

021.10.1.2

Г 12

НАРКОМПИЩЕПРОМ СССР

ВООСОЮЗНЫЙ ТРЕСТ ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ, РАЦИОНАЛИЗАЦИИ, МОНТАЖУ И НАЛАДКЕ
ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК ПИЩЕВЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ-ЭНЕРГОПРОЕКТИНП СССР

~~021.10.1.2~~
~~Г 12~~

А. И. ГАБРИЕЛЕВ и В. М. ШТИЛЬМАН

**ВНУТРИКОТЛОВАЯ ОБРАБОТКА
ВОДЫ С ТЕРМОСИФОННЫМ
УДАЛЕНИЕМ ШЛАМА**

Пищепромиздат 1948 Москва

6211
Г. 12621.187.0
Г12ВСЕСОЮЗНЫЙ ТРЕСТ ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ, РАЦИОНАЛИЗАЦИИ, НАЛАДКЕ И МОНТАЖУ
ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК ПИЩЕВЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ—ЭНЕРГОПРОЕКТ НКП СССР

А. И. ГАБРИЕЛЕНКО и В. М. ШТИЛЬМАН

Внутрикотловая обработка воды с термосифонным удалением шлама

ПРЕДИСЛОВИЕ

Промышленность СССР и в частности пищевая промышленность располагают большим парком разнообразных паровых котлов, среди которых значительный удельный вес имеют котлы средней и малой мощности.

Вопрос о повышении экономичности и надежности эксплуатации этих паровых котлов путем борьбы с накипеобразованием получил за последние годы особенно большое значение, однако сложность известных схем и конструкций водоподготовительных установок в значительной мере ограничивает их распространение в „малой“ энергетике.

В этой весьма актуальной по своему практическому значению работе изложен материал, показывающий возможность улучшения эксплуатации небольших паровых котлов, не оборудованных водоподготовительными установками, путем организации внутрикотловой

обработки воды различными осадительными веществами и одновременного удаления шлама помощью весьма несложных в изготовлении термосифонных установок. Энергетики промышленных предприятий найдут в ней также практические указания по самостоятельной организации внутрикотловой обработки воды с применением рекомендуемых для этой цели термосифонных установок, указания по выбору соответствующих конструкций элементов термосифонного контура, а также графические данные, необходимые для изготовления термосифонных установок. Объем сообщаемых сведений ограничен необходимым минимумом, достаточным для практических целей.

При выполнении этой работы ее авторы инж. А. И. Габриеленко и В. М. Штильман использовали наряду со своим личным опытом эксплуатационные дан-

РЕСПУБЛИКАНСКАЯ
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ

40956

Деп.

ные, характеризующие результаты применения термосифонных установок в некоторых отраслях промышленности Советского Союза и других стран.

При этом были использованы также соответствующие проектные материалы, выпущенные в последние годы трестом „Энергопроект“, Всесоюзным теплотехническим институтом, Всесоюзным институтом спиртовой промышленности и трестом „Энерготекстиль“.

Конструктивные элементы разработаны трестом „Энергопроект“ НКПП СССР.

В разработке представленного графического материала, кроме авторов, значительное участие принимал инженер Н. И. Федоров. При составлении работы

авторами были учтены редакционные указания кандидата технических наук инж. И. Ф. Шапкина.

Выпуская эту работу, трест „Энергопроект“ НКПП СССР полагает, что она в силу своей актуальности вызовет безусловный отклик в среде энергетиков советской промышленности.

В целях накопления дальнейшего опыта по данному вопросу просьба к предприятиям, применяющим осадительно-термосифонные устройства, сообщать периодически о результатах их применения по адресу: Москва, Комсомольская пл., дом 1-а, трест „Энергопроект“.

Управляющий трестом „Энергопроект“ НКПП СССР
В. И. Колмаков

ЧАСТЬ I

*ВНУТРИКОТЛОВАЯ ОБРАБОТКА ВОДЫ С ТЕРМОСИФОННЫМ
УДАЛЕНИЕМ ШЛАМА*

І. ВВЕДЕНИЕ

1. ЗАДАЧИ, СВЯЗАННЫЕ С ОБРАЗОВАНИЕМ НАКИПИ В ПРОМЫШЛЕННЫХ ПАРОВЫХ КОТЛАХ

Правильная эксплуатация котельных агрегатов должна быть неразрывно связана с надлежащей организацией их водного режима.

При отсутствии соответствующим образом выбранной системы водообработки и правильного химического контроля за качеством воды неизбежно повышается расход топлива, понижается располагаемая паропроизводительность котлоагрегатов и создаются условия, способствующие пережогу кипяtilьных труб и коррозии металла котлов.

Котельное хозяйство весьма многих промышленных предприятий, к сожалению, до сих пор страдает указанными недостатками. Особенно относится это к котельным малой мощности, где в силу сохранившихся старых традиций вопросам водоподготовки до самого последнего времени не уделялось должного внимания. Котельные установки малой мощности и низкого давления, не имеющие экранов и работающие при сравнительно низких паронапряжениях, менее чувствительны к отложениям накипи, чем современные мощные котлы повышенного и высокого давления; поэтому накипеобразование в таких котельных установках сравнительно редко приводит к авариям из-за разрушения элементов котлов. Однако срок службы этих котлов в присутствии накипи значительно сокращается, и от-

ложения накипи, понижая коэффициент теплопередачи поверхностей нагрева, существенно снижают экономичность работы котельных установок.

Зависимость перерасхода топлива от толщины слоя накипи (по Штумперу) показана на рис. 1.

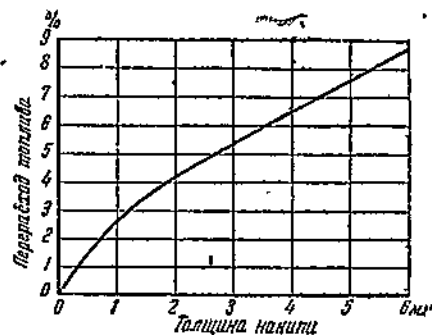


Рис. 1. Влияние толщины слоя накипи на перерасход топлива

Если учесть, что котлы малой мощности эксплуатируются при отложениях накипи, часто достигающих нескольких миллиметров толщины, то вполне понятно, какую большую экономию топлива можно получить

в народном хозяйстве при надлежащей борьбе с накипеобразованием в этих котлах.

Не останавливаясь на других положительных сторонах, вытекающих из наличия водоподготовительных установок, как то: исключения необходимости частой

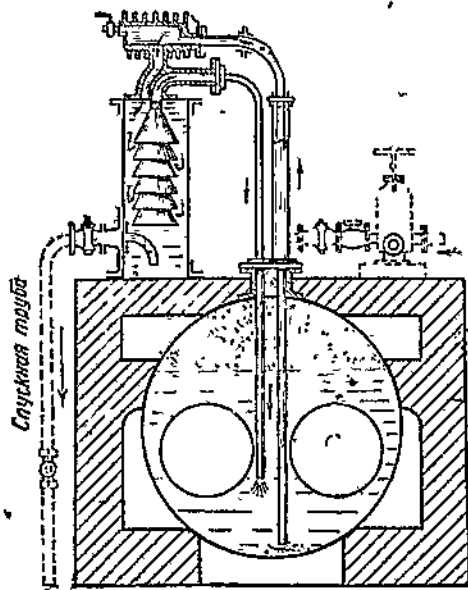


Рис. 2. Установка грязеотделителя системы „Дерво“

остановки котлов для чистки от накипи, повышении паропроизводительности котлов и т. д., следует отметить ряд обстоятельств, до последнего времени тормозивших широкое распространение водоподготовительных установок в котельных малой мощности, основными из которых являются сравнительная сложность любой из известных конструкций таких установок, их большие

габариты, часто требующие сооружения отдельного здания, большой расход металла и химических реагентов, а также значительная стоимость сооружения.

До последнего времени борьба с накипеобразованием велется в основном в направлении предварительной подготовки питательной воды перед поступлением ее в котлоагрегат.

Это достигается или путем осаждения накипеобразователей с помощью химических реагентов, или путем катионного обмена, т. е. перевода солей жесткости в соли, легко растворимые и не дающие накипи. Последнее происходит при помощи замены содержащихся в накипеобразователях щелочноземельных металлов (кальция и магния) щелочным металлом (натрием). Можно также накипеобразователи удалить путем подогрева воды, комбинируя его с химической обработкой в так называемых термохимических водоумягчителях.

Все эти методы водообработки применяются, как правило, к питательной воде до поступления ее в котел.

За последние годы в практике эксплуатации котельных установок малой мощности начал применяться метод борьбы с накипеобразованием, заключающийся в переносе процессов осаждения накипеобразователей внутрь котла (внутрикотловая обработка) в комбинации с автоматическим выведением шлама из котла в специальный отстойник (шламоотделитель), включенный в контур с естественной циркуляцией, замкнутый на водяное пространство котла. Такой способ борьбы с накипеобразованием связан с применением простого и весьма компактного оборудования, легко размещаемого даже в наиболее тесной котельной. При этом количество реагентов, расходуемое установкой, весьма мало, так как осаждение в шлам карбонатных накипеобразователей происходит за счет тепла котловой воды и реагенты практически расходуются лишь на осаждение некарбонатных накипеобразователей.

Таким образом, этот метод борьбы с накипеобразованием является сочетанием внутрикотловой обработки воды с организованным удалением образующегося в котле шлама посредством термосифонного контура. Нельзя сказать, что термосифонное шламоудаление представляет что-либо новое. Еще в начале XX столетия аналогичные по принципу работы конструкции термосифонных шламоотделителей для удаления шлама не без успеха применялись на некоторых небольших предприятиях за границей и в России. Можно, например, указать на грязеотделитель системы „Дерво“ (рис. 2) фирмы Рейзерт (Кёльн-Браунсфельд), на термосифонные установки типа „Dejector“ (рис. 3), выпу-

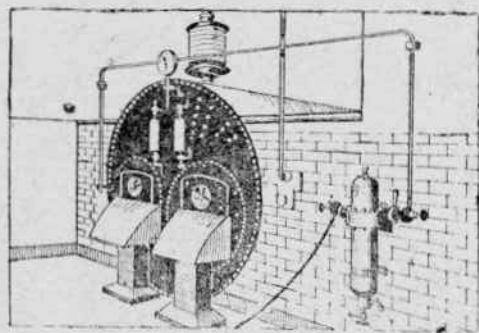


Рис. 3. Термосифонная установка типа „Dejector“ скаемые в настоящее время фирмой British boiler accessories Ltd., и ряд других аппаратов, аналогичных по принципу действия. Сейчас трудно установить, почему указанные примитивные устройства не получили в свое время значительного распространения.

Борьба с накипеобразованием путем ввода в котел различных осадителей (антинакипинов) сравнительно давно ведется на судовых котельных установках, паровозах и некоторых стационарных котлах, но обра-

зующийся при этом шлам часто служит причиной затруднений в эксплуатации, так как удаление его посредством обычной продувки является недостаточно эффективным средством.

Возможность успешного удаления образующегося в котлах шлама помощью термосифонного контура

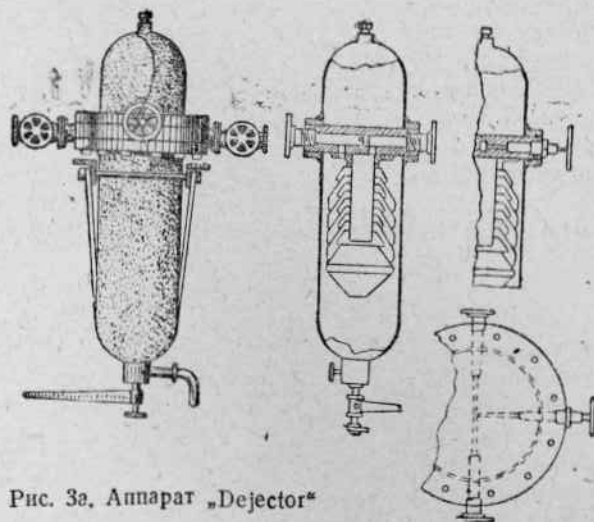


Рис. 3а. Аппарат „Dejector“

связана с радикальным пересмотром вопроса о степени применимости внутрикотловой обработки воды. Эксплуатация осадительно-термосифонных установок показала в последние годы, что они вполне могут быть рекомендованы и особенно в условиях, когда борьба с накипеобразованием в котельных установках осложняется трудностью сооружения нормальных водоочистительных устройств. Количество осадительно-термосифонных установок, эксплуатируемых на различных предприятиях в Советском Союзе, теперь уже исчисляется десятками.

Этими установками оборудованы разные типы котлов с различным качеством питательной воды; в числе их имеются ланкаширские, корнваллийские и батарейные котлы, котлы с дымогарными трубами, а также значительная группа горизонтально-и вертикально-водотрубных котлов.

Термосифонные установки применяются в настоящее время также на паровозах. Множество таких установок работает сейчас на различных предприятиях НКПП СССР. Внедряются они и другими отраслями народного хозяйства. Применение этих простых и компактных устройств можно распространить на большую группу неэкранированных котлов „малой энергетики“.

2. СУЩНОСТЬ ВНУТРИКОТЛОВОЙ ОБРАБОТКИ ВОДЫ

Жесткостью воды называют концентрацию веществ, способных давать накипь; она обуславливается присутствием в воде катионов металлов кальция и магния. Основными накипеобразователями являются двууглекислые кальций, $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$, и магний, $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$, составляющие карбонатную (временную) жесткость, а также сернокислые кальций, CaSO_4 , и магний, MgSO_4 , и хлористые кальций, CaCl_2 , и магний, MgCl_2 , составляющие некарбонатную (постоянную) жесткость воды. Карбонатная и некарбонатная жесткость в сумме составляют общую жесткость воды.

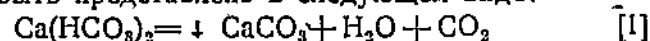
При поступлении жесткой питательной воды в котлы и при отсутствии предварительной или внутрикотловой ее обработки на стенках котлов образуется накипь, количество которой при всех прочих равных условиях пропорционально жесткости питательной воды, нагрузке котла и длительности работы его с момента последней чистки. Процессы накипеобразования являются весьма сложными и мало изученными.

Ряд специальных исследований показал, что при введении в котловую воду щелочей удается внутрикотловые процессы направить в сторону образования шлама. Отложения накипи при этом исключаются или же имеют место в значительно меньшей степени. При осаждении накипеобразователей в шлам внутри котла (внутрикотловая обработка) катионы кальция выделяются в виде углекислого кальция, CaCO_3 , обладающего практически ничтожной растворимостью, а катионы магния — в виде гидроокиси магния, $\text{Mg}(\text{OH})_2$.

Карбонатные накипеобразователи выделяются в шлам в основном под действием температуры котловой воды.

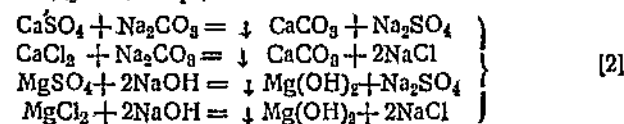
Присутствующие в котловой воде щелочи, способствуя осаждению карбонатных накипеобразователей, сами в конечном счете на этот процесс не расходуются.

Например, осаждение бикарбоната кальция в шлам может быть представлено в следующем виде:



Значок $\downarrow$ показывает, что углекислый кальций, CaCO_3 , выделяется из раствора в осадок.

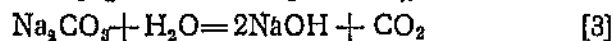
Осаждение солей некарбонатной жесткости происходит по следующим равенствам:



Таким образом, из формул [1] и [2] следует, что а) карбонатные накипеобразователи для своего осаждения практически не расходуют осадительных веществ; б) осадительные вещества при внутрикотловой обработке расходуются лишь на осаждение некарбонатных накипеобразователей (солей постоянной жесткости); при этом катионы кальция для своего осаждения требуют кальцинированной соды, Na_2CO_3 , а катионы магния — каустической соды, NaOH .

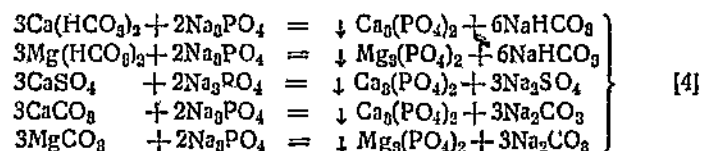
Процесс внутрикотловой обработки должен вестись так, чтобы составляющими общей щелочности обязательно были кальцинированная и каустическая сода.

При употреблении в качестве осадителя только кальцинированной соды, Na_2CO_3 , необходимая для осаждения катионов магния каустическая сода (едкий натр) получается в результате гидролиза кальцинированной соды внутри котла по равенству:



Степень гидролитического расщепления кальцинированной соды увеличивается с ростом давления пара в котле, и в таких случаях весьма желательно применять в качестве реагента фосфаты натрия, в частности тринатрийфосфат $\text{Na}_3\text{PO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$, как более устойчивый при данных условиях.

Теоретически реакции между накипеобразователями и тринатрийфосфатом должны иметь следующий характер:



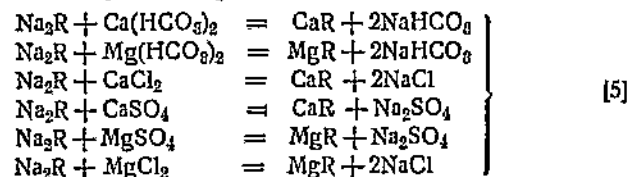
В результате NaHCO_3 и Na_2CO_3 вступают во взаимодействие с солями постоянной жесткости котловой воды (см. формулы [1] и [2]) и, таким образом, в конечном счете тринатрийфосфат, прореагировавший с солями карбонатной жесткости, участвует и в устранении некарбонатной жесткости.

Вместо натронных соединений — кальцинированной и каустической соды и тринатрийфосфата — возможно использовать в качестве осадителей также щелочные калийные соединения: поташ K_2CO_3 , и едкий калий,

КОН. Если эти осадительные вещества отсутствуют, можно организовать получение их заменителя — водно-щелочной вытяжки из древесной золы, изготовив для этого весьма примитивную установку (см. приложение в конце книги).

В качестве антинакипинов используются также некоторые органические вещества, препятствующие укрупнению зарождающихся кристаллов или, по другим воззрениям, могущие быть центрами кристаллизации накипеобразователей. Осаждение последних внутри котла возможно не только путем ввода осадительных веществ как таковых, но также посредством частичного катионирования питательной воды. При этом в котел поступает смесь сырой и умягченной натрий-катионитом воды. Некарбонатные накипеобразователи сырой воды осаждаются в котле в виде шлама действием щелочности катионированной части питательной воды, а карбонатные осаждаются в шлам под влиянием температуры. По данной схеме аппарата для частичного натрий-катионирования получается весьма небольшого размера, поскольку при частичном умягчении через натрий-катионитовый фильтр пропускается лишь часть питательной воды, равная отношению некарбонатной жесткости к общей.

Обменные реакции в фильтре между растворенными в воде солями жесткости и натрий-катионитом происходят по следующим равенствам:



Образующаяся двууглекислая сода, NaHCO_3 , поступающая в котел, взаимодействует с солями постоянной жест-

кости той части воды, которая подана в котел помимо натрий-катионитового фильтра.

Принципиальная схема комбинированной внутрикотловой вододобработки с частичным катионированием питательной воды показана на рис. 4.

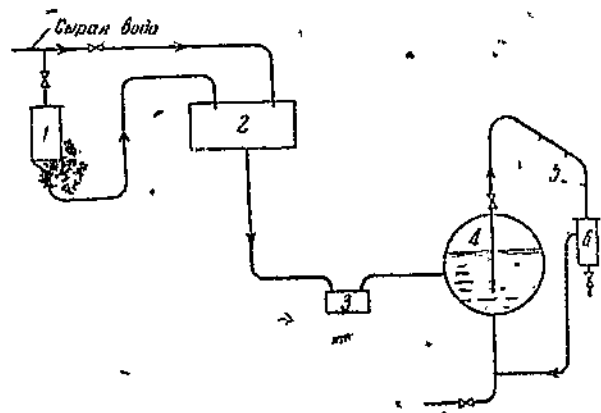


Рис. 4. Комбинированная схема осадительно-термосифонной установки с частичным катионированием питательной воды:

1 — натрий-катионитовый фильтр; 2 — питательный бак;
3 — насос; 4 — паровой котел; 5 — термосифонный контур;
6 — шламоотделитель

Количество кальцинированной соды, необходимое при внутрикотловой обработке воды для устранения постоянной (некарбонатной) жесткости, может быть с достаточной точностью определено по следующей формуле:

$$G = \frac{18,9 \cdot H_{\text{пост}} \cdot L \cdot 24 \cdot 1,1}{\psi \cdot 1000} \text{ кг/сутки} \quad [6]$$

где:

18,9 — эквивалент тонно-градуса химически чистой кальцинированной соды в г/м³, °Н;

$H_{\text{пост}}$ — постоянная жесткость сырой воды в °Н;

L — добавок сырой воды, в т/час;

24 — число часов в сутках;

1,1 — коэффициент запаса;

ψ — коэффициент чистоты реагента.

Примечание. Коэффициент ψ по действующим техническим условиям приближается к единице. Так, ψ для кальцинированной соды ОСТ устанавливает 0,98. Практически, в зависимости, например, от условий хранения, чистота реагента может резко снизиться, ввиду чего проверка реагента является необходимой. В случае применения каустической соды, в вышеприведенную формулу необходимо подставить эквивалент ее тонно-градуса, равный 14,3 г/м³, °Н, а для тринатрийфосфата — 45,1 т/м³, °Н.

В целях упрощения расчетов, связанных с определением дозировки кальцинированной соды, а также для приближенного определения количества шлама, образующегося при термической и химической обработке питательной воды внутри котла, может применяться номограмма, приведенная на рис. 5. Предварительно необходимо знать общую и постоянную жесткость сырой воды в °Н и количество возвращаемого конденсата K в процентах.

Пример. Пусть постоянная жесткость сырой воды составляет 5°Н, причем возврат конденсата равен 40%; для определения соответствующей дозировки кальцинированной соды находим на оси абсцисс (снизу) величину заданной постоянной жесткости и, откладывая на номограмме от этой величины вверх перпендикуляр до пересечения с наклонной прямой $K = 40\%$, находим против места пересечения на оси ординат (справа) соответствующую дозировку — 57 мг на 1 л питательной воды.

Зная величину суточной паропроизводительности котла, можно легко определить этим методом и количество кальцинированной соды, подлежащее вводу в котел за сутки.

Примечание. Номограмма составлена для применения химически чистой кальцинированной соды. Если вместо кальцинированной соды применяется каустическая сода или если сода имеет примеси, то необходимо сделать соответствующий пересчет.

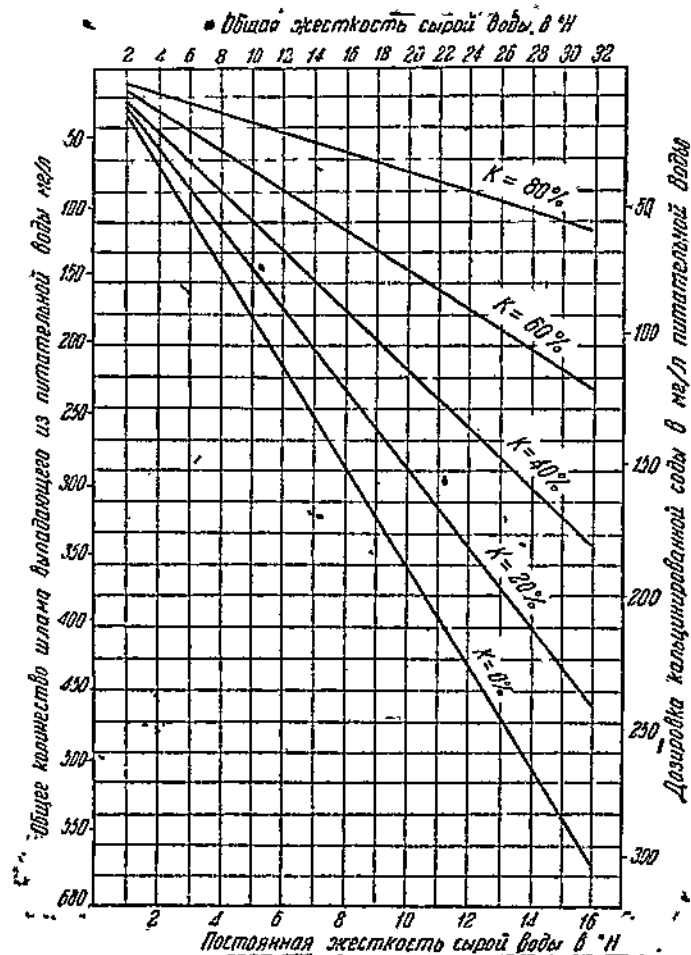


Рис. 5. Номограмма для расчета количества осадительных веществ и определения количества шлама, выпадающего из питательной воды

Для приближенного определения с помощью приведенной номограммы количества шлама, образующегося в котле при внутрикотловой термической и химической обработке питательной воды, надо отложить по оси абсцисс (вверху) величину общей жесткости питательной воды и, опустив перпендикуляр до пересечения с наклонной прямой K , характеризующей величине соответствующего возврата конденсата, найти на оси ординат (слева) против места пересечения искомое количество шлама.

Пример. Пусть общая жесткость сырой воды составляет 16°H , а возврат конденсата $K = 20\%$; тогда количество шлама, выделяющегося из питательной воды, будет 230 мг/л .

Процесс разрушения бикарбонатов под влиянием нагревания и разложение избытка соды приводят, как это показано выше, к выделению свободной углекислоты CO_2 , которая в котловой воде может повести к разъеданию металла котла. Опыт показывает, что это явление практически прекращается при щелочении котловой воды; в частности для исключения агрессивного воздействия на металл углекислоты рекомендуется поддерживать щелочность котловой воды в пределах $0,4 \text{ г/л NaOH}$.

Такой же защитный эффект достигается и при применении вместо каустической соды кальцинированной соды в количестве $1,85 \text{ г/л}$.

Следует иметь в виду, что чрезмерная щелочность котловой воды приводит к вспениванию и броскам воды; с этой точки зрения к выбору избытка щелочных реагентов необходимо подходить с осторожностью.

Кроме того, находящиеся в котловой воде в виде шлама взвешенные вещества также способствуют вспениванию ее, поэтому контроль режима котловой воды, при котором количество взвешенных веществ и щелочность регулируются в определенных границах, является необходимым.

При нормальном ведении процесса внутрикотловой обработки воды вводимые в котловую воду щелочные осадительные вещества практически одновременно снижают интенсивность коррозионных процессов.

Критерием правильности ведения процесса внутрикотловой обработки служат определяемые по данным систематических анализов котловой воды: а) общая щелочность, показывающая наличие в ней необходимого избытка щелочи; б) щелочное число в качестве мерила защитной щелочности и в) сухой остаток, показывающий суммарное количество растворенных в воде солей.

Важным критерием служит также количество шлама, удаленное из котла с помощью термосифонного контура.

