотреть и промыть питательные баки, деаэраторы, питательные и вспомогательные трубопроводы.

Пароперегреватель, как правило, не подвергается щелочению и не заполняется щелочным раствором — от масляных загрязнений и ржавчины его очищают продувкой паром.

Заполнение котла водой и последующая подпитка при щелочении должны производиться химически очищенной питательной водой. Перед заполнением котла водой необходимо открыть вентиль для удаления воздуха, а там где его нет поднять один предохранительный клапан для удаления воздуха. Уровень воды в барабане доводится до нижнего предельного, после чего заполнение котла водой прекращается и поддерживается в течение всего процесса щелочения.

Щелочение сопровождается растопкой котла и подъемом давления.

Для обеспечения наибольшей эффективности при щелочении давление в котле необходимо довести до 75 — 100 % рабочей величины, но не выше 1,3 МПа (13 кгс/см^2) при номинальном давлении 1,4 МПа (14 кгс/см^2) или 2,3 МПа (23 кгс/см^2) при номинальном давлении 2,4 МПа (24 кгс/см^2).

При щелочении следует производить огневой обогрев котла.

При наличии парового прогрева нижнего барабана допускается комбинированный первоначальный разогрев котла огнем и паром до 0,4 МПа (4 кгс/см^2). В дальнейшем должен производиться только огневой обогрев.

Реагенты вводятся в котел раздельно, в виде раствора через какой-либо штуцер верхнего барабана или фосфатными насосами. Ввод их в котел в сухом виде или не полностью растворившимися не допускается. В качестве реагентов применяют: едкий натр, тринатрийфосфат и кальцинированную соду. Поэтому обслуживающий персонал, занятый работами по щелочению котла,

должен быть обеспечен спецодеждой, защитными очками, перчатками и фартуками. Котельное помещение должно хорошо вентилироваться.

После заливки в него реагентов через каждые $^3/_4$ ч производится отбор проб котловой воды из верхнего и нижнего барабанов и камер экранов с целью определения ее щелочности и загрязненности.

Первоначальные небольшие продувки выполняют через 12—20 ч после начала щелочения, а наиболее интенсивные — к концу щелочения с целью удаления скопившейся грязи.

При обнаружении сильной загрязненности необходимо усилить продувку из нижних точек котла при давлении 0,5—0,6 МПа (5—6 кгс/см^2). Щелочение котла, в зависимости от степени загрязненности внутренних поверхностей, продолжается в течение 48—86 ч, прекращают ее тогда, когда взятая проба воды окажется чистой. Режим щелочения выбирают в зависимости от загрязненности котла.

Если разрыв между окончанием щелочения и пуском котла превышает 10 дней, следует произвести консерва-

Таблица 3.6. Необходимое количество реагентов в единице объема котловой воды для щелочения котлов

Марка котла	Количество реагентов, кг/м^3		
	Едкий натр (NaOH) 100%-ный	Кальцинированная сода (Na_2CO_3)	Тринатрийфосфат ($Na_3PO_4\times 12H_2O$)
Котлы новые с небольшим слоем ржавчины			
Е-2,5-14Р (КЕ-2,5-14С)	20	30	12
Е-4-14Р (КЕ-4-14С)	27	40	15
Е-6,5-14Р (КЕ-6,5-14С)	35	52	21
Е-10-14Р (КЕ-10-14С)			
Е-10-24Р (КЕ-10-24С)	48	72	29
Е-25-14Р (КЕ-25-14С)			
Е-25-24Р (КЕ-25-24С)	80	120	47
Котлы новые с большим слоем ржавчины			
Е-2,5-14Р (КЕ-2,5-14С)	32	48	20
Е-4-14Р (КЕ-4-14С)	39	59	27
Е-6,5-14Р (КЕ-6,5-14С)	56	84	35
Е-10-14Р (КЕ-10-14С)			
Е-10-24Р (КЕ-10-24С)	76	115	48
Е-25-14Р (КЕ-25-14С)			
Е-25-24Р (КЕ-25-24С)	127	190	80

цию котла или перед пуском произвести вторичное щелочение.

Вода из котла после щелочения сливается с температурой не выше 50—60 °С при атмосферном давлении. Трубы котлов промывают через шланг горячей водой из барабана.

Необходимое количество реагентов в единице объема котловой воды для щелочения котлов приведено в табл. 3.6.

После щелочения и промывки составляют акт о состоянии внутренних поверхностей нагрева котла. Затем котел заполняют умягченной водой для испытаний на паровую плотность.

В течение первого месяца эксплуатации котла необходимо вести повышенную его продувку (примерно в два раза больше расчетной) для удаления загрязнений.

3.10. ВНУТРЕННЯЯ ОЧИСТКА ПОВЕРХНОСТЕЙ КОТЛОВ

Внутренняя очистка поверхностей котлов производится для удаления солей, выпадающих из воды и отлагающихся на стенках барабанов, коллекторов и труб. Выпадение солей происходит при нагревании и испарении воды, причем в некоторых случаях выпадающие соли равномерно покрывают внутренние стенки котла плотной и трудноотделимой коркой, которая называется накипью. В котлах встречается твердая, вязкая и рыхлая накипь. Наиболее опасной является вязкая накипь, обладающая низкой теплопроводностью. Наличие слоя накипи затрудняет теплопередачу от газов к воде. В некоторых случаях слой накипи толщиной 0,2 мм может вызвать недопустимый перегрев стенок труб и образование выпучин или пережог металла.

На внутренней поверхности экранных труб котлов высокого давления, особенно в зоне максимальных тепловых напряжений, появляются отложения накипи, которые могут привести к появлению свищей и к развитию интенсивной подшламовой коррозии, чаще всего около сварных соединений. Отложения образуются в результате нарушения водного режима. Для устранения накипи питательную воду подвергают химической очистке.

Если по каким-либо причинам в котле появляются отложения накипи, то в период капитального ремонта, а для котлов паропроизводительностью менее 0,7 т/ч —

согласно утвержденному графику — производят механическую или химическую очистку внутренней поверхности барабанов, труб и других элементов котла.

Перед механической очисткой барабана необходимо проверить температуру внутри него, обеспечить приток воздуха, снять и удалить сепарационное устройство.

Чтобы применить наиболее эффективный способ очистки поверхностей котла, необходимо определить характер накипи, ее толщину и твердость.

После выпуска воды из котла следует удалить еще не успевший сцементироваться рыхлый слой накипи. В процессе очистки интенсивно охлаждают рабочее место в барабанах при помощи специальной переносной вентиляторной установки.

В первую очередь производится очистка внутренних поверхностей стенок барабанов и коллекторов от отложений приспособлениями — накидными головками, приводимыми в действие через гибкие валы от электродвигателя или воздушной турбинки. Головку накладывают на очищаемую поверхность и плавно нажимают на нее. При этом необходимо строго следить, чтобы ось головки была параллельна обрабатываемой поверхности. Головки для очистки накипи подбирают в зависимости от диаметров труб и степени загрязнения. Диаметр головки в сложенном виде должен быть на 3—4 мм меньше свободного от отложений диаметра трубы и в свету. При небольших отложениях очистка труб производится равномерной подачей гибкого вала с головкой вперед, а в случае прочных отложений — возвратно-поступательной подачей. Для предотвращения поломок головок и обрывов гибких валов на броне ставится контрольная отметка трубы, далее которой гибкий вал пропускать не следует.

Очистку труб шарошками во всех случаях необходимо производить с одновременной обмывкой водой места очистки. При этом производится и охлаждение шарошек, и смыв накипи, забивающей пространство между зубьями шарошек. Переставлять головку из одной трубы в другую необходимо только при остановленном электрическом или пневматическом приводе.

При удалении накипи в местах, не доступных для очистки головками (в углах соединений перегородок, около выступающих концов труб и т. д.), применяют ручной инструмент — шаберы, скребки, ерши и т. д.

Не рекомендуется отложения чистить молотками с острыми кромками с обеих сторон (клевачи), так как при этом можно повредить поверхность барабана на 0,5—1,0 мм, что вызовет коррозию металла.

Очищенную ручным или механическим инструментом поверхность обмывают струей воды, после чего проверяют качество очистки.

Наиболее эффективным способом химической очистки котлов является промывка их ингибированным раствором соляной кислоты. Этот способ применим как для чугунных, так и для стальных секционных котлов. Однако кислотная промывка котлов, имеющих дефекты металла в заклепочных, вальцованных и сварных соединениях (неплотности, трещины, поры и т. п.), не допускается.

Количество кислоты, потребное для растворения накипи, зависит от количества накипи в котле. Растворы концентрацией более 6 % и менее 2 % не применяются. На каждый 1 мм накипи концентрация раствора соляной кислоты увеличивается на 1 %. Если средняя толщина накипи более 6 мм, химическая очистка производится в два-три приема. В качестве ингибитора (замедлителя) при очистке применяют технический уротропин, формалин, уникол, столярный клей, ингибиторы ПБ-5 и ПБ-6. Количество замедлителя зависит от концентрации кислоты: для 2—3 %-ной концентрации кислоты — 1,5 г/л уротропина (или ингибитора ПБ-5, ПБ-6) или 2,5 г/л столярного клея; для 4—5 %-ной концентрации кислоты — 2 г/л уротропина (или ингибитора ПБ-6) или 3 г/л клея; для 6 %-ной концентрации кислоты — 2,5 г/л уротропина (или ингибитора ПБ-5, ПБ-6) или 3,5 г/л клея.

Приготовление раствора соляной кислоты и заполнение котла производятся следующим образом:

а) в заполненный водой растворный бак по расчету подается предварительно ингибированная кислота в количестве, обеспечивающем заданную концентрацию;

б) раствор перемешивается с помощью насоса путем создания циркуляции по контуру «растворный бак — насос — растворный бак»;

в) приготовленный раствор подается в котел с помощью насоса через нижние точки;

г) в освободившемся растворном баке готовится новая порция раствора. Операция повторяется до тех пор, пока котел не будет заполнен раствором полностью, а в

растворном баке будет остаток для обеспечения залива насоса.

При проведении химической очистки котла следует пользоваться раствором с температурой 25—30 °С. Для более эффективной отмывки котла желательно обеспечить циркуляцию моющего раствора по контуру «промывочный бак—насос—котел». При отсутствии промывочного насоса для обеспечения циркуляции моющего раствора можно использовать огневой обогрев. При растворении накипи происходит бурное выделение углекислоты и образование пены, которая, заполняя трубы, мешает доступу кислоты к очищаемой поверхности и снижает эффект химической очистки. Для удаления углекислоты и гашения пены на котле необходимо открыть воздушники и иметь в схеме промывки открытый бак, расположенный выше здания котельной.

Во время кислотной промывки необходимо соблюдать правила техники безопасности, обеспечить надежную вентиляцию котельной, персонал обеспечить спецодеждой и защитными очками и запретить производство сварочных работ на котле до окончания промывки.

Окончание промывки определяется по прекращению образования пены и стабилизации концентрации кислоты в промывочном растворе. Продолжительность кислотной промывки — 3—5 ч. Отработанный промывочный раствор сливается в специальный бак, затем нейтрализуется известью и сбрасывается в специальные емкости небольшими порциями.

Очищенные поверхности котла после слива кислоты должны быть запассивированы. Для пассивации применяются растворы тринатрийфосфата, каустической или кальцинированной соды 0,5 %-ной концентрации. Котел заполняется щелочным раствором до среднего уровня, после чего осуществляется циркуляция пассивирующего раствора в течение 3—5 ч либо промывочным насосом, либо за счет естественной циркуляции при огневом обогреве топки. После охлаждения щелочной раствор дренируется из котла, а поверхности нагрева остаются запассивированными.

Очистку специальных устройств барабанов и съемных внутрибарабанных деталей производят химическим способом. Снятые устройства разбирают и укладывают в ванну, наполненную 5—10 %-ным раствором соляной кислоты. По истечении 15—20 мин уложенные детали

вынимают из ванны и промывают сильной струей воды. Иногда перед промывкой водой их очищают металлическими щетками.

Промывка пароперегревателя является единственным способом очистки его змеевиков. Своевременная и правильно проведенная промывка способствует длительной и надежной работе пароперегревателя. В качестве промывочной воды необходимо применять конденсат, который лучше разрыхляет и растворяет соли.

Качество индивидуальной промывки, т. е. чистоту змеевика, контролируют по содержанию солей и шлама в воде, выходящей из него. В том случае, когда промывку ведут химически очищенной водой, по окончании промывки змеевик промывают еще конденсатом, чтобы в нем не осталась промывочная вода, которая при выпаривании дает отложения. Воду из змеевика можно удалить сжатым воздухом с давлением 0,4—0,5 МПа (4—5 кгс/см^2) через плотно вставленный наконечник.

Общая промывка пароперегревателя может производиться в период кратковременной остановки котла на 1—3 сут. Перед общей промывкой предохранительный клапан пароперегревателя регулируют, чтобы он открывался при 25 % нормального рабочего давления. После этого пароперегреватель заполняют химически очищенной водой с температурой 50—70 °С по специальному промывочному трубопроводу ∅ 38—50 мм. Доступ воды в пароперегреватель и продувку прикрывают, давление поднимают почти до 25 % нормального рабочего и поддерживают его около 2 ч. По истечении указанного промежутка времени открывают продувку, подают воду и промывают пароперегреватель в течение 15—20 мин при давлении 25 % нормального. Операцию промывки повторяют несколько раз и следят за содержанием солей и шлама в промывочной воде.

3.11. ПРОДУВКА КОТЛОВ

Требования к качеству котловой воды паровых котлов по общему солесодержанию (сухому остатку) следует принимать по данным заводов-изготовителей котлов.

Щелочность котловой воды по фенолфталеину в чистом отсеке котлов со ступенчатым испарением и в котлах без ступенчатого испарения следует принимать

$\geqslant$0,05 мг-экв/кг при конденсатно-дистиллятном питании и $\geqslant$0,5 мг-экв/кг при питании котлов с добавкой умягченной воды.

Наибольшее значение щелочности котловой воды не нормируется.

Указанные нормы качества котловой воды поддерживаются докотловой очисткой добавочной воды, внутрикотловой (коррекционной) обработкой котловой воды и регулированием продувки котла. При продувке котла из него удаляются как растворенные соли, так и взвешенный шлам.

В условиях концентрации котлов применяется непрерывная и периодическая продувка.

Непрерывная продувка осуществляется для поддержания определенного солесодержания (сухого остатка) или щелочности котловой воды на уровне, необходимом для получения чистого пара.

К оборудованию непрерывной продувки относятся сепаратор продувки с теплообменником отсепарированной воды (если такой имеется) и холодильник отбора проб котловой воды из трубопровода.

Пуск сепаратора производится в следующем порядке: полностью открывается второй вентиль от котла на линии непрерывной продувки, затем первый от барабана вентиль на $^1/_2$—$^1/_5$ оборота, после чего открывается вентиль на выходе воды из сепаратора на сброс в канализацию.

Необходимо медленно открыть клапан на трубопроводе поступления продувочной воды из котла в сепаратор, затем клапан на трубопроводе выхода отсепарированной воды через регулятор уровня на теплообменник или в дренаж. При нормальной работе давление в сепараторе не должно превышать 0,02—0,03 МПа (0,2—0,3 кгс/см^2).

Отключение сепаратора непрерывной продувки необходимо выполнять следующим образом: вначале закрывают клапан на трубопроводе поступления продувочной воды в сепаратор и в последнюю очередь клапан на линии продувочной воды из котла, после чего закрывают задвижку на выходе отсепарированной воды из сепаратора на теплообменник или в дренаж.

Периодически необходимо сбрасывать через дренажный трубопровод шлам, скопившийся в нижней части сепаратора.

Поддержание заданной щелочности в котле (солесодержания) производится регулированием степени открытия первого вентиля по ходу воды из котла.

Размер непрерывной продувки определяется при теплохимических испытаниях котла, исходя из норм качества питательной и котловой воды.

Периодическая продувка производится для удаления шлама, оседающего в нижних точках котла. Продувка осуществляется из нижнего барабана и коллекторов экранов парового котла, а при ступенчатом испарении — из нижних точек выносных циклонов.

Периодическую продувку следует производить при растопке котла с давлением 0,3—0,4 МПа (3—4 кгс/см^2) в часы пониженных нагрузок или кратковременных остановок. Во избежание упуска воды продувку котла необходимо проводить двум машинистам (кочегарам): один следит по водоуказательным приборам за уровнем воды в котле, другой производит продувку. Перед ее началом необходимо поставить об этом в известность обслуживающий персонал смены, а также убедиться в том, что другие котлы, находящиеся в ремонте или чистке, отключены от общей продувочной линии заглушками.

До начала продувки необходимо проверить, есть ли вода в деаэраторе (запас не менее половины уровня в баке). Кроме того, уровень воды в барабане котла должен быть немного выше нормального при автоматическом питании, а при ручном питании — высший.

Убедившись в наличии достаточного количества воды и в деаэраторном баке, и барабане котла и в исправности питательных, водоуказательных устройств, можно производить продувку котла. Сначала полностью открывают второй по ходу продувочной воды от котла клапан, затем медленно и осторожно первый клапан от барабана котла.

Длительность продувки из одной точки не должна превышать 30 с, включая время открывания и закрывания клапана.

Необходимо осторожно производить продувку солевых отсеков (циклонов) в связи с их малым водяным объемом.

По окончании продувки вентили закрываются в обратном порядке — вначале первый, а затем второй от котла.

Необходимо убедиться, что запорная арматура на продувочной линии закрыта надежно и не пропускает воду.

Если не удается плотно закрыть продувочные вентили после продувки, то следует усилить питание котла и немедленно остановить котел. Применение рычагов при открывании и закрывании продувочных клапанов запрещается.

В случае появления гидравлических ударов в продувочном трубопроводе или резкого падения уровня воды в котле продувку необходимо прекратить, а после вторичной проверки состояния котла снова продолжить.

Количество продувок задается в зависимости от зашламленности котловой воды в сроки, установленные местными графиками, но не реже 1 раза в сутки, если котловая вода прозрачная. При неисправности питательных насосов или водоуказательных стекол производить продувку запрещается.

ГЛАВА ЧЕТВЕРТАЯ

ТЕХНИЧЕСКОЕ ОСВИДЕТЕЛЬСТВОВАНИЕ КОТЛОВ

4.1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Котельная является сложным технологическим цехом предприятия. Для обеспечения безопасной, надежной и экономической работы необходимо правильно организовать ее эксплуатацию и обслуживание.

Устройство и эксплуатация котлов строго регламентируется «Правилами* устройства и безопасной эксплуатации паровых и водогрейных котлов Госгортехнадзора СССР», обязательными для всех министерств и ведомств.

Каждый зарегистрированный в местном органе Госгортехнадзора СССР паровой и водогрейный котел, пароперегреватель, экономайзер до пуска в работу (первичное), периодически в процессе эксплуатации и в необходимых случаях должен подвергаться техническому

* В дальнейшем тексте «Правила устройства и безопасной эксплуатации паровых и водогрейных котлов» будут именоваться Правилами по котлам.

освидетельствованию участковым инспектором котлонадзора *.

Техническое освидетельствование котла состоит из внутреннего осмотра и гидравлического испытания.

Внутренний осмотр находящихся в эксплуатации котлов проводится инспектором не реже чем через каждые 4 года, а гидравлическое испытание их не реже чем через каждые 8 лет. Досрочное техническое освидетельствование котла производится в случаях, если: котел находился в бездействии более одного года; котел был демонтирован и вновь установлен; произведена замена хотя бы части листа или применена сварка элементов, за исключением приварки единичных штуцеров, труб и заглушек; производилось выправление выпучин и вмятин основных элементов; переклепано более 25 % всего числа заклепок в каком-либо шве; заменено более 15 % связей любой стенки; заменена камера экрана пароперегревателя или экономайзера; заменено одновременно более 50 % общего числа экранных и кипятильных труб или 100 % перегревательных и экономайзерных труб.

Техническое освидетельствование котлов администрацией предприятия самостоятельно производится в следующих случаях:

при внутреннем осмотре всех котлов (регистрируемых и нерегистрируемых) после каждой очистки внутренних поверхностей или ремонта элементов, но не реже чем через 12 мес. Этот осмотр разрешается совмещать с внутренним осмотром, проводимым инспектором, при условии, что разрыв между сроками осмотров не превышает 3 мес;

при внутреннем осмотре зарегистрированных котлов непосредственно перед предъявлением их к освидетельствованию инспектором;

при гидравлическом испытании рабочим давлением после очистки внутренних поверхностей или ремонта элементов котла, если характер и объем ремонта не вызывают необходимости досрочного освидетельствования;

при периодическом освидетельствовании котлов, не подлежащих регистрации в местных органах Госгортехнадзора СССР (внутренний осмотр не реже чем через 4 года и гидравлическое испытание пробным давлением не реже чем через 8 лет);

---

* В дальнейшем тексте участковый инспектор котлонадзора будет именоваться инспектором.

при досрочном освидетельствовании нерегистрируемых котлов в случаях, указанных выше для регистрируемых котлов.

Техническое освидетельствование котлов производится инспектором при непосредственном участии начальника котельной или лица, ответственного за безопасное действие оборудования котельной, в следующей последовательности: проверка технической документации; внутренний осмотр; гидравлическое испытание.

Инспектор проверяет техническую документацию, которая имеется в котельной, и знакомится с записями, сделанными во время ремонта и эксплуатации котлов.

При этом также проверяется обеспеченность котла арматурой, контрольно-измерительными и питательными приборами, автоматикой безопасности и сигнализацией; правильность подключения котла к общему паропроводу, а также подключения питающих и продувочных линий; количество обученного и аттестованного персонала и инженерно-технических работников, прошедших проверку знаний, наличие производственной инструкции, журналов смены и ремонта.

Перед предъявлением котла инспектору обслуживающий персонал котельной подготавливает котел к осмотру, для чего котел останавливают, охлаждают и тщательно очищают от накипи, сажи и золы; отключают заглушками от других работающих котлов, соединенных общими трубопроводами (паропроводами, газопроводами, мазутопроводами, питательными, дренажными и продувочными линиями и т. п.); удаляют внутренние устройства в барабане, если они мешают осмотру; проверяют выборочно толщину стенок труб на наиболее теплонапряженных участках; проверяют геометрические размеры колокольчиков труб в барабанах и коллекторах котла.

Если котлы работают на газообразном или жидком топливе, необходимо:

продуть сжатым воздухом газопровод, а паром — мазутопровод котла и все его отводы к горелкам;

открыть полностью продувочные свечи и свечи «безопасности»;

провентилировать топку и газоходы в течение не менее 10 мин;

взять пробу в верхней части топки и проверить отсутствие газа.

Если газопровод котла, не находящийся под давлением, отключен только запорной арматурой, то газопровод считается заполненным взрывоопасной газовоздушной смесью.

О дне готовности котла к осмотру администрация предприятия обязана уведомить инспектора не менее чем за 10 дней до проведения освидетельствования.

В случае невозможности прибытия инспектора в установленный срок администрация может провести освидетельствование котла собственными силами при условии получения на это разрешения местного органа Госгортехнадзора СССР. Тогда для проведения освидетельствования приказом руководителя предприятия назначается комиссия из компетентных инженерно-технических работников. Котел, допущенный комиссией в эксплуатацию, подлежит обязательному освидетельствованию инспектором в назначенный комиссией срок, но не позднее чем через 12 мес.

При первичном освидетельствовании инспектор устанавливает, что котел изготовлен, установлен и оборудован в соответствии с Правилами по котлам и предоставленными при регистрации документами, а также что котел и его элементы находятся в исправном состоянии.

4.2. ВНУТРЕННИЙ ОСМОТР

Внутренний осмотр котла проводят с целью выяснения, в каком состоянии находится поверхность барабана, коллектора, топки, сварные и заклепочные соединения, кипятильные и экранные трубы, концы завальцованных или приваренных труб и т. д.

При внутреннем осмотре стенки котла (элементы) проверяют как с внутренней, так и с наружной стороны. Осмотр котла начинают с проверки состояния внутренней поверхности барабана, при этом тщательно проверяют сварные и заклепочные швы, концы завальцованных или приваренных труб и штуцеров, а также трубную решетку.

Обращают внимание на места ввода в барабан фосфатов и питательной воды, водосоединительных труб водоуказательных приборов, где возможны трещины из-за отсутствия или неисправности защитных рубашек. После этого осматривают внутренние поверхности коллекторов, камер и грязевиков, которые в большинстве

случаев доступны для осмотра лишь через лючки или отверстия. Для внутреннего осмотра безлючковых коллекторов и камер необходимо отрезать по окружности донышко у штуцера, приваренного для этой цели к коллекторам. Затем с одного конца коллектора через штуцер заводят лампочку, а с другого — осматривают внутреннюю поверхность (в случае, если штуцера расположены по оси коллектора). В случае расположения штуцеров под углом к продольной оси коллектора осмотр проводят при помощи зеркала. После проведения внутреннего осмотра выполняют: подготовку кромок штуцера и отрезанной части штуцера с донышком под сварку, установку штуцера с донышком на прихватках, после чего производят сварку и контроль сварного соединения.

При последующих осмотрах резку штуцера необходимо проводить по сварному соединению. Количество разрезов штуцера определяется расстоянием между сварными швами на штуцере и коллекторе, которое не должно быть менее 100 мм.

В случае, когда коллектор имеет большое число изолированных частей (коллектор экрана с многоциркуляционным контуром) и установка штуцеров для осмотра каждой из частей не целесообразна, внутренний осмотр их при необходимости проводится через отверстия, образованные путем вырезки экранных труб или стояков — конвективной части вышеописанным методом с последующей заваркой после осмотра.

Далее проводят осмотр элементов котла со стороны топочного пространства и газоходов, при этом проверяют состояние обмуровки и газовых перегородок, особое внимание обращают на тепловую изоляцию.

При осмотре мест развальцовки труб следует убедиться в отсутствии трещин в стенках труб, подрезов и смятия их стенок, смятия гнезд, трещин в трубной решетке, надрывов в выступающих концах труб. В литых стальных и чугунных изделиях могут быть выявлены выходящие наружу трещины, свищи, раковины и пористость.

Повреждения барабанов котлов. Типичные повреждения барабанов котлов — нарушения прочности и плотности заклепочных швов, появление трещин в сварных швах; в цилиндрической части барабана и днищах — повреждения стенок трубных отверстий, лючковых затворов и коррозионные разъедания металла на стенках

барабанов и головок заклепок. Встречаются также повреждения воротниковых фланцев и штуцеров.

Большинство повреждений барабанов котлов — это появление трещин. Трещины появляются в металле барабана в результате: дефектов и пороков структуры в котельных листах, возникших при разливе стали и ее затвердевании, а также при прокатке листов и изготовлении элементов барабанов: перенапряжений металла, допущенных при изготовлении котла; перенапряжений металла, возникших при неправильной эксплуатации, постоянных или переменных добавочных усилиях; агрессивного действия котловой воды. Перенапряжения металла при неправильной эксплуатации котла появляются чаще всего из-за механических, термических и химических воздействий на металл. Механические напряжения в металле барабана из-за внутреннего давления, массы барабана и закрепленных на нем деталей могут значительно возрастать в результате термических напряжений, появившихся при неравномерном нагреве и расширении всех частей барабана, вызвавших его прогиб и искажение правильной цилиндрической формы.

