ГОССТРОЙ СССР
Главпромстройпроект
СОЮЗСАНТЕХПРОЕКТ
Государственный проектный институт
САНТЕХПРОЕКТ

УТВЕРЖДАЮ:
/ДИРЕКТОР ГПИ САНТЕХПРОЕКТ
Н.КОХАНЕНКО

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОСУЩЕСТВЛЕНИЮ ПРОДУВКИ КОТЛОВ И РАСЧЕТУ СОСТАВА СБРАСЫВАЕМЫХ ПРИ ЭТОМ ВОД

ИЗ-91

Москва - 1974

gost.e-ecolog.ru

СОДЕРЖАНИЕ

Стр.

I.Назначение и задачи продувки котлов 3

2.Расчет величины продувки котлов ... 6

3.Нормы качества котловой воды 9

4.Схемы непрерывной продувки котлов.. 13

5.Расчет сепараторов непрерывной продувки 16

6.Сброс продувочной воды котлов 21

7.Литература 26

©

Государственный проектный институт
Сантехпроект Главпромстройпроекта
Госстроя СССР
(ГПИ Сантехпроект), 1974

УДК 621.187.2

I. Назначение и задачи продувки котлов

Нормальная работа котельного агрегата обуславливается, прежде всего, качеством котловой воды.

От качества котловой воды зависит:

а) чистота пара;

б) чистота поверхности нагрева котла;

в) коррозийная безопасность металла котла и пароконденсатного тракта.

Основным средством для поддержания требуемого нормами качества котловой воды, кроме соответствующей обработки исходной воды и, если требуется, конденсата, является продувка котла. С помощью продувки представляется возможным в широких пределах регулировать концентрации солей и щелочей в котловой воде, удалять из котла взвешенные вещества и шламовидные осадки.

Соблюдение рационального режима продувок котлов, изменяющегося в зависимости от качества котловой воды и пара, является одним из радикальных мероприятий по организации водного режима, обеспечивающего нормальную работу котлов. Чем больше потери конденсата в общем пароводяном балансе котельной, восполняемые химически очищенной водой, тем больше значение продувки котлов. Существуют два способа продувки котлов: периодическая продувка и непрерывная.

Периодическая продувка осуществляется для удаления грубодисперсного шлама, оседающего в нижних коллекторах (барабанах) котла или других малоактивных участках циркуляционной системы котла (в местах "вялой" циркуляции). Периодическая продувка производится по установленному при наладке графику, но не реже1раза в смену. Места из которых производится периодическая продувка, зависят от конструкции котла: нижние барабаны, коллекторы, нижние точки экранов, при ступенчатом испарении – нижние точки выносных циклонов.

Открытие продувочных вентилей выполняется обычно поочередно не более чем на 30 сек. (включая время открытия и закрытия) при усиленном наблюдении за уровнем воды в котле. Особая осторожность необходима при продувке соленых отсеков (циклонов) вследствие малых водяных объемов последних. Одновременная продувка нескольких точек не допускается. Для обеспечения более полного удаления шлама периодическая продувка должна осуществляться с возможно большей интенсивностью, при обязательном условии существенно не нарушить при этом циркуляцию на данном участке котла и не снижать уровень воды в котле ниже допустимых пределов. Интенсивность продувок нижних точек следует ограничить расходом продувочной воды 400-500 кг/мин.

Периодическая продувка 2-3 точек не дает полного удаления шлама из котла, полный вывод шлама достигается при оборудовании нижних барабанов (или грязевиков) специальными коллекторами (рис.I),обеспечивающими забор шлама по длине барабана.

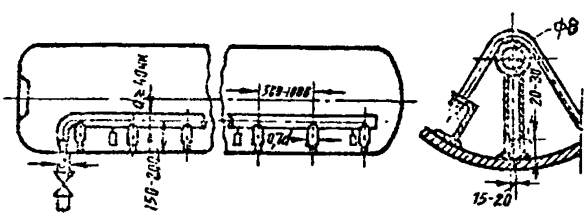


Рис.I.Продувочный коллектор для удаления шлама из нижних барабанов и грязевиков

Продувку нижних точек с целью удаления шлама не рекомендуется осуществлять при малой интенсивности, исключение может быть только в процессе удаления шлама при внутрикотловой (реагентной или магнитной)обработке воды, когда требуется продолжительная продувка, при этом

следует ограничить расход продувочной воды, что достигается путем установки ограничительной шайбы диаметром 12-15 мм на обводной линии у вентилей нижней продувки (рис.2).

Удаление шлама из нижних точек котла при внутрикотловой обработке может производиться как периодически, так и непрерывно.

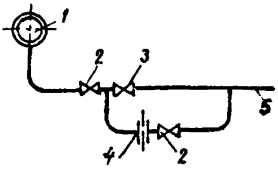


Рис.2.Установка ограничительной шайбы при нижней периодической продувке

1 - нижний барабан, коллектор или грязевик;
2 - запорный вентиль; 3 - вентиль регулирующий продувку; 4 - ограничительная шайба;
5 - продувочная вода в расширитель периодической продувки или в продувочный колодец

Непрерывная продувка осуществляется для поддержания в котловой воде допустимого солесодержания, обеспечивающего получение чистого пара.