3. ОСАДИТЕЛЬНО-ТЕРМОСИФОННАЯ УСТАНОВКА — ПРИНЦИП РАБОТЫ, ОБЩЕЕ ОПИСАНИЕ И ХАРАКТЕРИСТИКА ГЛАВНЫХ ЕЕ ЭЛЕМЕНТОВ

Применение осадительных веществ дает возможность выделить внутри котла в виде шлама находящиеся в питательной воде накипеобразователи. Однако, если, как выше было сказано, удаление этого шлама из котла не будет обеспечено, то по мере его накопления котловая вода и отдельные поверхности котла весьма загрязнятся; далее, присутствие в котловой воде большого количества взвешенных веществ будет способствовать резкому ухудшению качества пара и даже вспениванию котловой воды. Применение в этих целях периодической продувки котла не дает удовлетворительных результатов и связано с потерей значительного количества котловой воды, тепла и реагентов.

В осадительно-термосифонных устройствах образующийся шлам котловой водой, постоянно циркулирующей через термосифонный контур, отводится в шла-

моотделитель, где он осаждается при пониженных скоростях движения воды (рис. 6).

Циркуляция воды в трубном контуре термосифона происходит под действием естественного напора, возникающего за счет разности удельных весов среды в подъемной (изолированной теплоизоляцией или паровой рубашкой) и опускной (неизолированной) линиях

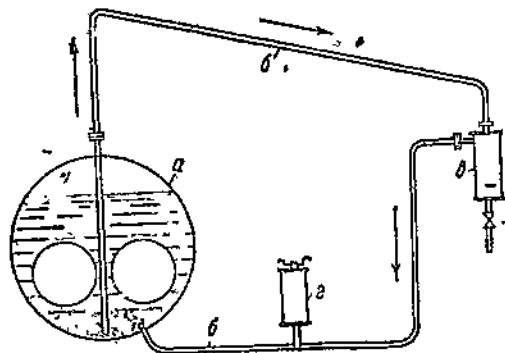


Рис. 6. Схема термосифонного контура для ланкаширского котла:
а — котел; б — термосифонный контур; в — шламоотделитель; г — дозатор

контура. Помимо того, циркуляция в контуре усиливается самоиспарением котловой воды в верхнем участке подъемной линии, происходящим вследствие падения давления при почти неизменной температуре котловой воды.

Конструкции шламоотделителей основаны на применении двух принципов осаждения шлама: 1) выпадение основных фракций шлама при минимальных скоростях движения воды; 2) отделение от котловой воды дисперсного шлама при прохождении водой лабиринта.

Осажденный шлам удаляется из аппарата периодической продувкой в подставленное ведро.

Контур термосифона монтируется из обыкновенных или усиленных¹ газовых труб $\varnothing 1''$ на резьбовых соединениях. Лишь примыкание контура к штуцерам котельного барабана и к шайбе на продувочной линии осуществляется из цельнотянутых труб с применением фланцевых соединений. В качестве запорных органов на циркуляционном трубопроводе необходимо применение вентилей типа „Косва“ или проходных пробочных кранов, так как нормальные (острированные) вентили резко увеличивают местные сопротивления, снижая тем самым скорость циркуляции. Такая же арматура во избежание застревания шлама должна устанавливаться на линии выпуска шлама из шламоотделителя.

При установке дозатора на линии осветленной воды термосифонного контура необходимо также устанавливать аналогичную прямооточную арматуру. Подлежащая загрузке порция реагента, чаще всего в виде 10%-ного или иной крепости водного раствора, заливается в дозатор, откуда переводится (соответственно примененному способу приключения дозатора, с осветленной либо с питательной водой) в котел.

Ориентировочный верхний предел размера поверхности нагрева котла, к которому может быть применена термосифонная установка, в настоящее время определяется 300—400 м². Максимальное давление пара в котлах, которые могут быть оборудованы этой установкой, составляет 12—14 атн.

Кроме этого, критерием применимости термосифонных установок для стационарных котлов низкого давления, по данным Водной лаборатории ВТИ, является

¹ Обыкновенные газовые трубы можно применять при давлениях до 7 атн, усиленные — до 13 атн.

также предельно допустимое удельное напряжение σ водяного пространства котла по шламу:

$$\sigma = \frac{D \cdot H_{\text{общ.}}}{W} \leq 2 \frac{\text{тонно-градуса жесткости}}{1 \text{ м}^3 \text{ вод. объема}}, \quad [7]$$

где:

D — паропроизводительность котла в т/час;
 $H_{\text{общ.}}$ — общая жесткость питательной воды в °Н;
 W — водяной объем котла в м³.

В отдельных случаях, при возможности развития контура по высоте, предельное значение σ может быть повышено до 3.

Приводимые в настоящей работе материалы дают возможность изготовить и эксплуатировать термосифонные установки. Сюда включено значительное количество графического материала, а также необходимые инструкции. Так, в альбоме даются аксонометрические схемы, воспроизводящие общие виды термосифонных установок применительно к особенностям конструкций разных типов котлов (черт. 1—11); чертежи аппаратуры шламоотделителей и дозаторов (черт. 12—37); конструкции деталей—штуцеров, шайбы присоединения трубного контура термосифона к котлу (черт. 40—42); схемы установки дозатора на питательной магистрали (черт. 38, 39) и конструкция крепления шламоотделителя (черт. 43).

В аксонометрических схемах отражены: место отбора в контур котловой воды, местоположение трубопровода внутри котла, пространственное размещение аппаратуры и трубопровода контура с арматурой и место включения обратного трубопровода контура в продувочную линию котла. Эти схемы следует рассматривать лишь как примерные компоновки элементов установки, так как в зависимости от местных условий воз-

можно их частичные изменения. Например, вместо отопления подъемного участка контура слоем изоляции возможно заключить его в паровую рубашку (рис. 7 и 8) или вместо проводки подъемного участка контура

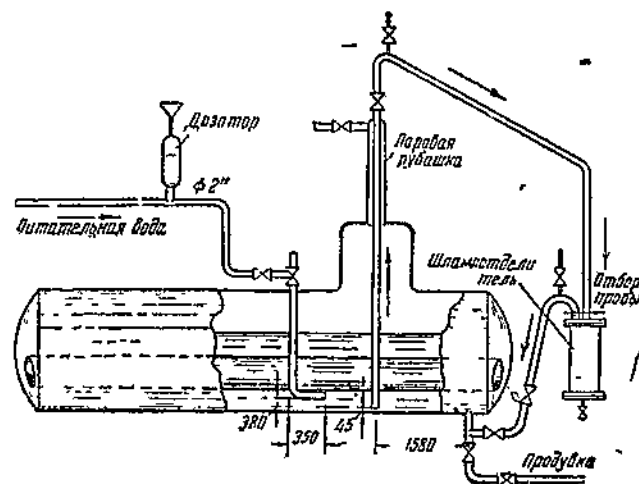


Рис. 7. Схема термосифонного контура с паровой рубашкой для ланкаширского котла. Вариант I

внутри котла (рис. 10) можно смонтировать его в последнем газоходе котла (рис. 9). В последнем случае может быть обеспечена значительно более интенсивная циркуляция в контуре за счет обогрева его подъемного участка топочными газами. Недостатком этой схемы является некоторое усложнение выключения контура,

При оборудовании котлов термосифонными контурами наивысшую точку контура необходимо распола-

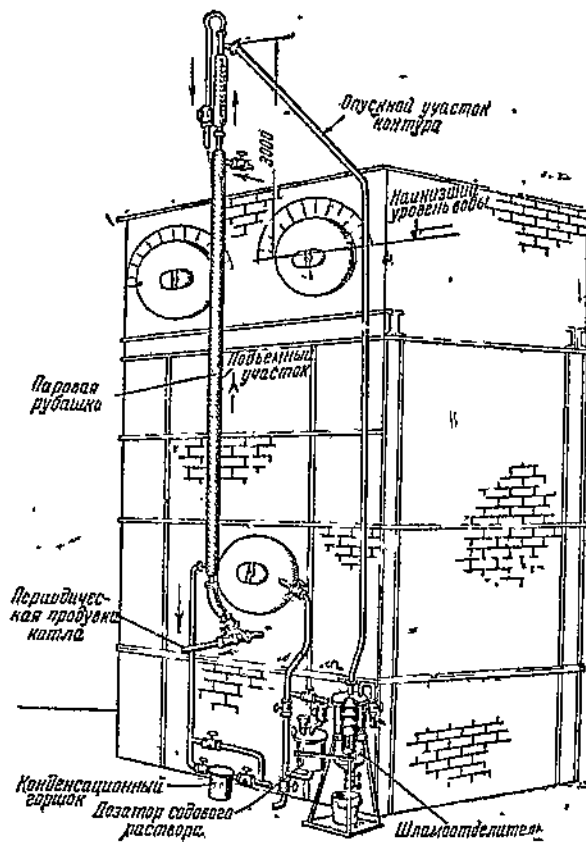


Рис. 8. Схема термосифонного контура с паровой рубашкой. Вариант II

гать выше зеркала испарения на 2,5—3 м. Это расстояние принято называть высотой самоиспарения.

Надлежащая термоизоляция подъемного участка контура вне котла имеет исключительно важное значение, в особенности для жаротрубных котлов, отличающихся небольшой высотой водяного объема, и на это обстоятельство следует обращать самое серьезное внимание.

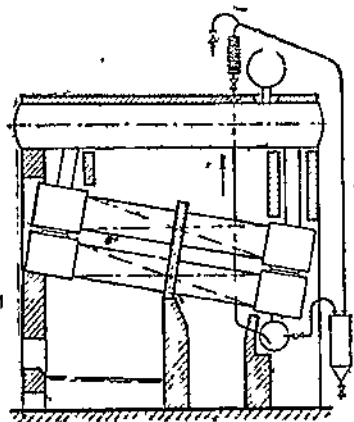


Рис. 9. Схема размещения подъемного участка контура в газоходе котла

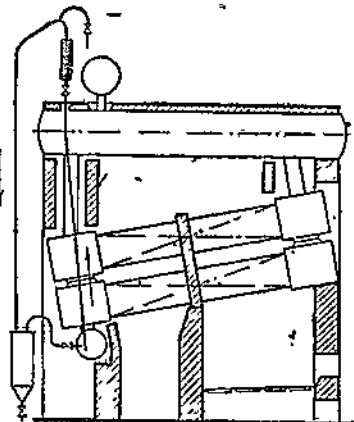


Рис. 10. Схема размещения подъемного участка контура внутри котла

Верхний участок контура от наивысшей точки до вертикального опускного участка должен быть проложен с уклоном в направлении циркуляции в пределах не менее 5° и не более 10° , что весьма важно для надлежащей работы контура. Ширина контура, т. е. расстояние по горизонтали между вертикальными подъемным и опускным участками контура, в свою очередь не безразлична для правильной работы контура. На основании проведенных Водной лабораторией ВТИ работ, это расстояние целесообразно выбирать на 10—30% больше высоты самоиспарения. После

шламоотделителя трубу контура также необходимо прокладывать в направлении циркуляции с уклоном, величина которого определяется по месту. В термосифонных контурах следует избегать горизонтальных участков значительной протяженности для устранения скопления здесь шлама. Сопротивление контура движению воды и пара в нем должно быть минимальным, поэтому контуры должны выполняться с плавными изгибами сравнительно большого радиуса и с ограниченным количеством запорной арматуры.

Верхний забор котловой воды к термосифонному шламоотделителю, указанный на многих схемах, целесообразно применять лишь при стабильной во времени и форсированной работе котлов; наоборот, если режим котла характеризуется частыми провалами нагрузки или слабой форсировкой, то необходимо, как правило, осуществлять нижний забор котловой воды.

Сказанное понятно, если учесть, что при бурной циркуляции котловой воды содержащийся в ней шлам удерживается в толще воды во взвешенном состоянии; при слабой же циркуляции шлам оседает в нижних слоях водяного объема котла.

Особенно неблагоприятно на работе термосифонно-осадительной установки отзывается режим устойчивого низкого паронапряжения. При этом вследствие слабой внутрикотловой циркуляции оказывается возможным осаждение шлама, повидимому, даже в котельных барабанах водотрубных котлов. В этом случае и нижний отбор воды в термосифонный контур не обеспечит вывода шлама из котла. Рекомендуется, если это допустимо, перераспределить нагрузку для обеспечения форсированной работы котла периодически по крайней мере два-три раза в течение суток.

Если котел систематически работает с очень низкой нагрузкой и без-эпизодических форсировок, то

применение метода термосифонного шламоудаления окажется недостаточно эффективным.

При прокладке подъемного участка термосифонного контура внутри кипятильной трубы, как, например, в схеме котла сист. Гарбе (см. альбом, черт. 10), необходимо выбрать трубу с относительно слабой циркуляцией (на границе подъемного и опускного циркуляционных токов), причем труба термосифонного контура не должна занимать более 30% живого сечения кипятильной трубы.

Запорная арматура контура и шламоотделитель должны располагаться, сообразуясь с удобством их обслуживания.

В настоящей работе конструкция шламоотделителя разработана в двух вариантах: с плоскими ребрами (конструкция ВТИ) и с коническими ребрами (конструкция треста Энергопроект). Оба эти варианта, примерно, равноценны, и выбор любого из них при изготовлении на месте определяется производственными возможностями предприятия.

В данной работе приводятся пять типов шламоотделителей (ШМ-1, ШМ-2, ШМ-3, ШБ-1 и ШБ-2), различных по размеру, конструкции и способу подачи реагента. Общие виды их показаны в прилагаемом альбоме (черт. 12—14 и 25—26).

Выбор размера шламоотделителя производится в соответствии с количеством подлежащего осаждению шлама. В зависимости от величины производства из количества добавляемой сырой воды L т/час и общей ее жесткости $H_{\text{общ}}$ следует выбирать при

$L \cdot H_{\text{общ}} \leq 40$ — шламоотделитель малой модели ШМ,

$40 < L \cdot H_{\text{общ}} \leq 80$ — шламоотделитель большой модели ШБ.

В ряде случаев возможно применение одного шламоотделителя для двух одновременно работающих котлов. Тогда термосифонный контур каждого котла

включается на шламоотделитель поочередно, через каждые 4—8 час. При выборе размера шламоотделителя для данного случая под величиной L понимается общее количество сырой воды в т/час, поступающее на оба котла.

Принцип работы всех приводимых типов шламоотделителей одинаков. Например, процесс отделения шлама, поступающего с водой в отделители типа ШМ-1, ШБ-1 и ШМ-2, происходит следующим образом: вода со шламом через верхний штуцер и внутреннюю трубу увеличенного диаметра поступает в корпус отделителя. В связи с тем, что скорость движения воды в трубе падает до 0,006—0,02 м/сек., а затем в корпусе отделителя до 0,0003—0,0020 м/сек., основная часть шлама отделяется от воды и оседает на дно отделителя; вода с остающимся в ней более дисперсным шламом поступает затем в лабиринт, выполненный в виде воронок-конусов; в результате многократного изменения направления движения воды при проходе через лабиринт происходит дополнительное отделение дисперсного шлама, сползающего по наклонной поверхности воронок-конусов в нижнюю часть корпуса. Подобной транспортировке шлама способствует нисходящий ток воды вдоль внутренней поверхности корпуса отделителя, вызываемый охлаждением его окружающим воздухом. Осветленная вода выходит из отделителя через горизонтально расположенный штуцер в верхней части корпуса.

Процесс отделения шлама в шламоотделителях типа ШБ-2 и ШМ-3 происходит сходным образом. Внутри корпуса каждого из них, разделенного в верхней половине перегородкой на две части, находится ряд сепарирующих плоскостей, заставляющих загрязненную шламом воду многократно менять направление, что приводит к выпадению шлама в нижнюю часть корпуса шламоотделителя. Вода со шламом поступает в пра-

Вую половину корпуса, а осветленная выходит, поднимаясь через лабиринт в левой части корпуса. В альбоме на черт. 15—24 и 27—34 показаны детали приведенных типов шламоотделителей.

При сборке шламоотделителей важно соблюдение указанных на чертежах зазоров между стенкой аппарата и конусами и козырьками лабиринта.

Химические реагенты для осаждения накипеобразователей в виде шлама вводятся в котел с помощью дозаторов, устанавливаемых на питательной магистрали (альбом, черт. 35) или включаемых в термосифонный контур на участке осветленной воды (альбом, черт. 36, 37).

Если в котельной имеется несколько одновременно работающих котлов, оборудованных осадительно-термосифонными установками, целесообразно централизовать дозировку реагента, установив один дозатор на общей питательной магистрали. Для подобной подачи реагента предназначен дозатор ДБ-2 (альбом, черт. 35). Раствор соды в этом случае заливается в дозатор отдельно для каждого котла и продавливается в соответствующий котел вместе с питательной водой. Питание водой остальных котлов в этот момент прекращают.

Если же в котельной одновременно работает не более двух котлов, схема включения дозатора может быть централизованной или индивидуальной. В частности, на аксонометрических изображениях термосифонной установки для разных типов котлов показана индивидуальная схема включения дозатора в термосифонный контур каждого котла, предусматривающая постепенное вымывание реагента из дозатора водой, циркулирующей в контуре, за счет разности удельных весов протекающей через контур воды и раствора реагента. Заливка раствора соды в дозатор производится или вручную или самотеком из специального бачка (аль-

бом, черт. 39). В последнем случае следует выбрать дозатор ДБ-2.

Конструкция дозатора разработана на две емкости: 17,5 л. (дозаторы ДБ-1 и ДБ-2; альбом, черт. 35, 36) и 10 л (дозатор ДМ-1; альбом, черт. 37).

При выборе дозатора исходят из количества раствора реагента, подлежащего вводу в котел за сутки.

На черт. 25 (альбом) показан шламоотделитель типа ШМ-3, являющийся одновременно также и дозатором реагента.

Для этой цели с правой стороны крышки шламоотделителя установлена воронка для ввода реагента, с левой же стороны имеется кран-воздушник. Этот совмещенный шламоотделитель-дозатор можно устанавливать на котлах поверхностью нагрева до 150 м², притом в тех случаях, когда в котельной имеется не более двух котлов. При пользовании этим шламоотделителем-дозатором следует проверить на содержание щелочей воду, спущенную со шламом при первой продувке аппарата после его зарядки осадителями. В случае обнаружения повышенной щелочности воды ее целесообразно повторно использовать (после отфильтрования шлама), например для растворения в ней новой порции осадителя.

На приведенных схемах термосифонного контура видно, что его подъемная часть в большинстве случаев проходит через корпус верхнего барабана котла. Конструктивно это осуществляется с помощью имеющихся на барабанах или сухопарниках котлов штуцеров или же путем изготовления и постановки для этой цели на барабане специального штуцера. На черт. 40, 41 (альбом) показаны два варианта крепления штуцера на барабане: путем сварки и на заклепках; последний вариант применяется при отсутствии возможности организации сварочных работ на монтаже термосифонной установки.

Для присоединения участка контура, несущего осветленную воду к продувочной линии котла, служит шайба, показанная на черт. 42 (альбом). Шайба зажимается между фланцами на участке между продувочным вентилем и котлом; ее проходное сечение равно сечению продувочной линии, а наружный диаметр равен диаметру заточки на зеркале фланца. Эти размеры подлежат уточнению на месте.

Крепление шламоотделителя можно выполнить различными способами, в частности он может быть закреплен к одной из стоек каркаса котельной установки.

Пример такого крепления показан на черт. 43 (альбом).

4. ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ

Обеспечивая выделение накипеобразователей в виде шлама и удаление их из котла, осадительно-термосифонная установка дает возможность получить экономию топлива в паровых котлах за счет улучшения теплопередачи от дымовых газов к воде и сокращения размеров продувки котла. Термосифонное устройство дает также возможность значительно экономить реагенты, теряемые (при внутрикотловой обработке воды) с продувочной водой котла, не оборудованного термосифонным устройством.

В связи с тем, что осадительно-термосифонная установка обеспечивает в котле незначительную и более или менее постоянную концентрацию шлама, размеры необходимой продувки котла в этом случае определяются величиной допустимого плотного (сухого) остатка в котловой воде. При этом предельно допустимая величина сухого остатка для основных типов котлов, распространенных в малых и средних котельных установках, работающих с давлением пара до 12—14 ат, в среднем не должна превышать 10 г/л.

Для котлов типа Шухова-Берлина указанная выше эксплуатационная норма сухого остатка должна быть значительно снижена.

Примечание. В связи с специфическими особенностями котлов этого типа и отсутствием достаточного опыта применения к ним осадительно-термосифонных установок, внедрение их на котлах типа Шухова — Берлина, возможно, вообще окажется нецелесообразным.

К числу показателей экономической эффективности следует также отнести сокращение затрат, подчас довольно значительных, на чистку котлов от накипи. Как уже указано, практика эксплуатации осадительно-термосифонных установок показала, что при этом способе борьбы с накипью поверхности нагрева котлов остаются практически чистыми от отложений или частично загрязненными легко смываемым рыхлым шламом. Здесь же уместно отметить, что учет дополнительных затрат на чистку котла от накипи не исчерпывает размеров ущерба, причиняемого ее образованием, так как накипь в котлах приводит к перегреванию и разрушению металла.

Практикуемые приемы механической очистки в большей или меньшей степени также вредно отзываются на сохранности котельного оборудования.

Особо стоит вопрос об оценке экономического эффекта и хозяйственного значения рассматриваемого упрощенного способа борьбы с накипью в котельных, не располагающих резервной котельной мощностью. В этом случае длительная остановка котла на чистку от накипи лимитирует нормальный выпуск продукции предприятия.

Для определения результирующего экономического эффекта надлежит учитывать начальные затраты на сооружение осадительно-термосифонного устройства (проектирование, стоимость материалов и аппаратуры, монтаж и наладка), а также эксплуатационные расходы

(стоимость реагента, оплата обслуживающего персонала, начисления).

Изготовление и монтаж термосифонной установки составляет лишь 5—8% от затрат на сооружение водоочистительной установки обычного типа, причем эксплуатационные расходы по водоочистке понижаются на 60—70%.

Сравнительная технико-экономическая характеристика различных типов водоочистительных установок показана в следующей таблице.

Сравнительные стоимости сооружения и эксплуатации водоподготовительных установок различного типа

Типы установок	Стоимость оборудования и монтажа	Суммарная стоимость здания, оборудования и монтажа	Эксплуатационные расходы
Коагуляция — известкование — катионирование	1,00	1,00	1,00
Катионирование — непрерывная продувка котлов через теплообменник	0,52	0,25	0,80
Содо-известковое водоочистление (типа „Струя“)	0,45	0,54	0,91
Частичное катионирование — удаление шлама помощью термосифонных установок	0,23	0,14	0,57
Присадка в котлы осадительных средств с удалением получающегося шлама помощью термосифонных установок	0,09	0,05	0,35

В приведенной таблице принята за единицу стоимость сооружения и эксплуатации водоочистительной

установки, работающей по схеме коагуляция — известкование — катионирование.

В частности, затраты на изготовление осадительно-термосифонной установки со всеми приспособлениями для одного котла поверхностью нагрева до 200 м² составляют, примерно, 2000 руб., затраты на монтаж — 1000—1200 руб., эксплуатационные же расходы соответственно составляют 3000—4000 руб. в год. С увеличением на предприятии количества котлов, оборудованных термосифонными установками, эксплуатационные расходы на водоочистку почти не увеличиваются.

Для изготовления осадительно-термосифонной установки к одному котлу поверхностью нагрева 100 м² требуются основные материалы:

Наименование	Единица измерения	Количество
Шламоотделитель Ø 257/273 мм, тип ШМ-1	шт.	1
Дозатор для содового раствора емкостью 10 л, тип ДМ-1	„	1
Трубы газовые (обыкновенные или усиленные):		
а) Ø 1"	пог. м	18
б) Ø 3/4"	„	2
в) Ø 1/2"	„	3
г) бесшовные 32 × 3,5 мм	„	1
Фланцы стальные Ø 115/33 × 18 мм	шт.	8
Вентили („Косва“) или краны пробочные Ø 1"	шт.	4
Вентили Ø 1"	„	2
Краны воздушные Ø 1/2"	„	2
Крепления для шламоотделителя и дозатора	кг	15

5. ОРГАНИЗАЦИЯ ЭКСПЛУАТАЦИИ ОСАДИТЕЛЬНО-ТЕРМОСИФОННЫХ УСТАНОВОК

а) ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ ПО ЭКСПЛУАТАЦИИ И ОБЩИЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ РАБОТЫ УСТАНОВКИ

Эффективность действий осадительно-термосифонной установки зависит от правильной дозировки осадительных средств и правильной работы термосифонного контура.

Надлежащая дозировка осадительных веществ возможна только при регулярном химическом контроле качества котловой воды, с помощью которого производится корректирование дозировки осадителей и устанавливаются периодичность и объем продувки котла.

В котел перед пуском осадительно-термосифонной установки должно быть загружено количество осадителя, необходимое для доведения общей щелочности котловой воды до нормального ее значения. Это количество для кальцинированной соды определяется по следующей формуле:

$$G = \frac{A \cdot W \cdot 18,9}{\psi \cdot 1000} \text{ кг}, \quad [8]$$

где: G — количество соды в кг технического продукта;

A — нормальное значение общей щелочности котловой воды в нем. град;

W — водяной объем котла в м³;

ψ — коэффициент чистоты технической кальцинированной соды.

Спустя 5—6 дней после включения термосифонного контура, после установления надлежащего щелочного режима, производят проверку соответствия между расчетным количеством выпадающего внутри котла шлама и фактическим количеством его, выпускаемым из шламоотделителя.

Среднесуточное количество образующегося в котле шлама определяется по номограмме (рис. 5), исходя из количества испаряемой за сутки воды и среднего значения общей ее жесткости, а количество шлама, выпускаемого из аппарата, определяется непосредственно путем его сбора и высушивания.

Если термосифонный контур работает правильно, то указанная проверка дает почти совпадающие результаты. В последующем подобную проверку рекомендуется осуществлять регулярно через двух-трехмесячные промежутки времени.

Скорость циркуляции воды в контуре, по Фредеркингу, должна быть не менее 0,06 м/сек. во избежание отложений шлама в трубах контура, но, с другой стороны, чрезмерно большие скорости прохождения воды через шламоотделитель в состоянии обусловить значительный вынос шлама обратно в котел. Поэтому оптимальная скорость циркуляции для каждой термосифонной установки должна быть определена опытным путем.

Скорость циркуляции в обычных условиях регулируется степенью открытия запорного органа на участке осветленной воды между шламоотделителем и продувочной линией котла.

б) УКАЗАНИЯ ПО ОБСЛУЖИВАНИЮ И РЕГУЛИРОВАНИЮ УСТАНОВКИ

1. Общие положения

1. Шламоотделитель работает под давлением пара в котле, поэтому по отношению к нему обязательно соблюдение всех правил эксплуатации аппаратов, работающих под давлением.

2. Для записи результатов эксплуатации осадительно-термосифонной установки должен быть заведен

специальный журнал, в котором должны отмечаться результаты анализов, данные осмотров котлов, время ввода реагентов в котлы и количество введенных осадителей, даты пуска и останова котлов, все замеченные неполадки в работе термосифонной установки и принятые меры к их устранению.