Причинами термических деформаций барабанов могут быть: ввод в барабан питательной воды, температура которой значительно ниже температуры котловой воды, без специальных защитных устройств; неравномерная подпитка котлов большим количеством относительно холодной питательной воды; слабое перемешивание питательной воды с котловой до ее соприкосновения со стенками по всей длине барабана; нарушение режима растопки и расхолаживание котлов; оставление котлов в горячем резерве без отключения их от паропроводов работающих котлов; повреждение изолирующей обмуровки или торкрета из-за охлаждения котла наружным воздухом, расположенного вблизи ворот котельного помещения, не имеющего тамбура; частые большие изменения нагрузки котла и т. п.

Агрессивность котловой воды определяется наличием в ней растворенной едкой щелочи и кремниевой кислоты, являющейся катализатором процесса межкристаллитной коррозии. За счет выпара воды в неплотностях соединений откладываются щелочи, значительно увеличивающие концентрацию.

Химическое воздействие на металл агрессивной котловой воды выражается в коррозионных разъеданиях,

ослабляющих элементы барабана. При совместном механическом, термическом и химическом воздействии в металле барабана котла появляются межкристаллитная коррозия и другие дефекты.

Межкристаллитную коррозию также называют каустической или щелочной хрупкостью металла или коррозионным растрескиванием.

Межкристаллитная коррозия возникает у наклепанного и находящегося под воздействием близких к пределу текучести механических и растягивающих напряжений металла в среде с высокой концентрацией веществ, растворенных в котловой воде. Металл приобретает хрупкость и в нем образуются микротрещины, превращающиеся впоследствии в сквозные. К сожалению, обнаружить межкристаллитную коррозию можно только по явно выраженным трещинам.

Отличительными особенностями межкристаллитной коррозии является распространение начальных микроскопических трещин по границам кристаллитов — зерен металла; крупные трещины являются в основном транскристаллитными, т. е. проходят по кристаллам, это объясняется дальнейшей концентрацией механических напряжений в зоне повреждений.

Другим отличительным признаком межкристаллитной коррозии является бездеформационный или хрупкий по внешнему виду излома характер разрушений. Значит, коварство межкристаллитной коррозии заключается в отсутствии в зоне образования трещин деформации металла, т. е. изменения геометрических размеров элемента, металл которого вблизи трещин сохраняет свою пластичность, прочность и текучесть. До разрушения пострадавший элемент котла не меняет своей формы, трещина треснувшей накладки или основного листа барабана, а также кольцевые трещины труб не увеличиваются.

Появление хрупких разрушений начинается с образования мелких невидимых волосных трещин. Развитие трещин начинается в наружном слое металла заклепки, трубы или тела барабана, непосредственно примыкающем к заклепочному или вальцованному соединению. Постепенно развиваясь, трещины в местах повреждений переходят в транскристаллитные, разрушение ускоряется и захватывает все сечение заклепок — обламывание головки. При разрушении накладок заклепочного шва и тела барабана иногда откалывается кусок накладки, при

разрушении тела барабана образуются трещины в мостиках между отверстиями трубной решетки барабана. При разрушении завальцованной трубы образуются сквозные кольцевые трещины.

Внешними признаками процесса образования хрупких разрушений являются: пропаривание у кромок листов заклепочных соединений, в вальцованных соединениях, у основания приклепанных штуцеров и воротниковых фланцев; появление солевых отложений в этих же местах и в водосоединительных трубках водоуказательных приборов, на линиях рециркуляции, ввода пара для подогрева барабанов, в перемычках между трубными отверстиями; у наружных головок заклепок и т. п.; обламывание головок заклепок при их обстукивании ручником.

При выявлении внешних признаков хрупких разрушений необходимо тщательно проверить подозрительные места барабанов, для чего из внутренних заклепок делают шлифы. Заклепочные и трубные отверстия, а также поверхность металла возле отверстий зашлифовывают и после травления реактивами осматривают через лупу. В необходимых случаях выявляют трещины ультразвуковым способом, для уточнения вынимают ряд заклепок и проверяют их магнитной порошковой дефектоскопией.

Серьезная опасность межкристаллитной коррозии заключается в том, что трещины начинают углубляться в недоступных осмотру местах — в межшовном пространстве клепаных барабанов, зазорах между завальцованными концами труб и гнездами барабанов и коллекторов.

Повреждения барабанов происходят также из-за равномерной или местной коррозии металла. Равномерная коррозия металла обычно не опасна. При местной коррозии могут довольно быстро появиться глубокие разъедания. Коррозионные разъедания стенок барабанов чаще всего являются следствием наличия в воде или паре кислорода. Местная коррозия бывает язвенной, точечной и избирательной.

Кислородная язвенная коррозия развивается в глубь металла. На внутренней поверхности барабана образуются бугорки, ржавчина коричневого цвета, под которой обычно имеется слой окислов железа черного цвета. При очистке этих мест стальной щеткой обнаруживается

язвина, которая, если не принять меры, может увеличиваться вплоть до образования свищей. Наибольшее количество язвин обнаруживается в паровом пространстве барабана, в местах переменного уровня воды, под коробками сепарационных устройств, на головках заклепок и др.

В коллекторах экранов коррозии иногда подвергаются торцевые участки, где низки скорости воды, а также стенки коллекторов вблизи торцов.

Кислородная коррозия барабана может происходить в период ремонта и при нахождении его в резерве. В последнем случае коррозию называют стояночной. Стояночная коррозия может образоваться как в котлах, наполненных водой, так и в котлах без воды. В первом случае она возможна, если в воде имеется растворенный кислород, а во втором — если стенки барабана влажные и к ним имеется доступ кислорода. Особенно интенсивно коррозия образуется на границе вода — воздух или непосредственно под этой границей.

Не менее опасны коррозионные разъедания наружной поверхности барабанов и подвесок, которые происходят из-за частого их увлажнения.

Перелив воды из расположенных над котлами баков, попадание воды на потолок котла из предохранительных клапанов, протекания лючков, заклепочных швов и вальцованных соединений, а также течи в экономайзерах создают благоприятные условия для образования коррозии внешних стенок.

Нижние барабаны (грязевики) малых водотрубных котлов и нижней части обечаек жаротрубных котлов иногда находятся под воздействием грунтовых вод, что вызывает быструю коррозию наружной поверхности. Коррозионные разъедания развиваются также в невидимых метах — под обмуровкой, торкретом, изоляцией или обшивкой. Для выявления коррозионных повреждений наружной поверхности в необходимых случаях полностью или частично снимают обмуровку или изоляцию котла.

Эксплуатация котла должна быть запрещена, если обнаружены признаки межкристаллитной коррозии — кольцевые трещины в вальцовочных соединениях, трещины в межтрубных простенках барабанов и коллекторов, отвалившиеся (хрупкие разрушения) головки заклепок и т. п.

Различные котлы в зависимости от конструктивных особенностей имеют свои характерные для них повреждения, поэтому при освидетельствовании должны тщательно осматриваться все элементы котла.

Повреждения экономайзеров. Осмотр экономайзеров с целью выявления повреждений производится после их очистки, до и во время гидравлического испытания котла. В экономайзерах могут быть следующие повреждения: коррозия внутренней или наружной поверхности стальных экономайзеров; износ поверхностей нагрева летучей золой; свищи в сварных соединениях; перегревы труб, а также дефекты труб при изготовлении змеевиков; нарушение плотности в местах ввальцовки труб в коллектор стального экономайзера в результате резких изменений температуры питательной воды; разрушение ребристых или гладких труб чугунных экономайзеров в результате термических напряжений или гидравлических ударов.

Внутренняя коррозия труб экономайзеров происходит при неудовлетворительной деаэрации воды. В результате коррозии на их поверхностях нагрева образуются оспины, язвины, что может привести к сквозному поражению труб.

Наружная коррозия труб возникает при концентрации на поверхности труб экономайзеров водяных паров, содержащих кислород, углекислоту и сернистый газ. Конденсация водяных паров из дымовых газов происходит, если температура наружной поверхности экономайзера ниже точки росы дымовых газов. Температура точки росы зависит от вида и марки топлива, способа его сжигания, коэффициента избытка воздуха в дымовых газах непосредственно у экономайзера и содержания серы в топливе. Наружной коррозии чаще подвергаются трубы с наименьшей температурой, т. е. у входа воды в экономайзер.

Для предупреждения и уменьшения кислородной и серно-кислотной коррозии труб экономайзеров подаваемую в них питательную воду подогревают до 103—104 °С в деаэраторах атмосферного типа, а также при отсутствии деаэрации — до температуры не менее 70 °С. Применяют также специальные жидкие присадки к топливу при сжигании сернистого мазута.

Механический износ труб экономайзеров под действием золы и несгоревших частиц топлива происходит в

местах повышенных скоростей и концентрации уноса в дымовых газах: в проемах между змеевиками или трубами и стенками газохода, против щелей или неплотностей в газовых перегородках, в местах поворота потоков газов, в местах отклонения потоков от скоб, подвесок, хомутов, в местах сужения газоходов и в местах завихрения.

Занос поверхности труб экономайзера летучей золой возникает при пониженных нагрузках котла, когда скорость газов, проходящих через экономайзер, может снизиться ниже 3 м/с.

Для предохранения змеевиков экономайзера от износа на прямых участках и закруглениях труб устанавливают защитные манжеты. Иногда устанавливают групповую защиту закруглений труб, например у разделительных перегородок. Для защиты прямых труб под углом 40—45° по направлению к газовому потоку приваривают прутки.

Свищи в местах сварки экономайзеров образуются из-за некачественной сварки, усталостных напряжений, возникающих в сварных швах при колебании температуры питательной воды перед экономайзером, недостаточного охлаждения при растопках котла в переходных режимах его работы. Образование свищей может привести к разрыву труб. Дефектные места сварных швов — трещины, непровары, подрезы основного металла, неметаллические включения.

В экономайзерах кипящего типа нередко появляются трещины на отводящих трубах, соединяющих его с барабаном котла, из-за образования в них паровых пробок при неравномерном распределении воды по змеевикам. Неравномерное поступление воды из коллектора в змеевики экономайзера (особенно кипящего типа) также может быть причиной частого повреждения труб и общего ухудшения его работы.

Повреждения пароперегревателей. Повреждения труб пароперегревателей могут происходить по следующим причинам: чрезмерное повышение температуры газов перед перегревателем из-за неполного сгорания топлива в топке и догорания газов в камере подогревателя; зашлакование экранов и труб первого газохода; понижение температуры питательной воды; повышенный присос воздуха в топке; износ поверхностей нагрева летучей золой; отложения солей на внутренней поверхности пере-

гревателя из-за высокого солесодержания котловой воды; вырывание концов змеевиков из мест вальцовки в коллекторах; технологические дефекты труб; дефекты сварки стыков труб; увеличение расхода насыщенного пара; повышение допустимого верхнего уровня воды в котле; повреждение регулятора перегрева.

В отличие от труб экранов на трубах пароперегревателей реже образуются свищи, но чаще разрывы (пережог змеевиков) из-за перегрева металла. При приемке котла из ремонта необходимо проверить, не осталось ли в змеевиках и коллекторах перегревателя посторонних предметов.

Горизонтально-водотрубные котлы. В котельных небольшой производительности эксплуатируются котлы устаревших конструкций — камерные и секционные.

Камерные котлы системы Штейнмюллера, Фицнер—Гамлера и др. имеют большие плоские камеры, соединенные с продольным барабаном широкой горловиной или штуцером большого диаметра, и прямые кипятильные трубы диаметром до 100 мм, ввальцованные в переднюю и заднюю камеры. Вследствие большого числа прямых труб, соединяющих камеры, при растопке, резких колебаниях нагрузки и большой форсировке котлов возможны образование трещин, ослабление вальцовки труб и течи лючковых уплотнений трубных камер. Жесткость соединений элементов котла также является причиной ослабления заклепочных швов в соединительных карманах (горловинах), в штуцерах барабанов и в грязевиках котлов. Особое внимание при осмотре следует обращать: на клепаные грязевики, узлы соединений опускных труб с грязевиком и барабаном, швы камер.

Дефектом секционных котлов системы Бабкок—Вилькокс является неудовлетворительная циркуляция в верхних рядах труб.

Котлы системы Шухова и Шухова—Берлина имеют жесткую конструкцию и тесное расположение кипятильных труб в пучках, затрудняющее их обдувку, очистку от золы и сажи. Так как питательная вода у котлов Шухова—Берлина вводится над крайними секциями-пучками, то в этих местах выявляются повреждения труб, отдулины и значительные отложения накипи. У этих котлов иногда наблюдаются прогиб трубных решеток передних камер секционных головок, провисания труб, особенно в случае обогрева их горячими газами, и образования накипи на внутренней поверхности.

Необходимо обращать внимание на защиту головок от перегрева.

Вертикально-водотрубные котлы. В настоящее время котлы этого типа полностью вытеснили котлы других типов. Для котлов характерно полное экранирование топочных камер, наличие одного-

двух сварных барабанов с трубами небольшого диаметра, непосредственно соединенными с барабанами. Отсутствие камер, секций, большого числа лючковых затворов, меньший водяной объем повысили надежность этих котлов. Кипятильные трубы, как правило, выполняются гнутыми, что придает им эластичность и способствует более свободному тепловому перемещению. Прямые трубы сохранились лишь на некоторых старых типах котлов (Гарбе), где трубы развальцованы в специальные штампованные плиты барабанов либо закреплены косой вальцовкой в утолщенную для этого стенку барабана.

Старые конструкции котлов системы Стерлинга, Гарбе и др. имеют три, пять и более клепаных барабанов. В задних пучках этих котлов наблюдаются дефекты циркуляции, нижние барабаны являются иногда местами застоя циркуляции и неравномерного разогрева.

В многобарабанных клепаных котлах осматривают швы нижних барабанов, а в самих швах — участки пересечения продольных заклепочных швов с поперечными у днищ или у соединительных колец, если барабан состоит из нескольких обечаек (эти же участки тщательно проверяют и у барабанов котлов системы Бабкок—Вилькокс морского типа).

В эксплуатации находятся также выпускавшиеся ранее котлы типа КРШ (конструкции Курочко, Рассудова, Шафрана), ВВД и ТВД (конструкции Добрина).

В днищах старых котлов с малым радиусом переходной дуги и малой высотой выпуклой части могут быть выявлены трещины, расположенные по окружности на внутренней поверхности переходной части, преимущественно в области водяного пространства. Вначале появляются неглубокие бороздки, в дальнейшем они увеличиваются по длине, углубляются и могут стать сквозными. Такие же трещины встречаются на сгибе бортов люковых отверстий.

Наиболее распространены в котельных небольшой паропроизводительности котлы типов ДКВР, ДЕ, КЕ, работающие на твердом, жидком и газообразном топливе с рабочим давлением пара 0,9; 1,4; 2,4 и 3,9 МПа (9; 14; 24 и 40 кгс/см^2).

При осмотре котлов проверяют заклепочные швы и места вальцовки труб, где возможно образование межкристаллитных трещин, возникающих главным образом в пределах водяного пространства. Внутренние поверхности котлов могут иметь коррозионный износ, главным образом, в местах поступления питательной воды, слабой циркуляции воды и в местах отложений шлама. Коррозия наружных поверхностей наблюдается в местах со-

прикосновения с сырой кладкой, около люков из-за их неплотностей и течи.

В обогреваемых газами барабанах тщательно осматривают места обогрева, в которых могут образоваться выпучины. Необходимо проверять наличие защиты барабанов торкретом от перегрева в случаях, когда такая защита предусмотрена проектом.

Наиболее распространенными дефектами экранных и кипятильных труб являются кольцевые и продольные трещины, отдулины, свищи, утонение стенок труб и деформация труб из-за отложений накипи или нарушения циркуляции. При осмотре обращается особое внимание на угловые экранные трубы, горизонтальные и слабонаклонные участки кипятильных труб.

Осмотр внутренней поверхности кипятильных труб в котлах с прямыми трубами производят из камер, секций или барабанов, при этом труба освещается лампочкой с противоположной стороны.

При осмотре наружной поверхности труб обращается внимание на износ их золой, движущейся в потоке газов, особенно при камерном сжигании высокозольного топлива. Такому износу чаще подвергаются трубы в местах сужения сечения газоходов и резких изменений направления потока газа. Износ труб выявляется с помощью специальных шаблонов или путем вырезки контрольных образцов.

Повреждения жаротрубных котлов. Котлы этого типа с одной (корнвалийские) и двумя жаровыми трубами (ланкаширские) используются в отопительных котельных в качестве паровых и водогрейных.

Характерными повреждениями для жаротрубных котлов являются выпучины в нижней части барабана котла из-за скопления шлама и накипи при обогреве ее горячими дымовыми газами; выпучины или прогиб жаровой трубы при упуске воды и оголение верхней части трубы или скопление в этих местах накипи и шлама. Могут появиться прогиб и вмятины корпуса под действием веса котла и воды, в случае проседания части фундамента под котлом или неправильного монтажа опор под ним. Иногда появляются трещины, образующиеся в отгибах бортов жаровых труб, в местах соединения труб с днищами и в отгибе бортов днищ — в месте соединения с корпусом. Основная их причина — жесткость соединений, недостаточный радиус загиба и другие дефекты изготов-

ления или монтажа, затрудняющие свободное термическое расширение элементов котла. Очень опасны поперечные трещины, возникающие преимущественно в первых звеньях жаровых труб.

В заклепочных соединениях жаротрубных котлов возможны повреждения из-за межкристаллитной коррозии, особенно при питании их водой после обработки Na-катионитным методом.

В трубных решетках котлов с дымогарными трубами (котлы паровозов, локомобилей, кранов) встречаются трещины между отверстиями для труб и в отбортовке, износ и деформация стенок. Наиболее частыми повреждениями дымогарных труб являются обгорание и износ отбортованных концов, ослабление вальцовочных соединений и трещины от частых развальцовок.

В топочных камерах котлов паровозного типа возможны выпучины, волнистости на потолке и стенках топки, трещины в бортовке топочных листов, коррозионный износ, обрыв связей, течь в вальцованных соединениях труб и в креплениях связей.

Причиной повреждений часто является неудовлетворительное состояние подвижной опоры котла, резкое изменение режима работы котла, охлаждение топки и трубной решетки холодным воздухом при загрузке топлива и при сквозняках в помещении, скопления накипи и шлама, упуск воды.

В вертикальных цилиндрических котлах (ММЗ, ТМЗ, МЗК, ВГК и др.), работающих на газообразном и жидком топливе, следует проверять нижнюю часть внутренней цилиндрической обечайки в зоне уторного кольца. В этих котлах особенно опасны выпучины в стенках внутренней обечайки и дефекты в сварных швах уторного и шуровочного колец, образующиеся вследствие частого охлаждения при шуровке и подаче топлива, расстройство и течь вальцовочных соединений в результате упуска воды или частых перевальцовок, образование накипи и шлама. При осмотре котлов любых конструкций проверяется состояние кромок люковых отверстий, крышек люков и их креплений.

Повреждения водогрейных котлов. Надежность водогрейных котлов главным образом зависит от конвективных поверхностей нагрева, подвергающихся наибольшему загрязнению и коррозии, особенно при сжигании топлива с высоким содержанием серы.

При осмотре водогрейных котлов типов ПТВ, ПТВМ, ПТВГ проверяется состояние труб конвективной части, где возникают коррозионные язвины как с внутренней, так и с наружной стороны. В отдельных случаях при нарушении водного режима имеет место пережог труб из-за отложений накипи и шлама. Перед проведением внутреннего осмотра рекомендуется производить контрольные вырезки из трубной системы котла.

При осмотре коллекторов обращается внимание на наличие и состояние разделительных перегородок, возможный коррозионный износ стенок как с внутренней, так и с наружной стороны и на состояние стенок в зоне опорных устройств.

После проведения внутреннего осмотра и устранения выявленных дефектов проводят гидравлическое испытание котла.

4.3. ГИДРАВЛИЧЕСКОЕ ИСПЫТАНИЕ КОТЛА

Целью гидравлического испытания является проверка прочности и плотности всех элементов котла, пароперегревателя, экономайзера, а также всех сварных, заклепочных, вальцовочных соединений.

Гидравлическое испытание котла на месте его установки производится лишь при условии удовлетворительных результатов внутреннего осмотра. Вместе с котлом подвергается испытанию присоединенная к нему арматура. Для гидравлического испытания следует использовать воду с температурой не ниже 5 °С. При наполнении котла водой необходимо предохранительный клапан или воздушный вентиль держать открытыми до появления из них воды, чтобы полностью удалить из котла воздух. Если во время испытания наблюдается снижение давления по манометру, следует установить место пропуска воды и устранить неисправность.

Под рабочим давлением в котле понимается давление пара непосредственно за пароперегревателем или при его отсутствии на выходе из котла при расчетных режимах.

При гидравлическом испытании давление в котле создают гидравлическим прессом или другим источником давления, позволяющим постепенно и плавно поднять давление до пробного, пробное давление выбирается в соответствии с табл. 4.1.

Таблица 4.1. **Рабочее и пробное давление для гидравлических испытаний**

Наименование	Рабочее давление в котле	Пробное давление
Паровой котел	Не более 0,5 МПа (5 кгс/см²)	1,5p, но не менее 0,2 МПа (2 кгс/см²)
Паровой котел	Более 0,5 МПа (5 кгс/см²)	1,25p, но не менее p+0,3 МПа (3 кгс/см²)
Пароперегреватель	Независимо от давления	Пробное давление
Отключаемый экономайзер	Независимо от давления	1,25p+0,3 МПа (3 кгс/см²)
Водогрейный котел	Независимо от давления	1,25p, но не менее p+0,3 МПа (3 кгс/см²)

Пробное давление — давление, при котором стационарный котел подвергается гидравлическому испытанию на прочность и плотность в соответствии с правилами Госгортехнадзора СССР.

При достижении пробного давления подача воды в котел прекращается, при этом в течение 5 мин не должно быть снижения давления.

Во время испытания давление измеряется двумя проверенными манометрами, один из которых должен быть контрольным. По истечении 5 мин давление постепенно снижается до рабочего и производится тщательный осмотр котла во всех доступных местах.

При появлении в период испытания шума, стуков или резкого падения давления гидравлическое испытание следует немедленно прекратить, выяснить и устранить их причину.

Результаты гидравлического испытания котла признаются удовлетворительными, если не обнаружено: признаков разрыва (поверхностных трещин, надрывов и др.); течи, слезок и потения в основном металле, свар-

ных, заклепочных и вальцовочных соединениях; видимых остаточных деформаций.

В случае выявления дефектов в зависимости от их характера инспектором может быть принято решение о запрещении работы котла или пуске котла во временную эксплуатацию, сокращении срока очередного освидетельствования, более частых освидетельствований котла администрацией предприятия, снижении параметров и др. Дефекты, обнаруженные при испытании, необходимо устранить с последующим контролем исправляемых участков. При выявлении дефектов, по которым инспектор затрудняется принять решение, вопрос о дальнейшей эксплуатации котла должен быть рассмотрен с привлечением специализированной организации.

Если обнаружены дефекты: плены, расслоения металла, трещины, разрывы и раздутие труб, инспектору предоставлено право требовать проведения механического испытания, металлографического исследования и химического анализа металла, и это требование он оформляет соответствующей записью в паспорте с указанием причин, вызвавших необходимость проведения исследования металла и мест котла, из которых должны быть взяты пробы.

Результаты дополнительных испытаний и исследований можно в паспорт не вносить, если в нем сделана ссылка на соответствующие протоколы или формуляры, которые в данном случае прикладываются к паспорту котла.

4.4. ИСПЫТАНИЕ КОТЛА НА ПАРОВУЮ ПЛОТНОСТЬ

Испытание котла на паровую плотность проводится для проверки работы КИПиА и вспомогательного оборудования.

В процессе парового опробования обращают внимание на отсутствие защемлений во всех элементах котла, на состояние катковых и скользящих опор барабанов и камер, а также измеряют тепловые удлинения. За расширением элементов котла следят по реперам при растопке и подъеме давления.

Результаты измерений записывают в журнал: до заполнения котла водой—нулевое положение; после наполнения котла водой; при достижении давления 0,1 МПа (1 кгс/см^2); при давлении 0,3 МПа (3 кгс /см^2); при до-

стижении 30, 60 и 100 % рабочего давления; при расхолаживании котла после испытания.

Измеренные тепловые удлинения сравнивают с проектными перемещениями.

При разогреве котла и достижении давления пара до 0,3 МПа (3 кгс/см^2) допускается производить обтяжку болтовых соединений люков барабанов, лючковых затворов, фланцев арматуры и трубопроводов, проверять правильность работы опор, подвесок и компенсаторов.

При растопке котла и подъеме давления необходимо продуть пароперегреватель для его охлаждения.

Проверяют исправность установленного на котле манометра путем подключения к нему контрольного или исправного и проверенного рабочего манометра (с помощью второго трехходового крана).

При достижении рабочего давления пара устанавливают грузы на рычагах предохранительных клапанов и производят их регулировку (табл. 4.2).

Предохранительные клапаны водогрейных котлов должны быть отрегулированы на начало открытия при давлении не более 1,08 рабочего.

Завершив такую проверку (регулировку), установленные на рычагах клапанов грузы надежно закрепляют во избежание их смещения и пломбируют. Окончательно отрегулированный предохранительный клапан должен вибрировать при легком нажиме ладонью снизу на рычаг. В это время производят регулировку сигнализатора предельных уровней воды и регулятора питания котла. Регулировку и опробование их на паровую плотность производят путем изменения уровня воды в барабане котла до контрольных отметок.

Окончание испытания котла на паровую плотность и регулирования предохранительных клапанов фиксируется актом.

Таблица 4.2. **Регулировочное давление предохранительных клапанов**

Номинальное избыточное давление, МПа (кгс/см^2)	Давление начала открытия предохранительных клапанов	
	Контрольный клапан	Рабочий клапан
До 1,3 (до 13)	$p_{раб}$+0,02 (0,2) МПа (кгс/см^2)	$p_{раб}$+0,03 (0,3) МПа (кгс/см^2)
1,3—6,0 (13—60)	1,03 $p_{раб}$	1,5 $p_{раб}$

Разрешение на пуск в работу вновь установленного котла выдается инспектором при положительных результатах технического освидетельствования и оформляется соответствующей записью в паспорте.

После приемки котла приемочной комиссией и получения разрешения инспектора котел вводится в постоянную эксплуатацию письменным распоряжением администрации предприятия.

ГЛАВА ПЯТАЯ

РЕМОНТ ПАРОВЫХ И ВОДОГРЕЙНЫХ КОТЛОВ

5.1. ОРГАНИЗАЦИЯ РЕМОНТНЫХ РАБОТ

Надежность и экономичность работы котлов и котельного оборудования зависит не только от правильного проведения и выполнения строительно-монтажных работ, грамотной эксплуатации, но и от своевременного проведения ремонта.

При планировании и составлении дефектной ведомости на ремонт необходимо тщательно проверить все котельное оборудование, трубопроводы и арматуру.