Долгое время существовало мнение, что непрерывную продувку необходимо осуществлять, удаляя наиболее опасный слой воды (в зоне зеркала испарения), содержащий максимальную концентрацию солей. Специальными исследованиями установлено, что концентрация солей в котловой воде (при одноступенчатом испарении) одинакова в любой

точке циркуляционного контура котла, исключение составляет только место ввода питательной воды; при ступенчатом испарении, это же подтверждается для чистых и соленых отсеков котла.

Отвод воды при непрерывной продувке котлов с одноступенчатым испарением должен осуществляться через водозаборный коллектор (при ступенчатом испарении из соленых отсеков, циклонов), расположенный в зоне наиболее "спокойной" воды с целью исключения возможного захвата пузырей пара.

Коллектор должен располагаться на глубине не менее 300 мм от нормального уровня воды в барабане и быть максимально удаленным от ввода питательной воды. Распространенные раньше устройства для удаления воды с зеркала испарения не следует применять, необходимо демонтировать.

Непрерывная продувка котлов безопаснее периодической, поскольку не снижает резко уровень воды в котлах и экономичнее ее, так как позволяет использовать отсепарированный пар и тепло продувочной воды. Однако применение непрерывной продувки отнюдь не исключает необходимости производить периодическую.

2. Расчет величины продувки котлов

Как указывалось выше, поддержание определенного допустимого нормами качества котловой воды достигается продувкой котла. Основным фактором, определяющим необходимую величину продувки котлов является общее солесодержание котловой воды, при котором обеспечивается получение чистого пара.

Представим себе баланс солей в цикле котельной при достижении предельного солесодержания котловой воды: с продувочной водой из котла должно непрерывно удаляться такое количество солей, которое поступает в котел с питательной водой, что можно выразить уравнением

$$S_{п.в}\left(D_{п}+D_{пр}\right)=S_{к.в}\cdot D_{пр}, \qquad (1)$$

где $S_{п.в}$ – солесодержание питательной воды, г/т;

$D_п$ – количество испаряемого в котле пара, т/ч;

$S_{к.в}$ – солесодержание котловой воды, г/т;

$D_{пр}$ – количество продуваемой котловой воды, т/ч.

Из приведенного упрощенного уравнения баланса солей в котле получаем величину продувки котла

$$D_{пр} = \frac{S_{п.в} \cdot D_п}{S_{к.в} - S_{п.в}} , \qquad (2)$$

или, при выражении величины продувки в процентах от производительности котла уравнение (2) примет вид

$$P_{пр} = \frac{S_{п.в} \cdot 100}{S_{к.в} - S_{п.в}} , \qquad (3)$$

где $P_{пр}$ – величина продувки котла, % – от паропроизводительности.

Солесодержание питательной воды всегда можно определить аналитически, исходя из качества отдельных компонентов, входящих в питательную воду, и соотношений, в которых они смешаны, так например, солесодержание питательной воды котлов можно определить из уравнения

$$S_{п.в} = S_х \cdot \alpha_х + S_к \alpha_к , \qquad (4)$$

где $S_{п.в}$ – солесодержание питательной воды, мг/л;

$S_х$ – солесодержание химически очищенной воды, определяемое в зависимости от схемы обработки воды [7], мг/л;

$S_к$ – солесодержание конденсата, мг/л;

$\alpha_х$, $\alpha_к$ – доля соответственно химически очищенной воды и конденсата в питательной воде, количество которой принято за единицу:

$$1 = \alpha_х + \alpha_к$$

Для предварительных (ориентировочных) расчетов величины продувки котлов в уравнении (4) пренебрегают величиной солесодержания конденсата, поскольку она незначительна по сравнению с солесодержанием химически очищенной воды (в 100 и более раз меньше). Уравнение (4) при этом примет вид

$$S_{п.в} = S_х \cdot \alpha_х$$

Подставляя это приближенное значение солесодержания питательной воды в выражение (3) получают уравнение, которым обычно пользуются для определения величины продувки котлов в котельных

$$P_{пр} = \frac{S_х \cdot \alpha_х \cdot 100}{S_{к.в} - S_х \cdot \alpha_х} , \qquad (5)$$

где $\alpha_х$ - доля химически очищенной воды в питательной, или что то же, потери пара и конденсата, восполняемые химически очищенной водой;

$S_{к.в}$ - солесодержание котловой воды принимается по нормам завода-изготовителя данного типа котла, приведенным в разделе 3.

Для промышленных и отопительных котельных, согласно СН 350-66 "Указания по проектированию котельных установок" расчетная величина продувки котлов низкого давления не должна превышать 10% от паропроизводительности котельной. Для котлов среднего давления Р=40 кгс/см^2 допускается величина продувки котлов до 5% (см."Правила технической эксплуатации электрических станций и сетей").