3. При пользовании воздушными, пробными и спускными кранами следует соблюдать необходимые меры предосторожности.

4. Для обеспечения безопасности персонала и предотвращения порчи одежды при пользовании едкими реагентами все операции по приготовлению раствора осадителя и вводу его в котел производить с применением защитной спецодежды, перчаток и маски.

5. Спуск осадка из шламоотделителя, приготовление и ввод раствора реагента производится под наблюдением теплотехника или хорошо инструктированного старшего кочегара.

2. Обслуживание установки

Включение шламоотделителя

Для включения законченной монтажом термосифонной установки в работу необходимо:

а) проверить закрытие спускного крана шламоотделителя и кранов для отбора проб;

б) открыть воздушный кран в верхней точке термосифонного контура;

в) открыть запорные органы на трубопроводе контура: на выводе из котла подъемного стояка и у места включения в продувочную линию котла;

г) закрыть воздушный кран после выброса из него воды.

Обезвоздушивание шламоотделителя и верхних участков линии осветленной воды производится, в соответствии с принятой схемой установки, — через верх-

ний воздушный кран, дозатор содового раствора и через кран для отбора проб на линии осветленной воды.

Спуск осадка из шламоотделителя

Для спуска осадка из шламоотделителя требуется последовательное выполнение следующих операций:

а) подставить ведро под спускную трубу шламоотделителя;

б) открыть спускной кран шламоотделителя;

в) спуск осадка продолжать до появления из шламоотделителя светлой воды;

г) закрыть спускной кран шламоотделителя.

Спуск осадка из шламоотделителя следует производить в зависимости от величины полезного объема шламоотделителя и количества выпадающего в нем шлама, но не реже двух раз в сутки.

Ввод реагента в котлы

Ввод в котлы реагента совершается следующим образом:

а) подлежащую вводу порцию реагента тщательно растворить в воде из расчета 10 л воды на 1 кг реагента;

б) отключить дозатор от системы трубопроводов, сообщающих его с котлом (в зависимости от схемы установки дозатора — от линии осветленной воды термосифонного контура или от питательной магистрали);

в) подставить ведро под спускную трубу дозатора;

г) отвернуть пробку (или открыть кран у воронки) дозатора;

д) при наличии на дозаторе (в зависимости от конструкции) воздушного крана, таковой открыть;

е) открыть спускной кран дозатора и слить из него воду в объеме, не меньшем подлежащего вводу раствора реагента;

ж) залить в дозатор раствор реагента.

Примечание. При наличии бака для раствора реагента, соединенного трубопроводом с воронкой дозатора, запас раствора заливается в бак и периодически подается в дозатор.

з) закрыть кран у воронки (или, соответственно, свернуть пробку) дозатора;

и) закрыть воздушный кран дозатора;

к) открыть вентили в системе трубопроводов, сообщающих дозатор с котлом.

В случае применения схемы установки дозатора на питательной магистрали необходимо выполнить следующие дополнительные операции:

л) перед открытием вентилей у дозатора по п. „к“ проверить открытие вентиля на питательной линии котла, в который вводится реагент, и обеспечить полное отключение от питания всех остальных котлов;

м) после продавливания с питательной водой в котел всего залитого в дозатор раствора реагента возобновить нормальное питание остальных котлов;

н) закрыть вентили на перемычке к дозатору от питательной линии.

Примечание. Из совмещенного шламоотделителя-дозатора ШМ-З содовый раствор переводится в котел путем постепенного разбавления его струей циркулирующей воды. Если к моменту очередной продувки шламоотделителя весь содовый раствор не успеет перейти в котел, то реагент будет потерян при спуске осадка. Поэтому следует стремиться максимально удлинить располагаемый срок для перевода содового раствора из аппарата в котел, для чего ввод реагента в шламоотделитель надо производить непосредственно после его продувки.

Не полагаясь целиком на эту предупредительную меру, следует в начальный период эксплуатации установки несколько раз проверить щелочность воды, спущенной при продувке шламоотделителя в установленное для этого время. Если при этом обнаружатся повышенные значения щелочности, указывающие на замедленный переход осадителя в котел, рекомендуется, по мере возможности, снизить концентрацию раствора реагента, заливаемого в шламоотделитель-дозатор.

в) ОСНОВНЫЕ НЕПОЛАДКИ И ИХ УСТРАНЕНИЕ

Как правило, термосифонная установка начинает нормально работать сразу же после первого ее включения. Однако в отдельных случаях вследствие плохого выполнения монтажных работ и неправильной эксплуатации установки в ее работе могут наблюдаться некоторые ненормальности.

Прекращение циркуляции в термосифонных контурах легко может быть обнаружено по температуре стенок контура, которая при этом становится равной температуре окружающей среды. Причиной этого может быть или засорение контура, или случайное закрытие одного или обоих вентилей, или, наконец, образование воздушной пробки в контуре. Устранением этих причин, очевидно, легко восстановить нормальную работу контура. Если имеет место частичное засорение контура, то это также можно обнаружить по низкой температуре стенок контура. Как частичное, так и полное засорение труб контура устраняется раздельной продувкой участков контура до и после шламоотделителя. Малое количество шлама, выдаваемого шламоотделителем при наличии жесткой питательной воды, имеет место или при заниженной общей щелочности котловой воды, или же при весьма слабой форсировке котла.

При обнаружении явлений бросания и вспенивания котловой воды необходимо проверить общую ее щелочность; если она окажется весьма завышенной, снизить ее, например путем периодической продувки.

При устранении отдельных ненормальностей в работе термосифонного контура иногда полезно проверить скорость циркуляции воды в нем, которая определяется на основании результатов измерения (с помощью термомпар) температур поверхности двух

фиксированных точек трубопровода термосифонного контура.

Зная величину теплоотдачи исследуемого неизолированного участка трубопровода (которая определяется по известной разности между температурой окружающей среды и средней температурой поверхности трубопровода на исследуемом участке контура), можно определить скорость и количество циркулирующей в контуре воды по формуле:

$$v = \frac{4 Q t}{3600 \cdot 10^3 c \gamma (t_1 - t_2) \pi d^2} \text{ м/сек.,} \quad (9)$$

где:

- Q — теплоотдача 1 пог. м трубопровода при данных диаметре и разности между температурами поверхности участка трубопровода и окружающей среды, в кал/м час;
- l — длина исследуемого участка трубопровода, в м;
- c — средняя (для исследуемого участка трубопровода) удельная теплоемкость циркулирующей воды, в кал/кг, °С;
- γ — средний (для исследуемого участка трубопровода) удельный вес циркулирующей воды, в кг/м³;
- $t_1 - t_2$ — измеренная разность температур поверхности в крайних точках исследуемого участка трубопровода, приближенно равная разности температур теплоносителя в °С;
- d — диаметр трубопровода в м.

Другой, менее надежный способ определения скорости циркуляции связан с определением шламосодержания циркулирующей воды до и после шламоотделителя и определением количества шлама, накопившегося в шламоотделителе за сутки.

Отбор проб воды до и после шламоотделителя производится через специальные трубки, присоединенные к термосифонному контуру до и после шламоотделителя.

Суточный выход шлама определяется путем фильтрования (с последующей сушкой осадка) 500—1000 см³ средней пробы спущенной из шламоотделителя жидкости с пересчетом на общий литраж спущенного количества.

В течение суток производится три-четыре отбора проб по 500 см³ воды до и после шламоотделителя. Эти пробы фильтруются, и предварительно взвешенные фильтры высушиваются вместе с уловленным на них осадком.

Пересчетом устанавливается среднее шламосодержание в г/л циркулирующей через контур воды до и после шламоотделителя.

Скорость циркуляции определяется из выражения:

$$v = \frac{4G}{3600 \cdot 24 \times (g_1 - g_2) \pi d^2} \text{ м/сек.,} \quad [10]$$

где:

- G — количество сухого шлама, осажденного в шламоотделителе за сутки, в кг;
- g_1 — вес осадка в воде до шламоотделителя, в г/л;
- g_2 — вес осадка в воде после шламоотделителя, в г/л;
- d — диаметр трубопровода контура, в м.

Полученные весовые содержания шлама в воде до и после шламоотделителя предоставляют возможность определения к. п. д. шламоотделителя по формуле:

$$\eta = \frac{g_1 - g_2}{g_1} 100\% . \quad [11]$$

При правильном выполнении конструкции шламоотделителей их к. п. д. колеблется в пределах от 75 до 99%.

При отборе проб воды для определения содержания шлама надлежит учесть следующие обстоятельства:

а) в трубках для отбора проб при работе термосифонного контура обычно осаждаются шлам; поэтому перед тем как взять пробу, эти трубки предварительно должны быть промыты пропусканьем через них некоторого количества воды из контура;

б) отбор пробы из линии осветленной воды надо производить весьма медленно, чтобы не допустить искажения пробы примесью котловой воды за счет обратного движения воды (при открытии пробного

крана) через имеющую малое сопротивление и мало емкую линию осветленной воды непосредственно из котла.

Установленная нормальная величина скорости циркуляции должна поддерживаться постоянно. Для этого можно использовать установочную риску, сделанную на маховичке регулировочного вентиля. В качестве последнего предпочтительно использовать вентиль на линии осветленной воды.

Эффективность работы термосифонной установки при прочих неизменных условиях определяется количеством осадка, удаляемого при периодических продувках шламоотделителя. При обнаружении отклонений в этом направлении от привычной нормы следует найти и устранить причину уменьшенного выхода шлама.

г) ХИМИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ И МЕТОДИКА ХИМИЧЕСКИХ АНАЛИЗОВ

1. Химический контроль

Контроль внутрикотловых процессов осуществляется по данным систематических анализов котловой воды: на общую щелочность, щелочное число и плотный остаток. Основой внутрикотловой обработки является поддержание общей щелочности котловой воды, равной в среднем 25 нем. град., с допустимыми колебаниями в пределах от 15 до 40 нем. град.

Мерилом защитной щелочности котловой воды в отношении коррозии является щелочное число, которое обычно поддерживается в пределах от 150 до 400 мг/л.

Периодичность вышеупомянутого контроля устанавливается, исходя из конкретных особенностей работы котла, но не менее одного раза в сутки на общую

щелочность и щелочное число и один раз в декаду — на плотный остаток по каждому работающему котлу.

Желательно также эпизодическое выполнение следующих анализов:

- сырой воды на карбонатную, некарбонатную и общую жесткость;
- конденсата на общую жесткость;
- котловой воды на общую жесткость;
- насыщенного пара на общую щелочность.

2. Методика химических анализов

Определение общей щелочности и щелочного числа воды

В колбу Эрленмейера точно отмеривают 100 см³ испытуемой воды и приливают две-три капли фенолфталеина. Проба титруется 0,1N кислотой (H₂SO₄ или HCl) до обесцвечивания. Расход 0,1N кислоты ФФ см³, умноженный на 40, определяет значение щелочного числа в мг/л, т. е.:

$$A_s = 40 \cdot \text{ФФ} \text{ мг/л.} \quad [12]$$

Для определения общей щелочности к оттитрованной по фенолфталеину пробе добавляют две-три капли метилоранжа, и проба далее титруется 0,1N кислотой до перехода желтой окраски в оранжевую. Расход 0,1 N кислоты, затраченной на вторичное титрование по метилоранжу, обозначается МО см³. Общая щелочность A в нем. град. получается при этом равной:

$$A = 2,8 (\text{ФФ} + \text{МО}) \cdot N. \quad [13]$$

Определение сухого (плотного) остатка

Отфильтрованную пробу 500—1000 см³ испытуемой воды наливают в прокаленную и взвешенную фарфоровую или платиновую чашку; в эту же чашку сливают ополоски из мерной колбы, тщательно промыв-

той несколько раз дистиллированной водой. Содержимое чашки выпаривают на песчаной бане и затем остаток высушивают до постоянного веса при 110°.

Разность весов чашки — с высушенным остатком и пустой — определяет вес сухого остатка (на отобранную емкость пробы). Пересчетом устанавливается содержание сухого остатка в 1 л испытуемой воды.

Определение жесткости сырой воды по Варта-Пфейферу

К 100 см³ сырой воды прибавляют две-три капли метилоранжа и титруют 0,1*N* кислотой до перехода желтой окраски в оранжевую.

Израсходованное количество A см³ 0,1*N* кислоты, помноженное на 2,8, определяет величину временной жесткости испытуемой воды в немецких градусах:

$$H_{вр} = 2,8 \cdot A \text{ нем. град.} \quad [14]$$

Оттитрованную пробу кипятят 5 мин., после чего к ней прибавляют 20—30 см³ щелочной смеси Пфейфера (смесь равных объемов 0,1*N* Na₂CO₃ и 0,1*N* NaOH).

После прибавления щелочной смеси пробу вновь кипятят 10 мин., затем жидкость переводят в мерную колбу емкостью 200 см³, колбу же Эрленмейера, в которой производилось титрование и кипячение, споласкивают дистиллированной водой и ополоски сливают в ту же мерную колбу на 200 см³.

Жидкость в мерной колбе охлаждают, доводят объем ее дистиллированной водой до метки, тщательно перемешивают взбалтыванием и фильтруют через сухой фильтр в сухой стакан. Первые порции фильтрата 25—30 см³ сливают. Отмерив из стакана 100 см³ фильтрата в эрленмейеровскую колбу, прибавляют две-три капли метилоранжа и титруют 0,1*N* кислотой до пе-

рехода окраски в оранжевую. Расход 0,1*N* кислоты, пошедшей на титрование фильтрата, обозначается B см³.

Отдельно титруется 0,1*N* кислотой в присутствии метилоранжа проба смеси Пфейфера, взятая в том же объеме, какой был добавлен в мерную колбу. Расход 0,1*N* кислоты, пошедшей на титрование пробы смеси Пфейфера, обозначается B см³.

Общая жесткость воды определяется при этом по формуле:

$$H_{общ} = 2,8 (B - 2B) \cdot N. \quad [15]$$

Постоянная жесткость испытуемой воды определяется разностью установленных значений жесткости общей и временной:

$$H_{пост} = H_{общ} - H_{вр}.$$

Определение общей жесткости умягченной воды по Винклеру в модификации Шплиттгербер

В склянку с притертой пробкой емкостью на 200—300 см³ отмеривают 100 см³ испытуемой воды. К пробе добавляют две-три капли фенолфталеина и в случае щелочной реакции производят нейтрализацию 0,1*N* соляной кислотой до обесцвечивания. Затем в пробу испытуемой воды прибавляют 5 см³ аммиачного раствора хлористого аммония.

Титрование пробы производят мыльным раствором Винклера (олеоната калия) впредь до появления крупночешуйчатой радужной устойчивой пены.

При расходе мыльного раствора в количестве до 0,5 см³ спуск его A в см³ для определения общей жесткости в °Н помножается на 0,3; при расходе мыла от 0,5 до 2,35 см³ общая жесткость в °Н определяется величиной спуска раствора в кубических сантиметрах за вычетом 0,35,

6. КРАТКИЕ ИТОГИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ОСАДИТЕЛЬНО-ТЕРМОСИФОННЫХ УСТАНОВОК И ВЫВОДЫ

За рубежом как в странах Западной Европы, так и в США осадительно-термосифонные установки весьма распространены. В настоящее время имеются также достаточные материалы с результатами исследований. Всестороннее исследование работы подобных установок, произведенное Фредеркингом, в выдержках приводится ниже. Если обобщить его результаты, то можно отметить, что эти установки работают на питательной воде с общей жесткостью до 40 °Н.

Количество циркулирующей через контур воды находится в пределах от 50 до 300 л в час.

Количество вводимой в котлы соды (по кальции-рованной соде) в зависимости от паропроизводительности котлов и величины постоянной жесткости питательной воды составляет от 0 до 430 мг/л.

При этом расчетное количество шлама в питательной воде в зависимости от ее качества составляет от 80 до 660 мг/л.

Содержание шлама в воде, циркулирующей через контур, бывает в зависимости от указанных выше условий весьма различным.

Так например, в воде до шламоотделителя содержание шлама составляет от 140 до 6000 мг/л, а в осветленной воде после шламоотделителя — от 15 до 80 мг/л.

При этом к. п. д. шламоотделителя составляет от 79,0 до 99,7%.

В зависимости от указанных выше условий количество шлама, осаждающегося в шламоотделителях, составляет от 14,0 до 1100,0 г/час.

Количество циркулирующей в контуре воды в процентах от водяного объема котла составляет в зависимости от типа котла и интенсивности циркуляции от 0,31 до 5,7% в час.

За последнее время внутрикотловая обработка воды с термосифонным удалением шлама интенсивно внедряется на многих предприятиях пищевой промышленности Советского Союза, в частности на предприятиях спиртовой промышленности.

Многочисленные спиртовые заводы, как например, Талицкий, Александровский, Липецкий, Корыстовский и др., эксплуатирующие эти установки, получили возможность довести до минимума или полностью исключить накипеобразование в паровых котлах.

Например, на Талицком спиртовом заводе шламоотделитель установлен на котле сист. Стерлинга, работающем при давлении 16 атм, имеющем поверхность нагрева 400 м²; поступающая в котел питательная вода имеет общую жесткость 10,4 °Н, постоянную жесткость 2,2 °Н.

На московской табачной фабрике „Ява“ в результате применения термосифонной установки полностью отпала необходимость в периодической чистке от накипи двух ланкаширских котлов.

Применение термосифонно-осадительных установок дало возможность организовать эффективное удаление шлама в частности из котлов сист. Бабкок и Вилькоккс на московских заводах — Пивоваренном и „Стеол“, из котла сист. Шухова на Московском молкомбинате им. Горького. Последняя установка выполнена по схеме проводки подъемного стояка контура в газохоте котла (см. рис. 9).

Аналогичные результаты достигнуты повсеместно при правильных применении и эксплуатации термосифонных установок.

На Корыстовском спиртовом заводе, по инициативе Водной лаборатории ВТИ, первая в СССР термосифонная установка в комбинации с частичным умягчением (катионированием) была смонтирована и пущена

Характеристика питательной воды, котловой воды и пара стационарных паровых котлов, оборудованных осадительно-термосифонными установками (по данным Водной лаборатории ВТИ)

Системы котлов	Поверхность нагрева м ²	Паровое пространство м ³	Средние значения			Питательная вода				Котловая вода				П а р			
			давление пара атм	нагрузка котла т/час	напряжение парового пространства кг/м ² час	жесткость в нем. град.			Содержание хлоридов мг/л	общая щелочность в нем. град.	щелочное число мг/л	содержание хлоридов мг/л	сухой остаток мг/л	общая жесткость в нем. град.	общая щелочность в нем. град.	содержание хлоридов мг/л	общая жесткость в нем. град.
						общая	карбонатная	некарбонатная									
Ланкаширский	58	—	5,0	1,0	—	16,83	15,91	0,92	3,3	51,8	493	—	2067	—	—	—	—
Горизонтально-водотрубный сист. Штейнмюллер	112	3,5	4,5	1,61	183	6,52	5,71	0,81	13,2	29,6	314	—	—	—	0,27	—	0,06
Вертикально-водотрубный сист. Гарбе	132,5	3,7	5,0	1,77	191,1	11,55	11,13	0,42	—	31,4	334	—	—	—	0,21	—	0,06
Горизонтально-водотрубный сист. Шухова морского типа	306	3,6	6,0	4,2	325	11,22	5,6	5,62	12,5	42,4	382	70,5	—	—	4,04	8,33	1,05
Горизонтально-водотрубный пятибарабанный сист. Шухова	302	6,0	6,0	6,5	301,6	10,33	7,66	2,67	10,0	45,3	408	253,7	—	2,6	0,36	6,2	0,11
Горизонтально-водотрубный двухбарабанный сист. Вабкок и Вилькокс	250	8,0	6,0	3,0	104,4	10,33	7,66	2,67	10,0	28,4	227	94,3	—	1,97*	0,25	6,1	0,06
Ланкаширский	100	5,28	5,0	1,5	127	3,44	—	—	7,2	41,9	377	176	—	1,9**	—	—	—
Горизонтально-водотрубный, однобарабанный сист. Вабкок и Вилькокс	170	4,61	5,0	1,16	98,2	3,44	—	—	7,2	50,2	648	91,3	—	1,2	0,42	3,52	0,12
Вертикальный сист. Шухова	38,7	1,46	4,0	0,35	91,5	30,1	13,4	16,7	7,0	16,8	133,2	67,2	5960	3,6	—	—	—

Примечание. Котел сист. Вабкок и Вилькокс наряду с осадительно-термосифонным устройством имел также ступенчатое испарение; при этом данные, помеченные *, относятся к первой ступени испарения, а ** — ко второй.

в эксплуатацию еще в 1940 г. Она изготовлена для ланкаширского котла с поверхностью нагрева 58 м².

Несмотря на то, что этот котел питается только сырой водой с общей жесткостью 18,5 °Н и постоянной 3,1 °Н, накипеобразование в нем полностью устранено, и котел уже в течение ряда лет не нуждается в чистке от накипи.

Применение осадительно-термосифонных установок не исключает обычного накипеобразования в водяных экономайзерах, поэтому необходимость в периодической очистке их поверхности от накипи при этом способе водообработки сохраняется. Следует, однако, учесть, что большинство котельных установок малой мощности не имеет до сих пор водяных экономайзеров и что очистка экономайзеров от накипи представляет значительно меньше трудностей, чем очистка котлов.

Эффективность внутрикотловой обработки воды определяется химическим режимом работы котлов. В связи с этим существенный интерес представляет приводимая таблица, где даны собранные ВТИ характеристики качества воды и пара ряда котельных установок, оборудованных осадительно-термосифонными установками.

В ней показаны, в частности, очевидная связь между напряжением парового пространства котла и щелоч-

ностью насыщенного пара и приведены различные показатели, которые могут служить ориентиром для работников эксплуатации, применяющих осадительно-термосифонные устройства.

В настоящее время имеется уже много примеров эффективности применения внутрикотловой обработки воды с термосифонным удалением шлама, свидетельствующих о возможности удовлетворительного разрешения вопроса борьбы с накипеобразованием на большинстве паровых котлов малой мощности.

При затратах достаточно скромных усилий и небольших издержках каждый энергетик, эксплуатирующий малые котлы, может значительно улучшить качество эксплуатации котельного хозяйства и получить соответствующую экономию топлива.

Широкое внедрение осадительно-термосифонных устройств даст советской промышленности возможность сохранить значительное количество топлива, столь ценного в настоящее время.

Наряду с внедрением этих устройств необходима организация получения щелочных заменителей на местах, чтобы не зависеть от всякого рода затруднений в получении нормальных осадительных веществ. Целесообразно также организовать централизованное изготовление шламоотделителей и дозаторов, что будет способствовать внедрению осадительно-термосифонных устройств среди более широкого круга предприятий.

ВОДНО-ЩЕЛОЧНАЯ ВЫТЯЖКА ИЗ ДРЕВЕСНОЙ ЗОЛЫ КАК ЗАМЕНИТЕЛЬ ОСАДИТЕЛЬНЫХ ВЕЩЕСТВ

I. Щелочные свойства вытяжки из древесной золы

При отсутствии реагентов промышленного производства, обычно применяемых для осаждения накипеобразователей, их с успехом можно заменить щелочными вытяжками из древесной золы. Такой выход является особенно удобным в котельных, отапливаемых дровами, где древесная зола как исходное сырье для приготовления водоумягчительной вытяжки имеется обычно в достаточном количестве непосредственно на месте потребления.

В состав древесной золы входят в числе прочих также и натриевые соединения, но преобладающими полезными для целей водообработки являются соединения калиевые, которые реагируют с солями постоянной жесткости по схемам взаимодействия, совершенно аналогичным приведенным для кальцинированной и каустической соды.

Количественное содержание натрия и калия в золе колеблется в зависимости от ряда факторов, в том числе от условий произрастания дерева, его породы, характера почвы и т. п. В приводимой таблице, взятой из труда проф. В. Р. Вильямса „Топливо, смазочные материалы и вода“, 1938 г., приведены данные о составе древесной золы.

Эта таблица показывает, что состав золы неустойчив. В частности, показатели содержания щелочных металлов K и Na колеблются соответственно в весьма широких пределах (считая по K_2O от 0,93 до 34,0% и по Na_2O — от 1,26 до 16,77%).

Для определения наиболее благоприятного режима и практических методов использования щелочности древесной золы Топливной лабораторией треста Энерго-

Состав золы различных древесных пород
(в % к весу золы)

Порода дерева	Общее содержание зола в % к весу дров	K_2O	Na_2O	CaO	MgO	Fe_2O_3	P_2O_5	SO_3	SiO_2	Cl_2
Дуб . .	—	8,43	5,65	75,45	4,49	0,57	3,46	1,16	0,78	0,01
Береза . .	0,64	11,58	1,65	48,47	7,27	3,00	5,34	1,30	16,35	0,21
Сосна . .	—	10,05	10,60	46,14	13,47	4,82	2,83	3,05	8,39	0,71
Ель . .	0,80	6,85	5,49	59,85	14,86	0,14	1,41	2,60	6,79	1,43
Минимум	0,14	0,93	1,26	20,67	0,85	0,12	1,07	0,32	0,12	0,01
Максимум	7,27	34,00	16,77	77,92	24,51	14,03	23,86	14,56	36,18	1,53
Среднее	1,26	18,24	48,83	8,26	3,86	6,88	2,82	7,26	0,52	

проект проведена работа, в результате которой установлены следующие конечные определяющие соотношения:

а) выход золы по отношению к весу загруженных в топку дров колеблется в пределах от 0,3 до 1,7%, составляя в среднем 0,7%;

б) среднее содержание едких щелочей в древесной золе в пересчете на КОН определено в количестве 1,23%;

в) среднее содержание углекислых щелочей в пересчете на K_2CO_3 определено в количестве 2,98%.

Для испытания была отобрана проба свежепрокаленной золы из топки парового котла, работающего на дровах. Порода дров — береза и отчасти осина. Навеска золы в 50 г заливалась несколько раз последовательно дистиллированной водой в количестве по 100 см³. После настаивания в течение некоторого вре-

мени жидкость с золы сливалась и обрабатывалась титрованием децинормальным раствором кислоты в присутствии индикаторов фенолфталеина и метилоранжа.

Результаты титрования показаны в следующей таблице:

М слива- ния	Продолжительность настаивания	Сливо вытяж- ки см	Расход 0,1 N HCl на титрование			
			10 см ³ вы- тяжки		всего слитого количества жидкости	
			ФФ	МО	ФФ	МО
1	0 час. 22 мин.	42,0	14,70	7,70	61,70	32,34
2	0 " 40 "	104,0	9,50	4,80	98,80	52,92
3	0 " 30 "	100,0	4,00	1,60	40,00	16,00
4	1 " 00 "	98,0	1,80	0,70	17,64	6,86
5	18 " 00 "	95,0	4,10	0,20	38,95	1,90
6	1 " 00 "	96,0	3,30	0,20	31,68	1,92
7	0 " 30 "	95,0	3,10	0,05	29,45	0,50
8	18 " 00 "	100,0	3,75	0,10	37,50	0,40

Анализируя эту таблицу, мы убеждаемся, что уже четвертое сливание показывает резкое падение щелочности. На этой стадии процесс экстракции ценных натриевых и калиевых соединений может считаться практически законченным, так как повторный подъем щелочности последующих вытяжек (при титровании по фенолфталеину) идет целиком за счет запоздалого выщелачивания кальциевых соединений, присутствие которых в вытяжке, предназначенной для целей водочистки, является вредным.