Успешное выполнение ремонта зависит от того, насколько правильно он организован. Организовать работы — это значит: разработать технологию всех операций наиболее совершенными методами и в рациональной последовательности для выполнения работ каждым рабочим; подготовить рабочие места ремонтников и распределить рабочих ремонтной бригады по отдельным видам работ; обеспечить ремонтные бригады нормативно-технической документацией; обеспечить рабочие места механизированным инструментом, специальными ремонтными и такелажными приспособлениями, запасными частями, материалами и измерительными приборами; осуществить мероприятия по технической и пожарной безопасности, производственной санитарии; провести инструктаж по выполнению наиболее ответственных операций и т. д.

Все вышеизложенное должно быть заранее, до начала ремонтных работ, тщательно продумано и записано в специальном документе, который называется проектом производства работ (ППР).

Виды и периодичность ремонта

На основании системы планово-предупредительного ремонта (ППР) устанавливают вид и периодичность ремонта.

Ниже приведены некоторые термины и определения технического обслуживания и ремонта оборудования, установленные ГОСТ 18322-78.

Ремонт — комплекс работ по восстановлению работоспособности изделия и восстановлению ресурсов изделий или их составных частей.

Техническое обслуживание — комплекс работ или операция по поддержанию работоспособности или исправности изделия при использовании по назначению.

Текущий ремонт — ремонт, выполняемый для обеспечения или восстановления работоспособности изделия и состоящий в замене и (или) восстановлении отдельных частей.

Капитальный ремонт — ремонт, выполняемый для восстановления исправности и полного или близкого к полному восстановлению ресурса изделия с заменой или восстановлением любых его частей, включая базовые.

Ремонтный цикл — наименьший повторяющийся интервал времени или наработка изделия, в течение которых выполняются в определенной последовательности в соответствии с требованиями нормативно-технической документации все установленные виды ремонта.

Продолжительность ремонтного цикла для котлов определяется в зависимости от сезонности работы котла и от вида топлива, а котельно-вспомогательного оборудования — в зависимости от конструктивных особенностей и условий эксплуатации.

В табл. 5.1 приведена продолжительность ремонтного цикла для котлов, работающих на твердом топливе. Для котлов, работающих на жидком топливе, продолжительность ремонтного цикла должна быть увеличена в два раза [52].

Ориентировочные нормы трудоемкости ремонта котлов и котельно-вспомогательного оборудования приведены в табл. 5.2. Для котлов, эксплуатируемых более 20 лет, трудоемкость ремонта может быть увеличена на 10 %.

Таблица 5.1. **Продолжительность ремонтного цикла и межремонтного периода**

Наименование	Продолжительность ремонтного цикла, мес	Продолжительность межремонтного периода, мес
Котлы, работающие в осенне-зимний период	24	12
Котлы, работающие более 6000 ч в год	12	6
Котлы водогрейные	36	12
Вентиляторы дутьевые	36	12
Дымососы	24	6
Подогреватели и теплообменники	48	12
Оборудование химической очистки	48	12
Оборудование пылеприготовления	12	6
Оборудование топливоподачи	24	6
Оборудование золоудаления	12	6

Трудоемкость ремонта котлов на давление 4,0 МПа (40 кгс/см^2), работающих на газообразном топливе и мазуте, принимается с коэффициентом 0,9, а для водогрейных котлов — с коэффициентом 0,95 [52].

К перечню объема работ при **текущем ремонте** котлов и котельно-вспомогательного оборудования относятся:

осмотр под рабочим давлением экранных, кипятильных, перепускных и соединительных труб, труб пароперегревателя, коллекторов, барабанов и сухопарников;

очистка наружных поверхностей от сажи, золовых отложений и шлакового наплыва;

проверка труб на наличие золового износа и на увеличение их диаметра;

устранение на трубах свищей, отдулин, вмятин;

осмотр сварных швов и заклепочных соединений, а также осмотр поверхности металла у питательных и других штуцеров;

проверка штуцеров и труб к водоуказательным колонкам и их очистка;

очистка внутренней поверхности барабана и сухопарника;

частичная разборка внутрибарабанных сепарирующих устройств;

подвальцовка и смена отдельных труб;

частичная замена креплений экранных труб и труб пароперегревателя;

Таблица 5.2. **Ориентировочная норма трудоемкости ремонта котлов и котельно-вспомогательного оборудования**

Наименование	Норма трудоемкости, чел-ч	
	капитального ремонта	текущего ремонта
Котлы паровые вертикально-водотрубные на давление до 1,4 МПа (14 кгс/см²), работающие на твердом топливе, газе и мазуте, типа ДКВР паропроизводительностью, т/ч:		
2,5	800	240
4,0	1100	330
6,5	1400	420
1,0	1650	480
20	2300	690
Котлы паровые вертикально-водотрубные на давление 4,0 МПа (40 кгс/см²) для факельного сжигания твердого топлива паропроизводительностью, т/ч:		
20	2900	800
35	4100	1200
50	5100	1500
Котлы водогрейные, работающие на твердом топливе, теплопроизводительностью, Гкал/ч:		
4,3	1000	300
6,5	1300	390
8,3	1500	450
10	1800	540
20	2500	750
30	2900	870
50	4400	1300
100	7200	2100
Котлы автоматизированные отопительные чугунные с тягодутьевым устройством и автоматикой, поверхностью нагрева, м²:		
23	340	100
32	400	120
40	470	140

Продолжение табл. 5.2

Наименование	Норма трудоемкости, чел-ч	
	капитального ремонта	текущего ремонта
Котлы отопительные чугунные и стальные поверхностного нагрева, м²:		
до 16	140	42
25	170	50
34	200	60
46	240	70
55	280	90
100	400	120
Топки механизированные активной площадью, м²:		
до 10	500	150
14	680	200
20	900	270
Топки полумеханические активной площадью, м²:		
до 4	130	40
6	180	50
10	250	80
Механические наклонно-переталкивающие решетки шириной, мм:		
1600	380	110
3500	580	170
Вентиляторы дутьевые:		
ВД-6	40	10
ВД-8	50	12
ВД-10	70	18
ВД-12	80	20
ВД-13,5	100	25
ВД-15,5	120	30
ВД-18	140	40
ВД-20	160	50
Вентиляторы мельничные, м³/ч (подачей):		
12 000	150	40
33 000	200	50

Продолжение табл. 5.2

Наименование	Норма трудоемкости, чел-ч	
	капитального ремонта	текущего ремонта
Дымососы центробежные одностороннего всасывания:		
Д-8	60	15
Д-10	80	20
Д-12	100	25
Д-13,5	120	30
Д-15,5	140	40
Д-18	160	50
Д-20	180	60
Фильтры Na-катионитные диаметром, мм:		
700	40	12
1000	50	15
1500	60	18
Деаэраторные колонки производительностью, т/ч:		
25—50	70	21
75—100	100	30
Солерастворители диаметром, мм:		
630	30	9
1000	40	12
Экономайзеры и воздухоподогреватели:		
экономайзеры водяные чугунные на каждые 100 м² поверхности нагрева	90	25
экономайзеры водяные из стальных гладких труб на каждые 100 м² поверхности нагрева	80	22
воздухообогреватели трубчатые на каждые 100 м² поверхности нагрева	70	20
Обдувочное устройство на один аппарат (без редуктора)	36	12

устранение дефектов на коллекторах с заменой отдельных лючков, хвостовиков, шпилек и прокладок;

частичная разборка обмуровки котла и ее восстановление;

ремонт наружной обшивки и кирпичной кладки котла;

ремонт лестниц и площадок, смотровых люков, то-

почных дверок и лазов с заменой петель, болтов, шпилек и прокладок;

проверка взрывных клапанов с заменой дефектных мембран;

разборка, устранение дефектов и сборка шиберов и заслонок на воздушном и газовом трактах;

ремонт трубопроводной обвязки котла, запорной арматуры, теплоизоляции трубопроводов и емкостей.

При текущем ремонте экономайзеров производятся:

наружный осмотр состояния каркаса, обшивки и обмуровки;

очистка труб и газоходов от сажи и уноса;

частичная замена змеевиков, чугунных труб, калачей, фланцев и прокладок;

очистка и промывка внутренней поверхности от шлама и накипи;

ремонт сажеобдувочного устройства;

проверка золозащиты и состояния опор змеевиков;

гидравлическое испытание экономайзера отдельно от котла.

При текущем ремонте воздухоподогревателей производятся:

испытание на плотность до ремонта с разборкой перегородок — заглушек и воздушных коробов;

проверка труб на наличие коррозионных разъеданий и золового износа;

проверка компенсаторов, уплотнительных полос насадок, обшивки, воздушных коробов;

уплотнение труб в трубной решетке и частичная замена труб или их заглушение;

ремонт направляющих лопаток в воздушных коробах и сажеобдувочных устройств, после чего производится проверка воздухоподогревателя на плотность.

При **капитальном ремонте** котла и котельно-вспомогательного оборудования, кроме работ текущего ремонта, к перечню типового объема работ относятся:

полный наружный осмотр поверхностей нагрева котла и пароперегревателя, а также барабана и коллекторов с частичным снятием изоляции и разборкой обшивки котла;

замена изношенных экранных, кипятильных, перепускных и соединительных труб и змеевиков пароперегревателя;

промывка змеевиков пароперегревателя химически очищенной водой или конденсатом;

вскрытие барабана котла;

полная разборка сепарирующих устройств;

восстановление трубных отверстий наплавкой электросваркой с последующей их расточкой;

замена прокладок на люках лазов;

вскрытие люков коллекторов для осмотра вальцовочных соединений;

фрезеровка зеркал лючковых отверстий;

смена секционных коробок и коллекторов;

замена шиберов и заслонок на воздушном и газовом трактах;

ремонт или замена гарнитуры котла, трубопроводной обвязки и арматуры;

восстановление изоляции барабана;

ремонт обшивки котла и обмуровки.

При капитальном ремонте экономайзеров производятся:

полная разборка обшивки;

замена более 25 % поверхности нагрева экономайзера и отдельных блочных кубов;

демонтаж изношенных частей и монтаж новой золозащиты;

замена дефектных опор, подвесок и связей у змеевиков;

выборочная замена чугунных труб и калачей, шпилек, прокладок;

уплотнение зазоров между фланцами труб шнуровым асбестом и промазка уплотняющим раствором;

замена прокладок фланцевых соединений подводящих, отводящих и перепускных труб;

ремонт обшивки;

восстановление обмуровки.

При капитальном ремонте воздухоподогревателей производятся:

разборка обшивки;

замена более 25 % поверхности нагрева или отдельных блоков;

устранение неплотностей в стенках обшивки, в компенсаторах, воздушных коробах и пластинчатых кубах;

замена газорегулирующих заслонок;

ремонт обдувочных устройств с заменой деталей.

После капитального ремонта котлы и вспомогательное оборудование подвергаются испытанию и опробованию в рабочем состоянии и предъявляются инспектору котлонадзора.

5.2. ТРЕБОВАНИЯ К МАТЕРИАЛАМ

Общие требования

Во время эксплуатации паровые и водогрейные котлы, пароперегреватели, экономайзеры, трубопроводы пара и горячей воды, а также сосуды, работающие под давлением, находятся под одновременным воздействием высоких температур, механических напряжений и агрессивной среды. Это обстоятельство определяет высокие требования, которые предъявляются к металлу.

Правила котлонадзора регламентируют материалы, допускаемые к применению, в зависимости от температуры металла стенки, ее толщины, давления и температуры среды.

Материалы, предназначенные для изготовления и ремонта объектов котлонадзора, должны обладать хорошей свариваемостью, высокими прочностными свойствами, способностью деформироваться без образования трещин в холодном и горячем состоянии, которые обеспечивали бы надежную и безопасную эксплуатацию весь расчетный период работы.

Если элемент конструкции работает в контакте с агрессивными средами, то материал должен быть коррозионно-стойким.

Качество и свойства материалов и полуфабрикатов должны удовлетворять требованиям соответствующих стандартов или технических условий. На материалы должны иметься сертификаты заводов-поставщиков, в которых указываются способ производства, режим термической обработки, механические свойства, химический состав, результаты испытаний технологических свойств и исследований структуры металла. Комплекс характеристик металла, указываемых в сертификате, определяется стандартом или техническими условиями на поставку.

В случае отсутствия сертификата все необходимые испытания должны быть проведены на заводе-изготовителе объектов котлонадзора.

Материалы для изготовления элементов объектов котлонадзора указываются в чертежах завода-изготови-

теля. Всякие изменения в проекте, необходимость которых может возникнуть при изготовлении, монтаже, ремонте или эксплуатации, должны быть согласованы с проектной организацией.

Отступление от правил при изготовлении объектов котлонадзора может быть допущено лишь в исключительных случаях по разрешению Госгортехнадзора СССР. Для получения разрешения министерства или ведомства, в ведении которых находится предприятие, должны представить Госгортехнадзору СССР соответствующее техническое обоснование, а в случае необходимости также заключение головной научно-исследовательской организации.

Отступление от стандартов или технических условий может быть допущено лишь по согласованию с организацией, утвердившей соответствующий документ. Если этот документ был согласован с Госгортехнадзором СССР, то отступление также должно быть с ним согласовано.

Копия разрешения на отступление от правил, стандартов должна быть приложена к паспорту объекта котлонадзора.

Для изготовления и ремонта котлов необходимо применять только те материалы, которые указаны в «Правилах устройства и безопасной эксплуатации паровых и водогрейных котлов».

В правилах приведены предельные допустимые температуры и давление, при которых возможно применение перечисленных материалов. Применение материалов для работы при параметрах, превышающих установленные правилами пределы, а также материалов, не указанных в правилах, допускается министерством, в ведении которого находится проектная организация. Основанием для разрешения министерства должны служить заключения соответствующих научно-исследовательских организаций по металловедению, сварке и котлостроению. Разрешение должно быть согласовано с Госгортехнадзором СССР.

Аналогичный порядок следует соблюдать в отношении применения материалов при проектировании, изготовлении, монтаже и ремонте трубопроводов пара и горячей воды, работающих под давлением.

Закупаемые за рубежом объекты котлонадзора или его элементы должны соответствовать требованиям и нормам отечественных правил. Все отступления от пра-

вил должны быть согласованы с Госгортехнадзором СССР до приобретения указанного оборудования и материалов.

Расчеты на прочность закупаемых за границей объектов котлонадзора должны выполняться по нормам, действующим в СССР. Допускается применение оборудования, рассчитанного по нормам страны-поставщика, в тех случаях, когда специализированная организация подтвердит, что этот расчет обеспечивает требования отечественных норм.

Требования к листовой стали

При изготовлении и ремонте объектов котлонадзора наиболее распространенным материалом служат низкоуглеродистые стали, которые пластичны, поддаются обработке давлением, гибке и правке в холодном и горячем состояниях, хорошо свариваются. Низкоуглеродистые стали характеризуются удовлетворительными механическими свойствами, достаточно прочны при нагреве до 450 °С, хорошо воспринимают динамические нагрузки и не склонны к хрупкому разрушению. Эти стали имеют удовлетворительную коррозионную стойкость в неагрессивных средах, дешевы и наименее дефицитны.

Значительное влияние на механические свойства и работоспособность готовых изделий оказывают особенности производства стали и стальных полуфабрикатов.

Кроме способа выплавки, на свойства стали большое влияние оказывает степень раскисления, в зависимости от которой стали делятся на спокойные, полуспокойные и кипящие. К обозначению марки стали после обозначения марки добавляются буквы: СП — спокойная, ПС — полуспокойная, КП — кипящая (марка спокойной стали может не иметь индекса).

Углеродистые стали бывают обыкновенного качества, качественные и высококачественные.

Листы из углеродистой стали для изготовления и ремонта объектов котлонадзора поставляются по ГОСТ 380-71, ГОСТ 5520-79 и ГОСТ 1050-74.

Углеродистая горячекатаная сталь обыкновенного качества, полученная в мартеновских печах и конвертерах, поставляется по ГОСТ 380-71 и разделяется на три

группы по нормируемым приемочным показателям: А — сталь, поставляемая с гарантированными механическими свойствами; Б — сталь, поставляемая с гарантированным химическим составом: В — сталь, поставляемая с гарантированными механическими свойствами и гарантированным химическим составом.

Марки углеродистых сталей имеют буквенно-цифровое обозначение. В группу А входят стали, маркируемые от Ст0 до Ст6. Числа от 0 до 6 характеризуют ее механические свойства: чем больше число, тем прочнее сталь (содержит больше углерода). Но одновременно с повышением прочности снижается ее пластичность и ухудшаются технологические свойства. Группа А в обозначении марки стали не указывается.

Сталь группы А применяется для изготовления деталей и элементов конструкции, не подвергающихся термической обработке. Необходимая прочность изделия обеспечивается выбором стали соответствующей марки.

Для сталей группы А по ГОСТ 380-71 регламентированы предел прочности, предел текучести и относительное удлинение. Для сталей марок Ст0—Ст5 предусмотрено испытание на изгиб в холодном состоянии (технологическая проба). Сталь группы А может поставляться трех категорий, для которых нормированы различные комбинации показателей прочности и пластичности. Так, сталь, поставляемая по первой категории должна обладать заданными пределом прочности и относительным удлинением. Сталь, поставляемая по второй категории, должна выдержать, кроме того, испытание на изгиб в холодном состоянии. Сталь, поставляемая по третьей категории, имеет гарантированные не только все указанные выше характеристики прочности и пластичности, но и предела текучести.

Для обозначения категории стали к обозначению марки добавляют в конце номер категории. Например, Ст3пс2: сталь марки 3, полуспокойная, поставляемая по второй категории. Первая категория в обозначении марки не указывается, например Ст2кп.

Химический состав стали, поставляемой по группе А, сообщается заказчику, но браковочным признаком не является.

Полуспокойная сталь с номерами марок 3 и 5 производится с обычным и повышенным содержанием марганца, например Ст3гпс.

Таблица 5.3. **Нормируемые механические свойства сталей группы В по ГОСТ 380-71**

Категория стали	Марка стали (всех степеней раскисления)	Предел текучести	Относительное удлинение	Изгиб в холодном состоянии	Ударная вязкость		
					при температуре, °С		после механического старения
					+20	−20	
1	ВСт2—ВСт5	—	+	+	—	—	—
2	ВСт2—ВСт5	+	+	+	—	—	—
3	ВСт3—ВСт4	+	+	+	+	—	—
4	ВСт3	+	+	+	—	+	—
5	ВСт3	+	+	+	—	+	+
6	ВСт3	+	+	+	—	—	+

Примечания: 1. Показатели механических свойств должны соответствовать требованиям, предъявляемым к стали группы А, а химический состав — стали группы Б.

2. Знак «+» означает, что показатель нормируется, знак «—» — показатель не нормируется.

Сталь группы Б подвергается термической обработке. Стали этой группы имеют перед обозначением марки букву Б, например БСт3кп.

Номер марки стали группы Б представляет собой условное число, характеризующее химический состав стали. Стандартом установлены пределы содержания углерода, марганца, кремния, фосфора, серы, хрома, никеля, меди и мышьяка.

В зависимости от того, содержание каких элементов гарантируется, стали делятся на две категории. В сталях первой категории гарантируется содержание всех указанных выше элементов, кроме хрома, никеля и меди, в сталях второй — всех без исключения.

Для стали группы В одновременно гарантируются химический состав и механические свойства (табл. 5.3). Перед обозначением марок стали этой группы ставится буква В, например ВСт2пс. Сталь группы В выпускается шести категорий. Для того чтобы не спутать марки стали проката в производстве, при хранении на складах и транспортировке проводят ее клеймение и цветную маркировку в виде полос по концам проката или окраску торцов.

Для необогреваемых элементов котлов с толщиной стенки до 10 мм, работающих под избыточным давлением до 0,6 МПа (6 кгс/см^2) и температуре до 150 °С,

можно использовать листы из сталей Ст2кп3, Ст3кп3, Ст2кп3, ВСт3кп3 и ВСт3пс3 по ГОСТ 380-71. Можно применять при температуре стенки до 200 °С и избыточном давлении до 0,8 МПа (8 кгс/см²) листы из стали ВСт3сп5 толщиной стенки до 12 мм. Листы из сталей Ст2кп3, Ст3кп3 и Ст2сп3 можно применять для изготовления и ремонта лишь необогреваемых элементов котла.

Ограничение на применение кипящей стали вызвано тем, что из-за пузырей, заварившихся при прокате слитка этой стали может произойти в процессе штамповки или вальцовки расслоение в местах сварки образовавшихся пузырей. Химическая неоднородность в слитке кипящей стали может привести к трехслойности листа: в средней части содержание углерода, серы и фосфора будет повышенным.

Если толщина стенки 8 мм и менее, а температура ее не превышает 200 °С и условное давление не более 1,6 МПа (16 кгс/см²), то можно изготавливать и ремонтировать детали трубопроводов, работающих под давлением, из листов кипящей стали ВСт2кп3 и ВСт3кп3 по ГОСТ 380-71. Лист толщиной до 60 мм из сталей ВСт2сп3 и ВСт3сп3 по тому же стандарту можно применять при температуре до 300 °С и давлении до 2,5 МПа (25 кгс/см²).

После испытания листов из сталей ВСт3пс3, ВСт3сп3 и ВСт3Гпс3 на ударную вязкость при температуре 20 °С можно их использовать при температуре от 0 до 200 °С. Листы из сталей ВСт2пс2 и ВСт2сп2 можно применять в температурном интервале от 10 до 200 °С и при давлении до 5,0 МПа (50 кгс/см²). Листы из сталей ВСт3пс4, ВСт3сп4 можно применять от 20 до 200 °С; испытание на ударную вязкость они проходят при температуре —20 °С. Листы из сталей ВСт3пс5, ВСт3Гпс5, испытываемые на ударную вязкость при —20 °С и при комнатной температуре после механического старения, можно использовать при температуре от —20 до 450 °С.

Листы из сталей ВСт3пс6, ВСт3сп6 и ВСт3Гпс6 можно применять от 0 до 450 °С; они подвергаются испытанию также на ударную вязкость после механического старения. Максимальное давление для листовой спокойной и полуспокойной стали, которая поставляется по ГОСТ 380-71 и категориям от второй до шестой, составляет 5,0 МПа (50 кгс/см²).

Для изготовления и ремонта элементов трубопроводов можно применять листы из качественной конструкционной углеродистой стали по ГОСТ 1050-74. Сталь, поставляемая по указанному стандарту, выплавляется в основных конвертерах с продувкой кислородом сверху, в мартеновских и электрических печах. По сравнению со сталью обыкновенного качества в качественной углеродистой стали допускается меньшее количество вредных примесей (серы и фосфора), а также меньше остаточных примесей (меди, хрома и никеля), которые ухудшают технологические свойства стали. Этот стандарт распространяется на горячекатаную и кованую сортовую сталь, а также на калиброванную сталь и серебрянку, а в части норм химического состава распространяется и на другие виды проката: слитки, поковки и штамповки (табл. 5.4).

Механические свойства стали второй категории должны соответствовать требованиям, указанным в табл. 5.5.

Испытание на растяжение проводят по ГОСТ 1497-73 при температуре 20 °С на образцах пятикратной длины с диаметром рабочей части 5 или 10 мм. Испытание на

Таблица 5.4. **Химический состав углеродистой конструкционной стали некоторых марок, поставляемой по ГОСТ 1050-74**

Марка стали	Содержание элементов, %			
	C	Si	Mn	Cr
10кп	0,07—0,14	Не более 0,07	0,25—0,50	0,15
10пс	0,07—0,17	0,05—0,17	0,35—0,65	0,15
10	0,07—0,14	0,17—0,37	0,35—0,65	0,15
15кп	0,12—0,19	Не более 0,07	0,25—0,50	0,25
15пс	0,12—0,19	0,05—0,17	0,35—0,65	0,25
15	0,12—0,19	0,17—0,37	0,35—0,65	0,25
20кп	0,17—0,24	Не более 0,07	0,25—0,50	0,25
20пс	0,17—0,24	0,05—0,17	0,35—0,65	0,25
20	0,17—0,24	0,17—0,37	0,35—0,65	0,25
25	0,22—0,30	0,17—0,37	0,50—0,80	0,25
30	0,27—0,35	0,17—0,37	0,50—0,80	0,25
35	0,32—0,40	0,17—0,37	0,50—0,80	0,25
40	0,37—0,45	0,17—0,37	0,50—0,80	0,25
45	0,42—0,50	0,17—0,37	0,50—0,80	0,25

Примечание. В стали всех марок допускается содержание не более: серы 0,040 %, фосфора 0,035 %, меди и никеля 0,25 % каждого. При изготовлении стали скрап-процессом разрешается содержание меди и никеля до 0,30 % каждого элемента, мышьяка — не более 0,08 %.

Таблица 5.5. **Механические свойства некоторых углеродистых конструкционных сталей, поставляемых по ГОСТ 1054-74 (не менее)**

Марка стали	Временное сопротивление, МПа (кгс/мм²)	Предел текучести, МПа (кгс/мм²)	Относительное удлинение δ_5 %	Поперечное сужение ψ, %	Ударная вязкость $a_к$, Дж/см² (кгс/см²)
10	340 (34)	210 (21)	31	55	—
15	380 (38)	230 (23)	27	55	—
20	420 (42)	250 (25)	25	55	—
25	460 (46)	280 (28)	23	50	90 (9)
30	500 (50)	300 (30)	21	50	80 (8)
35	540 (54)	320 (32)	20	45	70 (7)
40	580 (58)	340 (34)	19	45	60 (6)
45	610 (61)	360 (36)	16	40	50 (5)

ударную вязкость проводят по ГОСТ 9454-78 на продольных образцах с U-образным надрезом.

По ГОСТ 5520-79 поставляется листовая углеродистая и низколегированная сталь для котлов, трубопроводов и сосудов, работающих под давлением. По этому стандарту поставляются котельные листы толщиной от 4 до 60 мм.

Для обеспечения хорошей их свариваемости содержание хрома, никеля и меди должно быть не более 0,3 % каждого, мышьяка — не более 0,08 %.

Таблица 5.6. **Механические свойства и химический**

Марка стали	Предел прочности, МПа (кгс/мм²), не менее	Предел текучести, МПа (кгс/мм²), не менее			Предел прочности, МПа (кгс/мм²)	Относительное удлинение, %, не менее
		Толщина листа, мм				
		до 20	21—40	41—60		
15К	380 (38)	230 (23)	220 (22)	210 (21)	380—400(38—40) 410—420(41—42) 430—490(43—49)	27 26 25
20К	410 (41)	250 (25)	240 (24)	230 (23)	410—420(41—42) 430—440(43—44) 480—520(48—52)	26 25 25

Примечание. Серы и фосфора не более 0,04 % каждого.

В соответствии с указанным стандартом листы подвергают контролю микроструктуры. В листе не должно быть видимых на глаз расслоений, газовых скоплений, волосовин и неметаллических включений. Допускаются отдельные волосовины не более 15 мм. Этим стандартом предусматривается поставка выплавляемых в мартеновских печах сталей 12К, 15К, 16К, 18К и 20К (буква К указывает их основное назначение — котельные листы, числа 12, 15 и т. д. показывают среднее содержание углерода в сотых долях процента). Листы из сталей 12К, 16К и 18К поставляются в нормализованном состоянии, а из сталей 15К и 20К — без нормализации.

В табл. 5.6 приведены механические свойства и химический состав широко используемых сталей 15К и 20К. Механические свойства листов установлены в зависимости от их толщины.