В котельных низкого давления непрерывная продувка осуществляется при необходимости удаления котловой воды более 2% от паропроизводительности котельной, но не менее 0,5 т/ч. При величине продувки менее 0,5 т/ч целесообразность осуществления непрерывной продувки должна быть подтверждена расчетом. При величине продувки от 0,5 до 1 т/ч устанавливается только сепаратор непрерывной продувки, при продувке более 1 т/ч устанавливаются сепаратор и теплообменник для использования тепла сбрасываемой отсепарированной воды. При величине продувки менее 2% от паропроизводительности котельной и менее 0,5 т/ч, для поддержания допустимого солесодержания котловой воды достаточно бывает периодической продувки котлов, которая осуществляется обычно не реже

I раза в смену.

Сказанное не распространяется на котлы ДКВР-20 с рабочим давлением I3 и 23 кгс/см^2, которые в связи с конструктивными особенностями требуют осуществления непрерывной продувки не менее 5% от паропроизводительности котла.

Особенности эксплуатации котлов ДКВР-20 подробно изложены в дополнении к инструкции "Паровые котлы ДКВР" Бийского котельного завода.

При расходе продувочной воды менее I÷0,5 т/ч и менее 2% от паропроизводительности в котельной низкого давления целесообразность монтажа оборудования непрерывной продувки может быть проверена из следующего выражения [2] :

$$dЦ \leqslant \frac{P_{пр} \cdot D_п (i_{к.в} - i_{с.в}) A \cdot 8760}{7000}$$

где d – ежегодные амортизационные отчисления для экономически приемлемого срока окупаемости капитальных затрат, доли единицы;

$Ц$ – полная стоимость установки для использования тепла продувочной воды, руб.;

$P_{пр}$ – размер продувки котла, доли единицы;

$D_п$ – паропроизводительность котла, т/ч;

$i_{кв}, i_{св}$ – теплосодержания, соответственно котловой и сепарированной (охлажденной после теплообменника) воды, ккал/кг;

A – стоимость I т условного топлива, руб.

3. Нормы качества котловой воды

В настоящих рекомендациях не рассматривается вопрос выбора схем обработки воды для паровых котлов и требования к качеству питательной воды, а даются нормы качества котловой воды, обеспечивающие получение чистого пара, и рекомендации по обеспечению этих требований. Качество котловой (продувочной) воды нормируются по об-

щему солесодержанию (сухому остатку), величина которого обусловливается конструкцией сепарационных устройств, которыми оборудован котел и устанавливается заводом-изготовителем.

Сухой остаток котловой (продувочной) воды для котлов ДКВ и ДКВР (при Р=14,24 и Р=40 кгс/см^2), по данным Бийского котельного завода, приведен в табл.I.

Таблица I

Наименование	Котлы с одноступенчатым испарением		Котлы с двухступенчатым испарением и выносным циклонами	
	без пароперегревателя	с пароперегревателем	I ступень испарения (чистый отсек)	II ступень испарения (соленый отсек)
Нормы солесодержания котловой воды мг/л	До 3000	До 1500	До 1500	До 6000-10.000

Примечания. I. При неналаженной работе газомазутных горелок не следует допускать предельных значений солесодержания котловой воды во II ступени.

2. Рекомендуемая величина сухого остатка учитывает возможное повышение производительности котлов при сжигании газа и мазута.

3. Особенности применения норм качества котловой воды для котла ДКВР-20 изложены в работе [4].

Величина сухого остатка котловой воды в I ступени испарения определяется по формуле

$$S'_{к.в} = \frac{S''_{к.в}}{K_c}, \qquad (6)$$

где $S'_{кв}$ и $S''_{кв}$ – сухой остаток котловой воды соответственно в чистом и соленом отсеках, мг/л;

K_c – солевая кратность, определяемая по формуле

$$K_c = \frac{h + P_{пр}}{P_{пр}}, \qquad (7)$$

h – паропроизводительность солевого отсека, % от общей паропроизводительности котла (принимается по паспортным данным котла);

$P_{пр}$ – расчетная величина продувки котла, %.

Абсолютная величина щелочности (в мг-экв/л) котловой (продувочной) воды не нормируется. По данным Бийского котельного завода, при испытаниях щелочность котловой воды была около 180 мг-экв/л, а чистота пара при этом не ухудшалась. Минимальная щелочность котловой воды в чистом отсеке, а также в котле без ступенчатого испарения при питании котлов умягченной водой принимается не менее 1 мг-экв/л.

Относительная щелочность котловой воды (в %) для защиты котельного металла от межкристаллитной коррозии учитывается в соответствии с п.6.2-3 Правил Госгортехнадзора. Для защиты котельного металла от межкристаллитной коррозии ("щелочной хрупкости") при монтаже и эксплуатации котлов необходимо предотвращать и устранять высокие механические и термические перенапряжения в металле. Кроме того, в качестве защитной меры можно рекомендовать дозировку в котловую воду нитрата натрия, который пассивирует котельный металл (защищает от коррозии).