2. Основные указания по упрощенному расчету при- садки водно-щелочной вытяжки древесной золы в качестве осадителя

При условии, что уносом щелочей с паром и всеми видами продувки котловой воды можно пренебречь,

необходимое суточное количество осадительных веществ в тонно-градусах можно определить по нижеследующей упрощенной формуле:

$$G = D \cdot H_{\text{пост}} \cdot Z \frac{\text{тонно-градусов}}{\text{сутки}}, \quad [16]$$

где: G — необходимое суточное количество осадителей в тонно-градусах в сутки;

D — средняя часовая нагрузка котла (котлов) за сутки в т/час.;

$H_{\text{пост}}$ — некарбонатная (постоянная) жесткость питательной воды в нем. град.;

Z — число часов работы котла в сутки.

Чтобы пользоваться этой формулой, необходимо предварительно определить количество водно-щелочной вытяжки, эквивалентное одному тонно-граду.

Щелочность водной вытяжки из древесной золы обуславливается наличием в вытяжке едкого калия КОН и едкого натрия NaOH, а также углекислого калия K_2CO_3 и углекислого натрия Na_2CO_3 . Процентные соотношения вышеупомянутых составляющих в общей щелочности водной вытяжки из древесной золы в эксплуатационных условиях мелких котельных определить подчас затруднительно, да в этом, вообще говоря, нет необходимости.

Необходимое количество жидкого осадителя в случае водной вытяжки из древесной золы в объемных единицах технического продукта определяется по ниже следующей упрощенной формуле:

$$Q = \frac{D \cdot H_{\text{пост}} \cdot Z}{A_0} \cdot 1000 \frac{\text{литров}}{\text{сутки}}, \quad [17]$$

где: A_0 — общая щелочность водной вытяжки из древесной золы в нем. град., определяемая обычным порядком путем титрования децинормальной кислотой в присутствии индикатора метилоранжа.

В целях снижения расхода кислоты при титровании целесообразно осуществлять разбавление вытяжки

Конденсатом с последующим пересчетом результатов.

Необходимая дозировка щелочной вытяжки может устанавливаться также экспериментальным путем с корректировкой по данным химического контроля внутрикотловых процессов.

Пример. Два лапшаирских котла поверхностью нагрева по 100 м² работают 24 часа в сутки с средней нагрузкой 1,8 т/час каждый. Некарбонатная (постоянная) жесткость питательной воды равна 2,1 нем. град. Общая щелочность водной вытяжки из древесной золы (при титровании децинормальной кислотой по метилоранжу) оказалась равной 1480 нем. град.

Необходимое количество этой вытяжки для двух котлов составит по формуле [17].

$$Q = \frac{2 \cdot 1,8 \cdot 2,1 \cdot 24}{1480} \cdot 1000 = 122,3 \text{ л/сутки.}$$

Вышеупомянутое количество осадителя должно вводиться в котлы равными порциями через одинаковые промежутки времени и корректироваться данными контроля внутрикотловых процессов. При контроле необходимо следить, чтобы общая щелочность котловой воды обязательно составлялась карбонатной и гидратной щелочностью, а это будет тогда, когда расход кислоты при титровании по фенолфталеину будет больше такового по метилоранжу.

3. Установка для получения водно-щелочной вытяжки из древесной золы

Процесс извлечения щелочей из древесной золы производится с соблюдением следующих основных положений:

1. Растворимость присутствующих в золе калиевых и натриевых соединений мало зависит от температурных изменений. Наряду с этим растворимость других,

вредных для целей водочистки составляющих, резко возрастает с повышением температуры (кремнекислые, сернокислые, хлористые соединения). Поэтому для выщелачивания золы следует применять холодную воду без подогрева.

2. Во избежание перехода в вытяжку $\text{Ca}(\text{OH})_2$ целесообразно перед загрузкой золы на экстракцию выдерживать ее в прохладном помещении 10—15 дней. При этом условии содержащийся в золе $\text{Ca}(\text{OH})_2$, поглощая углекислоту воздуха, переходит в углекислый кальций CaCO_3 , нерастворимый в воде, предназначенной для выщелачивания золы.

3. Исходя из вышеприведенных цифр выхода из древесной золы едких и углекислых щелочных соединений калия и натрия, можно считать, что на один тонно-градус постоянной жесткости обрабатываемой воды расходуется в среднем около 0,6 кг древесной золы.

При этом для расчета элементов установки следует исходить из следующих данных:

а) 1 т сухой золы в неуплотненном виде занимает объем 1,6 м³ и уплотняется до 1,4 м³;

б) на смачивание уплотненной золы расходуется воды 0,9 по объему; при этом набухшая от смачивания зола увеличивается в объеме до 1,25 первоначального.

4. Длительность процесса выщелачивания не должна назначаться произвольно во избежание перехода в вытяжку кальциевых соединений.

Наиболее подходящий режим эксплуатации установки выявляется на основании анализов полученной вытяжки в зависимости от качества наличной древесной золы.

При этом определяющим признаком завершения экстракции является резкое снижение в вытяжке углекислых щелочей и появление известковой щелочности,

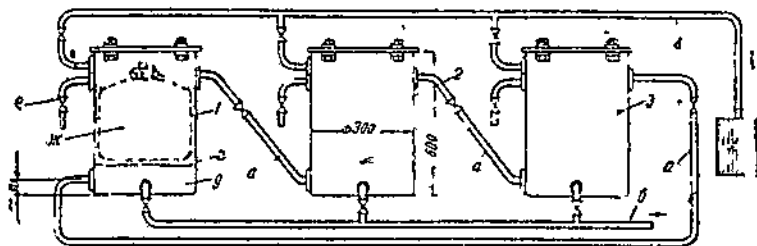


Рис. 11. Схема батареи для выщелачивания древесной золы

На рис. 11 приводится схема батареи для выщелачивания золы, рассчитанной при круглосуточном действии на устранение 5—6 тонно-градусов постоянной жесткости за 1 час с помощью водных вытяжек из древесной золы указанного состава.

Хотя процесс экстракции калиевых соединений в проведенном лабораторном испытании заканчивается полностью лишь при четвертом сливании жидкости, зольниковая батарея запроектирована трехступенчатой.

При упрощении всей установки это отступление тем более целесообразно, что доля извлеченной щелочи в четвертом сливании составляла лишь незначительную часть суммарной щелочности первых трех сливаний.

Зольниковая батарея составлена из трех цилиндрических бачков, последовательно соединенных между собою системой перепускных труб *а*. Бачки изготовляются сварными из 3—4-миллиметрового железа или деревянными из плотной клепки. Первый вариант является предпочтительным в отношении простоты и надежности уплотнения соединений.

Каждый бачок сообщается отдельными трубками с напорной водопроводной трубой *б* и с трубой *в*, служащей для отвода щелочной вытяжки в сборник *А*.

На дно бачка насыпается слой *б* 100 мм хорошо промытого кварцевого песка (размер зерен 2—4 мм). Поверхность песка разравнивается и накрывается перфорированным железным диском *г*, очерченным по внутреннему диаметру бачка. На диск устанавливается завязанный мешок *ж* с золой. Диаметр мешка, сшитого из плотного рядна, должен соответствовать диаметру бачка с тем, чтобы после уплотнения золы в нем мешок плотно прилегал к стенкам бачка, не оставляя зазоров для прохода воды. В мешке остается незаполненное пространство из расчета увеличения объема золы на 25% после смачивания.

Равным образом при укладке в бачок наполненного мешка следует резервировать пространство, учитывая разбухание золы после смачивания.

Сверху бачок герметически закрывается съемной крышкой, прижимаемой к верхнему обрезу цилиндра через резиновую кольцевую прокладку четырьмя винтами с барашками.

Для контроля за уровнем воды в бачке при смачивании золы служит кран *е*.

Зарядка батареи и процесс щелочения происходят следующим образом. Бачок № 1 загружается золой, засыпанной в мешок. Количество золы, загружаемой в бачок принятых размеров, составляет 8—10 кг.

После закрытия крышки открываются кран *е* и вентиль на ответвлении питательной водопроводной трубы *б* к бачку № 1.

Вода под напором фильтруется через слой песка, ткань мешка и толщу золы и заполняет бачок № 1. После появления воды из крана *е* последний постепенно закрывается, одновременно прекращается и питание бачка водой.

Смоченная зола выдерживается около 20 мин., после чего открываются вентили на присоединениях к бачку № 1 труб—отводной *а* и водопроводной *б*. Открытие этих вентилей производится неполное в целях медленного поступления воды в бачок и отвода по трубе *в* не более 20—30 л/час вытяжки. Затем вентили у бачка № 1 на водопроводной и отводной трубах плотно закрывают и приступают к загрузке золой следующего бачка № 2.

Для смачивания золы в бачке № 2 открываются водопроводный вентиль на бачке № 1 и вентиль на перепускной трубе *а*, соединяющей бачки № 1 и 2. Момент заполнения бачка № 2 водой фиксируется появлением воды из крана *е* на бачке № 2, после чего этот кран и оба вентили перекрываются. Замачивание золы продолжается 20 мин. Далее открываются вентиль на отводной трубе у бачка № 2 и вентили на перепускной трубе между бачками № 1 и 2 и на водопроводной трубе у бачка № 1. Как и в первом случае, открытие вентилей применяется частичное для отвода из бачка № 2 вытяжки в указанном выше количестве.

Совершенно аналогично производится загрузка, замачивание золы и отвод вытяжки при обслуживании бачка № 3, причем впуск водопроводной воды ведется кружным путем—через бачки № 1 и 2. Отбор вытяжки начинается после 20-минутной выдержки и производится в объеме 20—30 л/час при медленном протекании воды через батарею.

После отвода вытяжки из бачка № 3 смена золы начинается с наиболее истощенного бачка. Пропуск воды через батарею как для замачивания свежезагруженной золы, так и для вытеснения готовой вытяжки ведется через всю батарею с отбором из перезаряженного бачка.

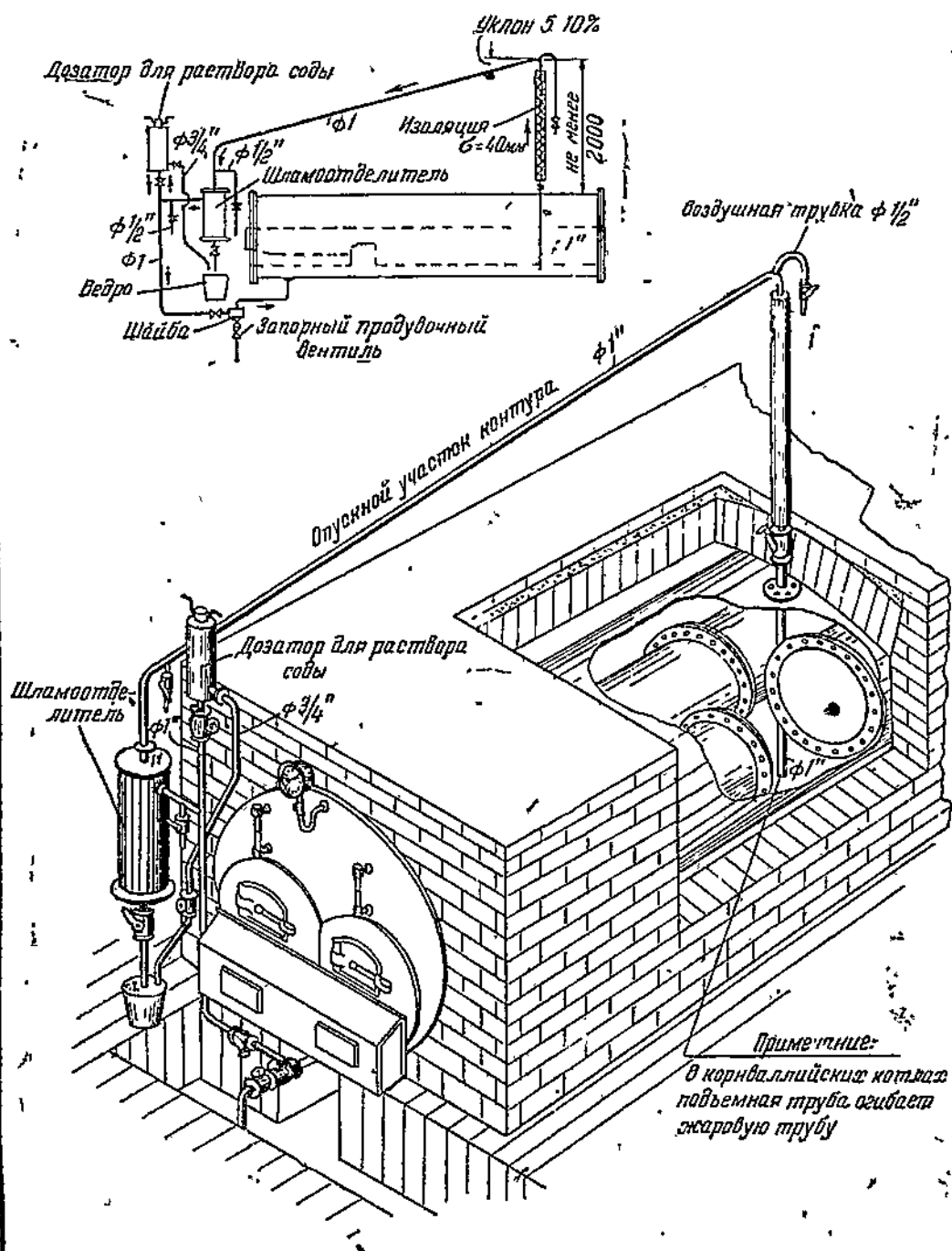
Собранная в сборнике *А* щелочная вытяжка готова к употреблению для целей водоочистки.

Песчаные фильтры по мере загрязнения подвергаются промывке чистой водой или, в случае необходимости, 3—5%-ным раствором соляной кислоты. После обработки соляной кислотой песок подлежит основательно промыть водой до потери реакции на *Сl*.

ЧАСТЬ II

АЛЬБОМ ЧЕРТЕЖЕЙ

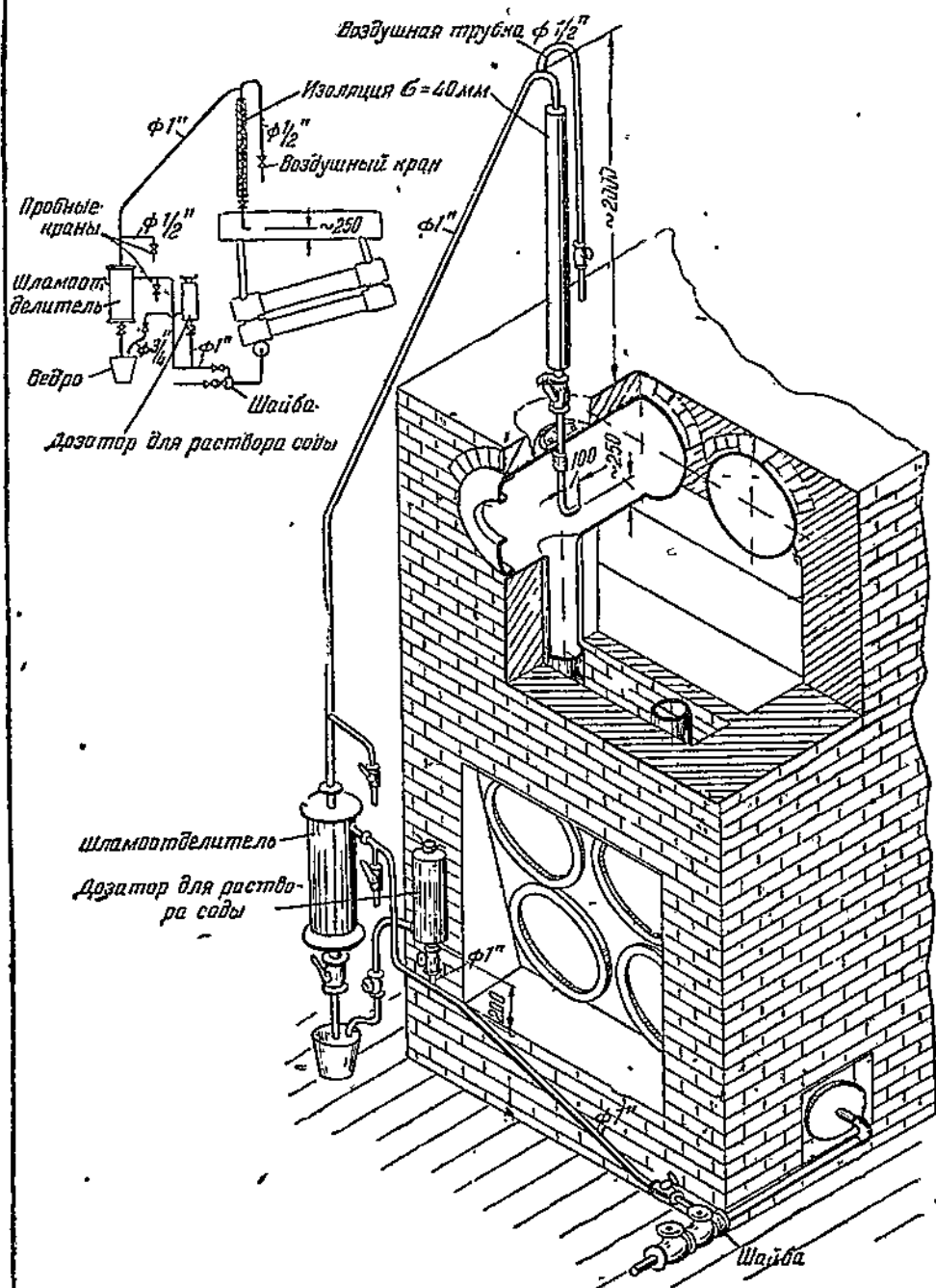
СХЕМЫ ОСАДИТЕЛЬНО-ТЕРМОСИФОННЫХ УСТАНОВОК
И КОНСТРУКЦИЙ АППАРАТУРЫ



Термосифонная установка
для ланкаширского котла

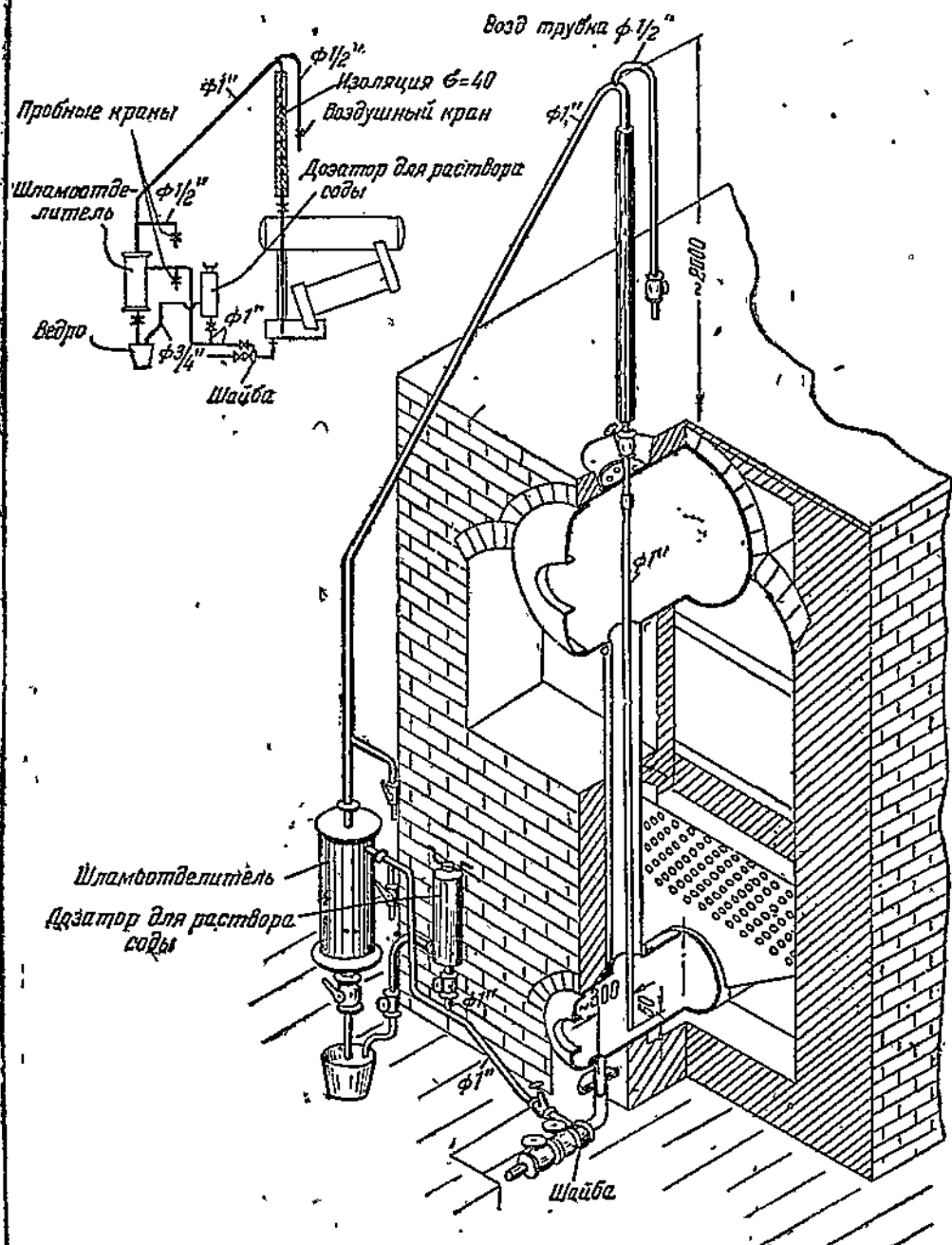
№ черт.

1



Термосифонная установка
для котла Шухова

№ черт.



Термосифонная установка
для котла Фищнер-Гампера

Н черт.

Воздушная трубка $\phi 1\frac{1}{2}$ "

Дозатор для раство-
ра соды

Пробные краны
Шламоотделитель

Ведро

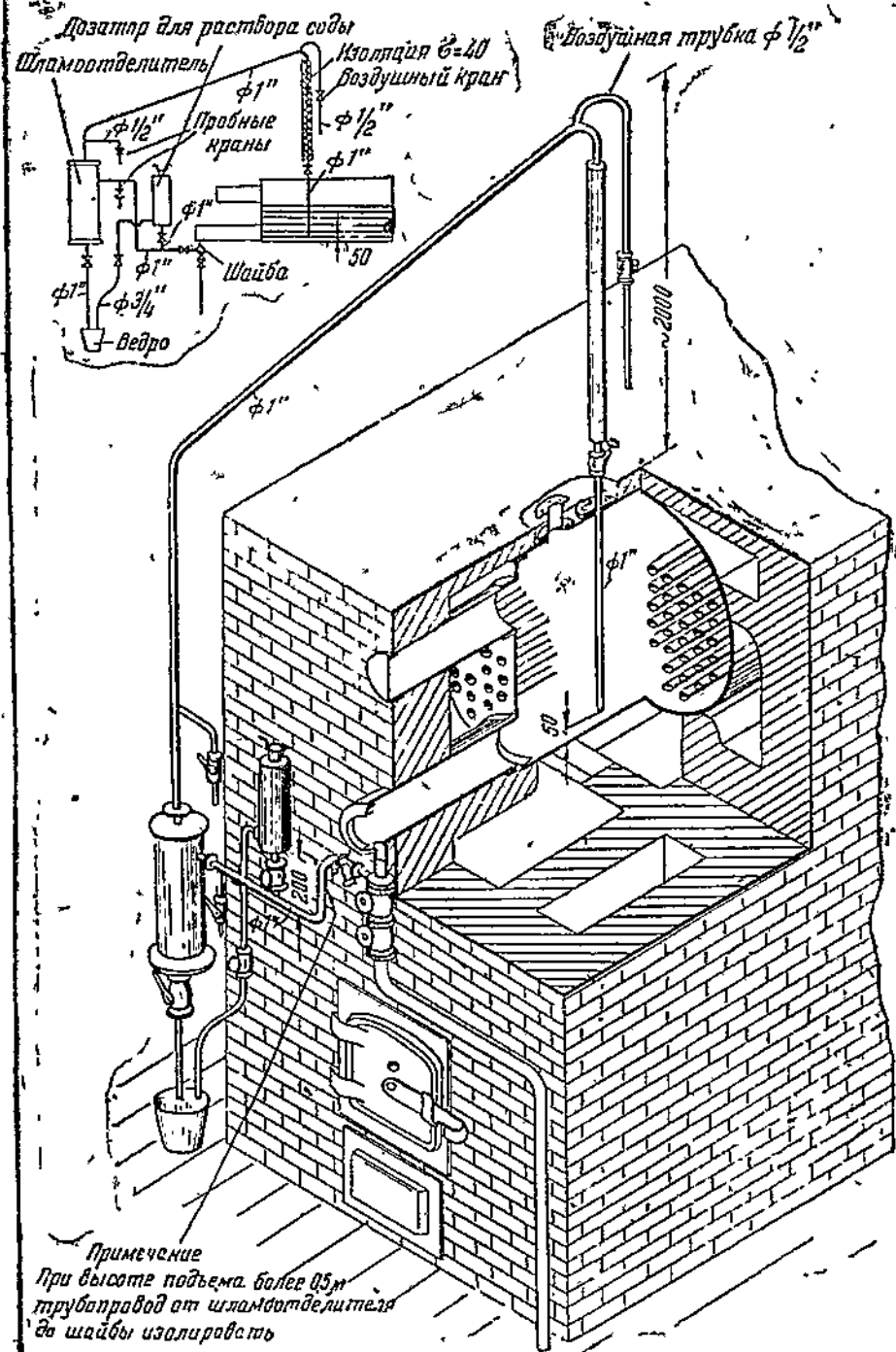
Шайба

Шайба

Термосифонная установка
для котла бабкок-вильбюкс

Н черт.