Для изготовления элементов котлов и трубопроводов, работающих при высоких температурах и давлениях, применяются легированные стали. Низколегированную листовую сталь 16ГС, 09Г2С и 10Г2С1 можно применять для изготовления и ремонта элементов котлов и трубопроводов при температуре стенки до 450 °С без ограничения давления.

В зависимости от термической обработки и от состояния их поверхности листы, поставляемые по ГОСТ 7350-77, подразделяются на следующие четыре группы:

состав котельных листов (ГОСТ 5520-79)

Ударная вязкость при температуре 20 °С, Дж/см² (кгс·м/см²)			Загиб в холодном состоянии на 180° d — диаметр оправки; (a — толщина образца)		Содержание элементов, %		
Толщина листа, мм							
до 20	21—40	42—60	до 30	30 и выше	C	Si	Mn
80(8) 70(7)	75(7,5) 65(6,5)	70 (7) 60 (6)	$d = 0,5a$	$d = 1,5a$	0,12— 0,20	0,15— 0,30	0,35— 0,65
7	6,5	6	$d = 1,5a$	$d = 2,5a$	0,16— 0,24	0,15— 0,65	0,35— 0,65

группа АА — листы, термически обработанные с полированной поверхностью;

группа А — листы, термически обработанные травленые;

группа Б — листы, термически обработанные нетравленые;

группа В — листы, термически не обработанные и нетравленые.

На поверхности листов недопустимы трещины, плены, закаты, пузыри, раковины. На срезах листов не должно быть расслоений. Допускаются отдельные вдавливания от валков, вмятины, царапины, рябизна в допускаемых по толщине листа пределах. Заварка дефектов разрешается только с согласия потребителя.

Микроструктура стали не должна иметь следов усадочной раковины, расслоений, инородных включений, свищей, трещин и пузырей.

На каждый лист наносится клеймо или маркировка с указанием марки стали, номера плавки и товарного знака предприятия-изготовителя. Листы толщиной до 10 мм поставляются плотно скрепленными пачками. Партия должна сопровождаться сертификатом.

Стальные трубы

Для изготовления и ремонта объектов котлонадзора применяются в основном бесшовные трубы. Трубы со швом в настоящее время применяются реже.

Стальные бесшовные горячекатаные трубы поставляются по ГОСТ 8731-74, а бесшовные холоднотянутые, теплотянутые, холоднокатаные и теплокатаные трубы из углеродистой и низколегированных сталей по ГОСТ 8733-74.

Трубы из углеродистой стали могут поставляться без термической обработки, если температура конца проката не ниже 850—875 °С. В случае, если температура была ниже или труба проходила прокатку или волочение в холодном состоянии, обязательна термическая обработка. Все трубы из легированных сталей подвергаются термической обработке, режим которой указывают в технических условиях на трубы.

Бесшовные трубы из сталей 10 и 20, поставляемых по ГОСТ 8731-74 и ГОСТ 8733-74, можно применять для паровых котлов при изготовлении и ремонте деталей по-

Таблица 5.7. **Гарантированные механические свойства металла труб (на продольных образцах)**

Марка стали	Предел прочности, МПа, (кгс/мм²)	Предел текучести, МПа, (кгс/мм²)	Относительное удлинение δ_5, %	Поперечное сужение ψ, %	Ударная вязкость, Дж/см² (кгс·м/см²)	ГОСТ или ТУ на трубы
10	340 (34)	210 (21)	24	—	—	ГОСТ 8731-74 или ГОСТ 8733-74
20	420 (42)	250 (25)	21	—	—	
20	420—560 (42—56)	220 (22)	24	45	50 (5)	ТУ 14-3-460-75
15ГС	500 (50)	300 (30)	18	45	60 (6)	То же
15ХМ	450—650 (45—65)	240 (24)	21	50	60 (6)	» »

Примечания: 1. Там, где указано одно число, — не менее; два — свойства должны находиться в интервале.
2. Максимальные рабочие температуры сталей указаны в «Правилах устройства и безопасной эксплуатации трубопроводов пара и горячей воды».

верхностей нагрева, работающих при температуре не выше 450 °С и давлении не более 6,0 МПа (60 кгс/см²), и для камер и трубопроводов в пределах котла, работающих при температуре не выше 425 °С и давлении не более 4,0 МПа (40 кгс/см²). Механические свойства металла приведены в табл. 5.7.

При изготовлении и ремонте элементов трубопроводов пара и горячей воды из стали 10 и 20 по ГОСТ 8731-74 применяются для деталей, работающих при температуре до 425 °С.

Остальные бесшовные трубы для трубопроводов и котлов с условным давлением до 10 МПа (100 кгс/см²) поставляются по ТУ 14-3-190-82. Размеры и допустимые отклонения труб должны соответствовать требованиям ГОСТ 8732-78 и ГОСТ 8734-75.

Трубы должны изготовляться из спокойной стали марок 10 и 20, выплавляемой в мартеновских или электрических печах. На химический состав металла труб распространяются требования ГОСТ 1050-74. Механические свойства должны удовлетворять требованиям ГОСТ 8731-74 и ГОСТ 8733-74 (с определением предела текучести по требованию потребителя). Трубы должны выдерживать гидравлическое испытание.

Проволока стальная сварочная

Стальная сварочная проволока поставляется в соответствии с ГОСТ 2246-70, который распространяется на холоднотянутую проволоку диаметром 0,3; 0,5; 0,8; 1,0; 1,2; 1,6; 2,0; 2,5; 3; 4; 5; 6; 8; 10 и 12 из низкоуглеродистой, легированной и высоколегированной стали.

Стандарт подразделяет проволоку по назначению: для сварки (наплавки) и для изготовления электродов (условное обозначение Э).

По виду поверхности низкоуглеродистую и легированную проволоку подразделяют на неомедненную и омедненную (О).

Поставка проволоки повышенного качества, изготовленной из стали, выплавленной либо электрошлаковым (Ш) или вакуумно-дуговым (ВД) переплавом либо в вакуумно-индукционных (ВИ) печах, предусматривается по требованию потребителя.

При этом дополнительные требования к металлу проволоки (ужесточение норм по содержанию вредных примесей, введение ограничений по содержанию газов, неметаллических включений и т. п.) устанавливаются по соглашению сторон.

Условные обозначения марок проволоки состоят из букв Св (сварочная) и следующих за ними цифр и букв. Цифры, следующие за буквами Св, указывают среднее содержание углерода в сотых долях процента.

Химические элементы, содержащиеся в металле проволок, обозначены следующими буквами:

А — азот (только в высоколегированных проволоках);

Б — ниобий; В — вольфрам; Г — марганец; Д — медь; М — молибден; Н — никель; С — кремний; Т — титан; Ф — ванадий; Х — хром; Ц — цирконий; Ю — алюминий.

Цифры, следующие за буквенными обозначениями химических элементов, указывают среднее содержание элемента в процентах. После буквенного обозначения элементов, содержащихся в количестве до 1 %, цифры не проставляются.

Буква А на конце условных марок низкоуглеродистой и легированной проволоки указывает повышенную чисто-

ту металла по содержанию серы и фосфора. В проволоке марки Св-08АА сдвоенная буква А указывает пониженное содержание серы и фосфора по сравнению с проволокой марки Св-08А.

Заводы-изготовители каждую партию проволоки сопровождают сертификатом, удостоверяющим ее соответствие требованиям стандарта. В сертификатах указывается:

товарный знак предприятия-изготовителя;
условное обозначение проволоки;
номер плавки и партии;
состояние поверхности проволоки;
химический состав;
содержание α-фазы в пробе, %;
результаты испытаний на растяжение;
масса проволоки (нетто), кг.

Поверхность проволоки должна быть чистой и гладкой, без трещин, раковин, забоин, ржавчины, масла и других загрязнений. Отдельные вмятины, риски, царапины и местная рябизна допускаются, если их глубина не превышает предельного отклонения по диаметру проволоки.

Содержание α-фазы должно быть 2—6 % в проволоке марок Св-08Х16Н8М2 и Св-08Х18Н812Б; 3—8 % в проволоке Св-04Х19Н11М3.

Проволока должна храниться в сухом, закрытом, отапливаемом помещении, защищаемом ее от воздействия атмосферных осадков и почвенной влаги, в условиях, предохраняющих ее от ржавления, загрязнения и механических повреждений.

Электроды

Электроды для ручной дуговой сварки и наплавки распределяются на плавящиеся и неплавящиеся (вольфрамовые, угольные и др.).

Плавящийся электрод имеет проволочный стержень со специальным покрытием. Некоторые электроды представляют собой стержень не из стали, а из специального сплава.

Электродное покрытие выполняет, как правило, несколько функций: обеспечивает стабильное горение дуги, газошлаковую защиту расплавленного металла и легирование металла шва в зависимости от назначения

электродов. С этой целью в покрытие вводятся различные компоненты: шлакообразующие (полевой и плавиковый шпат, двуокись титана, гранит и др.); газообразующие (целлюлоза, крахмал, мрамор и др.); раскисляющие (ферромарганец, ферротитан и др.); пластификаторы и т. п.

Размер электродов определяется размером стального стержня. Нормальный диаметр выпускаемых электродов составляет 1,6; 2; 2,5; 3; 4; 5; 6; 10 и 12 мм, а длина 150—450 мм в зависимости от характера легирования стального стержня. Так, по ГОСТ 9466-75 рекомендуемая номинальная длина электродов со стержнем диаметром 4 мм из сварочной проволоки низкоуглеродистой или легированной стали составляет 350 и 450 мм, а из высоколегированной стали 350 мм.

В соответствии с ГОСТ 9466-75 электроды классифицируются по назначению:

для сварки углеродистых и низколегированных сталей с временным сопротивлением разрыву до 600 МПа (60 кгс/мм^2) — У;

для сварки легированных конструкционных сталей с временным сопротивлением разрыву свыше 600 МПа (60 кгс/мм^2) — Л;

для сварки теплоустойчивых сталей — Т;

для сварки высоколегированных сталей с особыми свойствами — В;

для наплавки поверхностных слоев с особыми свойствами — Н.

По толщине покрытия электроды подразделяются в зависимости от отношения D/d (D — диаметр электрода по покрытию, d — диаметр металлического стержня электрода):

с тонким покрытием ($D/d \leqslant 1{,}20$) — М;

со средним покрытием ($1{,}20 < D/d$ 1,45) — С;

с толстым покрытием ($1{,}45 < D/d$ 1,80) — Д;

особо толстым покрытием ($D/d > 1{,}80$) — Г.

По точности изготовления, состоянию поверхности покрытия, сплошности выполненного данными электродами металла шва и содержанию серы и фосфора в наплавленном металле электроды подразделяются на три группы (1, 2 и 3).

В зависимости от вида покрытия электроды различаются:

с кислым покрытием — А;

с основным покрытием — Б;
с целлюлозным покрытием — Ц;
с рутиловым покрытием — Р;
с покрытием смешанного вида — соответствующее двойное условное обозначение;
с прочими видами покрытий — П.

При наличии в составе покрытия электродов в количестве более 20 % к обозначению вида покрытия электродов следует добавлять букву Ж.

По допустимым пространственным положениям сварки или наплавки электроды подразделяются:
для всех положений — 1;
для всех положений, кроме вертикального сверху вниз, — 2;
для нижнего, горизонтального, на вертикальной плоскости и вертикального снизу вверх — 3;
для нижнего и нижнего в лодочку — 4.

Пример условного обозначения:
электроды типа Э-46А по ГОСТ 9467-75, марки УОНИ-13/45, диаметром 3,0 мм, для сварки углеродистых и низколегированных сталей — У, с толстым покрытием — Д, 2-й группы, с установленной по ГОСТ 9467-75 группой индексов, указывающих характеристики наплавленного металла шва 43-2(5), с основным покрытием — Б, для сварки во всех пространственных положениях 1 на постоянном токе обратной полярности — О;

$$\frac{\text{Э-46А-УОНИ-13/45-3,0-УД2}}{\text{Е43-2(5)-Б10}}$$ ГОСТ 9467-75, ГОСТ 9466-75.

Такое обозначение приводится на этикетке или маркировке коробок, пачек и ящиков с электродами.

При сварке, соблюдая режимы и условия, которые установлены паспортом или техническими условиями на электроды конкретной марки, свойства электродов должны удовлетворять следующим условиям:
дуга должна легко возбуждаться и стабильно гореть;
покрытие должно плавиться равномерно;
шлак, образующийся при сварке, должен обеспечивать правильное формирование валиков шва и легко удаляться после охлаждения;
в наплавленном металле шва не должно быть трещин, надрывов и поверхностных пор;
не допускается чрезмерное разбрызгивание расплавленного покрытия, оставление кусков и образование чехла или козырька, препятствующих нормальному плав-

лению электрода при сварке в пространственных положениях, рекомендованных для данной марки электродов;

максимальные размеры внутренних газовых и шлаковых включений в металле шва не должны превышать норм, установленных ГОСТ 9466-75;

для шва, выполненного электродами диаметром до 5 мм:

группа электродов	1	2	3
размер включений, мм . . .	$0,3d$	$0,25d$	$0,2d$

для шва, выполненного электродами диаметром более 5 мм:

группа электродов	1	2	3
размер включений, мм . . .	1,5	1,3	1,0

Количество допускаемых внутренних газовых и шлаковых включений в металле шва показано в табл. 5.8.

Электроды каждой партии должны поставляться с сертификатом, в котором указываются:

наименование или товарный знак предприятия-изготовителя;

номер партии и дата изготовления;

масса нетто партии в килограммах;

марка проволоки электродных стержней с указанием обозначения стандарта или технических условий;

фактический химический состав;

фактические показатели механических и специальных свойств металла шва, наплавленного металла или

Таблица 5.8. **Количество допускаемых внутренних газовых и шлаковых включений в металле шва (по ГОСТ 9466-75)**

Группа электродов	Количество газовых и шлаковых включений в месте их наибольшего скопления на 100 мм длины шва, шт.	
	однопроходного	многопроходного
1	3	5
2	2	3
3	1	2

Примечания: 1. Поверхностные надрезы в кратере, переплавляемые полностью при последующем переходе, браковочным признаком не являются.

2. В случае, когда паспортом или техническими условиями на электроды предусмотрена вышлифовка кратеров, надрывы и трещины в кратерах браковочным признаком не являются.

3. Допустимость, размеры и количество внутренних дефектов в наплавленном металле электродов, предназначенных для наплавки поверхностных слоев с особыми свойствами, должны отвечать требованиям паспорта или технических условий на электроды конкретной марки.

сварного соединения, являющихся приемо-сдаточными характеристиками электродов конкретной марки;

гарантийный срок хранения.

Электроды следует хранить в сухих отапливаемых помещениях при температуре не ниже 15 °С при относительной влажности не более 50 %, т. е. в условиях, ограждающих их от повреждения, увлажнения и загрязнения.

Электроды необходимо хранить на стеллажах раздельно по маркам и партиям. В складе должна быть специальная печь для прокалки электродов и сушильный шкаф. Перед использованием электроды следует прокалить. Режим прокалки определяется типом покрытия и маркой электродов.

ГОСТ 9467-75 устанавливаются следующие типы электродов для ручной дуговой сварки конструкционных и теплоустойчивых сталей:

электроды Э-38, Э-42, Э-46 и Э-50 — для сварки углеродистых и низкоуглеродистых конструкционных сталей с временным сопротивлением разрыву до 500 МПа (50 кгс/мм^2);

электроды Э-42А, Э-46А и Э-50А — для сварки углеродистых и низколегированных конструкционных сталей с временным сопротивлением разрыву до 500 МПа (50 кгс/мм^2), когда к металлу сварных швов предъявляют повышенные требования по пластичности и ударной вязкости;

электроды Э-55 и Э-60 — для сварки углеродистых и низколегированных конструкционных сталей с временным сопротивлением разрыву свыше 500 и 600 МПа (50 и 60 кгс/мм^2);

электроды Э-70, Э-85, Э-100, Э-125 и Э-150 — для сварки легированных, конструкционных сталей повышенной и высокой прочности с временным сопротивлением разрыву свыше 600 МПа (60 кгс/мм^2);

электроды Э-09М, Э-09МХ, Э-09Х1М, Э-095Х2М, Э-09Х2М1, Э-09Х1МФ, Э-10Х1М1НФБ, Э-10Х3М1БФ, Э-10Х5МФ — для сварки легированных теплоустойчивых сталей [47].

Механические свойства металла шва, наплавленного металла и сварного соединения, выполненных электродами для сварки конструкционных сталей, а также предельное содержание серы и фосфора в наплавленном металле должны отвечать требованиям ГОСТ 9467-75 (табл. 5.9).

Таблица 5.9. **Характеристики наплавленного металла шва и сварного соединения, выполненных электродами для сварки конструкционных сталей (по ГОСТ 9467-75)**

Тип электрода	Металл шва или наплавленный металл			Сварное соединение, выполненное электродами диаметром 3 мм		Предельное содержание в наплавленном металле					
						серы			фосфора		
						Группа электродов по ГОСТ 9466-75					
	$\sigma_в$, МПа (кгс/мм²)	δ_5, %	$a_н$, Дж/см² (кгс·м/см²)	$\sigma_в$, МПа (кгс/мм²)	угол загиба, град	1	2	3	1	2	3
Э-38*	380 (38)	14	30 (3)	380 (38)	60	0,045	0,040	0,035	0,050	0,045	0,040
Э-42*	420 (42)	18	80 (8)	420 (42)	150						
Э-46*	460 (46)	18	80 (8)	460 (46)	150						
Э-50*	500 (50)	16	70 (7)	550 (55)	120						
Э-42А	420 (42)	22	150 (15)	420 (42)	180						0,030
Э-46А	460 (46)	22	140 (14)	460 (46)	180						
Э-50А	500 (50)	20	130 (13)	500 (50)	150						
Э-55	550 (55)	20	120 (12)	550 (55)	150						
Э-60	600 (60)	18	100 (10)	600 (60)	120						
Э-70**	700 (70)	14	60 (6)	—	—	0,035	0,030	0,025	0,040	0,035	0,035
Э-85**	850 (85)	12	50 (5)	—	—						
Э-100**	1000 (100)	10	50 (5)	—	—						
Э-125**	1250 (125)	8	40 (4)	—	—						
Э-150**	1500 (150)	6	40 (4)	—	—						

* Значения механических свойств установлены для металла шва, наплавленного металла и сварного соединения в состоянии после сварки (без термической обработки). Механические свойства металла шва, наплавленного металла и сварного соединения после термической обработки должны соответствовать требованиям технических условий или паспортов на электроды конкретных марок.

** Значения механических свойств установлены для металла шва и наплавленного металла после термической обработки по режимам, регламентированным техническими условиями или паспортами на электроды. Механические свойства металла шва и наплавленного металла в состоянии после сварки должны соответствовать требованиям технических условий или паспортов на электроды, показатели механических свойств сварных соединений — требованиям технических условий или паспортов на электроды.

Перед применением электродов и сварочной проволоки независимо от наличия сертификата должна быть произведена проверка технологических свойств каждой партии электродов. Проверка технологических свойств должна быть поручена опытному дипломированному сварщику.

Технологические свойства электродов проверяются организацией, выполняющей сварочные работы, которая должна выдать заключение о пригодности их для сварки.

Флюсы для автоматической и полуавтоматической сварки

Флюс защищает металл в зоне сварки от воздействий воздуха и обеспечивает требуемый химический состав и механические свойства металла шва. Флюс в сочетании с электродной проволокой при правильном режиме сварки обеспечивает устойчивость сварочного процесса и хорошее формирование шва. Флюс должен быть таким, чтобы его шлаковая корка легко отделялась от поверхности наплавленного металла и в процессе сварки выделялось минимальное количество вредных газов, а в швах отсутствовали поры и трещины, неметаллические включения и прочие дефекты.

Флюсы разделяются на плавленые и керамические. Преимущественно применяются плавленые флюсы — силикаты, не содержащие ферросплавов и получаемые путем переплавки исходных составляющих (песка, марганцевой руды, плавикового шпата, магнезита и др.) в электрических или пламенных печах с последующей грануляцией, сушкой, измельчением и просевом гранулята. Плавленые флюсы незначительно легируют металл шва марганцем и кремнием за счет восстановления их из окислов, содержащихся во флюсе.

Более значительное легирование наплавленного металла марганцем и кремнием, а также другими элементами достигается путем применения специальной электродной проволоки.

Плавленые флюсы разделяются:

по содержанию кремния — на низкокремнистые, содержащие не более 35 % SiO_2, и высококремнистые, содержащие 40—50 % SiO_2;

по содержанию марганца — на безмарганцевые, со-

держащие не более 1 % Mn, и марганцевые, содержащие более 1 % Mn;

по содержанию кислорода — на содержащие кислород и бескислородные;

по строению частиц — на стекловидные, представляющие собой прочные, окрашенные в различные цвета зерна с насыпной массой более 1,2 г/см^3, и пемзовидные, представляющие собой зерна пенистого материала с насыпной массой 1 г/см^3.

В соответствии с ГОСТ 9087-81 сварочные плавленые флюсы изготавливаются следующих марок: АН-348-А; АН-348-АМ; ОСЦ-45; ОСЦ-45М; АН-8; АН-20С; АН-20СМ; АН-20Н; АН-22; АН-26С; АН-26П; АН-26СП; АН-60 и ФЦ-9.

Керамические флюсы изготавливаются путем спекания порошков исходных составляющих (ферросплавов, шлакообразующих, связующих и др.) и последующего спекания зернистого продукта, сцементированного с жидким стеклом. Керамические флюсы позволят легировать наплавленный металл при использовании обычной малоуглеродистой проволоки.

Перед применением флюс должен быть прокален при температуре 300—400 °С в течение 5 ч, после чего его можно использовать в течение 15 сут при условии, если флюс хранится в сухом помещении при относительной влажности не более 50 % и температуре не ниже 15 °С. По истечении указанного срока флюс перед применением необходимо вновь прокалить.

5.4. ТРЕБОВАНИЯ К СВАРКЕ

Сварка котлов, пароперегревателей, экономайзеров и их элементов при изготовлении, монтаже и ремонте должна производиться только на тех предприятиях, которые располагают техническими возможностями для выполнения технологических операций, требуемых техническими условиями, имеют необходимые средства для контроля качества сварных соединений, а также персонал соответствующей квалификации. К сварке элементов котла могут быть допущены только сварщики, аттестованные в соответствии с «Правилами аттестации сварщиков», утвержденными Госгортехнадзором СССР 22 июня 1971 г., и имеющие удостоверения сварщика установленного образца. При этом сварщики могут быть

допущены к выполнению только тех видов сварочных работ, которые указаны в удостоверении (способ сварки, положение шва и др.).

Предприятия, имеющие инженерно-технических работников по сварочному производству и необходимую производственную базу, по согласованию с местными органами Госгортехнадзора СССР могут создать комиссии по аттестации сварщиков. При согласовании органы Госгортехнадзора СССР учитывают:

является ли данное предприятие (организация) специализированным по изготовлению, монтажу и ремонту объектов котлонадзора, т. е. возложено ли на него министерством (ведомством) выполнение каких-либо из указанных работ;

являются ли выполняемые данным предприятием сварочные работы постоянными или носят разовый характер; при разовом выполнении сварочных работ практически невозможно обеспечить специализацию сварщиков по видам работ и способам сварки, что не гарантирует высокого качества сварных соединений.

Правилами предусматривается аттестация сварщиков исходя из специализации по способам сварки и видам работ применительно к конкретным маркам свариваемых материалов.

Переход на сварку изделий из новых (для сварщика) материалов, на существенно измененную технологию или новые способы сварки может быть разрешен только после дополнительной проверки знаний сварщика в объеме программы, утвержденной главным инженером предприятия.

Вся производственно-технологическая документация разрабатывается до начала выполнения сварочных работ. Документация должна учитывать специфику производства и особенности конструкции объектов котлонадзора, включать порядок выполнения всех технологических операций и контроль качества.

Для получения высококачественных сварных соединений должны строго регламентироваться разделка кромок стыкуемых элементов, методы и технология сварки, качество основных и присадочных материалов и другие факторы. Как правило, сварочные работы должны производиться при температуре окружающего воздуха не ниже 0 °С, а при контактной сварке — не ниже +5 °С.

При ремонте котлов допускается сварка труб поверхностей нагрева и трубопроводов при отрицательной температуре окружающего воздуха. Для углеродистой стали с содержанием углерода до 0,24 % пределом такой температуры является — 20 °С, а с содержанием углерода 0,24—0,28 % — 10 °С.

При дожде, ветре и снегопаде сварочные работы на месте ремонта котлов допустимы лишь при условии надлежащей защиты сварщика и мест сварки.

Сварные швы и их расположение

При изготовлении, монтаже и ремонте элементов котлов, пароперегревателей и экономайзеров должны применяться только стыковые соединения при сварке обечаек, труб (патрубков) и приварке выпуклых днищ, а также тавровые и угловые или стыковые соединения при приварке штуцеров, труб, плоских днищ и фланцев к соответствующим сборным элементам — барабанам, камерам, трубопроводам и т. д.

При стыковых соединениях элементов с различной толщиной стенок должен быть обеспечен плавный переход от меньшего сечения к большему путем соответствующей односторонней или двусторонней механической обработки конца элемента с более толстой стенкой (рис. 5.1). Угол наклона поверхностей переходов во всех случаях не должен превышать 15°.

При разнице в фактической толщине стенок до 30 % толщины стенки тонкого элемента, но не более 5 мм допускается плавный переход со стороны раскрытия кромок за счет наклонного расположения поверхности шва (при электродуговой и газовой сварке).

Эти требования не распространяются на стыковые соединения литых деталей с трубами, листами и поковками, если для соблюдения плавности перехода требуется утонение стенки литой детали. Не рекомендуется

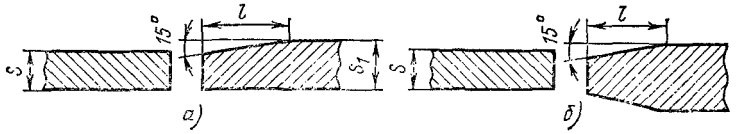


Рис. 5.1. Стыковые соединения элементов разной толщины с односторонним (*а*) и двусторонним (*б*) скосами

располагать сварные соединения в местах концентрации напряжений и на участках, подверженных действию изгибающей нагрузки.

Стыковые сварные соединения внахлестку на объектах котлонадзора не допускаются.

Конструкция и расположение сварных швов не должны ограничивать возможности их качественного выполнения и проведения контроля всеми методами, предусмотренными требованиями правил, соответствующих стандартов и технических условий.

При тавровых (угловых) соединениях труб с барабанами, камерами и другими элементами расстояние от наружной поверхности элемента до начала гиба трубы, до оси поперечно-стыкового шва (в случае приварки труб к штуцерам) должно составлять для труб с наружным диаметром до 100 мм — не менее наружного диаметра трубы, но не менее 50 мм, а для труб с наружным диаметром более 100 мм — не менее 10 мм. Расстояние от оси стыкового сварного шва до начала закругления днища или другого отбортованного элемента должно быть не менее:

Толщина стенки отбортованного элемента S, мм	До 10	10—20	Свыше 20
Расстояние l, мм (не менее)	25	$S + 15$	$\frac{S}{2} + 25$

Внутреннее проходное сечение труб поверхности нагрева в местах сварных швов контролируется в соответствии с техническими условиями на изготовление изделия и инструкциями по сварке и контролю сварных соединений.