Для котлов, допускающих внутрикотловую (реагентную или магнитную) обработку, расчетные нормы качества котловой воды могут быть приняты по табл.2.

Таблица 2

Типы котлов	Расчетная норма		
	сухой остаток, мг/л	щелочность, мг-экв/л	шламосодержание, мг/л
Водотрубные без нижних барабанов и грязевиков	2500	II	2000
Водотрубные с нижними барабанами	4000	I6	I2000
Водотрубные с грязевиками	4500	I8	20000
Газотрубные	4000	I4	5000
Жаротрубные	I6000	25	7000

Примечания. I.С целью более полного осаждения накипеобразователей в виде шлама минимальную щелочность котловой воды следует принимать для всех котлов не ниже 7-I0 мг-экв/л.

2.Нормы не распространяются на котлы, работающие на газе и мазуте, так как в этом случае не допускается применение внутрикотловой обработки.

Нормы качества котловой воды для котлов паропроизводительностью более 30 т/ч приведены в табл.3.

Таблица 3

Тип котла	Паропроизводительность, т/ч	Рабочее давление, кгс/см²	Солесодержание, мг/л		Примечания
			котловой воды	питательной воды	
ГМ-50-I4-250	50	I4	7350	350	Белгородский котельный завод
БГМ-35М-440	45	40	5000	250	То же
ГМ-50-I	50	40	5000	250	-"-
БКЗ-75-39	75	40	7000	250	-"-

4.Схемы непрерывной продувки котлов

Непрерывная продувка котлов осуществляется по различным схемам. Саратовский и Таганрогский котельные заводы выпускают расширители (сепараторы диаметром 450, 600 и 800 мм)с двумя тангенциальными подводами продувочной воды. В котельных низкого давления для этих сепараторов применяется схема, приведенная на рис.3.

В зависимости от величины продувки, а следовательно, и необходимого парового объема, сепаратор ставился на один или на два котла. Расширение и парообразование происходило непосредственно на вводе продувочной воды в расширитель (сепаратор).

Как показали работы ЦКТИ, для уменьшения объема расширителей, улучшения качества получаемого пара, обеспечения более надежной и равномерной их работы следует использовать схему подключения непрерывной продувки котлов в коллектор, в котором происходит расширение котловой воды и первоначальное образование водопаровой смеси.

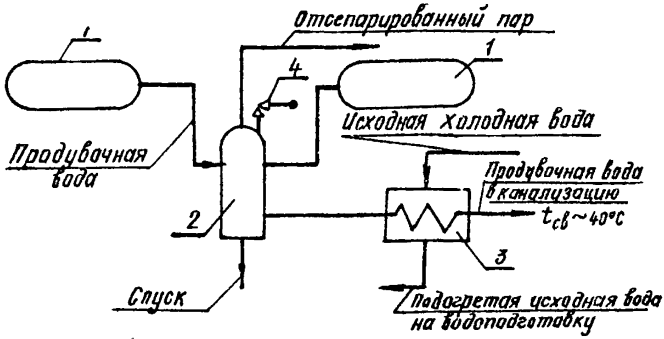


Рис.3.Принципиальная схема непрерывной продувки котлов

I - котел; 2 - сепаратор непрерывной продувки (расширитель); 3 - теплообменчик; 4 - предохранительный рычажный клапан

На рис.4 дана схема подключения продувочной воды от котлов в коллектор, подводящий в сепаратор пароводяную эмульсию.

Указанное усовершенствование дало возможность Бийскому котельному заводу выпустить новый сепаратор Ду 300 со сплющенным соплом на вводе пароводяной смеси (диаметр коллектора, в котором происходит расширение, принимается по диаметру сопла); наибольшая паропроизводительность сепаратора составляет I,2 т/ч. Такой сепаратор в котельной устанавливается один на несколько котлов сообразно с величиной продувки допускаемой Бийским котельным заводом.

Техническая характеристика сепаратора Ду 300

Условный диаметр корпуса Ду, мм	300
Рабочее избыточное давление в сепараторе, кгс/см^2.....	0,2-0,6
Наибольшая паропроизводительность, т/ч..	1,2
Расход продувочной воды при давлении в барабане котла, т/ч:	