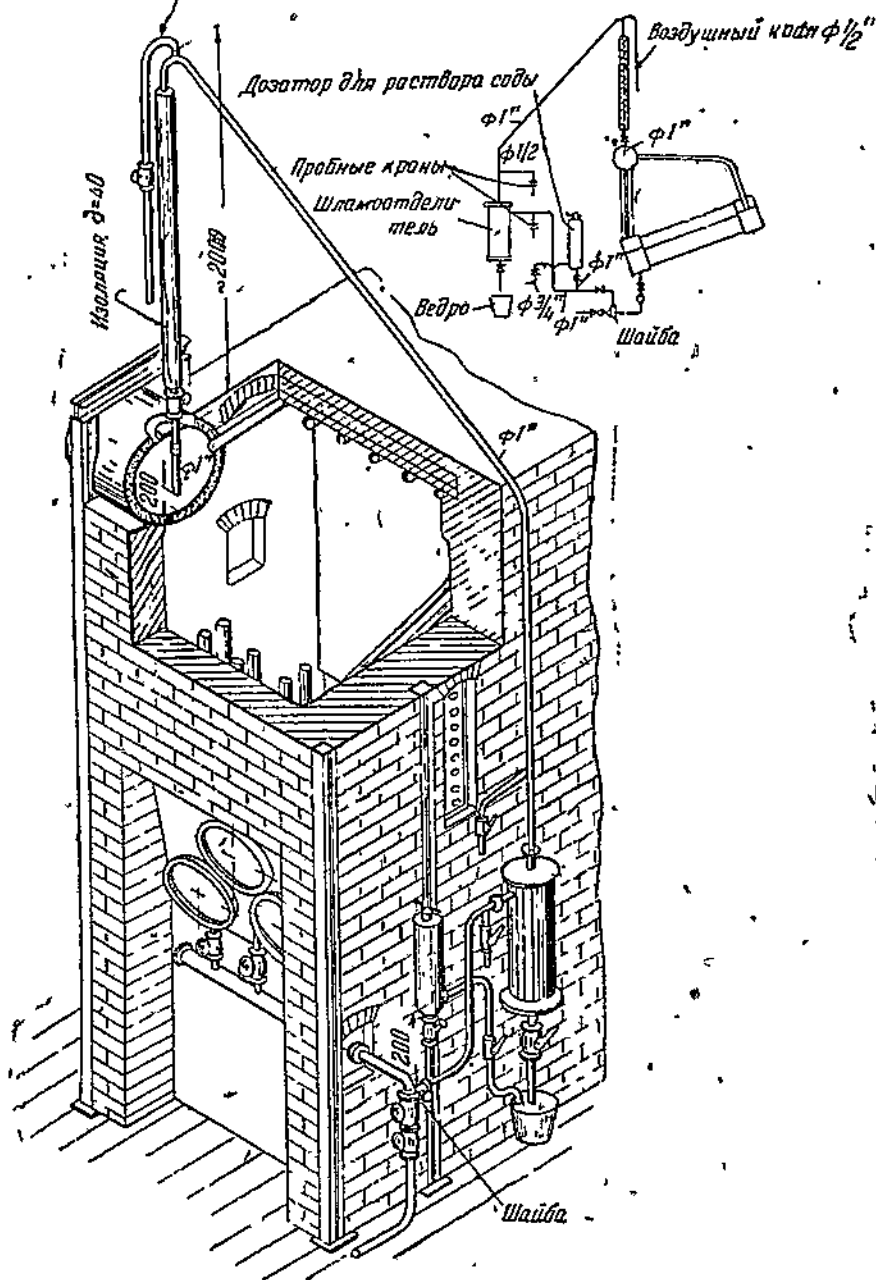
4



Термосифонная установка
для котла Паукша

Черт

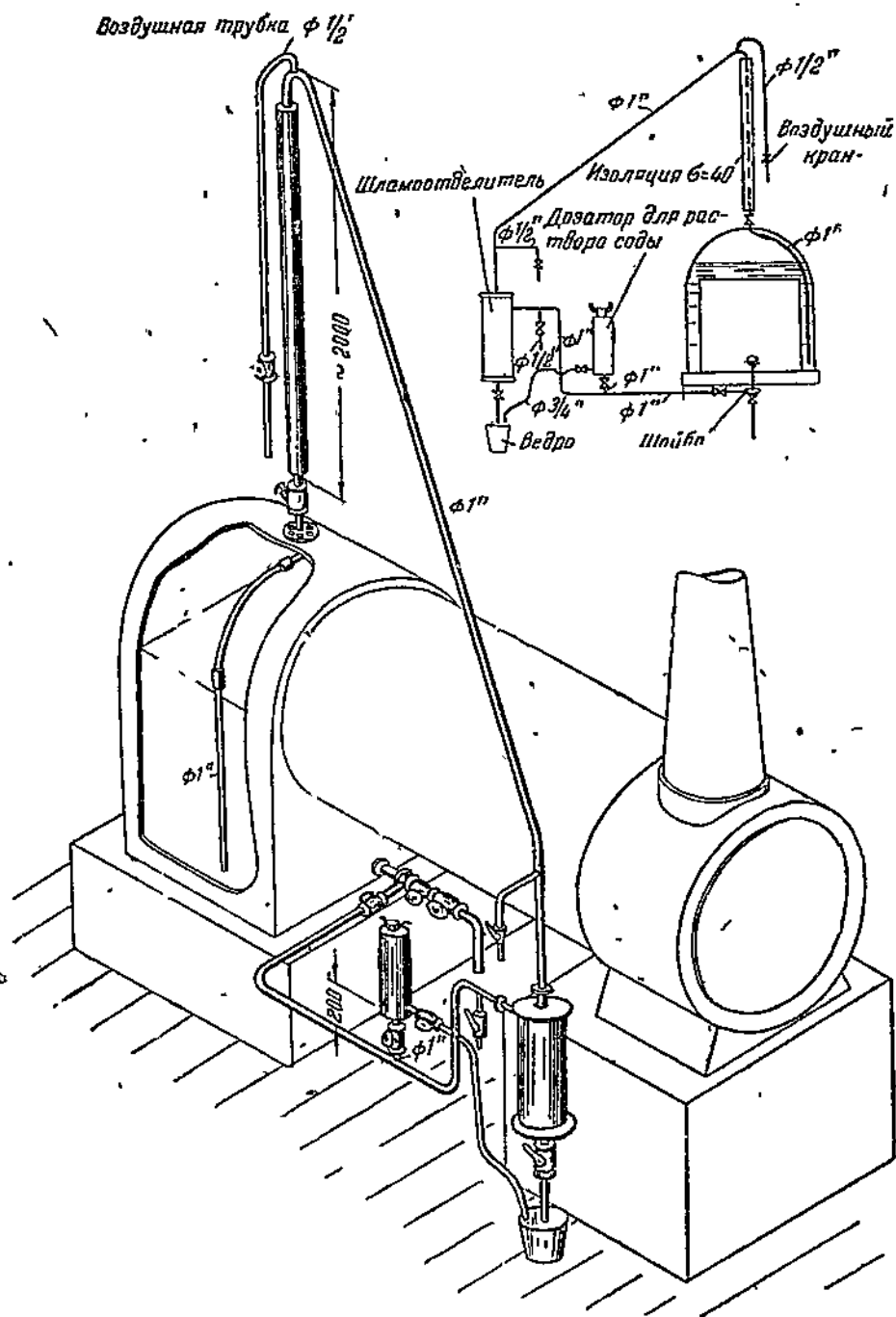
Воздушная трубка $\phi 1/2"$



Термосифонная установка
для котла Шухов-Беркина АЗ

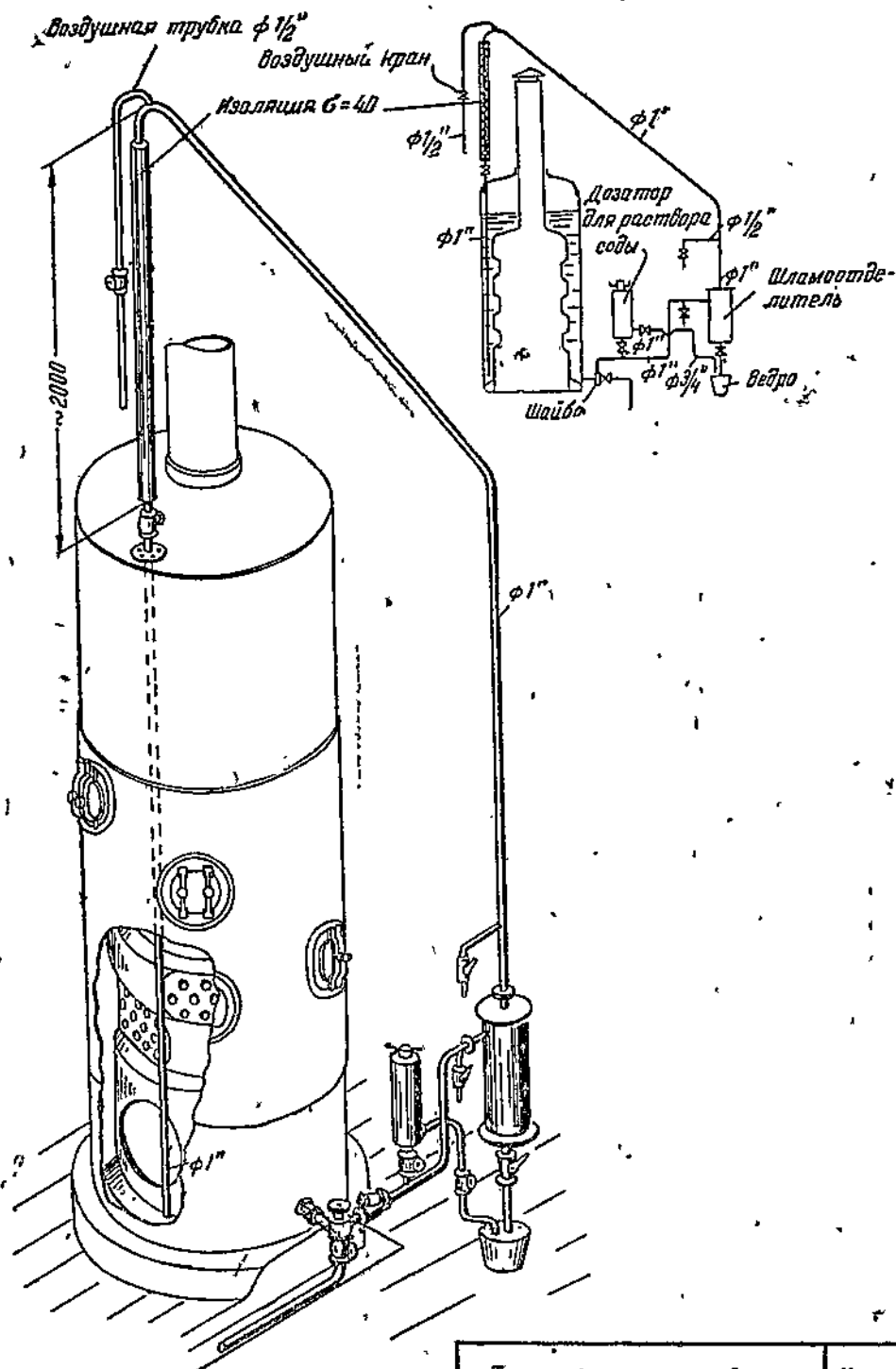
Н черт

7



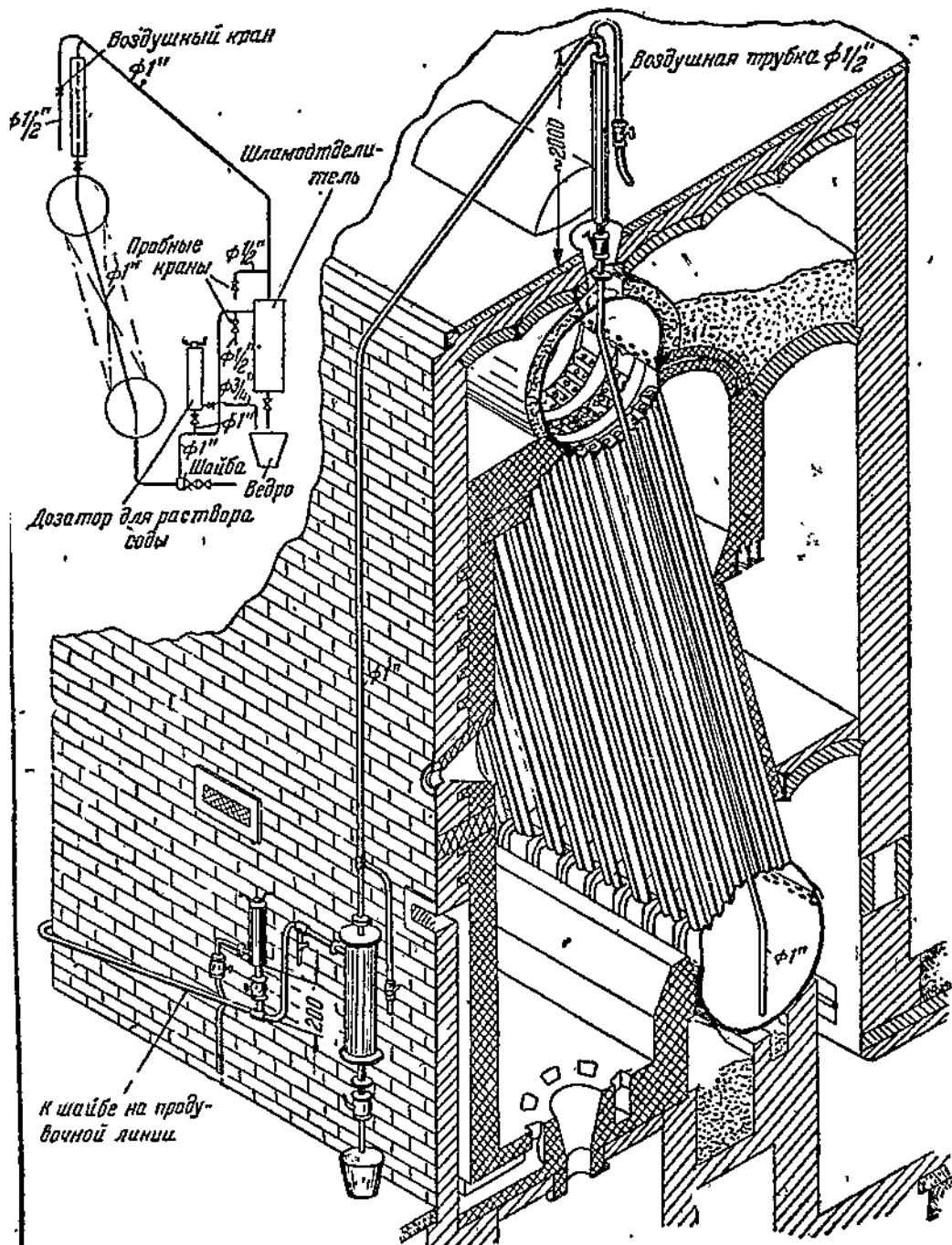
Термосифонная установка
для паровозного и локомотив-
ного котлов

Н.Черт.



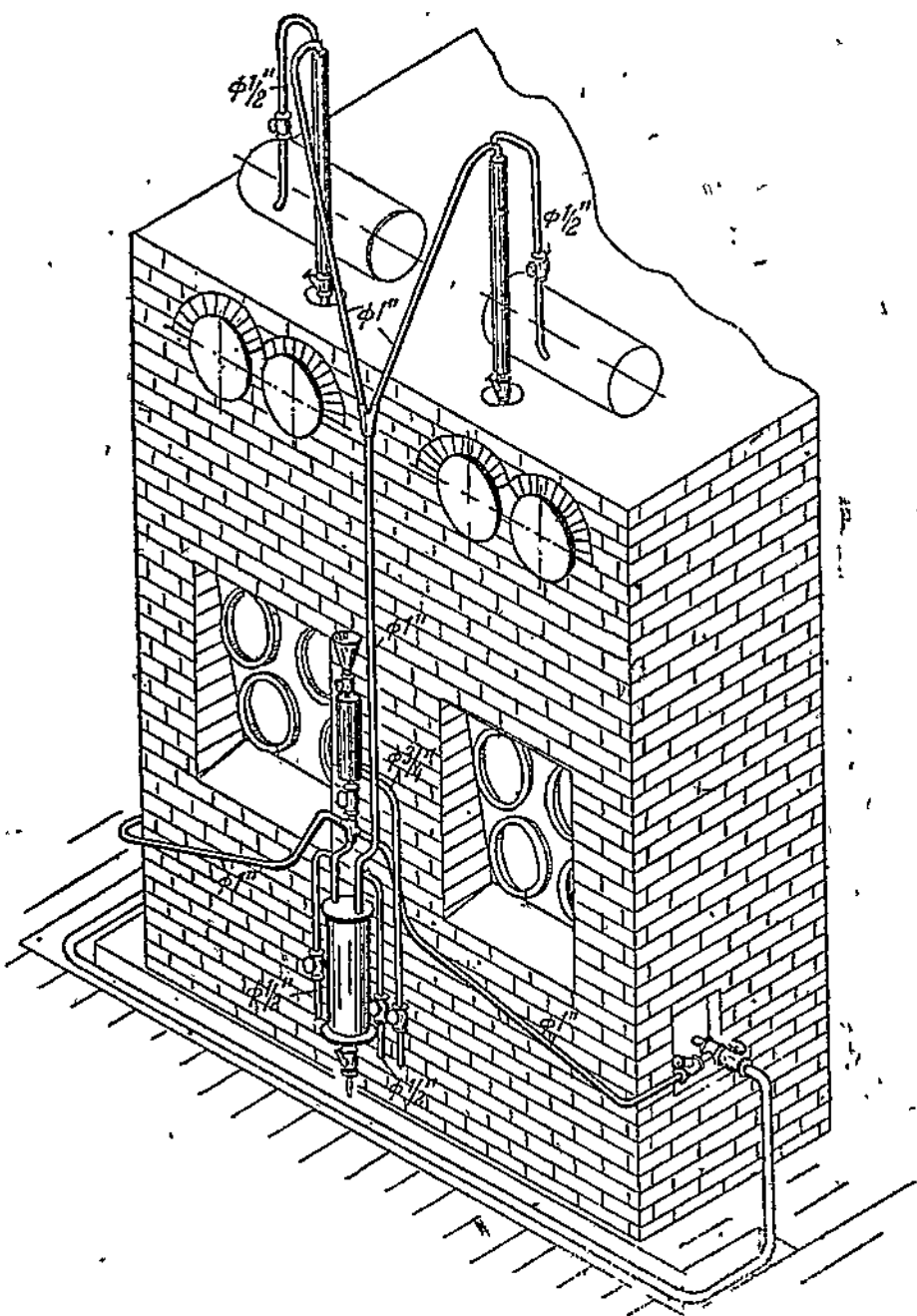
Термосифонная установка
для вертикального котла Шухова

Н черт



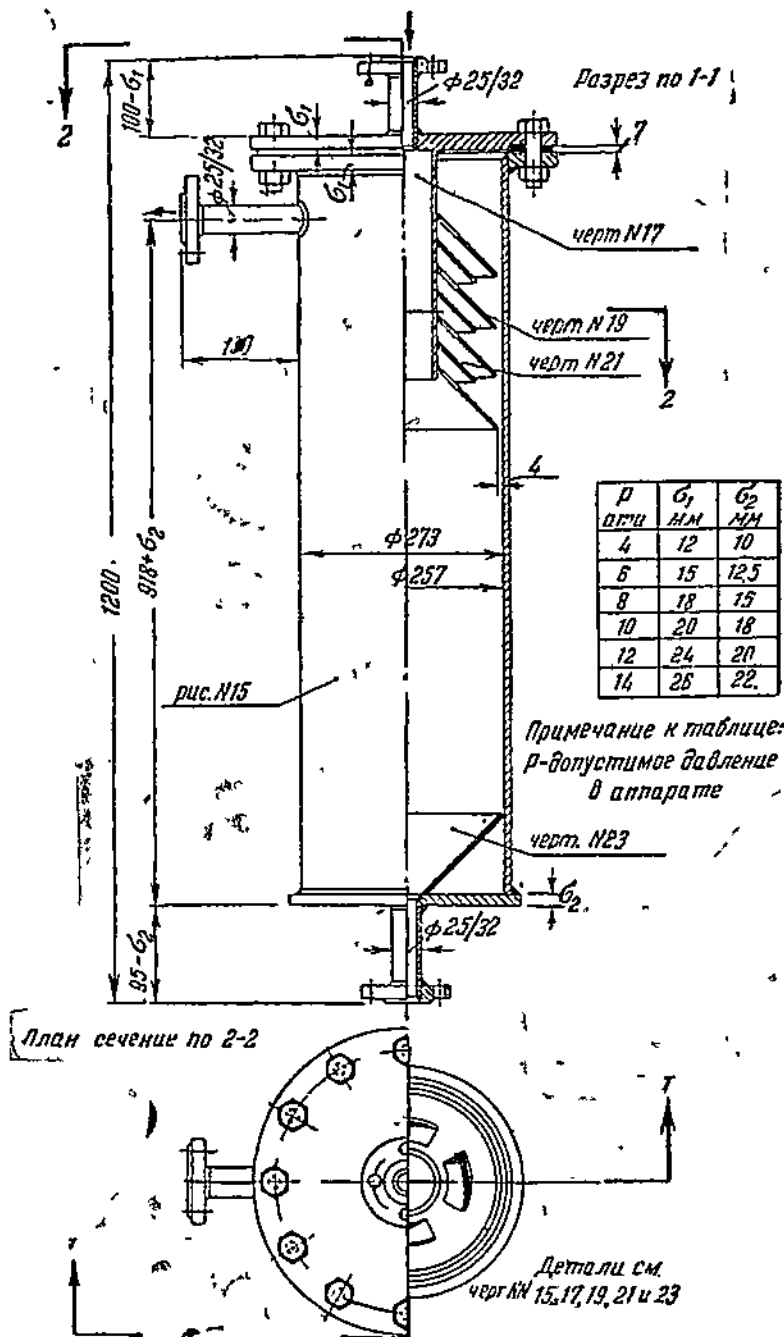
Термосифонная установка
для котла Горбе с топкой для
мазута.

Черт.



Термосифонная установка
для обдув котлов сист. Шухова

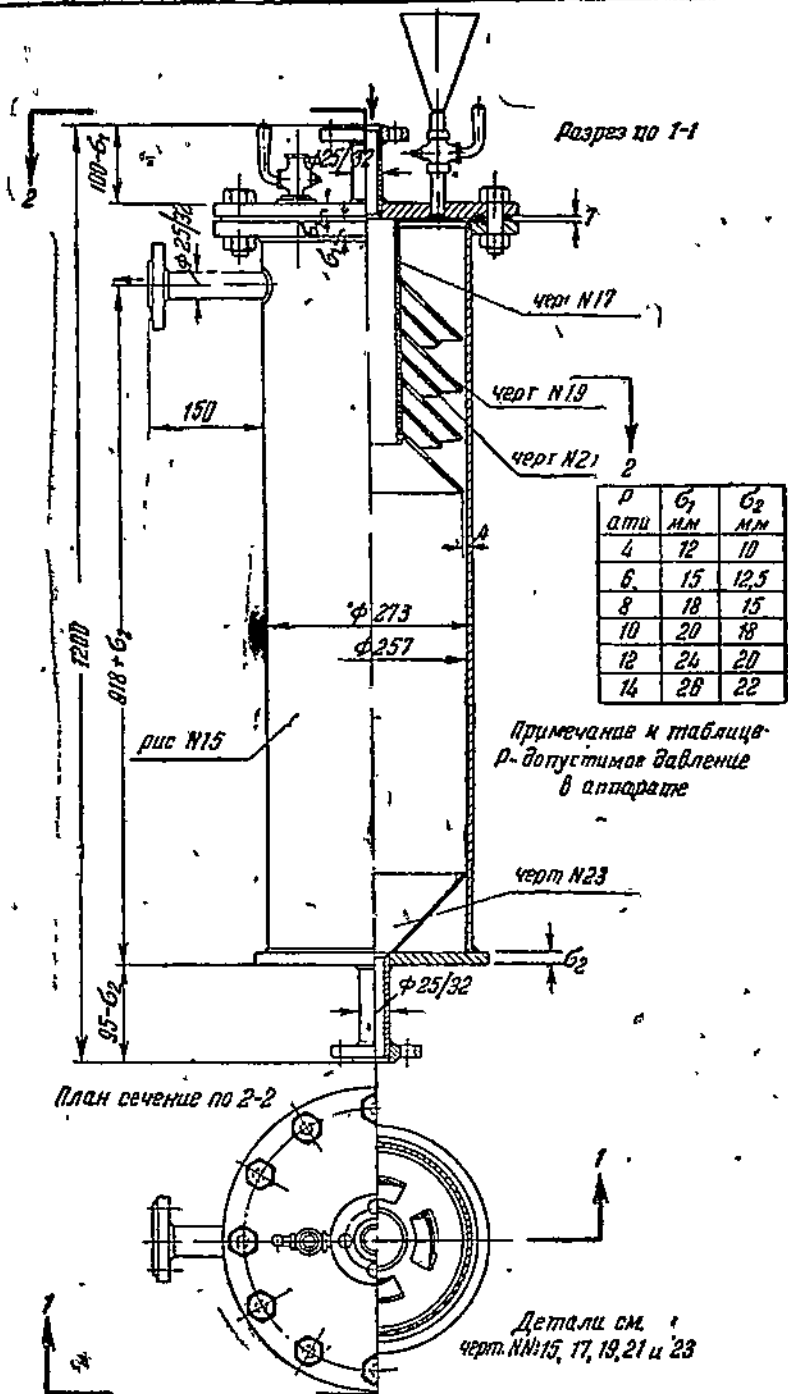
Н черт.



Термосифонная установка
Шламоотделитель φ257 тип ШМ-1

N черт.

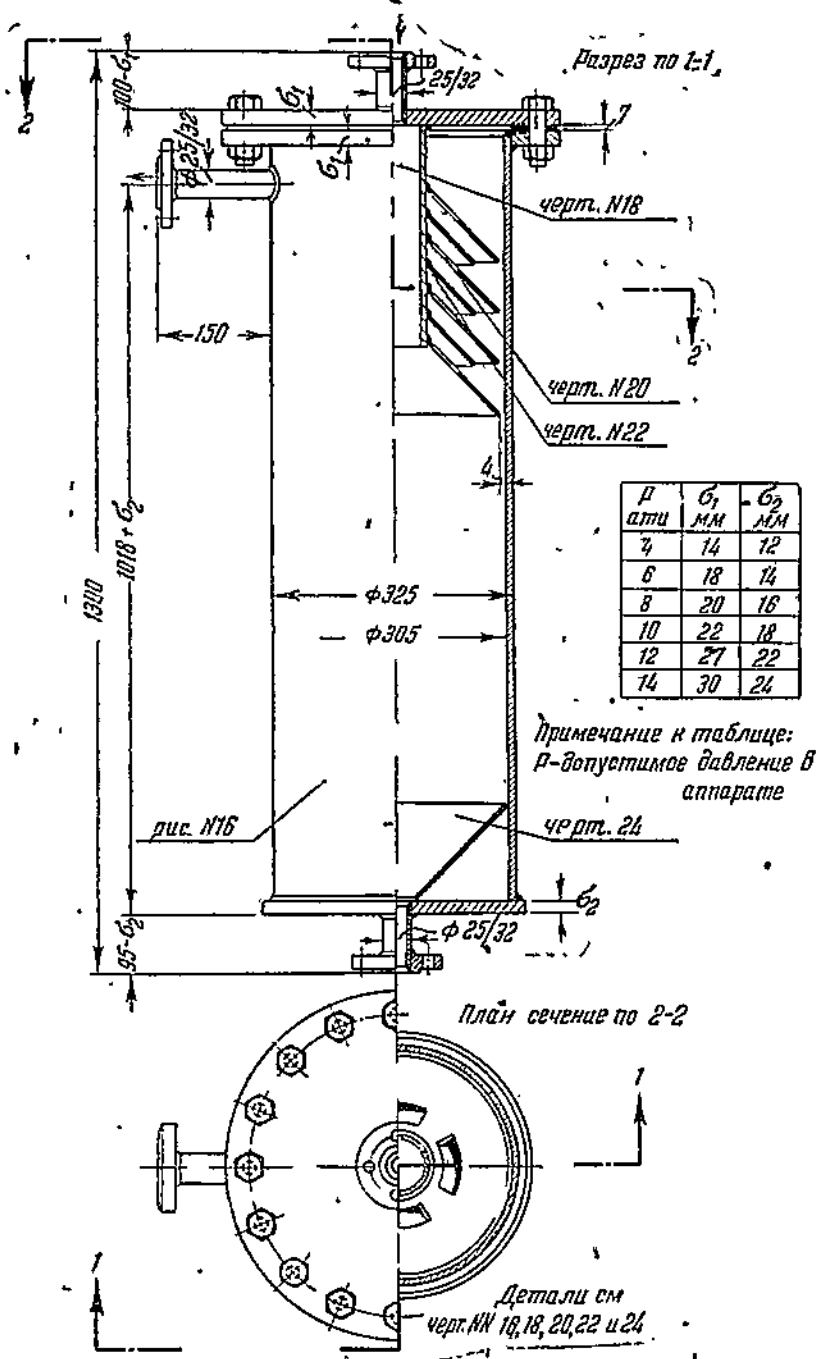
12



Термосифонная установка
Шламоотводитель $\phi 257$
тип ШМ-2

N черт.