В соответствии со СТ СЭВ 1369-78 «Техника безопасности. Котлы паровые и водогрейные. Требование к сварке сталей» угловые сварные соединения с конструктивным зазором допускаются при приварке штуцеров (патрубков) и труб с условным проходом до 150 мм, если номинальная толщина привариваемого штуцера (трубы, патрубка) не более 15 мм, а избыточное давление не превышает 5,2 МПа (52 кгс/см^2).

Продольные сварные швы, как правило, не должны быть продолжением один другого. Смещение осей этих швов должно быть менее трехкратной номинальной толщины листа для котлов (в соответствии со СТ СЭВ 1369-78), но не менее 100 мм. Когда это условие невозможно

выполнить из-за малого диаметра соединяемых труб, оси швов стыкуемых труб смещают на угол не менее 90°. Если толщина стыкуемых элементов различна, то смещение осей швов определяют, исходя из максимального размера. Измерение смещения выполняют по наружной поверхности элементов между осями сварных швов.

В паровых и водогрейных котлах в соответствии со СТ СЭВ 1369-78 смещение продольных сварных соединений с толщиной стенки до 30 мм не обязательно, если: они выполнены автоматической сваркой; отверстия в элементах расположены на расстоянии от точки пересечения осей стыковых швов не менее величины, определяемой из выражения $\sqrt{DS}$ (D и S — номинальные наружный диаметр и толщина стенки соединяемых элементов); места пересечения сварных соединений проконтролированы радиографированием или ультразвуковой дефектоскопией.

Минимальные расстояния между осями стыковых сварных соединений (продольных, поперечных, меридиональных, хордовых) необходимо принимать равными трехкратной номинальной толщине свариваемых элементов, но не менее 50 мм при толщине до 8 мм и не менее 100 мм при толщине более 8 мм. Если сварные соединения подлежат местной термической обработке или контролю неразрушающими методами, то указанные расстояния увеличиваются для того, чтобы можно было свободно разместить нагревательные устройства и производить контроль.

Расстояние от начала гиба трубы до оси поперечного сечения шва в трубных элементах, не подлежащих местной термической обработке и контролю неразрушающими методами контроля, должно быть не менее наружного диаметра трубы, но не менее 50 мм для труб с наружным диаметром до 100 мм и не менее величины, определенной из выражения $\sqrt{DS}$, но не менее 100 мм для труб с наружным диаметром более 100 мм.

Сварные соединения котлов не должны перекрываться опорами. В случае примыкания опоры к сварному соединению расстояние от нее до шва должно быть таким, чтобы можно было выполнить в процессе эксплуатации необходимый контроль.

На поверхности котлов и сосудов расстояние от края углового шва при сварке труб, патрубков, сепарацион-

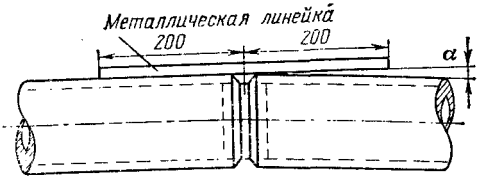


Рис. 5.2. Проверка прямолинейности труб

ных устройств, перегородок и других элементов до края любого соседнего сварного соединения должно быть не менее трехкратной расчетной высоты сечения углового шва, но не менее трех номинальных толщин привариваемых деталей.

Приварка внутрикорпусных элементов и устройств допускается с пересечением основных стыковых швов, если расчетная высота углового шва не более 50 % номинальной толщины стенки корпуса и не более 10 мм.

Прямолинейность осей соединяемых труб проверяется линейкой длиной 400 мм (рис. 5.2). При этом излом *а* не должен превышать 1 мм для труб диаметром до 100 мм и 2 мм — не более 100 мм.

Подготовка изделий к сварке

Поступающие на монтажную или ремонтную площадку блоки, трубы и детали необходимо проверить на наличие клейм, маркировки, а также на наличие сертификатов завода-изготовителя, подтверждающих соответствие материалов их назначению. При подготовке стыковых соединений труб для сварки следует проверить их соответствие чертежам, требованиям нормативно-технической документации, особо обратив внимание на перпендикулярность подготовленных под сварку торцов цилиндрических элементов: отклонение плоскости реза от угольника (размер *l* на рис. 5.3) не должно превышать: при номинальном внутреннем диаметре трубы (штуцера, патрубка) до 65 мм — 0,5 мм, от 66 до 125 мм — 1 мм, от 126 до 225 мм — 1,5 мм, от 226 до 500 мм — 2 мм и более 500 мм —2,5 мм.

Перед сваркой необходимо проверить соответствие форм, размеров, качество подготовки кромок, качество зачистки поверхностей элементов на прилегающих к кромке участках, а также плавности и углов наклона переходов предъявляемым требованиям. Необходимая

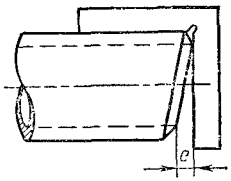


Рис. 5.3. Проверка правильности обрезки торцов труб. *l* — допустимое отклонение плоскости реза от угольника

точность сопряжения труб может быть обеспечена в отдельных случаях применением раздачи или обжатия их концов на специальной оправке. Обращают внимание на соблюдение установленных требований, касающихся постоянства зазора между соединяемыми кромками, излома осей соединяемых элементов, смещения кромок и смещения осей продольных сварных соединений относительно друг друга, а также на минимальную фактическую толщину стенки подготовленных под сварку концов труб после расточки или зачистки поверхностей после калибровки.

Разность толщин стенок соединяемых концов труб или фасонных деталей трубопроводов не должна превышать 30 % толщины более тонкой стенки, но не более 5 мм.

Если разность толщин стенок превышает указанную предельную толщину, то необходима соответствующая механическая обработка концов труб.

На специальных труборезных станках производят механическим способом (резцом или абразивным кругом) обработку концов труб под сварку (обрезка труб и снятие фасок). Концы труб из углеродистых и низколегированных сталей можно обрабатывать газовой, плазменной или воздушно-дуговой резкой с последующей зачисткой кромок режущим или абразивным инструментом до удаления следов огневой резки.

Поверхности кромок труб, соединяемых сваркой, очищают от ржавчины и загрязнений на длину не менее 20 мм при дуговой сварке и не менее 50 мм при электрошлаковой сварке.

Перед установкой трубы (штуцера) в коллектор или барабан следует зачистить поверхности отверстия на 15—20 мм со стороны наложения сварного шва и поверхность отверстия на всю глубину. Если на концах труб будут выявлены вмятины, то их можно исправлять с помощью домкратов или других разжимных устройств при условии, что глубина вмятины не превышает 3,5 %

диаметра трубы, а толщина составляет не более: для труб из углеродистых и низколегированных сталей 20 мм, из аустенитных 10 мм.

В условиях монтажа и ремонта допускается производить подгибку труб из низколегированных и углеродистых сталей на угол не более 15°, а из хромомолибденовых и хромомолибденованадиевых сталей — не более 10°.

Качество сборки стыков трубопроводов, работающих под давлением до 2,2 МПа (22 кгс/см^2), и стыков труб поверхностей нагрева независимо от давления должен постоянно проверять сварщик, которому поручена сварка этих стыков, и периодически мастер по сварке.

Сборку стыков трубопроводов на давление более 2,2 МПа (22 кгс/см^2) проверяет мастер по сварке или контролер.

Необходимость применения предварительного и сопутствующего подогрева (при сборке и сварке) и их режимы должны быть указаны в производственных инструкциях или технологии на сварочные работы.

Перед началом сварки также должно быть проверено соответствие форм, размеров и качества подготовки кромок, качество зачистки поверхностей элементов на прилегающих к кромке участкам требованиям технологического процесса.

Сваренные стыковой контактной сваркой трубы должны быть очищены от внутреннего грата с обеспечением проходного диаметра в соответствии с технической документацией. При этом необходимо иметь в виду, что проходной диаметр в любом случае не должен быть менее 80 % номинального внутреннего диаметра свариваемых труб (гнутых) и 86 % — (прямых).

Газовую сварку элементов и деталей, работающих под давлением, допускается применять при толщине их стенки до 6 мм.

Сварные соединения объектов котлонадзора подлежат клеймению или маркировке иным способом, позволяющим установить фамилии сварщиков, выполнявших сварку. Способы выполнения маркировки не должны ухудшать качество и надежность сварных соединений и должны обеспечивать сохранность маркировки в процессе эксплуатации оборудования.

Сварка

При монтаже, ремонте и изготовлении котлов допускается применение всех промышленных видов сварки после подтверждения технологичности метода на реальных изделиях, проверки всего комплекса требуемых свойств сварных соединений, освоения эффективных методов контроля и положительного заключения соответствующей головной научно-исследовательской организации. Для этой цели производят аттестацию технологии сварки. Аттестацию технологии сварки выполняют в два этапа, которые регламентированы СТ СЭВ 1369-78.

На первом этапе головное предприятие или научно-исследовательская организация (совместно или самостоятельно) проводит первичную аттестацию технологии сварки с выдачей всех необходимых технологических рекомендаций (режимы подогрева, сварочные материалы, методы контроля и т. д.).

На втором этапе проводят производственную аттестацию сварки на основе первичной аттестации специализированной монтажной или ремонтной организацией. Производственная аттестация технологии сварки осуществляется предприятием до начала применения аттестуемой технологии.

Чтобы обеспечить правильное взаимное расположение во время сварки, собранные стыки труб следует прихватить в нескольких местах.

Высота прихваток определяется толщиной трубы и способом сварки, ее принимают 0,6—0,7 мм, но не менее 3 мм при толщине стенки до 10 мм, 5—8 мм — не более 10 мм, если прихватка выполняется ручной электродуговой сваркой или полуавтоматической в углекислом газе; 2—3 мм при толщине стенки до 10 мм, 3—4 мм — более 10 мм, если прихватка выполняется ручной аргонодуговой или газовой сваркой.

Прихватки следует располагать на равном расстоянии друг от друга по окружности трубы. При диаметре труб до 100 мм — две прихватки, от 100 до 426 мм — три-четыре прихватки и свыше 426 мм — через каждые 300—400 мм. Сварку стыков необходимо начинать сразу после прихватки. Не допускается прекращения сварки стыка до заполнения хотя бы половины высоты разделки по всей окружности, а также никаких силовых воздействий на стык до окончания сварочных работ.

Таблица 5.10. **Ориентировочные режимы сварки труб для нижнего положения шва**

Покрытие электродов	Диаметр электрода, мм	Ток, А
Фтористо-кальциевые (электроды УОНИ-13, ЦУ-5, ТМУ-21, ТМЛ-3, ТМЛ-1, ТМЛ-2, ЦЛ-39, ЦЛ-20 и другие)	2,5	70—90
	3	90—100
	4	120—170
	5	170—210
Рудно-кислое и рутиловое (электроды ОЗС-4, АНО-4 и др.)	2,5	70—90
	3	90—130
	4	140—190
	5	180—230

Если сварка стыков трубопроводов из низколегированных сталей выполнялась с перерывом, то необходимо проконтролировать его с помощью ультразвуковой дефектоскопии.

Во всех случаях многослойной сварки разбивать шов на участки следует с таким расчетом, чтобы стыки участков (замки швов) в соседних слоях не совпадали, а были смещены один относительно другого на 10—15 мм для электродуговой и газовой сварки и на 50 мм при сварке под слоем флюса.

Сварку стыков при монтаже и ремонте труб поверхностей нагрева котлов, трубопроводов, дренажа, отбора проб, импульсных линий к контрольно-измерительным приборам и средствам автоматизации и других трубопроводов диаметром 10—83 мм при толщине стенки 2—7 мм, изготовленных из углеродистых и низколегированных конструкционных и теплоустойчивых сталей, ведут ручной электродуговой сваркой электродами диаметром от 2 до 5 мм.

Значения тока при сварке в нижнем положении шва в зависимости от диаметра и типа покрытия электрода приведены в табл. 5.10.

При вертикальном и потолочном положении шва необходимо ток уменьшить на 10—20 % по сравнению с нижним положением. Следует также для каждой марки электродов уточнять режим по паспортным данным. Электроды ∅ 5 мм можно применять при сварке верхне-

го участка вертикальных неповоротных стыков (в нижнем положении). Потолочный шов необходимо выполнять электродами не более 4 мм.

При сварке вертикальных стыков трубопроводов из углеродистых и низколегированных сталей высота каждого слоя (валика) не должна превышать 5—6 мм для электродов с рудно-кислым и рутиловым покрытиями и 4—5 мм для электродов с фтористо-кальциевым покрытием. Ширина одного слоя должна быть не более 30—35 мм. Для равномерного распределения напряжения по стыку и уменьшения деформаций наплавку первых трех слоев при сварке труб диаметром более 219 мм необходимо выполнять обратноступенчатым способом так, чтобы длина каждого участка не превышала 200—250 мм. Длина участков последующих слоев может составлять половину окружности стыка.

Последовательность наложения слоев при сварке вертикального и горизонтального стыков труб поверхностей нагрева должна быть такой же, как и при сварке трубопроводов диаметром до 219 мм, т. е. стыки свариваются в направлении снизу вверх. Наплавку слоя в потолочной части стыка необходимо начинать, отступая на 10—30 мм от нижней точки.

Вертикальные стыки труб поверхностей нагрева сваривает один сварщик участками по четверти периметра. Для этого, чтобы уменьшить перелом труб в месте стыка за счет неравномерной усадки, участки следует сваривать в определенной последовательности (*1—14*), которая указана на рис. 5.4.

Горизонтальный стык труб поверхностей нагрева один сварщик сваривает по схеме, которая указана на рис. 5.5. Наложение шва необходимо начинать со стороны, противоположной прихватке, и каждый последующий слой (*I — VI*) накладывать против направления сварки предыдущего слоя, при этом замки шва должны быть смещены. При сварке горизонтальных стыков устанавливается зазор 0,5—1 мм. Корневой слой желательно выполнять непрерывно по всему периметру стыка.

При сварке труб необходимо выбирать такую конструкцию стыка, которая позволит проводить дефектоскопию.

На сваренный и зачищенный стык труб при толщине стенки более 6 мм сварщик должен поставить присвоенное ему клеймо. Клеймо сварщика необходимо постав-

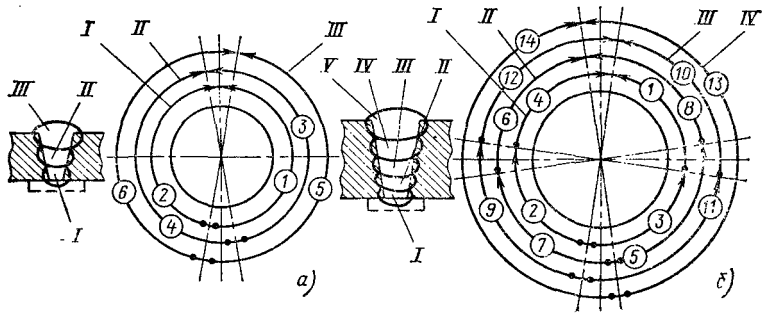


Рис. 5.4. Порядок положения слоев при сварке вертикального неповоротного стыка труб (один сварщик):

а — для труб диаметром до 219 мм; *б* — то же более 219 мм;

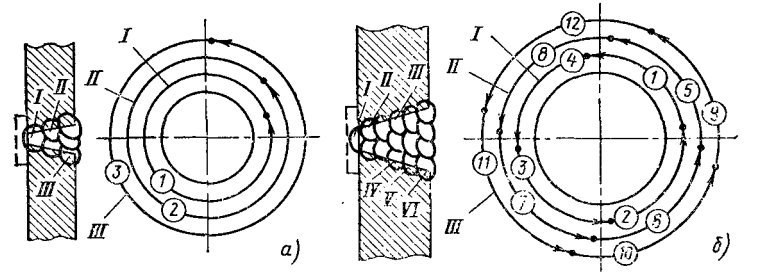


Рис. 5.5. Порядок наложения слоев при сварке горизонтального стыка труб (один сварщик):

а — для труб диаметром до 219 мм; *б* — то же более 219 мм

лять на трубе на расстоянии 30—40 мм от шва. Если стык сваривают несколько сварщиков, каждый ставит свое клеймо в верхнем конце того участка, который он выполнял.

Если из-за малой толщины (менее 6 мм) стенок маркировка сварных швов на оборудовании не может быть выполнена, то к паспорту объекта котлонадзора должны быть приложены формуляры оборудования с указанием расположения этих соединений и клейм сварщиков.

При зачистке стыка для ультразвукового контроля место расположения клейма не зачищается.

Если в процессе ремонта будут нарушены клейма, то они должны быть восстановлены на том же месте после выполнения механической обработки.

5.5. ВАЛЬЦОВАННЫЕ СОЕДИНЕНИЯ ТРУБ

Вальцованные соединения — соединения труб с трубными досками за счет расширения концов труб в холодном состоянии в трубных отверстиях. Основные требования к вальцованному соединению — плотность и прочность.

Вальцованные соединения допускаются для труб с наружным диаметром не более D_y 100, предназначенных для работ до 400 °С. Для получения соединений применяют косые крепежные и косые бортовочные вальцовки.

Прочность соединения усиливается отбортовыванием выступающего конца трубы в форму колокольчика. Основание колокольчика препятствует вырывающим усилиям, действующим на трубу при работе котла.

Надежное вальцованное соединение труб поверхностей нагрева котлов с барабанами, камерами или трубными досками достигается при правильном техническом процессе в два этапа.

Первый этап — привальцовка (или крепление), во время которой происходит расширение конца трубы до полного соприкосновения стенки трубы со стенкой отверстия, т. е. полностью выбирается зазор между трубой и отверстием. Во время привальцовки деформируется только труба. Практически в конце процесса привальцовки всегда имеет место незначительная развальцовка трубы, благодаря которой труба относительно прочно удерживается в отверстии.

Второй этап — развальцовка, во время которой происходит сцепление трубы со стенкой барабана (камеры, трубной доски) в результате пластической деформации трубы. При развальцовке материал трубы уплотняется в радиальном направлении и удлиняется в осевом. Аналогичные деформации будут также в металле стенки барабана, примыкающем к трубному отверстию. Уплотнение металла вокруг трубного отверстия носит местный характер и при шаге трубных отверстий 1,8—2 диаметра не сказывается на работе металла барабана. Однако наличие местных перенапряжений при известных условиях может служить причиной местных повреждений металла при эксплуатации. При недостаточном расстоянии между отверстиями разрушение металла может произойти из-за перенапряжений при раздаче гнезд.

Вследствие того, что в процессе развальцовки созда-

ются деформации металла в холодном состоянии, для обеспечения надежного вальцовочного соединения необходимо выполнять условия, регламентированные ОСТ 24.030.39-74 и «Инструкцией по ремонту поверхностей нагрева паровых котлов» Минэнерго СССР.

Перед выполнением развальцовки концы труб подвергают отжигу на заводе-изготовителе, а также если образцы труб не выдержали пробу на раздачу и бортование. Возможность применения для вальцованных соединений труб без отжига устанавливается испытанием нескольких образцов труб на раздачу их концов конусной оправкой.

Испытание на раздачу в соответствии с ГОСТ 8694-75 производят на трубах с толщиной стенки не более 8 мм. Можно осуществлять испытание непосредственно на трубе или на отрезке трубы длиной, равной двум наружным диаметрам, но не менее 50 мм. Плоскость реза должна быть перпендикулярной продольной оси трубы. Кромки образца допускается округлить. Испытание заключается в плановой раздаче в холодном состоянии образца трубы оправкой с конусностью 1/10 до получения заданного наружного диаметра.

В случае появления в образце трещин и надрывов до достижения заданного диаметра результаты испытаний признаются неудовлетворительными.

Раздача, %, вычисляется по формуле

$$X = [(D - d)\, d]\, 100, \qquad (5.1)$$

где d — наружный диаметр трубы; D — наружный диаметр конца трубы после раздачи.

Значения нормируемой раздачи для труб из сталей марок 10 и 20 в зависимости от толщины стенки приведены ниже:

Толщина стенки, мм	≤4	>4
Раздача, %, для труб из стали марок:		
10	10	8
20	8	5

Испытание на раздачу труб, поставляемых по ЧМТУ 14-3-460-75, проводят с использованием оправки с конусностью 30°, при этом раздача труб из углеродистых сталей должна быть не менее 20 %, а из легированных — 15 %.

Если результаты испытаний на раздачу окажутся неудовлетворительными, то концы труб на длине 200—250 мм подлежат термообработке (отжигу).

Концы труб из углеродистых сталей нагревают до 600—650 °С (коричнево-красный цвет металла), а труб из легированных сталей 15ГС, 12МХ, 15ХМ и 12Х1МФ до 650—700 °С (темно-красный цвет металла) с выдержкой при этой температуре из расчета 3 мин на каждый миллиметр толщины стенки.

Для равномерности нагрева концы труб закрывают согнутым стальным листом, а противоположные — пробками. Медленное охлаждение нагретых концов труб производят погружением в сухой песок или защищают их от быстрого охлаждения на длине 250—300 мм листовым асбестом.

Отожженные концы труб необходимо зачистить снаружи до металлического блеска на длине, равной трехкратной толщине трубной доски. Продольные и спиральные поперечные риски не допускаются, а отдельные поперечные риски не должны быть глубже 0,1 мм. Внутреннюю поверхность труб также очищают от следов коррозии, окалины и загрязнений на длине 60—100 мм.

Установке труб должна предшествовать паспортизация труб и отверстий для них.

Расширение трубы характеризуется степенью развальцовки, которую измеряют в миллиметрах и обозначают через H. Степень развальцовки определяют по формуле

$$H = (d_2 - d_1) - (D_2 - D_1). \qquad (5.2)$$

На практике более удобно выражать степень развальцовки в процентах:

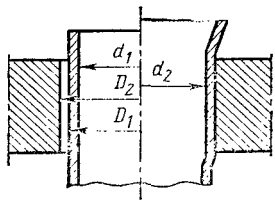
$$H = \frac{(d_2 - d_1) - (D_2 - D_1)}{D_2} 100, \qquad (5.2а)$$

где d_1 — внутренний диаметр трубы до прихватки и развальцовки, мм; d_2 — внутренний диаметр трубы после развальцовки, мм; D_1 — наружный диаметр трубы до прихватки и развальцовки, мм; D_2 — диаметр трубного отверстия, измеренный до установки трубы, мм.

Геометрические размеры вальцованного соединения для определения степени развальцовки показаны на рис. 5.6.

Степень развальцовки для котлов давлением до 4,0 МПа (40 кгс/см^2) должна находиться в пределах от

Рис. 5.6. Размеры вальцовочного соединения для определения степени развальцовки



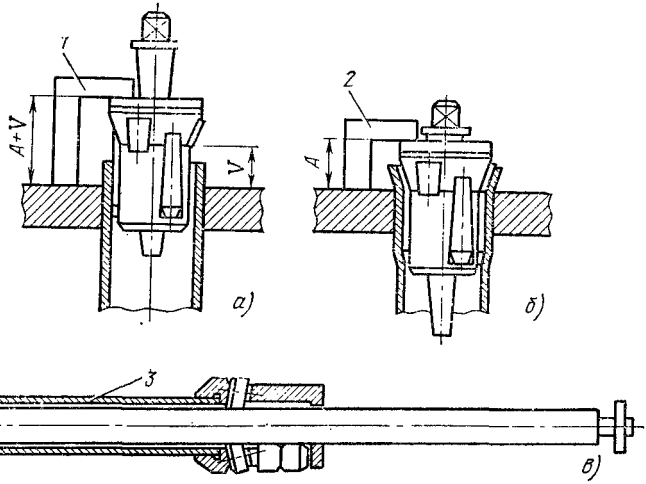


Рис. 5.7. Контроль степени развальцовки по величине установочного расстояния:

а — положение вальцовки перед развальцовкой; *б* — то же в конце процесса; *в* — применение оградительной трубки; *1* — начальный шаблон; *2* — конечный шаблон; *3* — ограничительная трубка

1 до 1,5 %. На Бийском котельном заводе при изготовлении котлов типов ДКВР, ДЕ степень развальцовки принимают в пределах 1,2—1,8 %.

Способ контроля степени развальцовки прост и легок, и осуществим как при изготовлении котлов, так и при монтаже и ремонте. При этом обеспечивается требуемая степень развальцовки, которую устанавливают до начала вальцовочных работ по установочному расстоянию V (рис. 5.7) на пробных образцах, изготовляемых из отрезков труб. По результатам замеров диаметра трубного отверстия, затем наружного и внутреннего диаметров трубы до и после развальцовки определяют степень развальцовки. После замеров образцы разрезают по всей длине и вынимают из трубных отверстий таким образом,

чтобы не повредить отпечатков стенок отверстий на поверхности образцов. Внутренняя поверхность развальцованного и разбортованного конца трубы должна быть гладкой и светлой без вмятин и шероховатостей. Переход от развальцованного участка к бортовочному колокольчику должен быть совершенно чистым без следов подреза или наката трубы. Длина выступающих концов для разбортовки должна находиться в определенных пределах; так, для труб ∅51—60 мм длина равна 11 мм с допускаемым отклонением ± 4 мм, а для труб ∅38 мм — 9 мм с отклонением ±3 мм. Угол развальцовки бортовочного колокольчика должен составлять 15°. При большем угле возникают надрывы концов труб, а при меньшем не обеспечивается прочность. Колокольчик должен заходить за внутреннюю кромку барабана на 2—3 мм.

Переход развальцованной части к неразвальцованной (за барабаном) должен быть плавным, незаметным при ощупывании рукой и начинаться за 3—5 мм до наружной поверхности трубной доски. С внешней стороны пробного образца должен быть точный отпечаток шероховатости стенки трубного отверстия и пояса развальцованной трубы.

«Инструкция по ремонту поверхностей нагрева паровых котлов» (Минэнерго СССР) рекомендует производить предварительный выбор установочного расстояния V в соответствии с указаниями, приведенными в табл. 5.11. Установочное расстояние, выбранное по таблице, подлежит уточнению опытным путем.

Трубы прихватывают косыми крепежными вальцовками (см. рис. 5.7), у которых конус имеет упорный выступ, ограничивающий движение вальцовки внутри трубы. Ролики крепежной вальцовки должны иметь дли-

Таблица 5.11. Установочное расстояние V, мм

Наружный диаметр трубы, мм	Толщина трубной доски (глубина трубного отверстия), мм						
	20	25	30	35	40	45	50
32	11	10	9	8	7	7	—
38	13	11	10	9	9	9	—
51	17	15	14	12	11	11	—
60	20	16	15	13	13	13	13
76	25	22	19	18	17	17	17
83	30	27	24	23	22	22	22
108	35	33	31	30	29	29	29

ну рабочей части на 3—5 мм больше ширины вальцованного пояса отверстия. Вальцовку ставят в трубу так, чтобы между концами трубы и упором оставался зазор 15—20 мм. Окончательную развальцовку и разбортовку концов производят косой бортовочной вальцовкой.