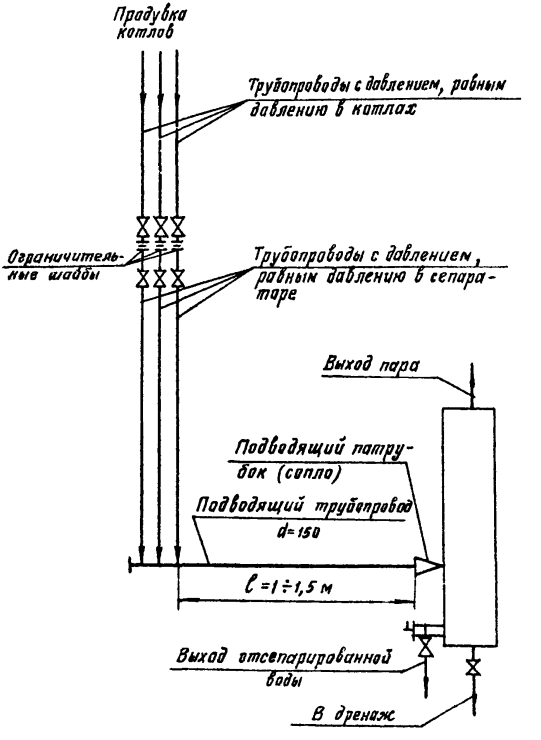


Рис.4.Схема подключения сепаратора к непрерывной продувке котлов

$P = 14$ кгс/см^2	7
$P = 20$ кгс/см^2	6
$P = 30$ кгс/см^2	5

Чертежи общего вида сепаратора Ду 300 даны на рис.5.

На рис.6 представлена схема установки непрерывной продувки, рекомендуемая для котельных низкого и среднего давления, в которых устанавливается сепаратор Ду 300 Бийского котельного завода. Сепаратор в этой схеме не рассчитывается, а принимается по характеристике, данной заводом-изготовителем.

5. Расчет сепараторов непрерывной продувки

Рассчитав величину продувки котлов по уравнению (5) и решив вопрос экономической целесообразности монтажа оборудования непрерывной продувки, определяют по уточненной формуле количество воды, которое необходимо удалить из котла

$$D_{н.п} = \frac{D_п \cdot \alpha_х \cdot S_х}{S_{к.в} - (1-\beta)\alpha_х \cdot S_х}, \qquad (8)$$

где $D_{н.п}$ – величина непрерывной продувки или количество удаляемой из котла воды, т/ч;

$D_п$ – паропроизводительность котельной (котла), т/ч;

$\alpha_х$ – доля химочищенной воды в питательной – или, что то же, потери пара и конденсата в долях от паропроизводительности котельной;

$S_х$ – сухой остаток химочищенной воды, мг/л;

$S_{к.в}$ – сухой остаток котловой воды принимают по паспортным данным завода-изготовителя котла, мг/л (см.раздел 8);