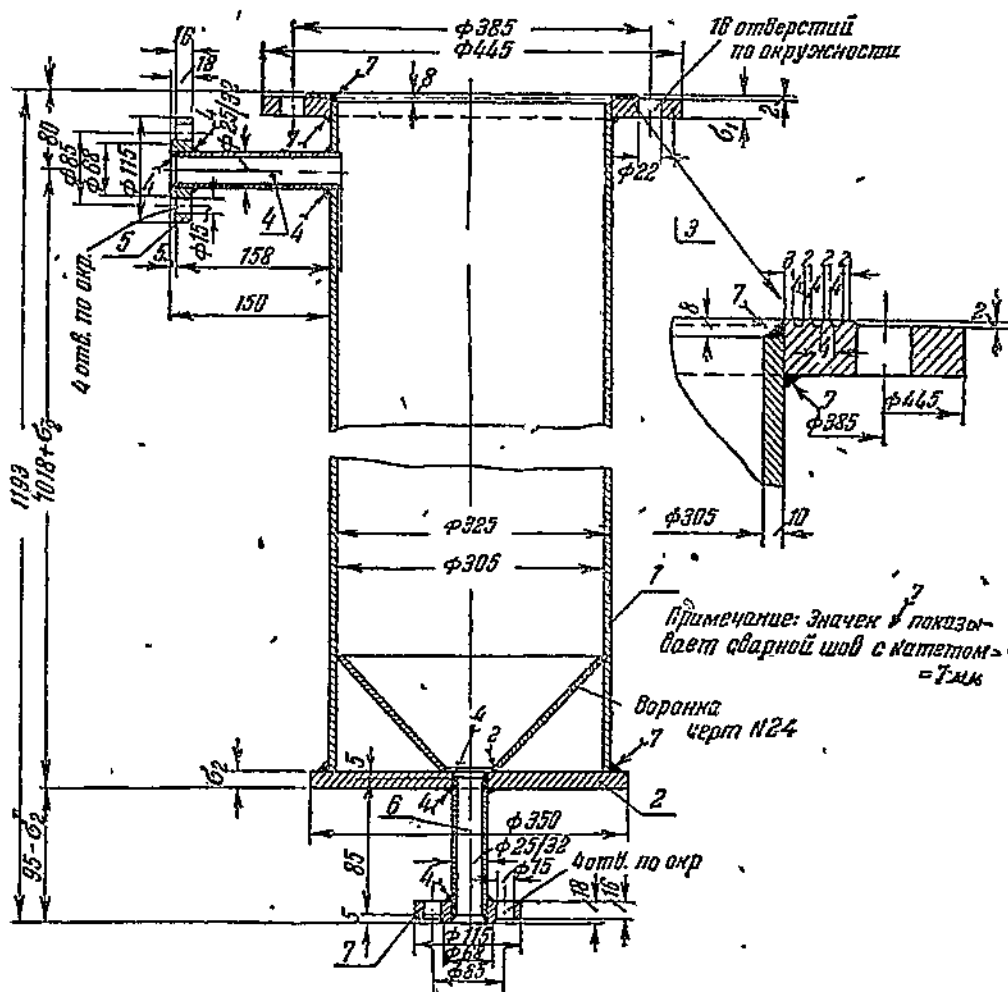
13



Термосифонная установка
Шламоотделитель φ 305 тип ШБ-1

Н черт.

14



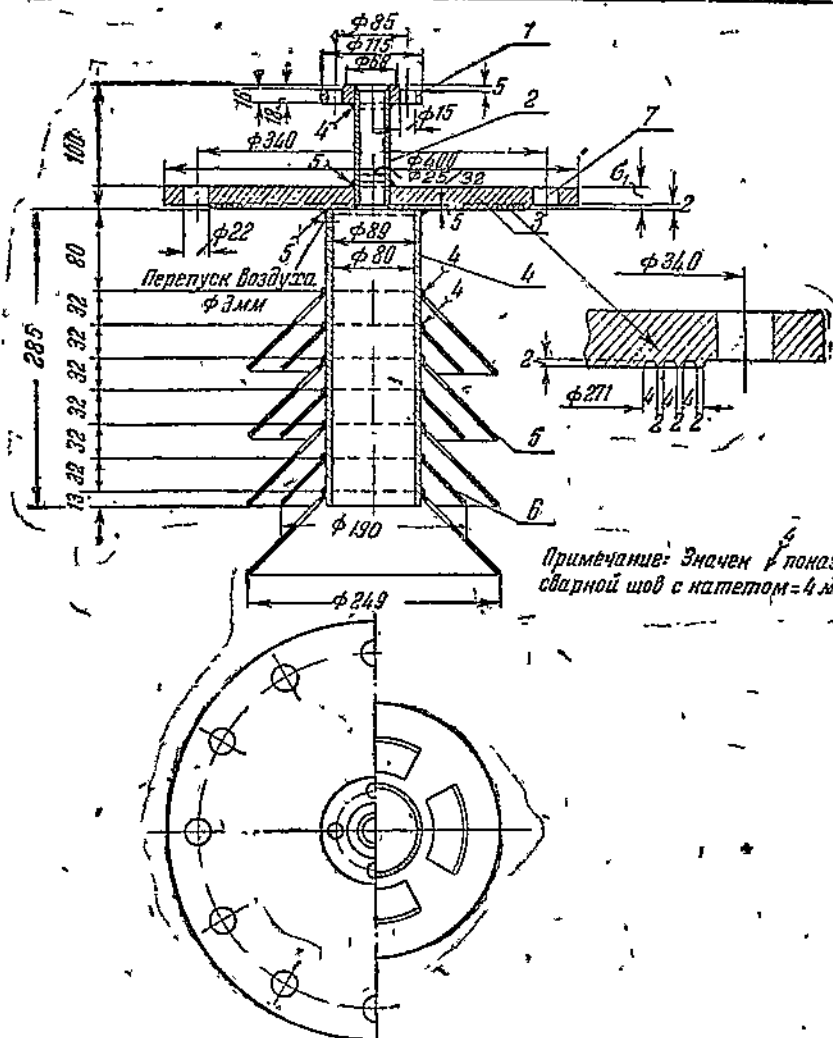
8	Прокладка $\phi 445/325$; б=7	»	1	Клинкер	—	—	
7	Фланец $\phi 115/33$; б=18	»	1	»	1,24	1,24	
6	Штуцер: труба бесшовн. $32 \times 3,5$; L=85	»	1	»	0,2	0,2	ГОСТ-301-41
5	Фланец $\phi 115/33$; б=18	»	1	»	1,24	1,24	
4	Штуцер: труба бесшовн. $32 \times 3,5$; L=158	»	1	»	0,39	0,39	ГОСТ-301-41
3	Фланец $\phi 445/327$	»	1	»	—	—	б, и б-в зависят от толщины, а в зависимости от материала
2	Днище $\phi 350$	»	1	»	—	—	
1	Труба бесшовная $\phi 325 \times 10$; L=1090	мм	1	Сталь 3	86,0	86,0	ГОСТ 301-41
Итого	Наименование	Разм.	Кол.	Матер.	Ишт.	Общ. Вес в кг	Примечание

С п е ц и ф и к а ц и я

Термосифонная установка.
Корпус шламоотделителя $\phi 305$
тип ШБ-1

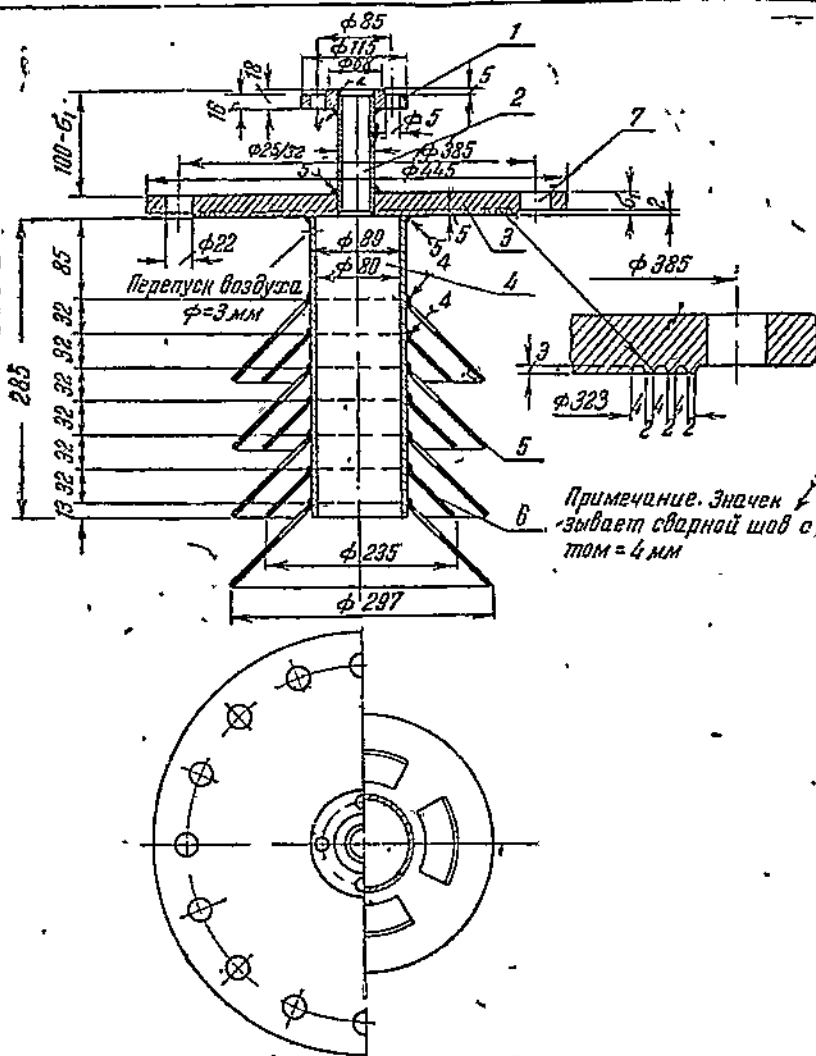
И черт

16



7	Болт М20×75 с гайкой	шт.	12	Ст. 3	0,32	3,84	ОСТ-20035-38
6	Конус малый	"	3	"	0,5	1,5	
5	Конус большой	"	4	Ст. 0	0,7	2,8	
4	Труба бесшовная 89×4,5; L=285	"	1	"	1,94	1,94	ГОСТ 301-41
3	Крышка φ400	"	1	"	-	-	6, в зависимости от
2	Штуцер: труба бесшовная 32×3,5; L=90	"	1	"	0,2	0,2	ГОСТ 301-41
1	Фланец φ115/33; б=18	мм	1	Ст. 3	1,24	1,24	
ИИ дет	Наименование	Разм.	Кол.	Матер.	1шт.	Общ. вес в кг	Примечание
Спецификация							

Термосифонная установка Сепаратор шламоотделителя φ257 тип ШМ-1 и ШМ-2	Н. черт.
	17

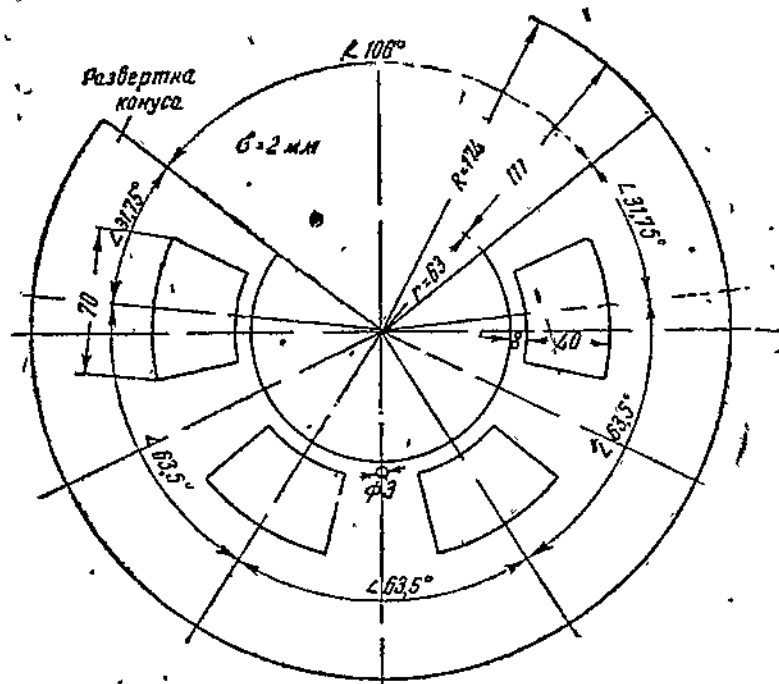
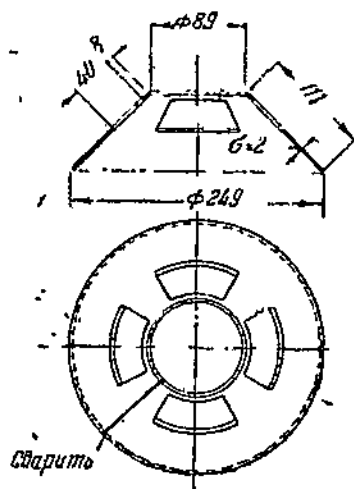


7	Болт М20×75 с гайкой	шт.	16	Ст. 3	0,32	5,12	ОСТ-20035-38
6	Конус малый	"	3	"	0,8	2,4	
5	Конус большой	"	4	Ст. 0	1,2	4,8	
4	Труба бесшовная 89×4,5; L=285	"	1	"	1,94	1,94	ГОСТ 301-41
3	Крышка φ 445	"	1	"	-	-	61-8 эдусиновский от. нап. п. в. в.
2	Штуцер-труба бесшовн. 32×3,5; L=36	"	1	"	0,2	0,2	ГОСТ 301-41
1	Фланец φ 115×33; Б=18	"	1	Ст. 3	1,24	1,24	
ИИ вет.	Наименование	Раз.	Кол.	Матер.	Темп. Общ. всех кг		Примечание
Спецификация							

Термосифонная установка
Сепаратор шламоотделителя
φ 305 тип ШБ-1

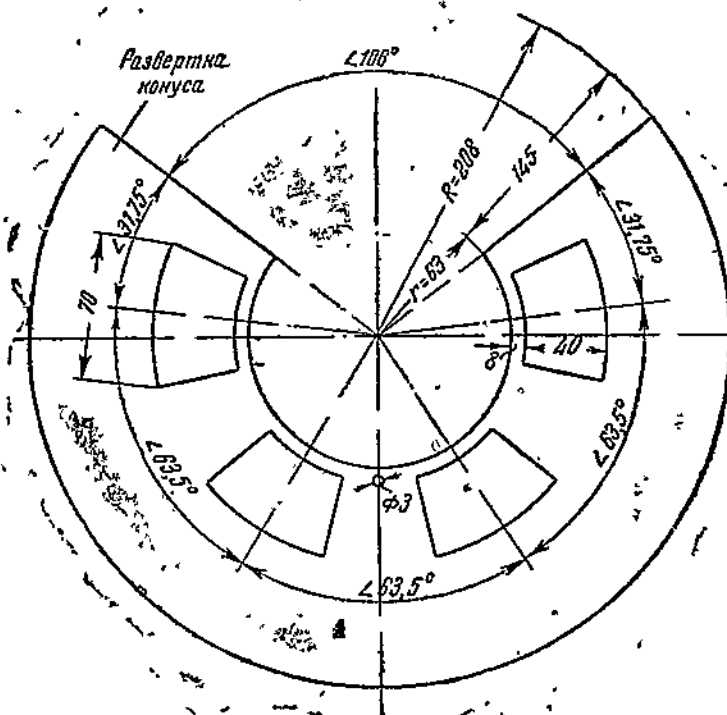
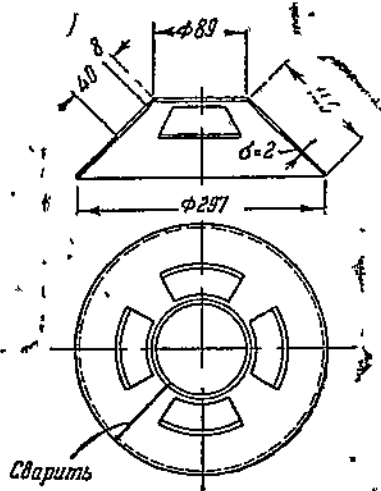
Н черт.

18

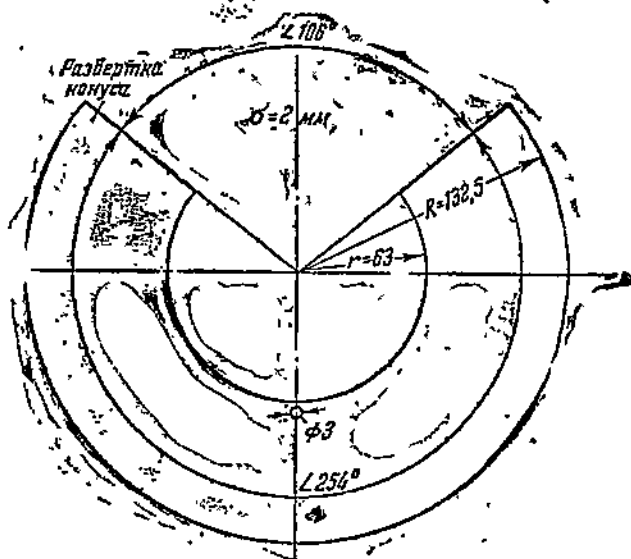
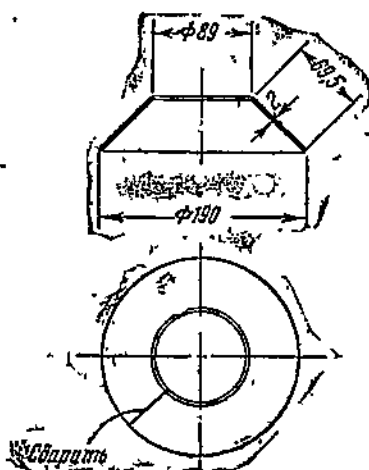


Термосифонная установка
Конус большой сепаратора шлама
отделителя ф 257 тип ШМ-1 и ШМ-2

И черт
19



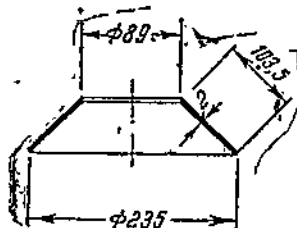
Термосифонная установка Конус большой сепаратора шлама отделителя ф305 тип ШБ-1	№ черт. 20
---	---------------



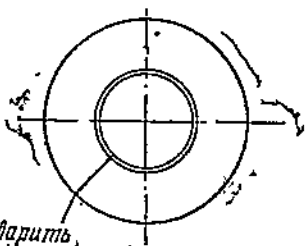
Термосифонная установка
Конус малый сепаратора шламоот-
делителя $\phi 257$ тип ШМ-1 и ШМ-2

Н черт

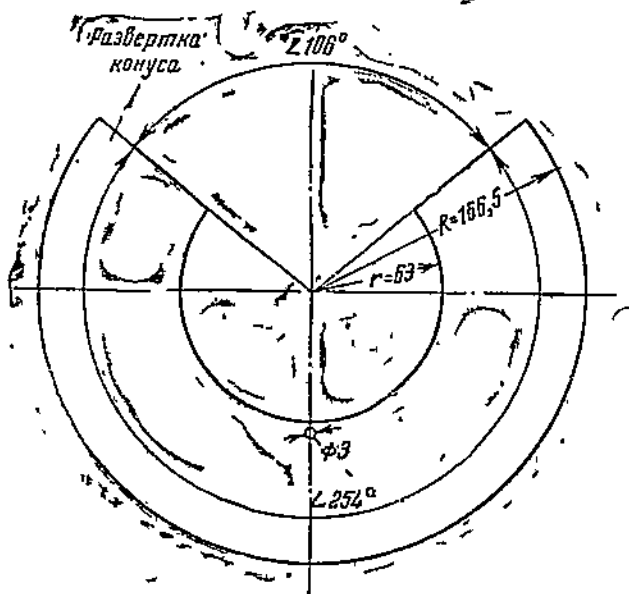
21



Деталь 6
б=2мм



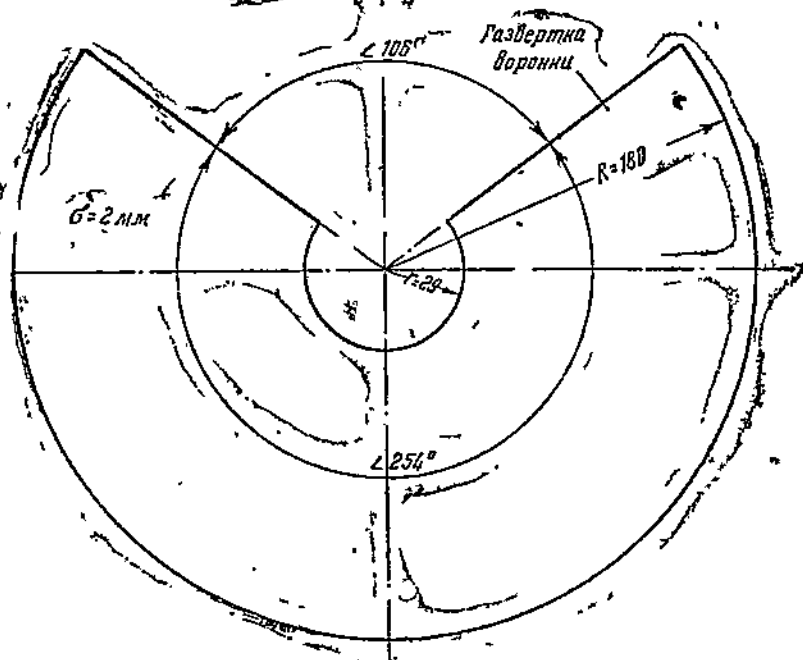
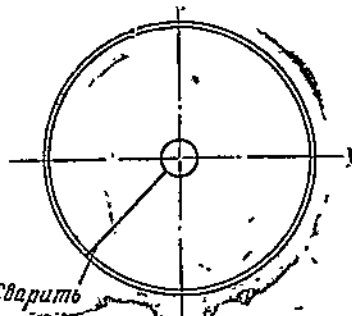
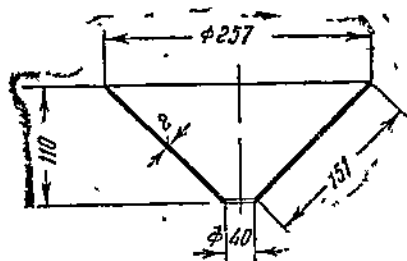
Сварить



Термосифонная установка
Конус малый сепаратора шламо-
отделителя $\phi 305$ тип ШБ-1

Н. черт.