При развальцовке вставленную на установочном расстоянии вальцовку укрепляют в трубе раздачей роликов с помощью конуса. После этого вращением конуса приводным механизмом раздают трубу вальцующим роликом. В конце осевого хода корпуса вальцовки внутрь трубы происходит разбортовка колокольчика от торца трубы, заканчивающаяся у кромки трубного отверстия. Развальцовка и разбортовка считаются законченными, когда корпус вальцовки с роликами войдет в трубу на величину установочного расстояния.

На качество вальцовочного соединения влияют овальность и конусность трубного отверстия. Овальность и конусность отверстия не должны превышать 0,23 мм для труб ∅ 51 и 0,27 мм для труб ∅ 83 мм.

Овальность отверстия для дымогарных труб в решетке допускается не более 0,5 мм. При большой овальности отверстия исправляют разверткой или рассверловкой, при которой уменьшение расстояния между отверстиями допускается не более чем на 5 %.

Максимальное увеличение диаметра кипятильных и экранных труб, определяемое специальными шаблонами, допускается в размере 5 %, а труб пароперегревателей из легированных сталей — 2,5 % и углеродистых — 3,5 %.

После окончания вальцовочных работ следует проверить качество их выполнения. В вальцованных соединениях не допускаются:

расслоение, плены, трещины на концах труб;

разрывы развальцованных участков труб;

подрезы или накаты в местах перехода пояса вальцованной трубы в колокольчик;

задиры, шероховатости на внутренней поверхности трубы;

неплотное прилегание трубы к трубному отверстию;

отклонение угла разбортовки от 15°, а также отступление от максимальной и минимальной величин выступающих концов труб;

уменьшение толщины стенки конца разбортованной трубы более чем на 20 %.

Допустимая толщина стенок труб в местах бортовки должна быть не менее указанной ниже:

Номинальная толщина стенки трубы, мм	3,00	3,25	3,50	3,75	4,00	4,50	5,00	5,50	6,0
Минимальная толщина стенки трубы в местах отбортовки, мм	2,4	2,6	2,8	3,0	3,2	3,6	4,0	4,4	3,8

Перевальцованные концы труб определяются по следующим признакам: значительное утонение стенки трубы, чрезмерное расширение завальцованного конца с образованием сильного напуска металла трубы на обе поверхности трубной доски, примыкающие к отверстию, местное утонение кромки отверстия вокруг трубы.

Устранение дефектов и неплотностей вальцованных соединений

Вальцованные соединения, забракованные по указанным выше причинам, подлежат исправлению. Необходимо удалить дефектный конец трубы и установить новый отрезок трубы путем сварки. При утонении стенки трубы ниже допустимой конец трубы подлежит замене.

Если при ремонте вальцованных соединений будут выявлены дефекты, устранение которых требует расточки трубных отверстий, то соединение труб восстанавливают подбором отрезка трубы большего диаметра, применением рубашки (втулки), насаживаемой на конец трубы с напряженной посадкой, или применением точеного штуцера с наружным диаметром, соответствующим внутреннему диаметру отверстия, и внутренним, соответствующим внутреннему диаметру трубы.

Если для развальцовки в увеличенном трубном отверстии применяют отрезок большого диаметра, то один из концов отрезка обсаживают до размера, удобного для стыкования с трубой. В необходимых случаях дополнительно применяют еще и раздачу конца трубы. Раздачу и обсадку концов труб выполняют после нагрева их до 900 °С.

На котлах низкого и среднего давления иногда применяют раздачу концов труб в горячем состоянии для их развальцовки в увеличенных трубных отверстиях. Этот прием допускается только в том случае, если труба

не испытывает дополнительных ударных нагрузок от обвала шлаковых отложений. При этом если утонение стенки трубы после раздачи составляет 10—15 %, внутри трубы устанавливают и развальцовывают кольца толщиной 4—5 мм.

Небольшие разрывы в колокольчике удаляют торцевой фрезой и дефект считают исправленным, если высота колокольчика после торцевания находится в нижнем пределе допуска.

В экранных и кипятильных трубах редко нарушается плотность вальцовочных соединений, если котел работает в нормальных условиях. Как правило, вальцовочное соединение экранных и кипятильных труб дает течь при частых и резких охлаждениях завальцованного конца трубы.

В пароперегревателе неплотность вальцовочных соединений выявляют почти при каждом ремонте котла. Наиболее часто плотность вальцовочного соединения обнаруживается у коллекторов перегретого пара. Температура перегретого пара при работе котла часто изменяется, в то время как насыщенный пар во входном коллекторе всегда имеет постоянную температуру.

Плотность вальцованных соединений восстанавливают повторной развальцовкой концов труб. Для развальцовки необходимо применять инструмент с бортовочными роликами, иначе колокольчик отойдет от кромки трубной доски. В случае появления течи после развальцовки дефектный конец трубы следует отрезать, удалить из отверстия и вварить новый конец, который и развальцовывают.

При замене развальцованного конца трубу разрезают механизированным приспособлением в удобном для последующей сварки месте. Оставшийся после обрезки конец трубы обминают зубилом внутрь, осторожно разрубают вдоль и выколачивают в коллектор или барабан. В других случаях обминают внутрь колокольчик (работа ведется изнутри барабана), также разрубают конец трубы вдоль и выбивают его наружу. Работу необходимо выполнять внимательно, чтобы не повредить зубилом стенку трубного отверстия. Чтобы ускорить удаление концов труб и во избежание опасности повреждения стенок отверстий, вальцованный пояс труб прогревают изнутри газовой горелкой до темно-красного цвета и после остывания выбивают концы внутрь коллектора.

Развальцованные концы труб большого диаметра (83 мм) можно удалять из отверстий, предварительно ослабив электросваркой контакт конца трубы с отверстием, для чего на внутренней стороне стенки конца трубы электросваркой накладывают ложный шов, при усадке которого окружность стягивается и ослабляется контакт конца трубы со стенкой отверстия. Затем конец трубы выбивают кувалдой или пневматическим молотком в коллектор или барабан.

Устранение неплотностей вальцованных соединений развальцовкой производят только в тех случаях, когда в соединении отсутствуют недопустимые дефекты, указанные выше.

При ремонте котлов низкого и среднего давлений для устранения неплотностей иногда применяют обварку развальцованных концов труб или установку и развальцовку распорного кольца (рис. 5.8).

Перед установкой распорного кольца целесообразно произвести развальцовку неплотного конца трубы. При установке необходимо опускать кольцо в развальцованный участок трубы с усилием, с тем чтобы в дальнейшем можно было производить развальцовку, если кольцо не будет посажено в трубу, то оно будет вращаться вместе с вальцовкой и развальцевать его не удастся. Во избежание этого следует применить следующий прием: выполненное на 0,3—0,5 меньше диаметра развальцованного конца трубы распорное кольцо раздают вальцовкой в тисках так, чтобы в развальцованный конец трубы кольцо входило туго и после его посадки не вращалось. Для возможности раздачи в тисках кольцо выполняют с запасом по длине и этот запас отрезают после раздачи.

Кольцо, установленное туго в трубе, вальцуют с одновременной бортовкой без предварительного крепления. Порядок развальцовки распорного кольца такой же, как и для концов труб.

Отремонтированные таким способом соединения при капитальном ремонте должны быть заменены.

В процессе эксплуатации котлов из-за течи трубы или ее разрыва возникает необходимость в установке заглушки на трубное отверстие. Наибольшее применение получили колпачковые заглушки, изготовленные из отрезков труб (рис. 5.9).

Для котлов типов ДКВР, КЕ и ДЕ допускаются также заглушки с донышком на резьбе и с приварным до-

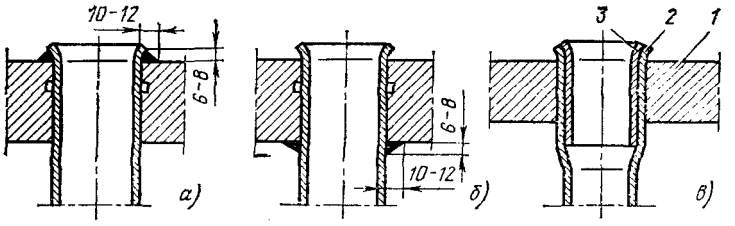


Рис. 5.8. Устранение неплотностей вальцовочных соединений:

а — обваркой внутри барабана; *б* — то же снаружи барабана; *в* — установкой вспомогательного распорного кольца в развальцованный конец трубы; *1*—трубная решетка; *2* — развальцованная труба; *3* — развальцованное распорное кольцо

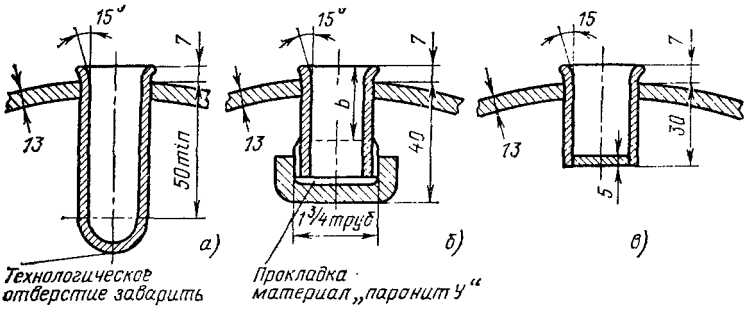


Рис. 5.9. Типы заглушек и их установка (размеры приведены применительно к котлам ДКВР):

а — колпачковая заглушка, изготовленная из трубы с подкатным дном; *б* — заглушка с донышком на резьбе; *в* — заглушка с приварным донышком

нышком. Требования к установке заглушек в трубных отверстиях такие же, как и к установке новой трубы. Заглушки в барабане котла устанавливают донышком внутрь, а в коллекторах во избежание увеличения их гидравлического сопротивления — донышком наружу.

При капитальном ремонте котла все временные заглушки должны быть заменены трубами. В ремонтном журнале котла все установленные заглушки должны быть зарегистрированы.

5.6. ГИБКА ТРУБ

В практике ремонта и изготовления котлов применяется холодная гибка труб с наружным диаметром до 159 мм, гладкая гибка с предварительной набивкой пес-

ком, горячая гибка на трубогибочных станках или других приспособлениях, обеспечивающих получение гиба трубы правильной геометрической формы без превышения допусков, установленных техническими условиями для каждой марки стали, а также изготовление сварных отводов. Гибка труб из углеродистых сталей производится гибочными штампами, вальцами и на станках с применением нагрева токами промышленной частоты и высокой частоты. Холодная гибка на станках и гладкая горячая гибка с предварительной набивкой песком допускается для всех категорий трубопроводов, а сварные отводы можно устанавливать на трубопроводах 3-й и 4-й категорий.

Длина участка трубы, подлежащего нагреву и гибке, определяется по формуле: $L=0{,}0175R\alpha$, где R — радиус гиба, мм; α — угол гиба трубы в градусах.

Холодную гибку осуществляют обкаткой или наматыванием. При обкатке трубу изгибают вокруг неподвижного гибочного сектора (шаблона) с помощью обкатывающего ролика, прижимающего ее к этому сектору. Прижим осуществляется непосредственно самим роликом или через ползун. Ролик с ползуном перемещается по окружности от места закрепления трубы вокруг гибочного сектора на требуемый угол.

Гибку наматыванием применяют для труб наружным диаметром до 426 мм. При этом вращается гибочный сектор с закрепленным на нем концом трубы, которая снаружи поддерживается прижимной планкой (ползуном), а изнутри дорном, одновременно предохраняющим ее от потери устойчивости в зоне гиба. Таким образом, закрепленный конец трубы увлекается гибочным сектором, в результате остальная часть трубы, изгибаясь, наматывается на сектор. Установка дорна в месте начала гибки предотвращает чрезмерную овальность гиба.

Толстостенные трубы и трубы больших диаметров гнутся с предварительным нагревом. При гибке труб с нагревом токами промышленной частоты и высокой частоты обеспечивается получение гибов с небольшими отклонениями формы поперечного сечения от круглой. Деформация гиба происходит только на узком кольцеобразном участке трубы, нагретой в зоне расположения индуктора. При подаче трубы вдоль оси место нагрева (на трубе) перемещается и труба, непрерывно деформируясь в нагретой зоне под действием отклоняющего ролика,

изгибается до заданного размера. Указанным способом можно получить гибы с малыми радиусами кривизны.

Изготовление крутоизогнутых гибов горячей протяжкой труб на горизонтально-гидравлических прессах обеспечивает постоянство толщины стенки по длине окружности в любом сечении в пределах допуска стандартов на трубы, дает возможность протягивать трубы с толщиной стенки 2—4 мм, осуществлять изгиб на 180° и выше и изготовлять гибы с радиусом 1,0—1,5 *D*.

Гибку труб протяжкой на рогообразном сердечнике осуществляют следующим образом. Трубу-заготовку протягивают в печи через расширяющийся рогообразный сердечник с определенной температурой, для чего трубу-заготовку нагревают и одновременно пластически деформируют (расстояние по диаметру, изгиб и сжатие по вогнутой образующей, изгиб по выпуклой образующей). Толщина стенки при этом остается неизменной. Таким способом можно получить равностенные двойники 180° и отводы 90°.

Для гибки труб с их нагреванием и с предварительной набивкой песком применяется промытый сухой речной песок с зерном 1—2 мм. Для гибки труб большего диаметра к песку добавляют 40 % гальки размером 25—30 мм, этим самым ускоряется уплотнение песка и уменьшается его выгорание. Уплотненный песок при гибке препятствует искажению круглой формы сечения трубы и появлению складок.

Перед наполнением трубы песком нижний конец трубы необходимо закрыть деревянной пробкой, а для труб большого диаметра металлической заглушкой, прихваченной электросваркой. После наполнения песком следует плотно закрыть и верхний конец трубы. Песок в трубах уплотняют специальными электрическими или пневматическими вибраторами. При горячем способе гибки трубы из углеродистых сталей нагревают до температуры 700—1050 °С.

Температура нагрева определяется контактными термометрами или оптическими пирометрами.

По окончании гибки и проверки шаблоном труба должна медленно остыть для сохранения угла загиба.

После остывания трубу вновь проверяют по шаблону, и, если гиб сделан правильно, высыпают из нее песок, после чего трубу прочищают внутри стальным ер-

шом, а снаружи очищают на гибе от грязи, окалины, а затем осматривают для выявления дефектов.

На трубах в местах гибов не должно быть утонения стенки больше допустимого, трещин, вмятин, задиров и других недопустимых дефектов. Утонение стенки проверяют ультразвуковым толщиномером или измеряют толщину стенки гибов одновременно изготовленных контрольных образцов для проверки внутренних поверхностей гибов.

Проверку гибов можно проверить на плазу.

В случае изготовления сложных гибов трубы следует проверять по месту их установки или же по шаблонам. По усмотрению работников ОТК завода или по требованию инспектора котлонадзора в выборочном порядке производят разрезку гибов и измеряют толщину стенки.

Утонение стенки на гнутых участках труб не должно превышать значений, предусмотренных техническими условиями на изготовление изделий, и определяется по формуле

$$B = \frac{S_н - S_{min}}{S_н} 100, \qquad (5.3)$$

где $S_н$ — номинальная толщина стенки прямой трубы, мм; S_{min} — минимальная толщина стенки на гнутом участке трубы, мм.

Методика, порядок и объем контроля утонения стенки на гнутых участках труб определяются стандартами, техническими условиями и инструкциями.

Допускаются наименьшие радиусы гибов в зависимости от способа гибки и наружного диаметра трубы:

При горячем способе гибки с набивкой песком	$3{,}5D_н$
При холодном способе гибки на станке	$4D_н$
При горячей гибке со складками (гофрами)	$2{,}5D_н$
Для сварки отводов и крутозагнутых колен	$D_н$

Для исправления дефектов гибки допускается холодная догибка на станке (приспособлении), доводка гибов и труб из углеродистых сталей марок 10 и 20 с подогревом до температуры 750—900 °С с применением специальных фасонных гладилок из мягкого металла (свинец, красная медь и др.) или доводка другими более совершенными способами. Доводить гибы с подогревом труб из легированных сталей разрешается в исключительных случаях с надежным контролем температуры в течение

всего времени исправления дефекта. Доводить гибы аустенитных труб разрешается на станках (приспособлениях) с соблюдением тех же условий, что и при гибке труб из легированных сталей.

5.7. ТЕРМИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА

Для уменьшения внутренних напряжений, возникающих в процессе электросварки, а также для повышения пластичности и получения структуры, обеспечивающей высокую длительную прочность сварных соединений элементов котлов, применяются два вида термической обработки:

основная, в результате которой материал приобретает структуру и свойства, необходимые для обеспечения характеристик прочности, принятых при расчете;

дополнительная (послеоперационная), необходимая для восстановления свойств материала и конструкции и снятия остаточных напряжений после технологических операций.

Основной термической обработке (отжигу, нормализации, аустенизации и т. д.) подвергаются полуфабрикаты (лист, трубы и т. п.). Режимы основной термической обработки принимают в соответствии с указаниями в стандартах или технических условиях на поставку.

Изделие в готовом виде проходит основную термическую обработку в случаях, если полуфабрикаты для изделия по каким-либо причинам не подвергались термообработке и если технологический процесс изготовления изделия вызывает недопустимые изменения свойств и структуры материала полуфабрикатов.

Необходимость проведения дополнительной термической обработки и ее режимы определяются руководящими материалами.

После вальцовки обечаек и штамповки днищ из углеродистой стали дополнительная термообработка является обязательной в случаях, если толщина листа $S \geqslant$ $\geqslant 5\%$ внутреннего радиуса обечайки или наименьшего внутреннего радиуса кривизны штампованного днища. В случаях, если вальцовка листа или штамповка днища из углеродистой стали проводилась с нагревом и температура металла в момент окончания вальцовки была ниже 700 °С, дополнительная термообработка может не производиться.

После холодной деформации дополнительной термической обработке подвергаются:

трубы из углеродистых сталей и стали 15ГС при толщине стенки более 35 мм;

трубы из углеродистых сталей и стали 15ГС при толщине стенки от 10 до 35 мм и относительном радиусе гиба $R/D_н < 3$, где $D_н$ — наружный диаметр трубы; R — радиус гиба;

трубы из аустенитных сталей во всех случаях независимо от диаметра, толщины стенки и радиуса гиба.

Термическая обработка сварных соединений обязательна:

для барабанов с толщиной стенки более 36 мм, изготовляемых из низкоуглеродистых сталей 15К, 20К, 22К;

для барабанов с толщиной стенки более 30 мм, изготовляемых из низколегированных сталей, допускаемых к применению по ОСТ 24.030.39-74;

для стыков труб из стали 15ГС и углеродистых сталей с толщиной стенки более 35 мм;

для низколегированных теплоустойчивых сталей 12МХ, 15ХМ, 12Х1МФ, 15Х1М1Ф с толщиной стенки более 10 мм;

для сварных швов труб (штуцеров) малых диаметров с трубопроводами и коллекторами при диаметре труб более 50 мм.

Рекомендуемые температуры нагрева при термообработке сталей после холодной пластической деформации, °С:

10	600—650
20	600—650
15ГС	650—680
15ХМ	650—680
12Х1МФ	700—720

Термической обработке не подвергаются:

гибы труб и отводы из стали 12Х1МФ с толщиной стенки до 20 мм включительно после холодного гнутья, если радиус гнутья не менее 3,5 наружного диаметра трубы, овальность в месте гиба не превышает 5 %, ударная вязкость металла труб в исходном состоянии не ниже 60 Дж/см^2 (6 кгс·м/см^2);

отводы и трубы, согнутые по режимам теплового гнутья независимо от марок сталей;

отводы и трубы из сталей 20 и 15ГС с толщиной стенки до 36 мм;

отводы и трубы после холодной подгибки на угол до 2° независимо от марки стали и толщины стенки [46].

В заводских условиях термообработку обычно выполняют в газопламенных или электрических печах.

В условиях ремонта или монтажа термическую обработку осуществляют при помощи индукционных нагревателей с источниками тока повышенной или промышленной частоты (50 Гц), с использованием электрических печей сопротивления и газопламенным способом (газовыми горелками).

Индукционный способ нагрева является основным при термической обработке стыков трубопроводов, изготовленных из углеродистых и низколегированных сталей.

Сварные соединения необходимо подвергать термообработке не позднее чем через 3 сут после завершения сварки.

Особо толстостенные детали из легированной стали должны проходить термическую обработку сразу после сварки. Это относится к стыкам труб или литых деталей из сталей 12Х1МФ и 15Х1М1Ф с толщиной стенки более 45 мм независимо от диаметра трубы и с толщиной стенки более 22 мм при наружном диаметре трубы 600 мм и более. При этом толстостенные сварные соединения из стали 12Х1МФ после сварки не должны охлаждаться ниже 300 °С.

Если из-за прекращения электропитания, повреждения оборудования или по другим причинам термообработку толстостенных элементов сразу после сварки выполнить нельзя, то требуется обеспечить замедленное охлаждение сварного соединения под слоем асбеста толщиной 3—15 мм.

При всех видах термической обработки необходимо обеспечивать строгое соблюдение температурных режимов, установленных требованиями технических условий или инструкции по сварке и термообработке, а также равномерность прогрева металла по всему объему изделия, гиба или сварного соединения.

Общая ширина участка трубы со швом в середине, на котором выдерживается заданная температура отпуска, в зависимости от толщины стенки стыкуемых труб должна быть:

Толщина, мм	⩽20	21—45	45—60	>60
Ширина участка, мм	70	150	200	250

Температуру сварного соединения во время термообработки контролируют, как правило, регистрирующим прибором. При толщине стенок стыкуемых труб до 20 мм можно использовать приборы, показывающие температуру; при большой толщине показывающие приборы можно использовать лишь в порядке исключения. При применении показывающего прибора оператор должен записывать температуру в журнале через каждые 15 мин в процессе нагрева, выдержки и охлаждения до 300 °С. Термопару необходимо закреплять на расстоянии не более 30 мм от него при помощи бобышек или гайки с прижимным винтом.

Термообработку сварных швов, включая предварительный и сопутствующий подогрев, должны выполнять квалифицированные термисты-операторы, прошедшие специальную подготовку, сдавшие испытания и имеющие удостоверение на право проведения работ по термической обработке сварных стыков в ремонтных и монтажных условиях. Термисты-операторы должны проходить ежегодную переаттестацию.

5.8. РЕМОНТ БАРАБАНОВ, ТРУБОПРОВОДОВ И АРМАТУРЫ

Ремонт барабанов котлов

Участки с коррозионными разъеданиями по глубине не выше 10 % исходной толщины стенки можно не ремонтировать, но для предупреждения дальнейшего их развития рекомендуется тампонировать отдельные очаги тестообразным раствором цемента и толченого стекла в пропорции 1 : 1.

При сплошных коррозионных разъеданиях глубиной не более 50 % исходной толщины металла допускается ее восстановление до первоначальной электронаплавкой при условии, что площадь разъедания не превышает 2500 см^2. В этих случаях специалисты по сварке составляют технические условия или технологию наплавки.

При сплошных коррозионных разъеданиях глубиной более 50% исходной толщины металла поврежденные участки восстанавливать электронаплавкой не допускается.

Заваривать отдельные раковины при любой их глубине допускается во всех частях котла, если наиболь-

ший размер раковины не превышает 40 мм. Если при этом глубина разъедания превышает 50 % исходной толщины, то заварка разрешается при условии, что расстояние между соседними раковинами составляет не менее трехкратного наибольшего линейного размера наибольшей раковины.

При ремонте барабанов котлов не допускаются следующие дефекты: трещины всех видов и направлений; непровары (несплавления), расположенные в корне шва, на поверхности и по сечению сварного соединения (между отдельными валиками и слоями шва, между основным металлом и металлом шва); поры, расположенные в виде сплошной сетки; наплывы (натеки); незаваренные кратеры; свищи; подрезы; смещения кромок выше норм; газовые и шлаковые включения выше установленных норм.

Ремонт корпусов барабанов представляет собой сложную технологическую операцию. Общие положения ремонта с применением сварки заключаются в следующем:

перед началом ремонта должны быть установлены состояние металла (структура и свойства) и срок его эксплуатации;

ремонтным предприятием должна быть составлена технология ремонта, которая согласовывается с заводом-изготовителем или в особых случаях с соответствующими специализированными организациями;

все дефекты и повреждения удаляются только механическим способом (абразивным инструментом, расточкой, рассверловкой, вырубкой). Выборка дефектов огневым способом запрещается. Устранение дефектов необходимо производить по возможности с минимальным объемом удаляемого металла и без нагрева до цветов побежалости.

Места выборки дефектов, оставляемые без последующей наплавки, выполняются плавными переходами.

После удаления дефектов производят определение оставшейся толщины барабана, днищ и штуцеров ультразвуковым прибором или измерительным инструментом с погрешностью не более 3 %;

полнота удаления всех дефектов проверяется методом магнитно-порошковой дефектоскопии, а в сомнительных случаях — травлением 5—10 %-ным раствором

азотной кислоты или 15 %-ным раствором персульфата аммония;

сварочные работы производятся ручной электродуговой сваркой с использованием электродов только с основным покрытием типов Э-42А и Э-50А, соответственно марок УОНИ-13/45 и УОНИ-13/55, ТМУ-21 диаметром 3—4 мм и ЦУ-5 диаметром 2,5 мм. Перед началом работ рекомендуется прокалить электроды по режиму 350—400 °С в течение 3 ч и проверить их сварочно-технологические свойства;

вопрос о необходимости предварительного и сопутствующего подогрева и последующей термообработки согласовывается со специализированной организацией;

все технологические операции должны сопровождаться тщательным пооперационным контролем с оформлением соответствующей технической документации. Наружная поверхность отремонтированных участков — наплавленного металла и прилегающей зоны основного металла шириной не менее 20 мм—должна быть обработана абразивным инструментом, подвергнута внешнему осмотру и проверена методами магнитно-порошковой дефектоскопии и ультразвукового контроля (до и после гидравлического испытания барабана).

К выполнению работ по сварке и наплавке при ремонте барабанов допускаются сварщики, аттестованные с соответствии с «Правилами аттестации сварщиков».

Применяемые для ремонта барабанов материалы должны отвечать требованиям «Правил устройства и безопасности эксплуатации паровых и водогрейных котлов».

Устранение коррозионных разъеданий на стенках барабана

В случае появления на стенках барабана коррозионных разъеданий устанавливают регулярное наблюдение и составляют формуляр, в котором указывают размер и расположение дефектов. Глубину разъеданий определяют по оттискам или слепкам. Оттиски делают из мягкого металла (свинец, олово), а слепки из гипса. Глубокие разъедания стенок барабана обрабатывают абразивным инструментом до удаления продуктов коррозии и создания плавных переходов. Обработанные до чистого металла разъедания тщательно контролируют на отсутствие

трещин (для этого могут быть применены цветная, магнитно-порошковая дефектоскопия или травление). При отсутствии трещин вопрос о необходимости ремонта наплавкой решается исходя из размеров получившихся выборок металла. При этом порядок наложения швов должен быть указан в технологии ремонта. При наличии на наплавленной поверхности трещин, сильной пористости необходимо удалить дефектное место механическим способом до здорового металла и вновь заварить.