β – доля пара, отсепарированного в сепараторе (расширителе) непрерывной продувки

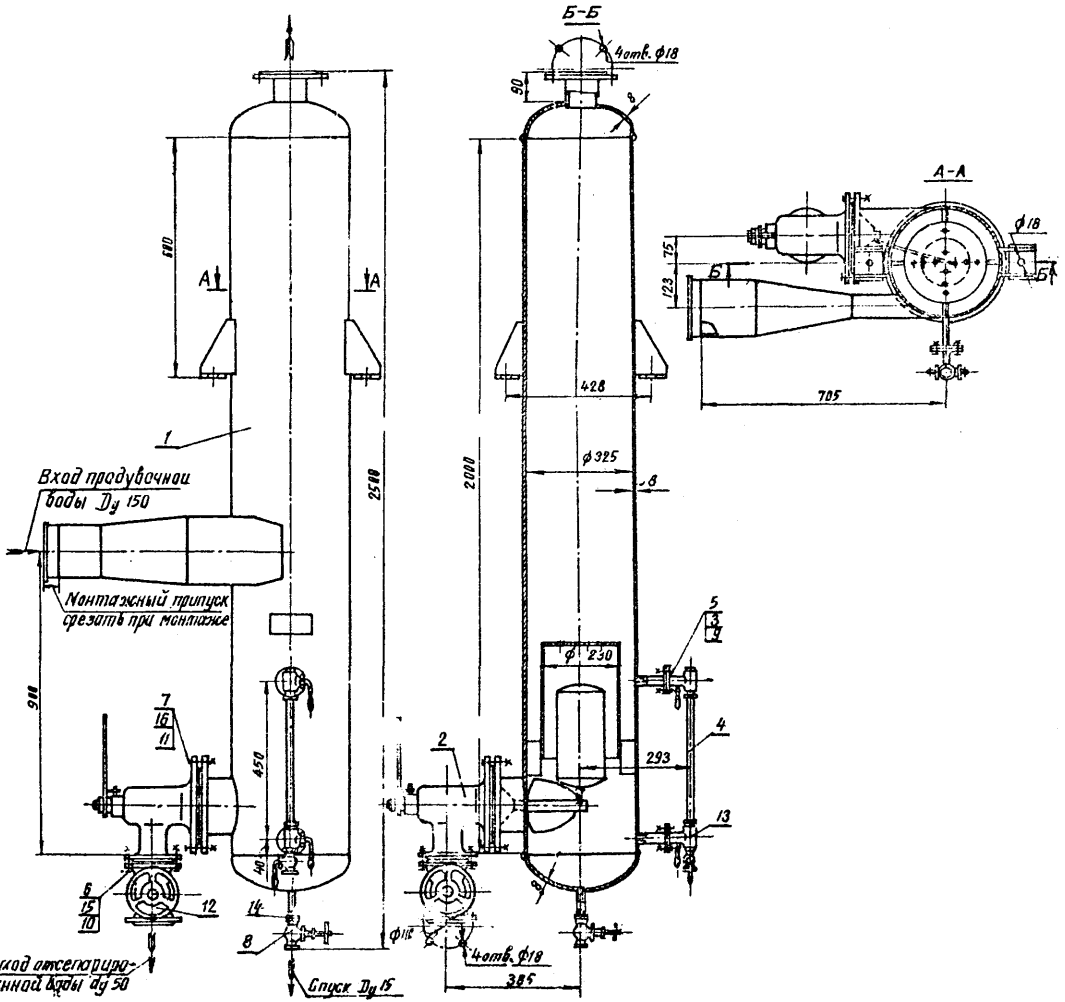


Рис.5. Сепаратор Ду 300 Бийского котельного завода

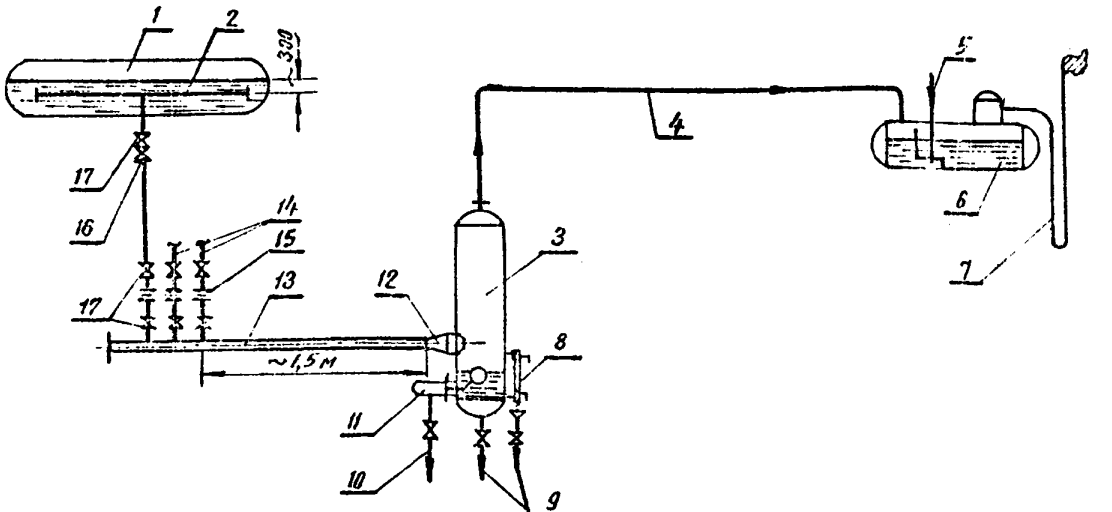


Рис.6. Схема непрерывной продувки котлов с установкой сепаратора Ду 300 Бийского котельного завода:
I - паровой котел; 2 - водоотборный коллектор для непрерывной продувки котлов; 3 - сепаратор пароводяной смеси Ду 300; 4 - отсепарированный пар $P=1,2$ кгс/см^2 в паровое пространство деаэратора; 5 - пар на барботаже $P=1,7$ кгс/см^2; 6 - барботажный деаэратор; 7 - предохранительный гидрозатвор; 8 - указатель уровня; 9 - сброс в дренаж; I0 - отсепарированная вода в теплообменник непрерывной продувки или барботер; II - регулятор уровня; I2 - сопло; I3 -водопаровой коллектор диаметром I50 мм (L = I÷I,5 м); I4 - трубопроводы непрерывной продувки от других котлов; I5 - дроссельные шайбы; I6 -дроссельный (игольчатый) регулирующий вентиль; I7 - запорные вентили

$$\beta = \frac{i_{к.в} - i_{с.в}}{i_п - i_{с.в}} \quad (9)$$

$i_{к.в}$ – теплосодержание котловой воды, определяемое (табл.4) для насыщенного водяного пара при давлении, на котором работает котел, ккал/кг;

$i_{с.в}, i_п$ – теплосодержания соответственно отсепарированной воды и пара, принимаемые также по табл.4, для давления, принятого в сепараторе (обычно давление в сепараторе берется 1,2 кгс/см^2).

Количество отсепарированного в сепараторе пара в (кг/ч) определяется из уравнения