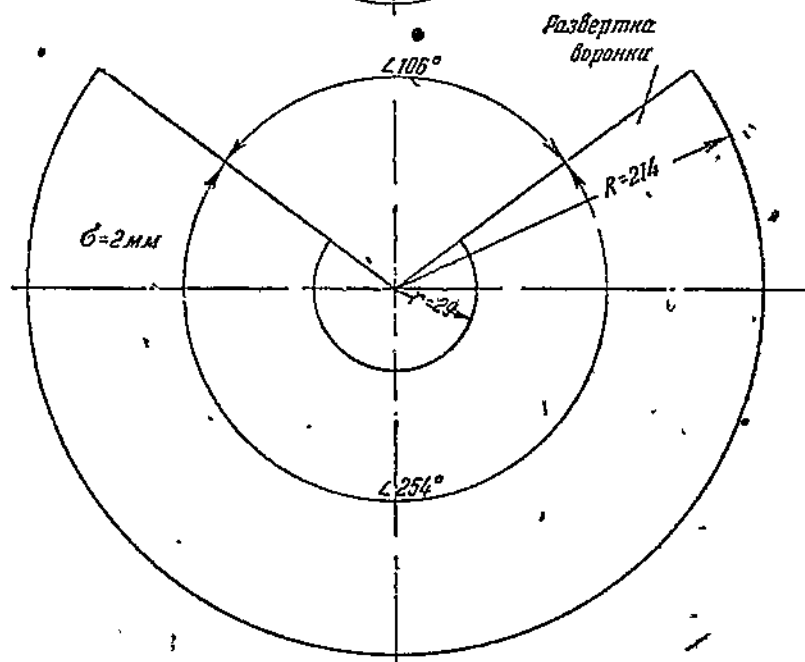
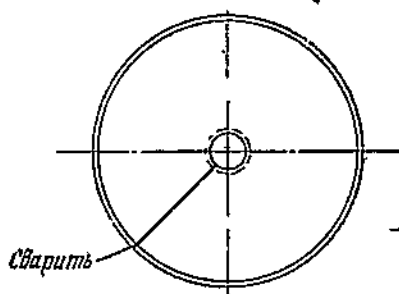
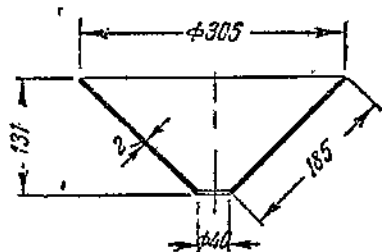
22



Термосифонная установка
воронка шлакоотделителя $\phi 257$
тип ШМ-1, ШМ-2 и ШМ-3

Н черт

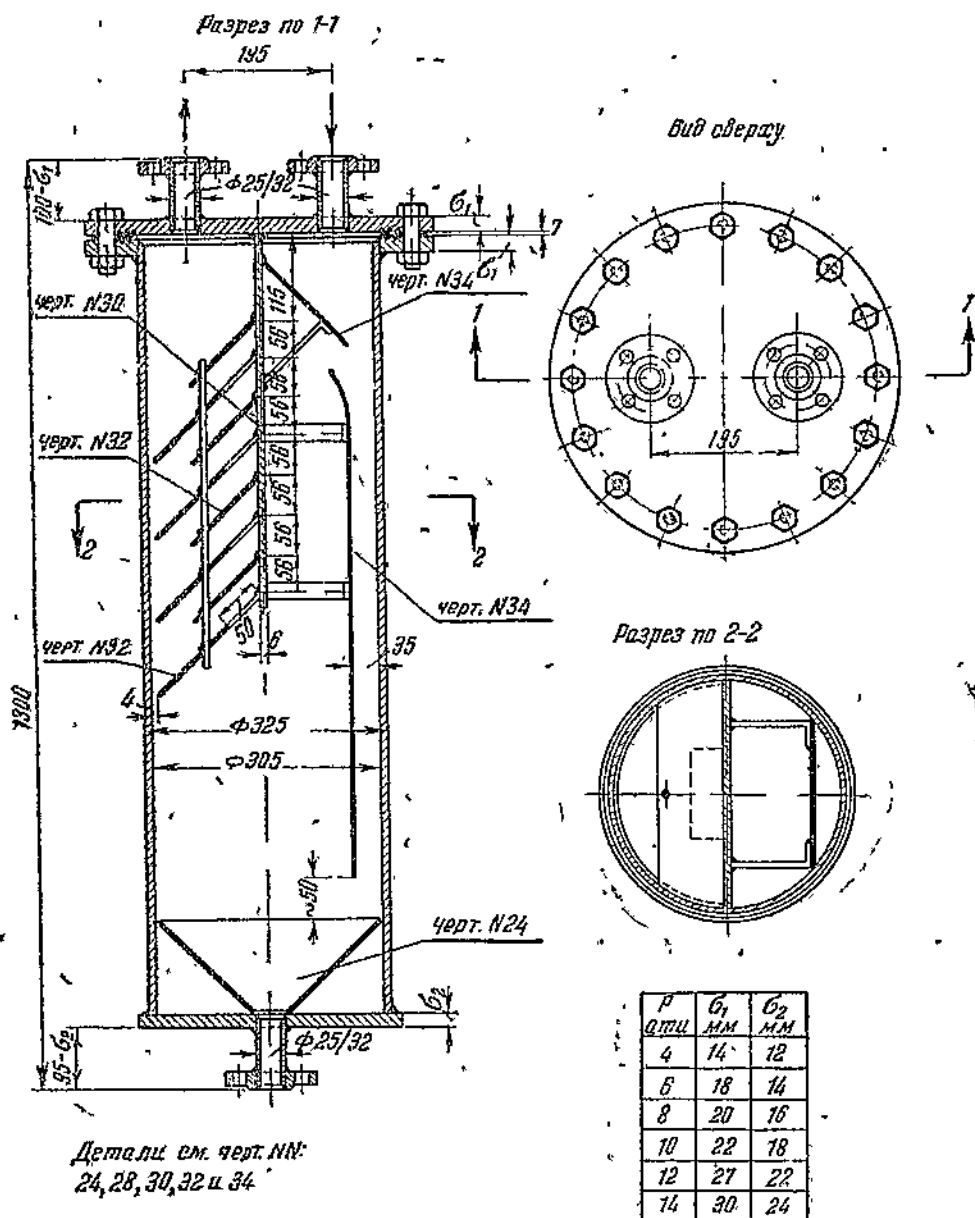
23 -



Термосифонная установка
воронка шламоотделителя
Ф 305 тип ШБ-1, ШБ-2

И черт.

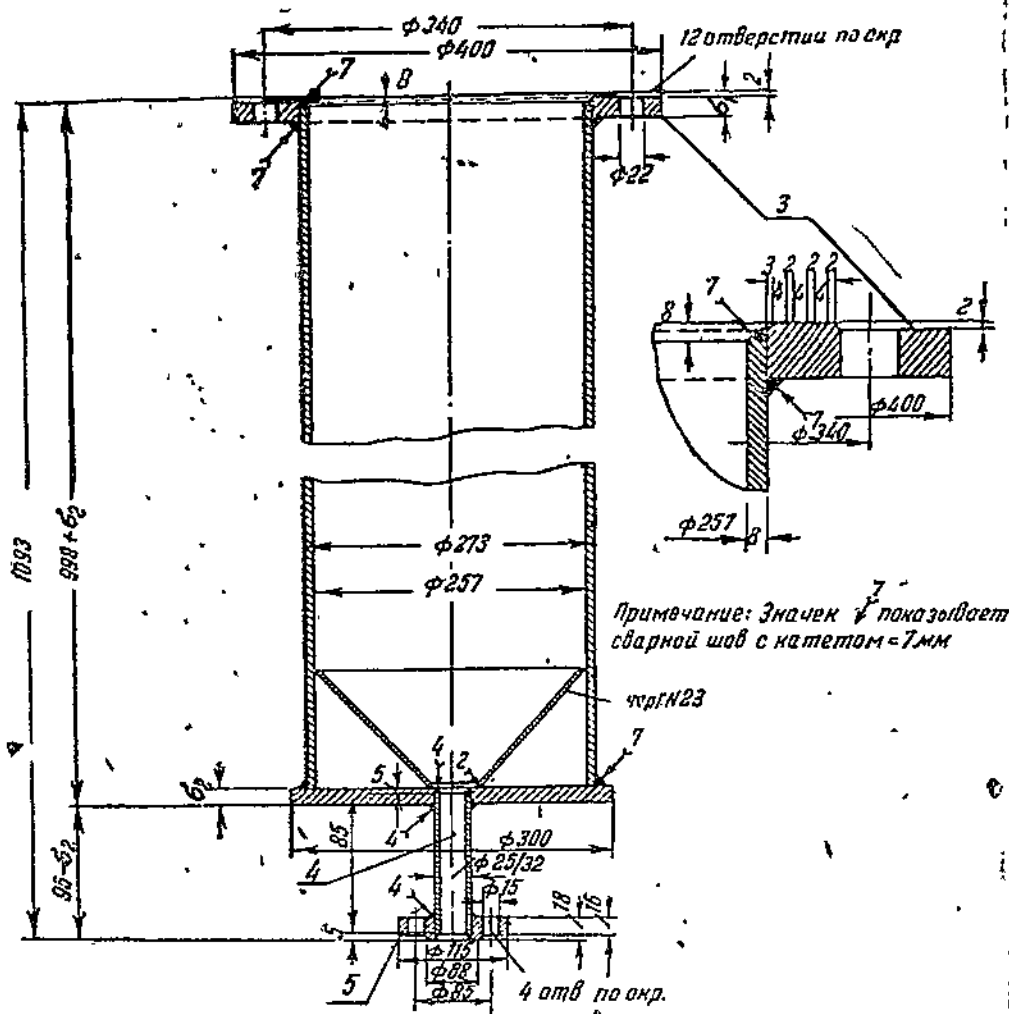
24



Примечание к таблице:
Р-допустимое давление в аппарате

Термосифонная установка
Шламоотделитель $\phi 305$ тип ШБ-2

Н черт.

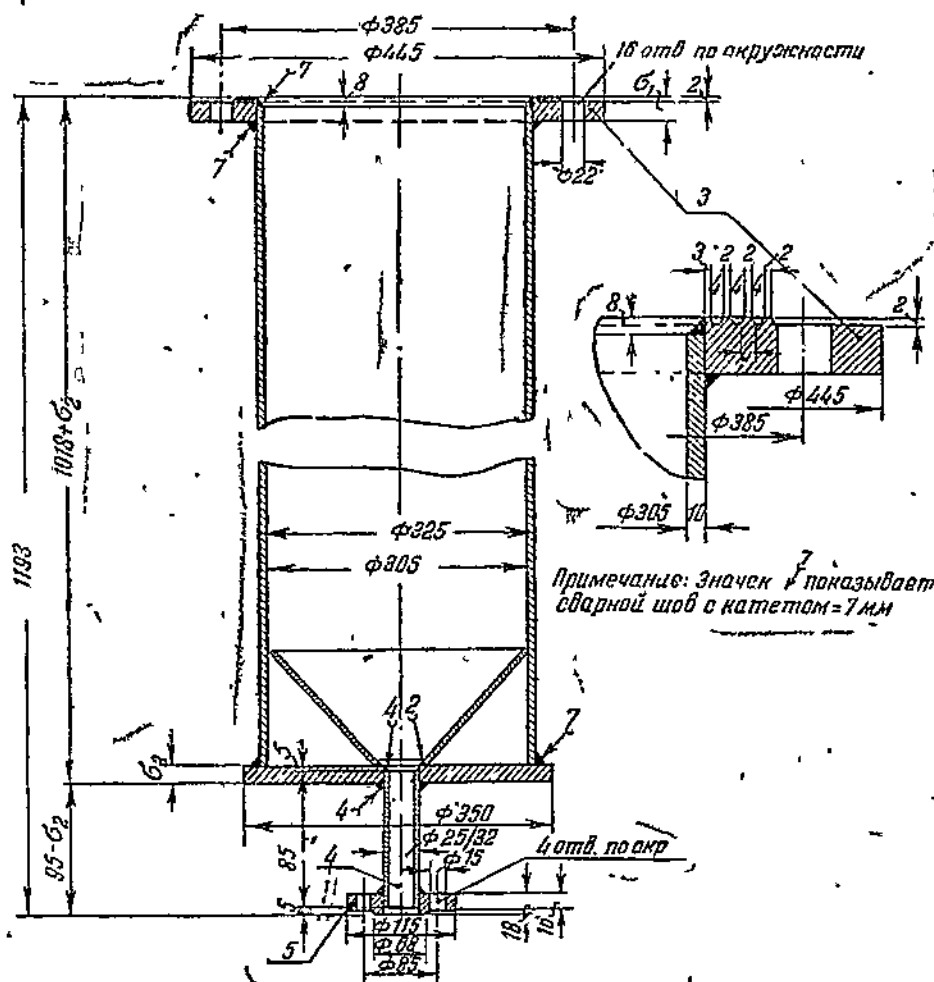


7	Болт М20х75 с гайкой	шт.	12	Ст. 3	0,32	3,84	ГОСТ-20035-38
8	Прокладка ф 400/273; б=7	»	1	Клингер	-	-	
5	Фланец ф 115/32; б=18	»	1	»	1,24	1,24	
4	Штуцер: труба бесшовн. 32х3,5; L=85	»	1	»	0,2	0,2	ГОСТ 301-41
3	Фланец ф 400/273	»	1	»	-	-	б, и б ₂ зависят от давления р _н в аппарате
2	Днище ф 300	»	1	»	-	-	
1	Труба бесшовная 273х8; L=998	мм	1	Ст. 3	33,8	33,8	ГОСТ 301-41
ИИ дет.	Наименование	Разм.	Кол.	Матер.	Тол. мм	Общ. вс в кг	Примечание
Спецификация							

Термосифонная установка
Корпус шламоотделителя
ф 257 тип ШМ-3

И черт

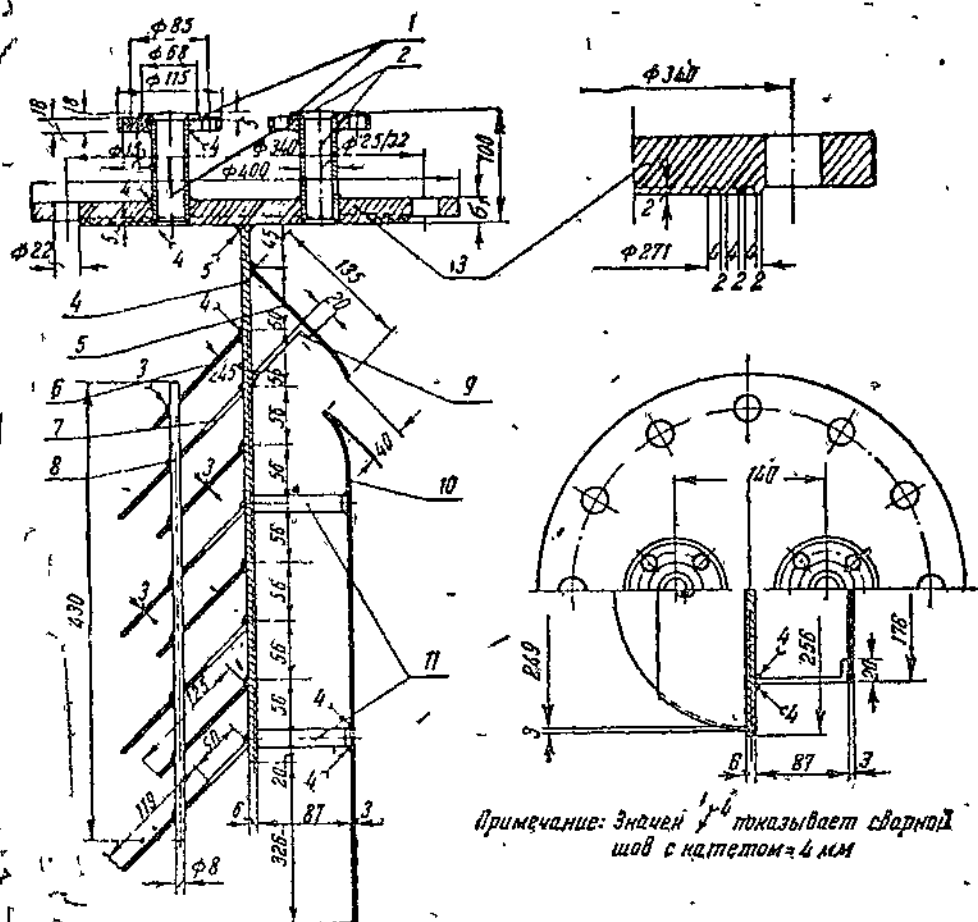
27



7	Болт М20х75 с гайкой	»	16	Ст. 3	0,32	5,12	ГОСТ-20035-38
6	Прокладка φ445/325; б=7	»	1	Клинг	-	-	
5	Фланец φ115/33; б=18	»	1	»	1,24	1,24	
4	Штуцер: труба бесшовн. 32х3,5; L=85	»	1	»	0,2	0,2	ГОСТ 301-41
3	Фланец φ445/327	»	1	»	-	-	б, мм, в зависимости от давления, Р в атм. на тле
2	Днище φ350	»	1	»	-	-	
1	Труба бесшовная 325х10; L=1090	мм	1	Ст-3	86	86	ГОСТ 301-41
ИИ дет	Наименование	Разм.	Кол.	Матер	Габт. Вес в кг	Вид	Примечание

Спецификация

Термосифонная установка. Корпус шламоотделителя φ305 тип ШБ-2	И черт.
	28



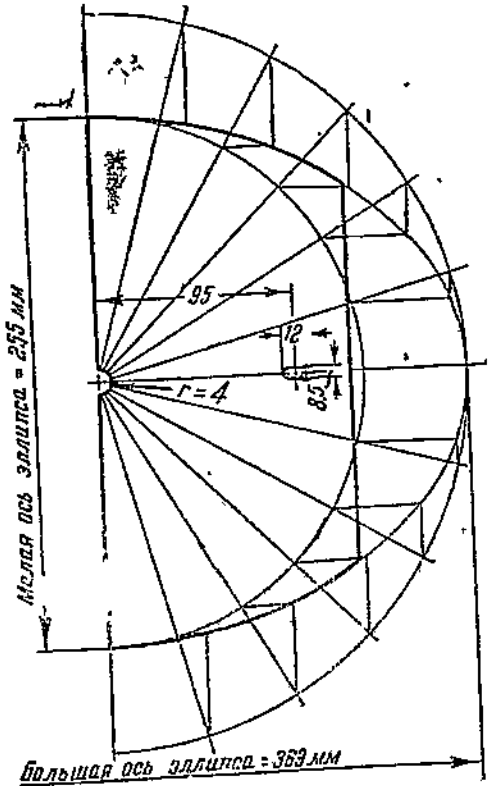
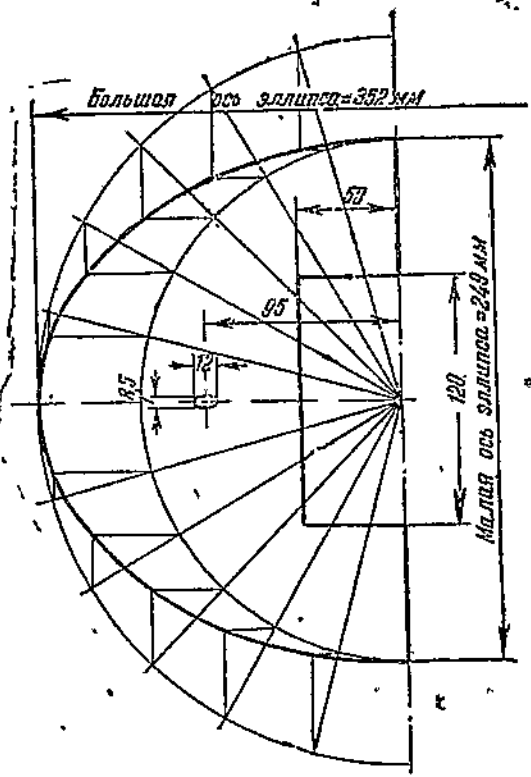
11	Линка 20/5, l=87/20	н	4	н	0,25	1,00	
10	Козырек 176/660; б=3	н	1	н	2,6	2,6	
9	Отвора 20/5, l=68/20	н	1	н	0,2	0,2	
8	Прут-φ8; l=430	н	1	н	0,2	0,2	
7	Ребро с анном б=3	н	4	н	0,7	2,8	
6	Ребро сплошное б=3	н	4	н	0,5	2,0	
5	Отражатель б=3	н	1	н	0,7	0,7	
4	Перегородка 515×256; б=6	н	1	н	6,1	0,1	
3	Крышка φ400	н	1	н	-	-	б-в завис. от Р ^н
2	Штуцер; труба бесшовн 32×3,5; l=90	н	2	н	0,2	0,4	ГОСТ 301-41
1	Фланец φ 115/33; б=18	мм	2	Ст 3	1,24	2,48	
Итого	Наименование	Разм	Кол.	Матер	1 шт.	Общ. вес кг	Примечание
С п е ц и ф и к а ц и я							

Термосифонная установка-
Сепаратор шламоотделителя
φ 257 тип ШМ-3

И черт.

28

Деталь 7
 $b = 3 \text{ мм}$

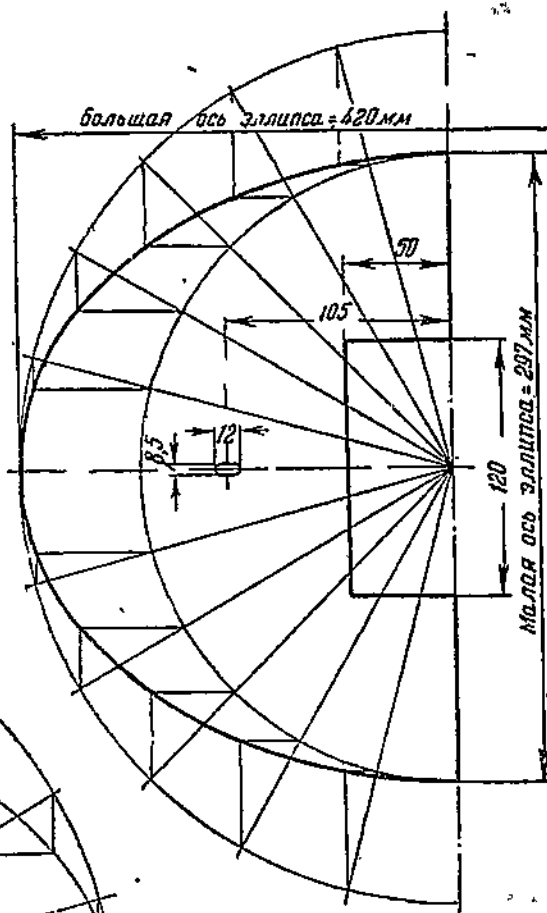


Деталь 6
 $b = 3 \text{ мм}$

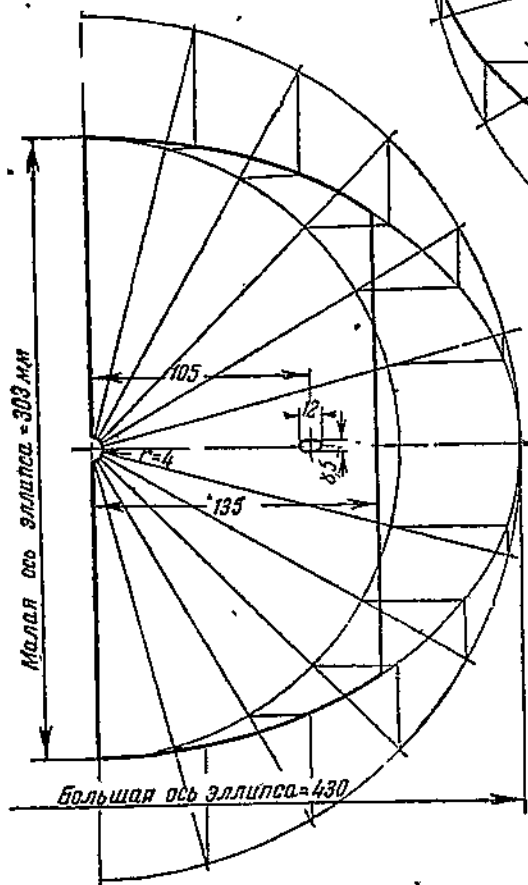
Термосифонная установка
 Детали шлакоотделителя
 ф 257 тип ШМ-3

И черт
 31

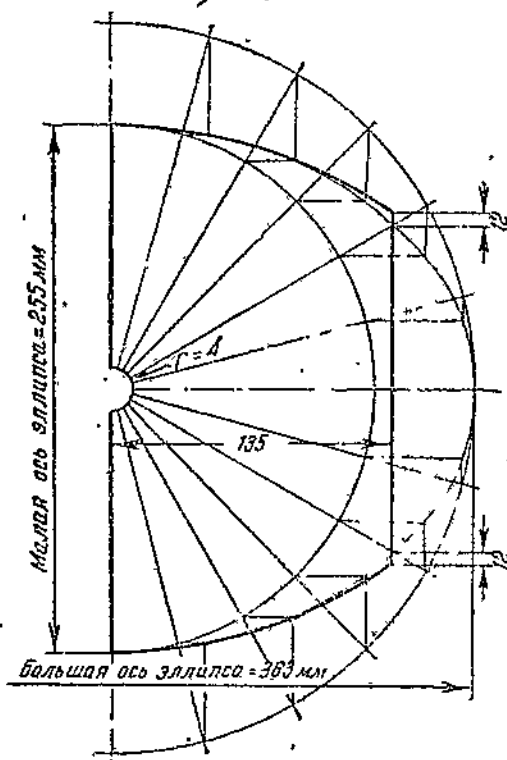
Деталь 7
б = 3 мм



Деталь 6
б = 3 мм

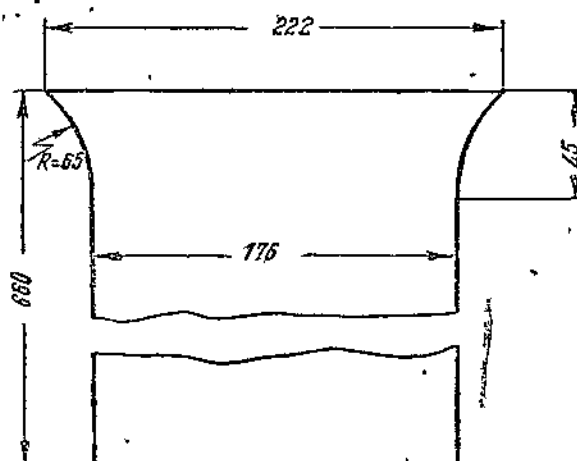


Термосифонная установка Детали теплоотделителя ф 305 тип ШБ-2	И черт
	32



Деталь 5
б = 3 мм

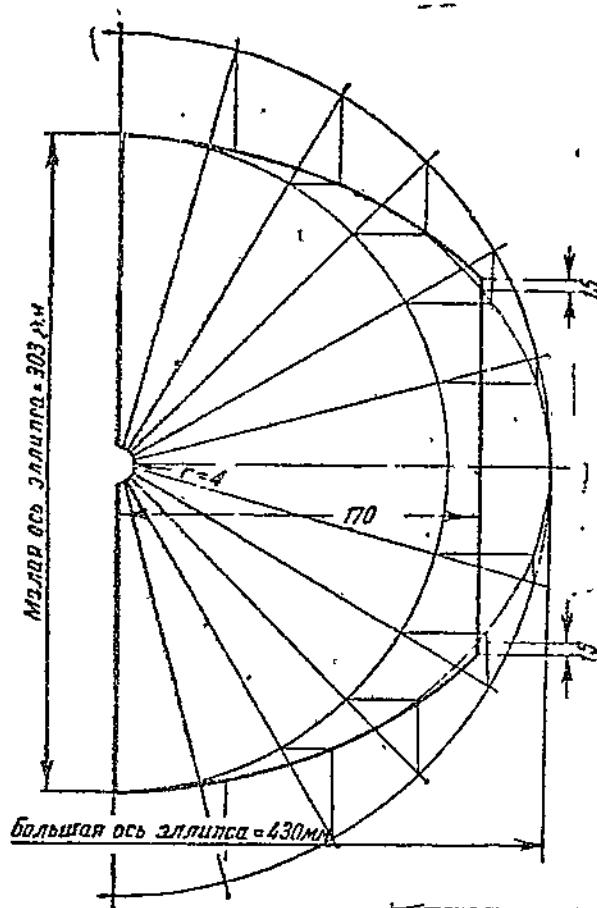
Деталь 10
б = 3 мм



Термосифонная установка
- Детали шламоотделителя
Ф 257 тип ШМ-3

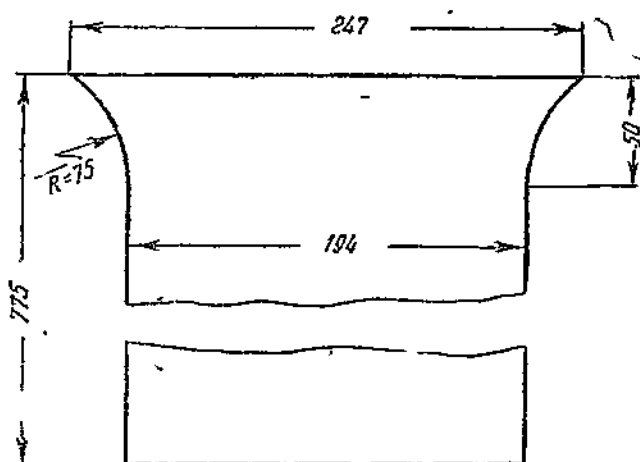
И черт.