Значительные коррозионные разъедания стенок устраняют вваркой заплат. Прежде всего необходимо установить границы повреждений коррозией. Затем намечают контур в форме круга, овала или прямоугольника с плавными закруглениями в углах. Радиус закругления принимают не менее 100 мм. Если барабаны клепаные, то на станке производят разметку контура вырезаемого участка так, чтобы разрез проходил посередине перемычки между отверстиями соседних заклепок или связей. Высверливают или выжигают все заклепки в удаляемой части и по одной соседней заклепке на остающемся участке. Если на удаляемом участке имеются связи, то их удаляют в первую очередь. По выполненной разметке вырезают дефектный участок. Производят подготовку кромок отверстия для последующей вварки заплаты, после чего вокруг вырезанного отверстия удаляют один ряд связей (если они имеются). По вырезанному контуру отверстия делают шаблон из листового металла, после чего по нему вырезают заплату из листа котельной стали. Вставку пригоняют по месту, обеспечивая необходимую разделку под сварку швов, производят разметку под отверстия для заклепок и связей. Сверловку отверстий производят с учетом последующей развертки до необходимого размера. Когда заплату устанавливают на цилиндрическую часть барабана, то лист, из которого вырезают заплату, предварительно вальцуют на листогибочных вальцах. Радиус вальцевания должен быть примерно на 10 % меньше необходимого, так как при сварке заплата несколько распрямляется.

Если не принять специальных мер, при сварке могут появиться большие усадочные напряжения. Снижение этих напряжений достигается либо несимметричной установкой заплаты в отверстие, либо изгибом заплаты (рис. 5.10, *а*).

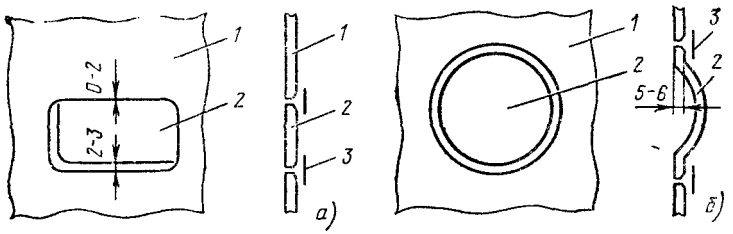


Рис. 5.10. Схема установки заплаты для уменьшения усадочных напряжений при сварке:

а — несимметричная установка; *б* — изгиб заплаты; *1* — основной материал барабана; *2* — заплаты; *3* — установочная планка

При несимметричном расположении заплату перед сваркой устанавливают таким образом, чтобы зазор между ней и кромками отверстия не превышал 2 мм, с двух других сторон зазоры должны быть 2—3 мм.

Сварку начинают в местах с увеличенным зазором. При этом усадочные напряжения значительно снижаются тем, что заплата не защемлена и может перемещаться. Зазоры со сторон, с которых ведется сварка, уменьшаются, а с двух сторон увеличиваются. После окончания приварки двух сторон заплаты проваривают две другие стороны.

При толщине листов 20 мм круглым заплатам перед сваркой придают выпуклую форму (рис. 5.10, *б*). Стрела прогиба должна быть 5—6 мм. При вварке такой заплаты усадочные напряжения снижаются за счет ее распрямления.

При установке заплаты в отверстия используют сборочные планки, привариваемые только к заплате. Все заплаты в стенке барабана устанавливают встык, установка внахлестку запрещается.

При симметричном расположении заплату устанавливают в тело барабана на прихватках электродуговой сваркой, так чтобы зазор между заплатой и основным металлом барабана был одинаковым со всех сторон и равным 2—3 мм. Прихватки электродуговой сваркой длиной 30—50 мм необходимо выполнить в четырех точках с диаметрально противоположных сторон.

В процессе ремонта барабанов паровых котлов необходимо осуществлять систематический контроль качества сварочных работ.

При предварительном контроле проверке подлежат квалификация сварщика и дефектоскописта, качество сварочных материалов, состояние сварочного оборудования, сборочно-сварочных приспособлений, аппаратуры и приборов дефектоскопии.

При пооперационном контроле проверяют:

соответствие марок материалов свариваемых элементов запроектированной марке стали;

качество подготовки деталей под сварку;

качество сборки перед сваркой;

режим предварительного нагрева;

в процессе выполнения сварки — режим сварки, порядок наложения отдельных слоев, их форму, зачистку от шлака между слоями, наличие надрывов, пор, трещин и других внешних дефектов в сварных швах.

Готовые сварные стыки подвергают внешнему осмотру и измерениям, ультразвуковой или радиографической дефектоскопии, гидравлическому испытанию.

Все перечисленные виды и методы контроля должна производить организация, выполняющая сварочные работы.

Результаты контроля сварных соединений всеми методами должны фиксироваться в соответствующих документах (журналах, картах, формулярах и др.).

Дефекты и способы ремонта заклепочных швов барабана

Дефекты в заклепочных швах барабана выявляются в процессе эксплуатации по пропариваниям и течи, при проведении гидравлических испытаний, при внутреннем и наружном осмотрах котла, а также при проведении контроля физическими методами за состоянием металла (этот контроль проводится в соответствии с ведомственными нормативными документами).

При гидравлических испытаниях осматривают все доступные места заклепочных швов. При капитальном ремонте осматривают участки заклепочных швов в недоступных местах, сняв изоляцию, торкрет или обмуровку. Этот осмотр совмещают с проверкой металла барабанов на отсутствие коррозионных разъеданий.

Наружный осмотр заклепочных соединений производят до очистки барабана от загрязнений, так как в этом

случае у кромок швов и головок заклепок легко обнаружить солевые отложения, которые свидетельствуют о наличии в шве дефектных участков. После очистки заклепочных швов их вторично осматривают.

Плотность посадки заклепок проверяют простукиванием по головкам ручником. Звук не должен быть дребезжащим.

При осмотре обращают внимание на состояние кромок шва и на расстояние от кромки до центра отверстий. Отход кромки наладки от места чеканки указывает на смещение склепываемых листов. В этом случае необходимо снять накладки, осмотреть основные листы барабана и переклепать весь шов.

В местах заклепочных швов, в которых выявлены пропаривание, течь или дефектные заклепки, внимательно проверяют лупой, нет ли трещин в накладках в основных листах барабана. Трещины могут быть между заклепочными отверстиями и располагаться от заклепочных отверстий к кромкам шва.

Ремонт барабанов с большими коррозионными разъеданиями в районе заклепочных швов сложен и часто требует замены участков заклепочного соединения. Коррозионные разъедания в таком случае устраняют электродуговой наплавкой, когда их глубина превышает 10 % толщины листа. Соседние с наплавленным участком заклепки после наплавки подчеканивают или заменяют, так как при нагревании они ослабевают.

Если разъедание металла основных листов или накладок начинается от головки заклепки или окружает заклепку, тогда ее удаляют, так как она тоже подверглась коррозии. На сохранившуюся под головкой заклепки чистую поверхность металла устанавливают медную шайбу, после чего производят наплавку. Наплавленные места шлифуют.

Если в районе коррозионных разъеданий находится группа заклепок, то при наплавке оставляют несколько рассредоточенных заклепок, которые удаляют после установки остальных, ранее вынутых или после установки болтов, которые не позволяют наплавленному листу коробиться.

Наплавка на поверхность барабана, включая продольные и кольцевые швы, выполняется при глубине выборки не более $^1/_3$ толщины стенки и при длине не более 250 мм.

Наплавка должна быть многослойной и выполнена без перерыва в работе. При широкой выборке первый слой следует выполнять валиками, расположенными перпендикулярно оси барабана. При узкой длинной разделке необходимо изменять направление валиков каждого слоя на противоположное. Направленная и термообработанная поверхность барабана, а также отремонтированные участки шва зачищают заподлицо с основным металлом до третьего класса чистоты и контролируют магнитно-порошковой и ультразвуковой дефектоскопией на отсутствие трещин.

Клепка проводится горячим способом. Горячий способ заключается в том, что заклепки нагревают до светло-красного каления (1000—1100 °С), а закладные головки до темно-красного каления (900 °С), после чего очищают ударом от окалины и приставшего топлива и устанавливают в отверстие. Стержни заклепок для горячей клепки нагревают в горнах или электрических нагревательных печах. Наибольшее количество заклепок можно нагревать пламенем ацетиленовой горелки. При клепке необходимо применять натяжки, обжимки, поддержки и пневматические молотки. Установленную в отверстие заклепку со стороны закладной головки укрепляют поддержкой, а с противоположной стороны осаживают молотком массой 3—4 кг. После осаживания заклепки с помощью обжимки, по которой ударяют молотком, формируют замыкающую головку. При этом для придания головке правильной формы обжимку поворачивают, меняя ее наклон, в разные стороны.

Образование головки необходимо выполнять быстро, чтобы заклепка не остыла ниже температуры 850 °С. Окончание клепки при более низкой температуре не обеспечивает необходимого обжима склепываемых листов и ухудшает качество металла заклепки. Пережог заклепки (ярко-белый цвет) недопустим.

Длина заклепок выбирается в зависимости от толщины и количества склепываемых листов с припуском длины стержня на образование замыкающей головки. Припуск для заклепок с полукруглой головкой принимают равным 1,5—1,75 диаметра и для заклепок с потайной и полупотайной головкой — 1—1,2 диаметра стержня заклепки. Отверстия под заклепки диаметром до 16,5 мм делают на 0,3 мм больше этого диаметра, а более 19 мм — на 1 мм больше его (табл. 5.12).

Таблица 5.12. **Размеры заклепок и заклепочных отверстий**

Диаметр, мм		Длина заклепки с полукруглой головкой, мм	Диаметр, мм		Длина заклепки с полукруглой головкой, мм
отверстия под заклепку	непоставленной заклепки		отверстия под заклепку	непоставленной заклепки	
10	9,5	16—85	26	25	52—180
12	11,5	22—85	29	28	60—180
14	13,5	22—100	32	31	65—180
17	16,5	22—100	35	34	70—200
20	19	22—150	38	37	75—200
23	22	38—180	—	—	—

Заклепки изготавливаются из сталей ВСт2 и ВСт3 по группе А, ГОСТ 380-71. Серы и фосфора в стали должно быть не более 0,04 %.

Готовые заклепки должны выдерживать испытание на расплющивание головки в холодном состоянии до размера 2,5 диаметра стержня без появления трещин. Пробу на закаливаемость необходимо производить у заклепок длиной более четырех диаметров путем загиба закаленного прутка на 180° вплотную.

Для придания наибольшей плотности швы подвергают чеканке, которой достигается уплотнение кромки листа на толщину 1,5—3 мм. Чеканить необходимо наружную и внутреннюю кромки. Чеканку выполняют двумя способами: осаживанием кромки с прямой подбивкой зачеканенного шва; образованием канавки вдоль зачеканенного шва. В обоих случаях кромку уплотняют, не подрубая и не вдавливая лист, к которому она прижимается. Преимуществом второго способа чеканки является уплотнение шва на большой ширине и отсутствие выпучивания места у заклепок.

Радиус закругления чеканки выбирают обычно в пределах $^1/_5$—$^1/_4$ толщины подчеканиваемого листа. При необходимости чеканят также и головки заклепок. Часто чеканить заклепочные швы не рекомендуется во избежание повреждений чеканкой второго листа.

Применение подчеканки при течи в заклепках и значительном нарушении плотности шва не дает надежных результатов. В таких случаях срубают старые заклепки и переклепывают шов. Запрещается производить чеканку при нахождении котла под паром или при его гидравлическом испытании.

Таблица 5.13. **Дефекты и брак при клепке и чеканке листов**

Вид дефектов и брака	Причины дефектов и брака
Неплотное прилегание кромки листа	Неправильное обжатие листов перед клепкой
Неплотное прилегание закладной головки заклепки	Утолщение стержня заклепки у закладной головки или неплотное прижатие поддержкой
Сбитая в сторону замыкающая головка	Скошен торец стержня заклепки
Неполная замыкающая головка	Недостаточная длина стержня заклепки
Необжатая замыкающая головка	Неправильное формирование головки обжимкой
Рваные края замыкающей головки	Перегрев заклепки. Плохое качество металла
Зарубки на замыкающей головке и листе	Неправильная чеканка
Грибовидная замыкающая головка	Неправильная осадка стержня
Смещение обеих головок	Косо просверлено отверстие
Искривление стержня заклепки	Смещение отверстий при клепке
Стержень заклепки расплющен между листами	Клепка при неплотно сжатых листах

В зависимости от нагрузки или действия силы на стенки котла швы могут быть одно-, двух- и трехрядными внахлестку, а также с шахматным расположением заклепок.

Кроме того, возможна клепка листов встык с накладками с цепным и шахматным расположением заклепок. В этом случае швы могут быть двух- и трехрядными.

В процессе клепки и чеканки необходимо вести пооперационный контроль, при котором проверяют: совпадение отверстий, диаметр и длину заклепок, плотность прилегания склепываемых листов, форму замыкающей головки. Некоторые виды дефектов и брака, возникающие при клепке и чеканке, приведены в табл. 5.13.

Вновь установленные заклепки признаются дефектными и должны быть заменены в случаях:

неполного заполнения отверстия стержнем заклепки, определяемого по дребезжащему звуку, издаваемому при ударе молотком по головке заклепки;

неплотного прилегания головок заклепки к поверхности листа;

сбитой в сторону замыкающей головки в результате небрежных клепальных работ;

маломерной замыкающей головки из-за недостаточной длины головки;

рваных краев или трещин у головки, свидетельствующих о пережоге металла или о его плохом качестве;

расплющенного между листами стержня заклепки.

Ремонт трубной системы котла

Паровой котел оснащается паропроводом насыщенного и перегретого пара, питательными, продувочными и дренажными трубопроводами. Основными видами повреждений трубопроводов в пределах котла являются коррозия, кольцевые трещины, трещины у концов труб, износ, изгиб выпучины и разрывы.

Коррозия более всего поражает питательные трубопроводы. Это объясняется тем, что в воде содержатся кислород, углекислота и соли. Основными видами разъедания питательных трубопроводов при неполной дегазации питательной воды является язвенная и точечная коррозия. Язвенная коррозия трубопроводов развивается на отдельных небольших участках поверхности. Под воздействием кислорода, влажного воздуха неработающие длительное время трубопроводы также подвержены стояночной коррозии, которая может образоваться как на наружной, так и на внутренней поверхности труб.

Причинами образования трещин и разрывов паропроводов и питательных трубопроводов являются пороки в металле, дефекты сварки и неправильная термообработка стыков, неправильные гибка и монтаж, а также гидравлические удары. Разрывы труб из-за наличия пороков в металле (трещины, плены от проката, раковины и т. п.) могут быть в любом месте трубопровода, и предупредить их можно только тщательной проверкой труб при изготовлении и установке.

Практика показывает, что трещины и разрывы труб происходят в основном в местах изгиба, околошовной зоне, дефектных участках основного металла.

Кольцевые трещины выявляются с наружной стороны кипятильных и экранных труб в месте сварки и развальцовки. Развиваясь, они проходят насквозь и увеличива-

ются в длину по окружности трубы. Поэтому при осмотре котла до очистки легко выявить сквозные трещины по бугоркам солей, которые выступают на внутренней поверхности, скапливаясь над трещинами. Наличие налета солей на наружной поверхности трубы около места развальцовки является предвестником возникновения трещин и течи.

Причинами течи также являются неправильное крепление и неравномерное удлинение труб, овальность трубных отверстий. Подвальцовка не может устранить течь надолго, так как при частой вальцовке труб происходит повреждение трубных отверстий. Поэтому необходимо все старые трубы вынуть и пришедшие в негодность заменить.

Овальность отверстий для дымогарных труб в решетке допускается не более 0,5 мм.

При большей овальности отверстия исправляют развертkой или рассверловкой, при которой уменьшение расстояния между смежными отверстиями допускается не более чем на 5 %.

Максимальное увеличение диаметра кипятильных и экранных труб, определяемое специальными шаблонами, допускается в размере 5 %, а труб пароперегревателей из легированных сталей — 2,5 и углеродистых — 3,5 %. В случае обнаружения труб, имеющих большой диаметр, их следует заменить.

Сварка труб с барабанами, коллекторами выполняется электродами типов Э-42А, Э-50А диаметром 2,5—3 мм. Для более равномерного отвода теплоты катет шва со стороны барабана на 2—4 мм больше, чем со стороны трубы (рис. 5.11). Перед сваркой концы труб и тело барабана вокруг трубы на ширину 15—20 мм зачищают до металлического блеска.

Сварочные работы по приварке труб необходимо производить при плюсовой температуре окружающего воздуха. Последовательность приварки труб выбирают с учетом максимального уменьшения сварочных напряжений и деформаций барабана (коллекторов).

Сварку желательно производить от середины к краям в шахматном порядке одновременно двумя сварщиками.

После окончания сварки каждого слоя зачищают шов до металлического блеска и проверяют внешним осмотром качество каждого слоя. При выполнении сварки

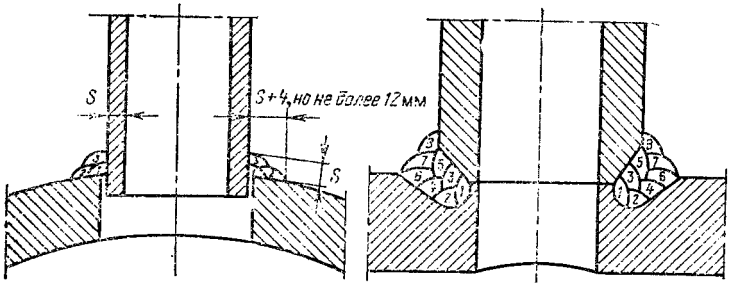


Рис. 5.11. Примерное расположение валиков и размеры шва при приварке труб к барабану или коллектору

должно быть обеспечено смещение замков на 10—15 мм.

После приварки труб к барабану (коллектору) составляют акт о качестве приварки за подписью главного инженера ремонтного участка, мастера по сварке, представителя заказчика и сварщика. Наряду с установленной технической документацией местному органу Госгортехнадзора СССР представляется технология приварки труб к барабану (коллектору), непосредственно применяемая при ремонте.

В практике ремонт трубопроводов иногда связан с заменой поврежденного участка. Резка труб производится газопламенным способом. При замене трубопровода резать трубы необходимо только на прямом участке. Рез должен находиться от конца гиба трубы на расстоянии не менее наружного диаметра трубы, но не менее 100 мм. Длина вставляемого патрубка при вварке должна быть не менее наружного диаметра трубы, но не менее 200 мм.

При бесфланцевом трубопроводе ∅ 100 мм и более место резки должно допускать раздвижку на 20—30 мм для установки на сварном стыке подкладного кольца. Обрезанный конец трубы проверяют на перпендикулярность к оси трубы угольником. При сборке стыкуемые концы зачищают внутри и снаружи до металлического блеска на ширину 20 мм.

Трубы из легированной стали должны поставляться в термообработанном состоянии. Каждая легированная труба проверяется стилоскопом на присутствие легирующих элементов независимо от наличия сертификата и маркировки.

Перед сваркой необходимо проверить разностенность, отклонение диаметра и кривизну, овальность, а также отсутствие трещин, закатов, плен и т. д.

Сварочные работы необходимо выполнять по технологии специализированной организации.

Ремонт арматуры

В процессе эксплуатации котлов арматура подвергается износу из-за трения при вращении отдельных деталей, а также из-за воздействия на нее солей, содержащихся в питательной и котловой воде. Арматуру ремонтируют на месте установки, в мастерских предприятия, а также на ремонтных заводах.

В целях ускорения ремонта котла следует иметь комплекс запасной арматуры для того, чтобы во время ремонта котла заменить ее, а снятую арматуру отремонтировать в мастерской.

Перед капитальным ремонтом котла необходимо заранее подготовить резервную арматуру, а также проверить исправность приспособлений для отрезки арматуры, разделки фасок, центровки стыков, притирки и для проведения гидравлического испытания.

До начала ремонта арматуры производят ее осмотр и выполняют разметку к снятию или ремонту на месте.

При разборке арматуры производят очистку с последующей промывкой всех ее деталей. При дефектации арматуры производят обмер рабочих поверхностей с целью установления износа и определения пригодности деталей к дальнейшей работе, проверку зазоров между сопрягаемыми деталями в основных сборочных единицах арматуры.

Размеры, допуски и шероховатость поверхностей деталей арматуры после восстановления или изготовления должны соответствовать указаниям в чертежах и технической документации на ремонт.

Для изготовления используемых в элементах котлов, болтов и шпилек, работающих при давлении до 1,6 МПа (16 кгс/см^2) и температуре до 350 °С, и гаек, работающих при давлении до 2,5 МПа (25 кгс/см^2) и температуре до 350 °С, применяют стали ВСт3сп5 и ВСт4сп3 (ГОСТ 380-71). Из углеродистых сталей 20 и 25 (ГОСТ 1050-74) можно изготавливать шпильки, болты, работающие при температуре до 400 °С и давлении до 1,6 МПа

(16 кгс/см²). Без ограничения давления можно использовать шпильки и болты из сталей 30ХМ, 30ХМА и 35ХМА (ГОСТ 4543-71), работающих при температуре до 450 °С.

Водоуказательные стекла и предохранительные клапаны должны быть сняты, разобраны, очищены и тщательно осмотрены. Неисправные детали ремонтируют или заменяют. Пропуски пара и воды из водоуказательного стекла, пробных кранов и клапанов устраняют путем их притирки, а также смены прокладок у стекол. При установке водоуказательные стекла следует закреплять осторожно, не допуская перекосов и одностороннего нажима, что может вызвать поломку стекла. При сборке клапанов обращают внимание на отсутствие перекосов и заеданий во втулках для хвостовика.

При ремонте арматуры широко применяют притирку поверхностей. Притиркой можно устранить только незначительные повреждения и неровности поверхностей глубиной не более 0,5 мм и следы резца после обработки на станке. Дефекты глубиной более 0,5 мм следует устранять на станке или при помощи специальных приспособлений на месте установки арматуры.

По окончании ремонта для проверки прочности и плотности металла корпуса и крышки, запорных органов и сальниковых уплотнений проводят гидравлическое испытание арматуры водой пробным давлением, равным 1,25 рабочего, в течение 5 мин.

Запорная арматура с электроприводом после сборки подвергается испытанию на плотность затвора путем закрытия затвора арматуры электроприводом, для чего производят два полных закрытия и открытия затвора.

Вся арматура после ремонта с вырезкой из трубопровода подвергается гидравлическому испытанию на прочность и плотность в соответствии с ГОСТ 356-80.

Предохранительные клапаны регулируют после гидравлического испытания и установки их на место.

5.9. ВИДЫ И МЕТОДЫ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ

Организация технического контроля при изготовлении, монтаже и ремонте котлов, пароперегревателей и экономайзеров должна обеспечивать систематический контроль качества производства сварочных работ и вы-

полнение соответствующих стандартов, РТМ, технических условий и правил безопасности. Контрольные операции выполняют на тех этапах производства, где это необходимо для обеспечения высокого качества деталей узлов и блоков. Применяются следующие основные виды технического контроля: предварительный и приемочный.

При предварительном контроле необходимо проверить квалификацию сварщика, термиста и дефектоскописта; состояние сварочного оборудования сборочно-сварочных приспособлений, термического оборудования и аппаратуры, приборов для дефектоскопии, обратив особое внимание на качество сварочных материалов.

При пооперационном контроле следует проверить правильность выполнения всех операций технологического процесса.

Подготовленные к сварке детали проверяют:

на наличие производственных шифров;

на соответствие формы, размеров и подготовки кромок требованиям технической документации, а также зачистки наружной и внутренней поверхностей деталей, прилегающих к разделке;

на перпендикулярность подготовленных к сварке торцов трубы (патрубка, штуцера);

на правильность выполнения переходов от одного сечения к другому, а также соответствие герметических размеров требованиям чертежей.

При сборке деталей проверяют:

зазор между стыкуемыми элементами, а также между подкладным кольцом и внутренними поверхностями труб и деталей;

соответствие смещения кромок стыкуемых элементов установленным допускам;

соответствие сварочных материалов, применяемых для сварки, требованиям производственных инструкций;

соответствие общих геометрических размеров собранного узла указанным на чертежах, а также правильность взаимного расположения деталей;

соответствие режимов подогрева (если он необходим) под сварку установленным требованиям;

выполнение требований по расположению сварных соединений;

правильность расположения сварных соединений относительно опор.

В процессе сварки проверяют:

качество сварки и зачистки корневого шва и порядок наложения отдельных слоев;

соблюдение заданных режимов сварки (вид и полярность сварочного тока и напряжение в дуге, диаметр электродов или присадочной проволоки, скорость сварки, скорость подачи проволоки, давление и расход сварочного газа, мощность и характер сварочного пламени);

выполнение установленного порядка при вынужденных перерывах процесса сварки;

подлежащие термической обработке сварные соединения подвергают внешнему осмотру и измерениям с целью выявления наружных дефектов.

Приемочный контроль качества ремонта котлов, трубопроводов проводят в объеме, предусмотренном требованиями Правил по котлам. Этот контроль осуществляют после термической обработки, если она предусмотрена для данного изделия. Проведение контроля перечисленными методами должно быть оформлено соответствующими документами.

Контроль качества сварных соединений производится следующими методами: внешним осмотром и измерением; ультразвуковой дефектоскопией; просвечиванием (рентгено- или гаммаграфированием); механическим испытанием и металлографическим исследованием контрольных образцов. Все перечисленные виды и методы контроля должна осуществлять организация, выполняющая сварочные работы.

Ультразвуковому контролю или просвечиванию на изделиях из сталей перлитного и мартенситно-ферритного классов подлежат все сварные швы по всей длине соединения: барабанов и камер с толщиной стенки менее 30 и 15 мм соответственно; барабанов и камер со штуцерами внутренним диаметром 100 мм и более независимо от толщины стенки; швы, выполненные электродуговой или газовой сваркой на трубопроводах наружным диаметром менее 200 мм с толщиной стенки менее 15 мм для котлов с рабочим давлением 3,9 МПа (39 кгс/см^2) и ниже, — не менее 10 % и на трубах поверхностей нагрева с рабочим давлением ниже 10 МПа (100 кгс/см^2) — не менее 5 % (но не менее пяти стыков) общего числа

однотипных стыков[1] котла, выполненных каждым сварщиком (поверхность нагрева проверяется на длине не менее 50 % периметра контролируемого соединения).

Обязательно проводят ультразвуковой контроль стыковых сварных швов по всей длине соединения с толщиной стенки барабанов свыше 30, а камер и трубопроводов более 15 мм.

5.10. ТЕХНИЧЕСКАЯ ДОКУМЕНТАЦИЯ

В котельной должна вестись необходимая техническая документация. Каждый котел, пароперегреватель, экономайзер имеет технический паспорт установленной формы. В паспорте указываются сведения: о местонахождении котла; об установленной арматуре; о замене и ремонте основных элементов котла (документы, подтверждающие качество вновь установленных, взамен изношенных элементов котла, качество применяемых при ремонте материалов, электродов, а также сварки, должны храниться наравне с паспортом); об основных частях котла; запись результатов освидетельствования и др.

Кроме этого в котельной должен быть сменный (вахтенный) журнал котельной, установленной администрацией формы для записей результатов проверки котлов и вспомогательного оборудования, водоуказательных приборов, сигнализаторов предельных уровней воды, манометров, предохранительных клапанов, питательных приборов, средств автоматики и регулирования, времени и продолжительности продувки котлов, а также других данных.