$$D_{с.п} = D_{н.п} \cdot \beta \quad (10)$$

Объем отсепарированного в сепараторе пара определяется по формуле

$$V_{с.п} = \frac{D_{с.п} \cdot V \cdot X}{W} \quad , \quad (11)$$

Таблица 4

Давление, кго/см^2	Температура насыщения, ^oC	Удельный объем пара, м^3/кг	Удельная масса пара, кг/м^3	Теплосодержание, ккал/кг		Скрытая теплота преобразования, ккал/кг
				воды	пара	
I,0	99,09	I,725	0,5797	99,19	638,8	539,6
I,1	I0I,76	I,578	0,6337	I0I,87	639,8	537,9
I,2	I04,25	I,456	0,6873	I04,38	640,7	536,3
I,3	I06,56	I,350	0,7407	I06,72	64I,6	534,9
I,4	I08,74	I,259	0,7943	I08,92	642,3	533,4
I,5	II0,79	I,I8I	0,8467	II0,99	643,I	532,I
I,6	II2,73	I,III	0,900I	II2,95	643,8	530,8
I,7	II4,57	I,050	0,9524	II4,8I	644,5	529,7
I,8	II6,33	0,9954	I,0046	II6,60	645,I	528,5
I,9	II8,0I	0,9462	I,0570	II8,30	645,7	527,4
2,0	II9,62	0,90I8	I,I09	II9,94	646,3	526,4
3,0	I32,88	0,6I69	I,62I	I33,4	650,7	5I7,3
4,0	I42,92	0,4709	2,I24	I43,7	653,9	5I0,2
5,0	I5I,II	0,38I7	2,620	I52,I	656,3	504,2
6,0	I58,08	0,32I4	3,III	I59,3	658,3	498,9
7,0	I64,I7	0,2778	3,600	I65,7	659,9	494,2
8,0	I69,6I	0,2448	4,085	I7I,4	66I,2	489,8
9,0	I74,53	0,2I89	4,568	I76,5	662,3	485,8
I0,0	I79,04	0,I980	5,05I	I8I,3	663,3	482,I
II,0	I83,20	0,I808	5,53I	I85,7	664,I	478,4
I2,0	I87,08	0,I663	6,0I3	I89,8	664,9	475,I
I3,0	I90,7I	0,I540	6,494	I93,6	665,6	472,0
I4,0	I94,I3	0,I434	6,974	I97,3	666,2	468,9
I5,0	I97,86	0,I342	7,452	200,7	666,7	466,0
20,0	2II,38	0,I0I6	9,843	2I5,9	668,5	452,6
24,0	220,75	0,08486	II,78	226,2	669,2	443,0
25,0	222,90	0,08I50	I2,27	228,6	669,3	440,7
30,0	232,76	0,06798	I4,7I	239,6	669,5	430,0
35,0	24I,42	0,058I9	I7,I8	249,5	669,5	4I9,9
38,0	246,I7	0,0535I	I8,69	254,9	669,2	4I4,8
40,0	249,I8	0,05078	I9,69	258,4	669,0	4I0,6

где $V_{с.п}$ – объем отсепарированного в расширителе пара, $м^3$;

V – удельный объем пара при давлении в сепараторе, принимается по табл.4 для насыщенного пара, $м^3/кг$;

X – степень сухости пара, принимается равной 0,97;

W – паронапряжение парового объема сепаратора, принимается равным 800–1000 $м^3/м^3$ при работе по схеме рис.3, при работе по схеме рис.4 – см.техническую характеристику сепаратора Ду 300, который не рассчитывается, а принимается по данным завода.

По полученному объему отсепарированного пара подбирается сепаратор, выпускаемый Саратовским заводом тяжелого машиностроения и таганрогским заводом "Красный котельщик", исходя из объема парового пространства сепаратора.

6.Сброс продувочной воды котлов

Расчет количества сбрасываемой воды от продувки котлов в барбатер приведен в разделе 2. С питательной водой в паровой котел поступают различные легкорастворимые соли натрия, так как катионы жесткости практически удаляются при двухступенчатой докотловой обработке, а железа в питательной воде допускается незначительное количество

для котлов при Р = 14 кгс/см^2 $Fe < 0,2$ мг/л;

для котлов при Р до 40 кгс/см^2 $Fe < 0,05 \div 0,1$ мг/л.

Таким образом, в питательной воде содержатся катион Na^+ и анионы: HCO_3^-, CO_3^{2-}, OH^-, Cl^- и SO_4^{2-}. Ионы Cl^- и SO_4^{2-} в деаэраторе и в котле никаким изменениям не подвергаются, поэтому их количество в котловой воде легко определяется из следующих соотношений:

$$[Cl^-]_{к.в} = \frac{S_{к.в}}{S_{п.в}} Cl^-_{пв} = K Cl^-_{п.в} \qquad (12)$$

$$[SO_4^{2-}]_{к.в} = K \cdot [SO_4^{2-}]_{п.в} \qquad (13)$$

где $[Cl^-]_{к.в}$ $[SO_4^{2-}]_{к.в}$ – содержание соответственно анионов хлора и сульфата в котловой воде, мг/л;

K – кратность упаривания котловой воды при неизменном составе питательной воды величина постоянная, равная

$$K = \frac{S_{к.в}}{S_{п.в}}; \qquad (14)$$

$S_{кв}$ – солесодержание котловой воды, мг/л, принимается по заводским данным (см.табл.1÷3);

$S_{пв}$ – солесодержание питательной воды мг/л, определяется из уравнения (4), так же определяется $Cl^-_{п.в}$.