В журнале записывают распоряжения начальника котельной или лица, его заменяющего, о растопке или остановке котла. Записи в журнале ежедневно проверяются лицом, ответственным за безопасную эксплуатацию котлов. В ремонтный журнал котла вносят сведения о выполненных всех ремонтных работах. Замена

---

[1] Однотипными стыками считаются сварные соединения труб (патрубков) из стали одной марки, имеющие одинаковую конструкцию и форму раздела кромок, выполненные по единому технологическому процессу и отличающиеся как по наружному диаметру, так и по толщине стенки труб не более чем на 50 % (в одну сторону).

При определении однотипных сварных стыков труб наружным диаметром свыше 450 мм соотношение наружных диаметров может не учитываться.

труб, заклепок и подвальцовка соединений труб с барабанами и камерами должна отмечаться на схеме расположения труб (заклепок).

В журнал по водоподготовке записывают результаты анализов воды и операции по обслуживанию оборудования водоподготовки. При остановке котла для очистки внутренних поверхностей нагрева должны быть записаны вид и толщина накипи и шлама, наличие коррозии, а также признаки неплотностей (парение, наружные нарости солей) в заклепочных и вальцовочных соединениях.

Должны вестись аккуратно журналы: контрольных проверок манометров, предохранительных клапанов; регистрации заливки; испытания и установок контрольных легкоплавких пробок; проверки автоматики безопасности; противоаварийных тренировок; работы ГРУ (ГРП); регистрации инструктажа персонала; регистрации и выдачи нарядов-допусков.

Помимо журналов должны иметься: выписки из приказа о назначении ответственного за газовое хозяйство (если котлы работают на газе) и за безопасную эксплуатацию котлов; список и график работы машинистов; график проверки работы машинистов в ночные и вечерние смены, в выходные и праздничные дни; протокол заседания комиссии по проверке знаний персонала; протокол заседания квалификационной комиссии; график профилактических осмотров и ремонтов оборудования.

Формы документации применительно к местным условиям эксплуатации котельных, конструкции котлов, видов топлива, автоматизации управления котлов могут быть изменены или дополнены.

Примерные формы оперативно-эксплуатационных журналов, заполняемых персоналом котельной приведены в приложении.

5.11. ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ И РЕМОНТЕ КОТЛОВ

Для соблюдения требований техники безопасности при эксплуатации или ремонте котлов необходимо, чтобы все рабочие и инженерно-технические работники хорошо знали эти требования.

Порядок проверки знаний правил, норм и инструкций по технике безопасности руководящими и инженерно-

техническими работниками установлен положением *, утвержденным Госгортехнадзором СССР, согласованным с ВЦСПС.

Согласно положению руководящие и инженерно-технические работники, а также мастера предприятий, производств, объектов и организаций, подконтрольных органам Госгортехнадзора СССР, обязаны не реже 1 раза в 3 года сдавать экзамены на знание правил, норм и инструкций по технике безопасности, если отраслевыми или другими правилами не предусмотрена другая периодичность сдачи таких экзаменов.

К работе по ремонту тепломеханического оборудования допускаются рабочие не моложе 18 лет, прошедшие медицинский осмотр и после обучения сдавшие экзамены по утвержденной программе. Рабочим, выдержавшим экзамен, выдается удостоверение с его фотографией. Повторная проверка знаний рабочих должна проводиться периодически 1 раз в год. Рабочий может быть допущен к работе только после прохождения вводного инструктажа на рабочем месте. Проведение инструктажа должно быть оформлено записью в журнале регистрации производственного инструктажа по технике безопасности. Повторный инструктаж должен производиться не реже 1 раза в 3 мес.

До начала производства каких-либо работ внутри барабана, камеры или коллектора котла, соединенного с другими работающими котлами общими трубопроводами (паропровод, питательные, дренажные и спускные линии и т. п.), а также перед осмотром или ремонтом элементов, работающих под давлением, при наличии опасности ожога людей паром или водой котел должен быть отключен от всех трубопроводов заглушками или отсоединен; отсоединенные трубопроводы также должны быть заглушены.

Заглушки, применяемые для отключения котла и устанавливаемые между фланцами трубопроводов, должны быть соответствующей прочности и иметь выступающую часть (хвостовик), по которой определяется ее наличие. Прокладки, которые устанавливаются между фланцами и заглушками, не должны иметь хвостовиков.

* Типовое положение о проверке знаний руководящими и инженерно-техническими работниками правил, норм и инструкций по технике безопасности. Утверждено Госгортехнадзором СССР 22 XI 1968 г., согласовано с ВЦСПС 23 X 1968 г.

Допуск людей внутрь котла необходимо производить при температуре в котле не выше 45 °С только по письменному разрешению (наряду-допуску) начальника или заведующего котельной после проведения соответствующей проверки. Открывать люки барабана следует осторожно: на руках должны быть надеты плотные рукавицы, лицо подставлять близко к люку не рекомендуется.

Работы в топке и газоходах могут производиться лишь после того, как место работы будет провентилировано и надежно защищено от проникновения газов и пыли от работающих котлов путем закрытия и уплотнения заслонок с запором их на замок или устройства временных кирпичных стен. Необходимо знать, что время пребывания людей в топке (газоходе) при температуре 50—60 °С не должно превышать 20 мин. Кроме того, при работе на газообразном или пылевидном топливе ремонтируемый котел должен быть надежно отделен от общего газопровода или пылепровода в соответствии с производственной инструкцией.

При отсутствии естественной тяги находиться в топке и газоходах запрещается.

При производстве работ в барабане или газоходах котла рабочим необходимо пользоваться очками, а снаружи у лаза должен находиться наблюдающий за ходом работ, передающий рабочему инструмент и материалы.

На вентилях, задвижках и заслонках при отключении соответствующих трубопроводов, паропроводов, газопроводов и газоходов, а также на пусковых устройствах дымососов, дутьевых вентиляторов необходимо вывешивать плакаты «Не включать, работают люди», при этом у пусковых устройств дымососов, дутьевых вентиляторов следует снять плавкие вставки.

Леса для выполнения работ внутри газоходов или снаружи котла сооружаются по проекту или по указанию начальника или заведующего котельной. При изготовлении лесов необходимо правильно выбрать материал, следить за прочностью их крепления, наличием ограждений и бортовых полос.

Во время работы внутри барабана следует пользоваться переносными лампами напряжением не выше 12 В.

На рабочем месте сварщика должен быть минимальный набор инвентаря и инструментов. Электросварщи-

ки должны иметь защитный щиток или маску, рукавицы, молоток, зубило или крейцмейсель для отбивки шлака, стальную щетку, личное клеймо и шаблоны для проверки геометрии швов.

Кроме того, сварщикам по ручной электродуговой сварке необходимо иметь пеналы или пакет из влагостойкой бумаги для хранения электродов и ящик или сумку для электродов с отделением для огарков; сварщикам для ручной аргонодуговой сварки неплавящимся электродом — набор заточенных вольфрамовых электродов и пассатижи; сварщикам-операторам по автоматической аргонодуговой сварке неплавящимся электродом — набор заточенных вольфрамовых электродов, комплект гаечных ключей к автомату, пассатижи с кусачками для проволоки. Газосварщикам необходимо иметь защитные очки со светофильтрами типа Г, молоток, зубило, стальную щетку и личное клеймо.

Вращающиеся части насосов, тягодутьевых машин, а также электрооборудование защищаются специальными ограждениями или щитками. Электрические кабели и проводка должны быть изолированы, а корпуса электродвигателей и трансформаторов, рукоятки и кожухи пусковых устройств заземляются.

Температура наружной поверхности обмуровки работающих котлов не должна превышать 45 °С, а трубопроводов и оборудования, допускаемых для обслуживающего персонала, —45 °С.

Температура воздуха в местах постоянного пребывания обслуживающего персонала зимой должна быть не ниже 12 °С, летом — не более чем на 5 °С выше температуры наружного воздуха.

В котельной должна быть аптечка с необходимыми медикаментами и перевязочными материалами.

ПРИМЕРНЫЕ ФОРМЫ ОПЕРАТИВНО-ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ЖУРНАЛОВ, ЗАПОЛНЯЕМЫХ ПЕРСОНАЛОМ КОТЕЛЬНОЙ

Наименование предприятия _____

Форма сменного (вахтенного) журнала за 19 г.

Дата дежурства, время приема и сдачи смен	Номера котлов, находящихся в эксплуатации	Давление пара в котле, МПа(кгс/см²)	Время, ч/мин		Периодическая продувка котлов		Заключение о состоянии оборудования										
			растопки котлов	остановки котлов	Время продувки		Топка и обмуровка котла	Дымососы и вентиляторы	Насосы					Предохранительные клапаны и манометры	Запорная и регулирующая арматура	Водоуказательные приборы	Сигнализаторы предельных уровней воды
					Начало продувки	Окончание продувки			резервные	питательные	подпиточные	рециркуляционные	сетевые				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18

Продолжение прилож. 1

Приборов котельной						Подпись ответственного по смене		Замечания по работе котлов и котельного оборудования	Подпись начальника котельной и других проверяющих
Автоматика безопасности		Автоматика горения	Давление газа или жидкого топлива перед горелками	Аварийное освещение, сигнализация для вызова администрации	Трубопроводы пара и горячей воды в пределах котельной	Сдал смену	Принял смену		
автоматика питания	отсекатели топлива								
19	20	21	22	23	24	25	26	27	28

ФОРМА ЖУРНАЛА ПО ВОДОПОДГОТОВКЕ

Дата и время приема и сдачи смен	Номера фильтров, находящихся в работе	Номера котлов, находящихся в работе	Время периодической продувки паровых котлов из нижних точек, ч мин		Исходная вода		Химически очищенная вода			Питательная вода паровых котлов						
			начало продувки	конец продувки	Жесткость, мг-экв/кг	Щелочность, мг-экв/кг	Номера фильтра	Жесткость после I ступени, мкг-экв/кг	Жесткость после II ступени, мкг-экв/кг	Общая жесткость, мкг-экв/кг	Содержание растворенного кислорода, мкг/кг	Содержание свободной углекислоты, мг/кг	Содержание железа, мкг/кг	Давление (вакуум) в деаэраторе, МПа (кгс/см²)	Температура деаэрированной воды, °С	Щелочность, мг-экв/кг
					Н	Н		1	1	4	24	24	Н	4	4	8

Продолжение прилож. 3

Котловая вода паровых котлов			Подпиточная вода водогрейных котлов						Регенерация натрий-катионитовых фильтров					Конденсат			Подпись лаборанта-аппаратчика	
Щелочность																		
общая, мг-экв/кг	по фенолфталеину, мг-экв/кг	солесодержание, мг/кг	Общая жесткость, мкг-экв/кг	Карбонатная жесткость, мкг-экв/кг	Содержание растворенного кислорода, мкг/кг	Содержание взвешенных веществ, мг/кг	Содержание свободной углекислоты, мг/кг	Показатель pH	Содержание свободной CO_2, мг/кг	Номера фильтров	Взрыхление, мин	Подача раствора соли, мин.	Отмывка, мин	Карбонатная жесткость умягченной воды, мкг-экв/кг	Общая жесткость, мкг-экв/кг	Щелочность по фенолфталеину, мг-экв/кг	Щелочность по метилоранжу, мг-экв/кг	Общая жесткость, мкг-экв/кг	Смену сдал	Смену принял
2	2	М	4	4	24	М	24	24	24							4	4	4		

Примечание: Цифры 1, 2, 4 и 24 — производство анализов соответственно через 1, 2, 4 и 24 часа
Н — один раз в неделю; М — один раз в месяц.

ПРИЛОЖЕНИЕ 3

Форма суточной ведомости работы парового котла

регистрационный (заводской) №_____ за «_____»_____ 19 г.

Время, ч/мин	Температура воды, °С		Пар				Газ			Воздух			Уходящие газы							
							Давление, МПа (кгс/см²)			Давление, МПа (кгс/см²)				Содержание за котлом		Температура, °С		Разрежение, МПа (кгс/см²)		
	перед экономайзером	за экономайзером	Давление, МПа (кгс/см²)	Температура, °С	Показание паромера	Паропроизводительность, т/ч	За ГРП	перед горелками		за вентилятором	перед горелками		Температура перед вентилятором, °С	CO_2	O_2	за котлом	за экономайзером	в топке	за котлом	перед дымососом
								№ 1	№ 2		№ 1	№ 2								
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21

ПРИЛОЖЕНИЕ 4

Форма ремонтного журнала

Тип котла _____ регистрационный (заводской) № _____

Дата вывода котла в ремонт, на очистку и промывку. Причина вывода в ремонт	Места установленных заглушек (паровые, питательные и другие линии) номера установленных заглушек	Фактически отработанное время котла от последнего ремонта, очистки или промывки	Дата выдачи наряда-допуска и его номер	Результаты осмотра котла до ремонта (состояние поверхностей нагрева, барабана и других элементов котла, экономайзера и пароперегревателя) толщина накипи, наличие шлама, подпись лица ответственного за безопасную эксплуатацию	Перечень выполненных работ при ремонте, очистке или промывке. Перечень документов с указанием номера или даты подтверждающих качество ремонта	Фамилия и подпись ответственного за ремонт	Заключение о качестве ремонта и готовности котла к эксплуатации. Дата включения котла в работу	Подпись лица, ответственного за безопасную эксплуатацию котла
1	2	3	4	5	6	7	8	9

ПРИЛОЖЕНИЕ 5

Форма журнала контрольных проверок манометров

Место установки манометра	Данные проверяемого манометра				
	Среда	Шкала (размер)	Заводской номер	Класс точности	Классная черта или металлическая пластина на шкале (какому делению соответствует)
1	2	3	4	5	6

Продолжение прилож. 5

Данные контрольного или рабочего манометра			Дата последней проверки Госповерителем	Проверка манометров предприятием		Подпись лиц, производивших проверку
Класс точности	Заводской номер	Шкала		Дата проверки	Результаты проверки	
7	8	9	10	11	12	13

ПРИЛОЖЕНИЕ 6

Форма журнала ГРП (ГРУ)

Дата и время записи	Давление газа, МПа (кгс/м²)		Перепад давления на фильтре, МПа (кгс/см²)	Температура		Показания счетчика, м³	Расход газа, м³	Замечания по состоянию оборудования	Подпись ответственного по смене
	входного	выходного		газа	воздуха помещения				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

ПРИЛОЖЕНИЕ 7

Форма журнала учета проверки знаний обслуживающего персонала котельной

Фамилия, имя, отчество	Специальность, профессия	Кем выдано, номер или дата выдачи удостоверения	Ежегодные повторные проверки знаний											
			19 г.		19 г.		19 г.		19 г.		19 г.		19 г.	
			Оценка	Номер протокола, дата	Оценка	Номер протокола, дата	Оценка	Номер протокола, дата	Оценка	Номер протокола, дата	Оценка	Номер протокола, дата	Оценка	Номер протокола, дата
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

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

2. **Правила** устройства и безопасной эксплуатации трубопроводов пара и горячей воды. — М.: Недра, 1970.

3. **Правила** устройства и безопасной эксплуатации сосудов, работающих под давлением. — М.: Металлургия, 1975.

4. **Правила** безопасности в газовом хозяйстве. Изд. 2-е. — М.: Недра, 1982.

5. **Сборник** правил и руководящих материалов по котлонадзору. Изд. 4-е. — М.: Недра, 1977.

6. **Галкин В. И., Куликов В. Е.** Эксплуатация и ремонт котельных установок. — М.: Энергоатомиздат, 1983.

7. **Киселев Н. А.** Устройство и эксплуатация котлов и котельного оборудования. — М.: Высшая школа, 1976.

8. **Панин В. Н.** Котельные установки малой и средней мощности. Изд. 3-е. — М.: Стройиздат, 1968.

9. **Кибрик П. С., Либерман Г. Р.** Эксплуатация котельных установок небольшой производительности. — М.: Энергия, 1969.

10. **Кибрик П. С., Либерман Г. Р.** В помощь машинисту (кочегару) паровых котлов. — Изд. 2-е. — М.: Энергия, 1972.

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

12. **Роддатис К. Ф., Соколовский Я. Б.** Справочник по котельным установкам малой производительности. — М.: Энергия, 1975.

13. **Роддатис К. Ф.** Котельные установки. — М.: Энергия, 1977.

14. **Фролов Ф. М.** Кочегар водогрейных и паровых котлов. — М.: Недра, 1968.

15. **Киселев Н. А.** Котельные установки. — Изд. 2-е. — М.: Высшая школа, 1979.

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

17. **Проценко П. Е., Штоффер А. З.** Эксплуатация котельных малой мощности. — Изд. 2-е. — М.: Стройиздат, 1971.

18. **Вергазов В. С.** Спутник машиниста отопительных котельных. — М.: Стройиздат, 1980.

19. **Зиборов Н. М., Мишустин М. Е., Попов Г. С.** Промышленные паровые котлы малой мощности. — М.: Госэнергоиздат, 1961.

20. **Стоцкий Л. Р.** Кочегар котельных на жидком и газообразном топливе. — М.: Недра, 1969.

21. **Чепель В. М., Шур И. А.** Сжигание газов в топках котлов и печей и обслуживание газового хозяйства предприятий. — Изд. 7-е. — Л.: Недра, 1980.

22. **Столпнер Е. Б.** Пособие для персонала газифицированных котельных. — Л.: Недра, 1979.

23. **Эстеркин Р. И.** Промышленные парогенерирующие установки. — Л.: Энергия, 1980.

24. **Эстеркин Р. И.** Эксплуатация котлоагрегатов на газовом топливе. — Л.: Недра, 1974.

25. **Павлов И. И., Федоров М. Н.** Котельные установки и тепловые сети. — М.: Стройиздат, 1977.

26. **Смирнов В. П.** Котельные установки. — М.: Госэнергоиздат, 1959.

27. **Бузников Е. Ф.** Производственные и отопительные котельные, —М.: Энергия, 1974.

28. **Внуков А. К.** Экспериментальные работы на парогенераторах. — М.: Энергия, 1971.

29. **Эстеркин Р. И., Иссерлин А. Е., Певзнер М. И.** Методы теплотехнических измерений и испытаний при сжигании газа. — М.: Недра, 1972.

30. **Панюшева Э. Ф., Столпнер Е. Б.** Наладка отопительных котлов, работающих на газе. — Л.: Недра, 1976.

31. **Кемельман Д. Н., Эскин Н. Б., Давидов А. А.** Наладка котлоагрегатов. Справочник. — М.: Энергия, 1976.

32. **Дежкин В. Н.** Методика испытаний и исследований котельных установок. — М.: Госэнергоиздат, 1977.

33. **Берсенев И. С., Волков М. А., Давыдов Ю. С.** Автоматика отопительных котлов и агрегатов. — М.: Стройиздат, 1979.

34. **Волков М. А., Коротеев Т. И., Волков В. А.** Эксплуатация котельных установок на газообразном топливе. — М.: Стройиздат, 1976.

35. **Белан Ф. И., Сутоцкий Г. П.** Водоподготовка промышленных котельных. — М.: Энергия, 1969.

36. **Гуревич С. М., Кострикин Ю. М.** Оператор водоподготовки. — М.: Энергоиздат, 1981.

37. **Лившиц О. В.** Справочник по подготовке котельных установок. — М.: Энергия, 1976.

38. **Справочник** химика-энергетика. Т. 1/ Под общ. ред. С. М. Гурвича. — М.: Энергия, 1972.

39. **Кострикин Ю. М., Гурвич С. М.** Инструкция по анализу воды, пара и отложений в теплосиловом хозяйстве. — М.: Энергия, 1967.

40. **СНиП 25-76, СНиП 35-76.** Котельные установки. — М.: Стройиздат, 1977.

41. **ГОСТ 20995.** Котлы паровые стационарные с давлением до 4,0 МПа. Показатели качества питательной воды и пара.

42. **ОСТ 108.03.47-81.** Котлы водогрейные, качество сетевой и подпиточной воды.

43. **Деаэраторы** атмосферного и повышенного давления. Каталог-справочник. — М.: НИИинформтяжмаш, 1972.

44. **Деаэраторы** вакуумные. Каталог-справочник. — М.: НИИинформтяжмаш, 1972.

45. **Хромченко Ф. А.** Сварка оборудования электростанций. — М.: Энергия, 1977.

46. **Справочник** по ремонту котлов и вспомогательного котельного оборудования / Под общ. ред. В. Н. Шастина. — М.: Энергоиздат, 1981.

47. **Антикайн П. А., Зыков А. К.** Изготовление объектов котлонадзора. — М.: Металлургия, 1980.

48. **Цешковский А. А.** Специализированный ремонт котельных агрегатов. — М.: Высшая школа, 1970.

49. **Дудко С. И.** Ремонт котлов отопительных котельных. — Киев: Будівельник, 1973.

50. **Семиков Ф. П.** Ремонт котельного оборудования. — Изд. 2-е, испр. и доп. — Киев: Техника, 1976.

51. **Бронников А. И.** Ремонт паровых котлов большой мощности. — М. — Л.: Госэнергоиздат, 1963.

52. **Синягин Н. Н., Афанасьев Н. А., Новиков С. А.** Система планово-предупредительного ремонта энергооборудования промышленных предприятий. — М.: Энергия, 1975.

53. **Руководящие** технические материалы по сварке при монтаже оборудования тепловых электростанций (РТМ-1С-81). — М.: Энергоиздат, 1982.

54. **Правила** аттестации сварщиков. — М.: Металлургия, 1971.

55. **Котлы** стационарные паровые и водогрейные и трубопроводы пара и горячей воды. Нормы расчета на прочность (ОСТ 108.031.02-75). — Л.: НПО ЦКТИ, 1975.

56. **Инструкция** по ручной электродуговой сварке труб из углеродистых и низколегированных сталей. — М.: Оргэнергострой, 1967.

57. **Инструкция** по ремонту элементов водогрейных котлов в процессе монтажа и эксплуатации с $p=25$ кгс/см^2 Дорогобужского котельного завода, 1980.

58. **Паровые** котлы ДКВР. Краткое описание и инструкция по монтажу и эксплуатации Бийского котельного завода, 1977.

59. **Зыков А. К.** Контроль качества монтажа и ремонта оборудования электростанций. — М.: Энергоиздат, 1982.

60. **Гурвич А. К., Ермолов И. Н.** Ультразвуковой контроль сварных швов. — Киев: Техника, 1972.

61. **Онищенко Н. П.** Техника безопасности при эксплуатации котельных установок. — Изд. 2-е. — М.: Стройиздат, 1971.

62. **Правила** технической эксплуатации электроустановок потребителей. — Изд. 3-е. М.: Атомиздат, 1970.

63. **Правила** техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей. — М.: Атомиздат, 1970.

64. **ГОСТ 23172-78.** Котлы стационарные, термины и определения.

65. **ГОСТ 21563-82.** Котлы водогрейные стационарные. Основные параметры.

66. **Днепров Ю. В., Смирнов Д. Н., Файнштейн М. С.** Монтаж котельных установок малой и средней мощности. — М.: Высшая школа, 1980.

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

68. **Бузников Е. Ф., Роддатис К. Ф., Берзиньш Э. Я.** Производственные и отопительные котельные. — М.: Энергоатомиздат, 1984.

69. **Кузнецов А. Г.** Монтаж прочно-плотных вальцованных соединений. — М.: Энергия, 1977.

70. **Гинзбург-Шик Л. Д.** Металл для паровых котлов и трубопроводов. — М.: Энергоатомиздат, 1983.

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

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие 3

Глава первая. **Паровые и водогрейные котлы** . . . 4

1.1. Основные сведения о котлах 4
1.2. Конструкции паровых и водогрейных котлов . . 7

Глава вторая. **Эксплуатация паровых и водогрейных котлов** 42

2.1. Персонал котельной и его обязанности 42
2.2. Приемка и сдача машинистами смены 46
2.3. Подготовка стационарного парового котла к растопке 49
2.4. Включение стационарного парового котла в работу 60
2.5. Уход за стационарным паровым котлом во время работы 61
2.6. Остановка стационарного парового котла на короткое время 70
2.7. Аварийная остановка стационарного парового котла 73
2.8. Особенности эксплуатации стационарных водогрейных котлов 77
2.9. Наблюдение за работой стационарного водогрейного котла 81
2.10. Аварийная остановка стационарного водогрейного котла 83
2.11. Обслуживание питательных приборов, вспомогательного оборудования и арматуры 83
2.12. Автоматика безопасности регулирования для водогрейных котлов типа ПТВМ 108
2.13. Автоматика котлов Е-1/9-1М с горелочным устройством АР-90 114
2.14. Обслуживание систем автоматики 119
2.15. Способы консервации котлов 122

Глава третья. **Водный режим паровых и водогрейных котлов** 124

3.1. Общие положения 124
3.2. Предварительная обработка воды 127
3.3. Обработка воды для питания паровых котлов . . 128
3.4. Обработка воды систем теплоснабжения и горячего водоснабжения 130
3.5. Основные схемы обработки воды 131
3.6. Устройство фильтров и подготовка их к пуску . . 140
3.7. Деаэрация питательной воды 142

3.8. Нормы качества питательной воды 147
3.9. Щелочение котлов 150
3.10. Внутренняя очистка поверхностей котлов . . . 153
3.11. Продувка котлов 157

Глава четвертая. **Техническое освидетельствование котлов** 160

4.1. Общие положения 160
4.2. Внутренний осмотр 163
4.3. Гидравлическое испытание котла 175
4.4. Испытание котла на паровую плотность . . . 177

Глава пятая. **Ремонт паровых и водогрейных котлов** . 179

5.1. Организация ремонтных работ 179
5.2. Требования к материалам 187
5.3. Сварочные материалы 198
5.4. Требования к сварке 206
5.5. Вальцованные соединения труб 218
5.6. Гибка труб 227
5.7. Термическая обработка 231
5.8. Ремонт барабанов, трубопроводов и арматуры . . 234
5.9. Виды и методы контроля качества сварных соединений 248
5.10. Техническая документация 251
5.11. Техника безопасности при эксплуатации и ремонте котлов 252

Приложения 256
Список литературы 260

ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ ИЗДАНИЕ

ПАВЕЛ АЛЕКСЕЕВИЧ БАРАНОВ

ЭКСПЛУАТАЦИЯ И РЕМОНТ ПАРОВЫХ И ВОДОГРЕЙНЫХ КОТЛОВ

Редактор *А. К. Зыков*
Редактор издательства *А. А. Кузнецов*
Художественные редакторы
В. А. Гозак-Хозак, А. А. Белоус
Технический редактор *Н. П. Собакина*
Корректор *М. Г. Гулина*

ИБ № 1835

Сдано в набор 10.02.86. Подписано в печать 11.05.86. Т-11771. Формат 84×108$^1/_{32}$. Бумага тип. № 1. Гарнитура литературная. Печать высокая. Усл. печ. л. 13,86. Усл. кр.-отт. 14,02. Уч.-изд. л. 14,94. Тираж 35 000 экз. Заказ № 459. Цена 1 р.

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

Владимирская типография Союзполиграфпрома при Государственном комитете СССР по делам издательств, полиграфии и книжной торговли 600000, г. Владимир, Октябрьский проспект, д. 7