Бикарбонатный ион HCO_3^-, поступающий с химически очищенной водой, претерпевает изменения при нагревании. В барботажном деаэраторе и окончательно в котле протекает реакция

$$2NaHCO_3 \rightarrow Na_2CO_3 + H_2O + CO_2 \uparrow \qquad (15)$$

Чем больше расход пара на барботаж, тем глубже происходит разложение бикарбонатного иона; так по данным ЦКТИ, на I т деаэрируемой воды:

расход пара на барботаж, кг/т	% распада HCO_3^-
I00	I20
25-30	60

Обычно в деаэраторах принимают расход пара на барботаж 25-30 кг/т, поэтому реакция разложения бикарбонатов заканчивается (40%) в котле. В котле в зависимости от давления (см.рис.I работы [8]) происходит дальнейшее разложение воды путем гидролиза

$$Na_2CO_3 + H_2O \rightarrow 2NaOH + CO_2\uparrow . \qquad (16)$$

Таким образом, щелочность котловой воды будет состоять из $Na_2CO_3 + NaOH$.

Щелочность котловой воды (в мг-экв/л) определяется из уравнения

$$Щ_{к.в} = K \cdot Щ_х \cdot \alpha_х , \qquad (17)$$

где $Щ_х$ – щелочность химически очищенной воды определяется в зависимости от схемы обработки воды.

Установив по рис.I работы [8] долю разложения Na_2CO_3 в зависимости от давления в котле определяем содержание ионов CO_3^{2-} и OH^- в котловой воде:

$$[CO_3^{2-}]_{к.в} = Щ_{к.в} \cdot \alpha_{CO_3} , \qquad (18)$$

$$[OH^-]_{к.в} = Щ_{к.в}\ \alpha_{OH} , \qquad (19)$$

где $[CO_3^{2-}]_{к.в}$ – содержание карбонатного иона в котловой воде, мг-экв/л;

α_{CO_3} – остаточное содержание неразложившихся ионов CO_3^{2-} – (в долях единицы)

$$1=\alpha_{CO_3}+\alpha_{OH},$$

$[OH]_{к.в}$ – содержание иона OH^- – в котловой воде, мг-экв/л;

α_{OH} – доля образовавшегося $NaOH$ в процессе разложения Na_2CO_3, определяемая в зависимости от давления в котле по рис.I работы [8].

Сбрасываемое количество натрия (в мг-экв/л) с котловой водой

$$[Na^+]_{к.в}=[Cl^-]_{к.в}+[SO_4^{2-}]_{к.в}+[CO_3^{2-}]_{к.в}+[OH^-]_{к.в} \quad (20)$$

По данным, полученным из уравнений (I2), (I8),(I8), (I9) и (20), строим диаграмму гипотетического состава котловой воды, основываясь на зависимости, что сумма катионов равна сумме анионов, выраженных в мг-экв/л (рис.7).

Na^+			
OH^-	CO_3^{2-}	SO_4^{2-}	Cl^-
$NaOH$	Na_2CO_3	Na_2SO_4	$NaCl$

Рис.7.Диаграмма гипотетического состава котловой воды

Количество щелочей и солей, сбрасываемых с котловой водой (в г/м^3), определяется из уравнений:

$$NaOH = 40\left[OH^-\right]_{к.в} \quad (21)$$

$$Na_2CO_3 = 53\left[CO_3^{2-}\right]_{к.в} \quad (22)$$

$$Na_2SO_4 = 71{,}02\left[SO_4^{2-}\right]_{к.в} \quad (23)$$

$$NaCl = 58{,}44\left[Cl^-\right]_{к.в} \quad (24)$$

Количество того или иного вещества, сбрасываемого в сутки, определяется из уравнения (25), например,

$$\left[NaOH\right]_{сут} = \frac{D_{пр.}\,24\,NaOH}{1000}, \quad (25)$$

где $NaOH$ - количество едкого натра определенного из уравнения (21).

ЛИТЕРАТУРА

I.Мещерский Н.А.„Эксплуатация водоподготовок в металлургии". Изд-во литературы по черной и цветной металлургии. М, 1958.

2.Балан Ф.И. и Сутоцкий Г.П. "Водоподготовка промышленных котельных".Энергия . М,1969.

3.Паровые котлы ДКВР. Краткое описание и инструкция по монтажу и эксплуатации. Бийск, 1969.

4.Дополнения к инструкции "Паровые котлы ДКВР". Особенности эксплуатации котлов ДКВР-20. Бийск,1972.

5.Лифшиц О.В. Справочник по водоподготовке котельных установок малой мощности. М, Энергия,1969.

6"Сепаратор продувки водопарового тракта Ду 300" Техническое описание. Инструкция по эксплуатации 00.8312 доб.ТО.Бийск,1972.

7."Рекомендации по расчету количественного и качественного состава сточных вод от водоподготовительных установок". Серия 26-26.М.,ГПИ Сантехпроект,1970.

8."Расчеты и рекомендации по выбору основного и вспомогательного оборудования котельных установок". Выпуск I.Водоподготовка. Серия 3-25.М, ГПИ Сантехпроект,1967.

gost.e-ecolog.ru

141 Подп.в печ.27.2.74 Зак.123 Тир.6.200 ц. 40 коп.
ГПИ Сантехпроект, г.Москва, К.Первомайская,46