93



Деталь 6
b = 3 мм

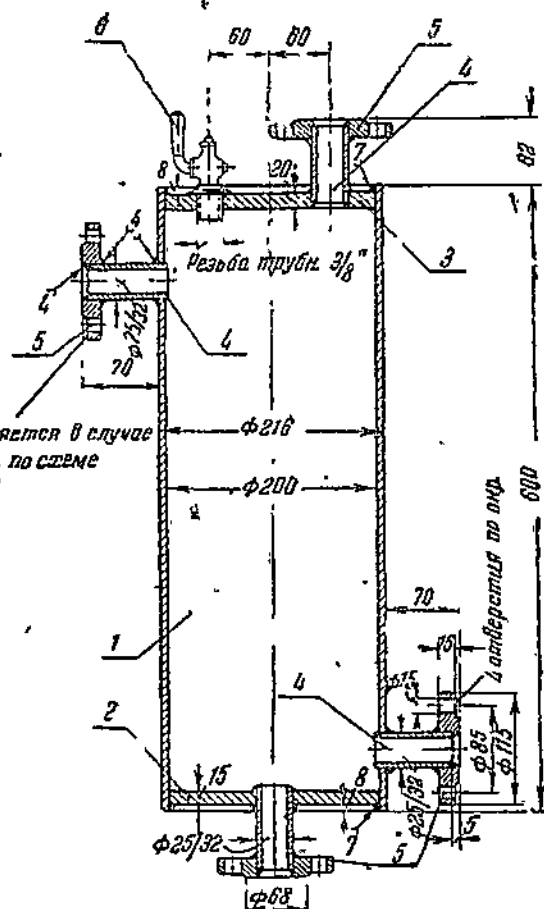
Деталь 10
b = 3 мм



Термосифонная установка
Детали шламоотделителя
φ 305 тип ШБ-2

И черт

32

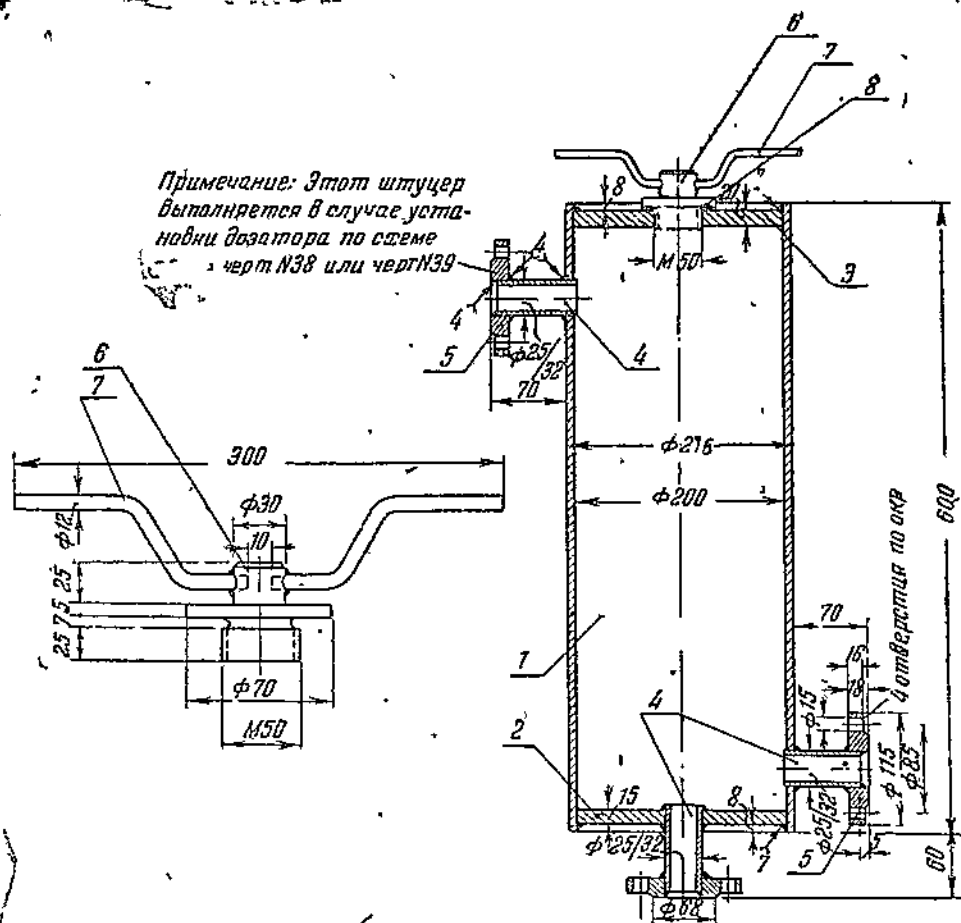


Примечание
Этот штуцер выполняется в случае
установки дозатора по схеме
черт. № 38 или черт. № 39

7	Болт М14х55 с гайкой	н	10	Ст. 3	0,12	1,92	ОСТ-20035-38
6	Воздушный кран ф 3/8"	"	1	"	-	-	
5	Фланец ф 115/33; б=18	"	4	"	1,24	4,98	
4	Штуцер труба бесшовн. 32х3,5; L=80	"	4	"	0,5	2,0	ГОСТ 301-41
3	Крышка б=20; ф 200	"	1	"	3,6	3,6	
2	Днище б=15; ф 200	"	1	"	2,4	2,4	
1	Труба бесшовная 216х8; L=600	мм	1	Ст. 3	23	23	ГОСТ 301-41
ИИ дет.	Наименование	Разм.	Кол.	Материал	Густ.	Объем всего кг	Примечание
Спецификация							

Термосифонная установка
Дозатор для раствора сзды
емк - 17,5 л тип ДБ-2

И.И.И.И.



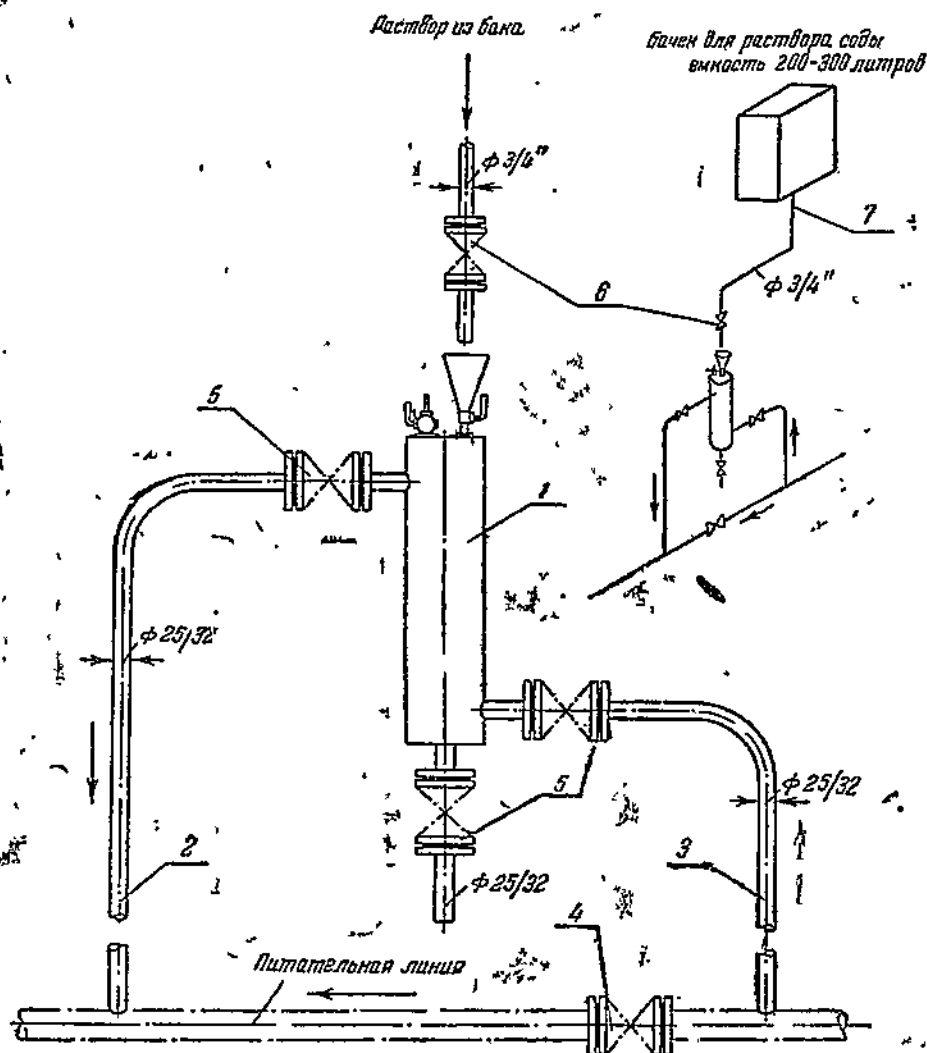
9	Болт М14х55 с гайкой	22	12	Ст. 3	0,12	1,44	ГОСТ-20035-38
8	Прокладка φ 50/70; Б=4	11	1	Клингер	-	-	
7	Рукоятка пробки φ 12	22	1	22	0,3	0,3	
6	Пробка φ 50	22	1	22	0,8	0,8	
5	Фланец φ 115/33; Б=18	22	3	22	1,24	3,72	
4	Штуцер: труба бесшовн. 32х35; L=80	22	3	22	0,5	1,5	ГОСТ 301-41
3	Крышка Б=20; φ 200	22	1	22	3,6	3,6	Отверстия нагр. воды М50
2	Днище Б=15; φ 200	22	1	22	2,4	2,4	
1	Труба бесшовная 216х8; L=600	22	1	Ст. 3	23	23	ГОСТ 301-41
ИИ дет.	Наименование	Разм.	Кол.	Матер.	Тшт.	Общ. вс в кг.	Примечание

Спецификация

Термосифонная установка
Дозатор для раствора соды
емк-17,5 л тип ДБ-1

И черт.

38

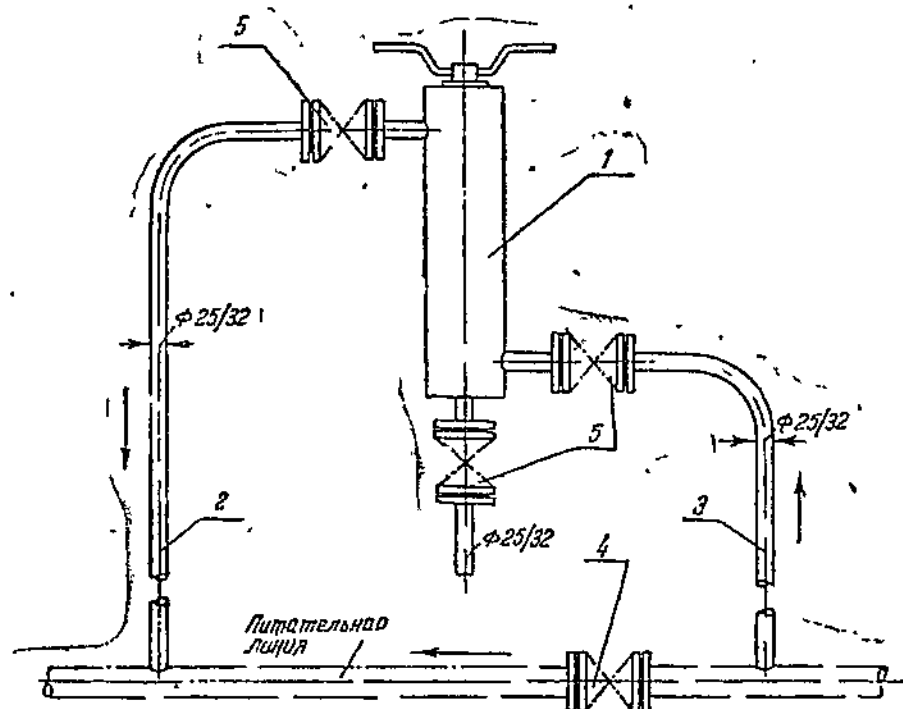


7	Бачок для раствора соды и подвозка	—	1	—	—	—	
8	Вентиль $\Phi 3/4''$	—	1	—	—	—	
5	Вентиль $\Phi 1''$	—	3	—	—	—	
4	Вентиль Φ по диаметру существующей питат. трубопровода	—	1	—	—	—	
3	Труба бесш. $\Phi 32 \times 3,5$; L — по месту	—	1	—	—	—	ГОСТ 301-41
2	Труба бесш. $\Phi 32 \times 3,5$; L — по месту	—	1	Ст 3	—	—	ГОСТ 301-41
1	Дозатор для раствора соды	—	1	—	—	—	
ИИ Вст.	Наименование	Разм.	Кол.	Матер.	Ишт.	Общ. Вес в кг	Примечание
С п е ц и ф и к а ц и я							

Термосифонная установка
 Схема 1 установки дозатора
 для раствора соды на пита-
 тельной линии

И черт.

38

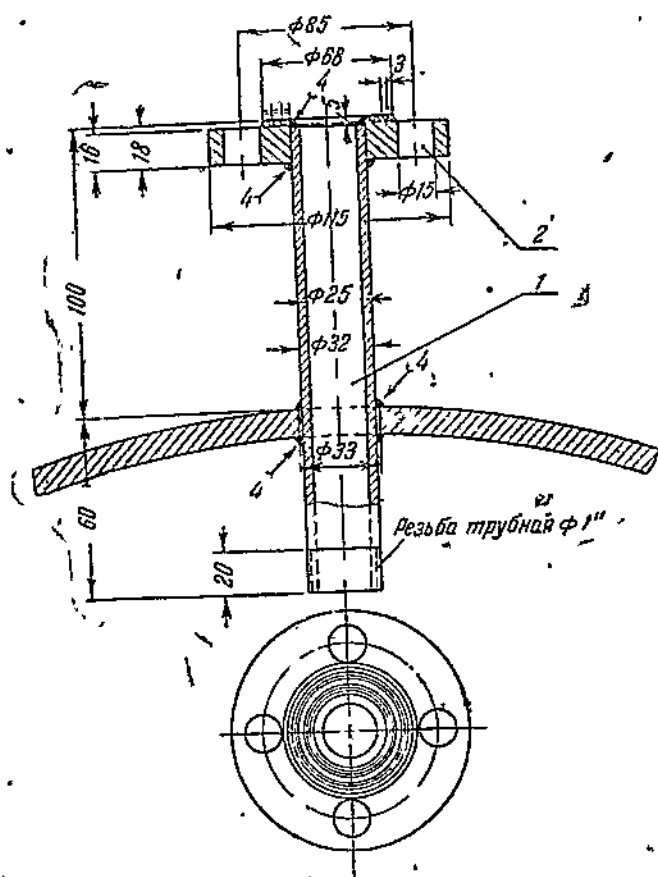


5	Вентиль $\Phi 1''$	-	3	-	-	-	
4	Вентиль Φ (поdiam. существ. питат. линии)	-	1	-	-	-	
3	Труба бесш. $\Phi 32 \times 3,5$; L - по месту	-	1	"	-	-	ГОСТ-301-41
2	Труба бесш. $\Phi 32 \times 3,5$; L - по месту	-	1	Ст 3	-	-	ГОСТ-301-41
1	Дозатор для раствора соды	-	1	-	-	-	
ИИ дет	Наименование	Разм	Кол	Матер	шт	Общ. вес в кг	Примечание
С п е ц и ф и к а ц и я							

Термосифонная установка
Схема II установки дозатора для
раствора соды на питательной
линии

И черт

39

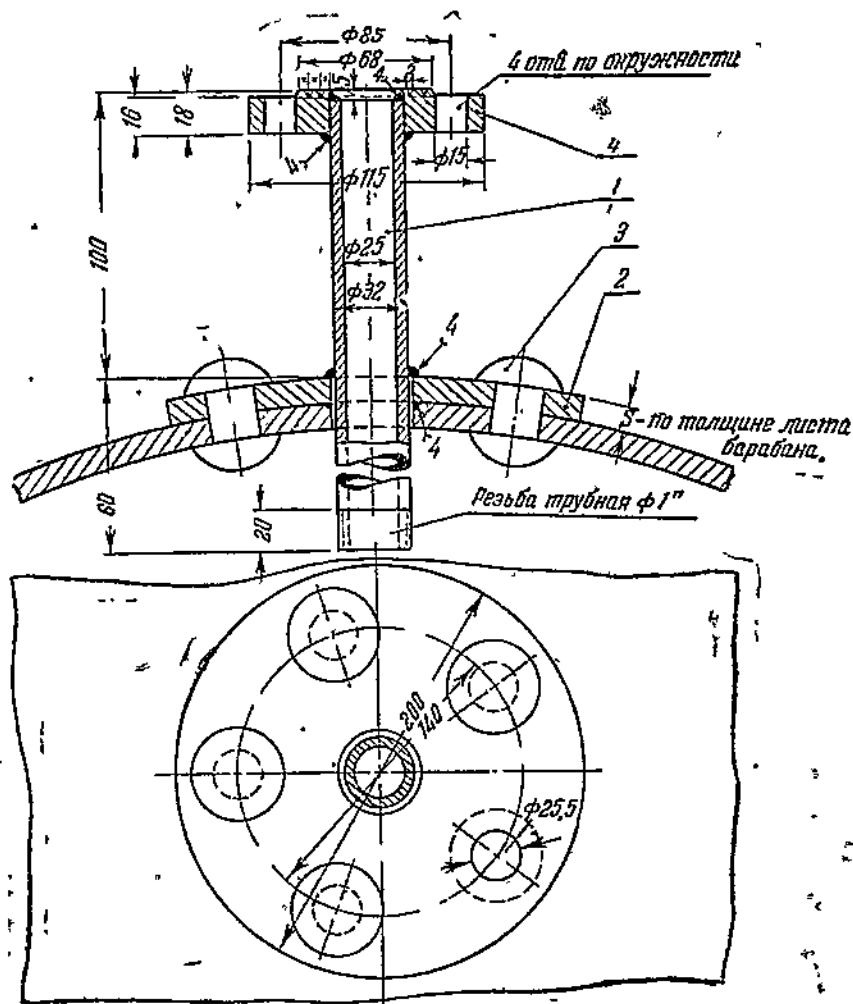


3	Болт М14 х 55 с гайкой	н	4	Ст 3	0,08	0,32	ОСТ-20035-38
2	Фланец ф115/33; С=18	н	1	Ст-2	1,24	1,24	
1	Труба бесшовная 32х3,5; L=155	мм	1	Ст-3	0,8	0,8	ГОСТ 301-41
ИИ дет.	Наименование	Разм.	Кол.	Матер.	1 шт.	Общ. Вес в кг	Примечание
С п е ц и ф и к а ц и я							

Термосифонная установка
Штуцер к барабану котла
приборной

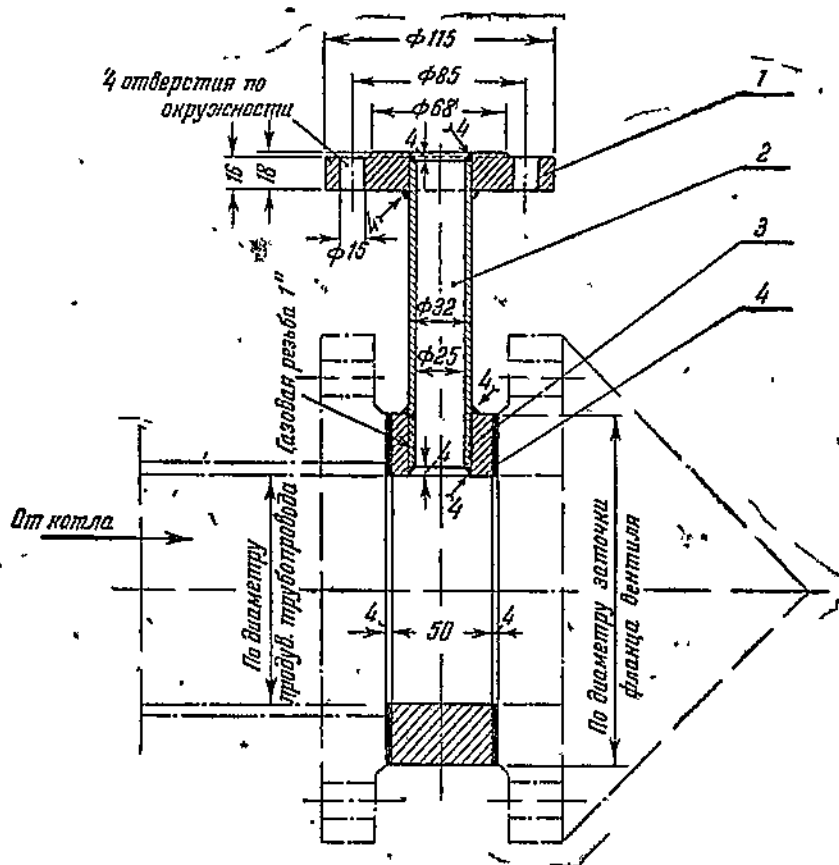
И черт.

48



5	Болт М14х55 с гайкой	п	4	Ст.3	0,08	0,32	ОСТ-20035-38
4	Фланец $\phi 115/33$; $b=18$	п	1	п	1,24	1,24	
3	Защелка $\phi 25$; $L=60$	п	5	Ст.2	0,38	1,9	
2	Накладка $\phi 200$	п	1	п			
1	Труба бесшовная $32 \times 3,5$; $L=155$	мм	1	Ст. 3	0,6	0,6	ГОСТ 307-41
И.И. Пет.	Наименование	Разм.	Кол.	Матер.	Ишт.	Общ. вес	Примечание
С п е ц и ф и к а ц и я							

Термосифонная установка. Штуцер и барабан котла на защелках	И черт
	41



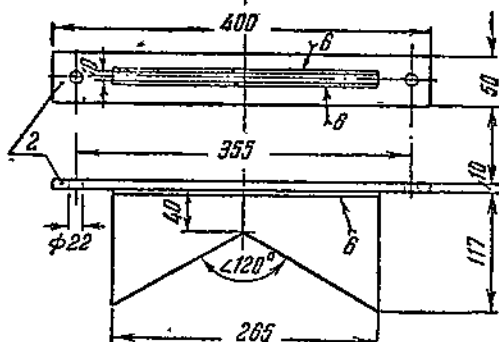
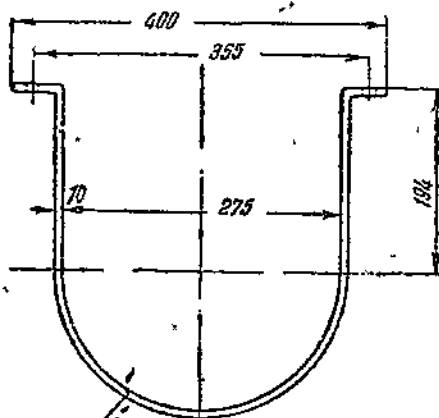
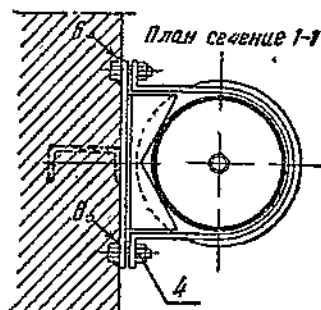
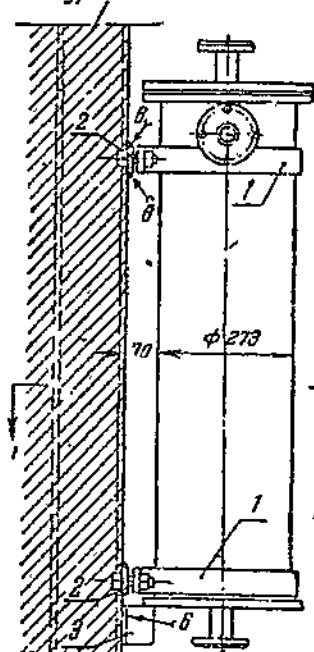
4	Прокладка б=4	»	2	Клинг	-	-	
3	Шайба	»	1	»	-	-	
2	П.трубка φ32х35; L=150	»	1	»	0,24	0,24	ГОСТ 301-41
1	Фланец φ115х33; б=18	мм	1	Ст.3	1,24	1,24	
ИИ	Наименование	Разм.	Кол.	Матер.	шт.	Общ.	Примечание
п/п					Вес в кг		
С п е ц и ф и к а ц и я							

Термосифонная установка
Присоединение контура к продувочной линии котла

И черт

42

Стойка каркаса
обмуровки котла



4	Болт с гайкой М20х70	»	4	»	0,28	1,12	Придавить к планкам
3	Подпорка 70х70х10	»	1	»	0,3	0,3	Придавить к стойке
2	Планка опорная 50х10; l=400	»	2	»	3,2	6,4	Придавить к стойке
1	Хомут 50х10; l=940	мм	2	Ст-3	3,6	7,2	
ИИ по пор.	Наименование	Разм.	Кол.	Матер.	1 шт.	Общ. Вес в кг	Примечание
С п е ц и ф и к а ц и я							

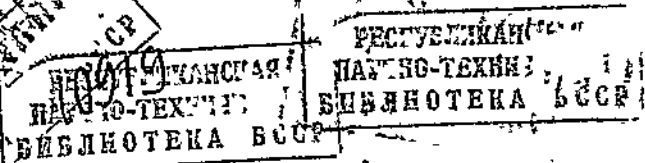
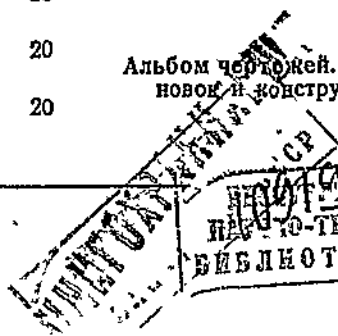
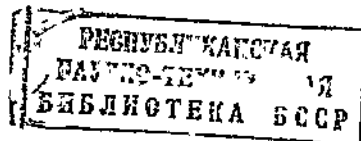
Термосифонная установка
Крепление шлакоотделителя ШМ

Н черт.

ОГЛАВЛЕНИЕ

	Стр.		Стр.
Предисловие	1	б) Указания по обслуживанию и регулированию установок	20
ЧАСТЬ I		в) Основные неполадки и их устранение	22
Внутрикотловая обработка воды с термосифонным удалением шлама		г) Химический контроль и методика химических анализов	24
1. Введение. Задачи, связанные с образованием накипи в промышленных паровых котлах	5	6. Краткие итоги эксплуатации осадительно-термосифонных установок и выводы	26
2. Сущность внутрикотловой обработки воды	8	Приложение. Водно-щелочная вытяжка из древесной золы как заменитель осадительных веществ	29
3. Осадительно-термосифонная установка — принцип работы, общее описание и характеристика главных ее элементов	12		
4. Техничко-экономические показатели	18	ЧАСТЬ II	
5. Организация эксплуатации осадительно-термосифонных установок	20	Альбом чертежей. Схемы осадительно-термосифонных установок и конструкции аппаратуры	34
а) Основные положения по эксплуатации и общий технический контроль работы установки	20		

40956



Редактор Н. О. Оберштеттер

Техн. ред. Е. И. Кисина

Л45884

Сдано в набор 27/VIII-44 г.

Подписано к печати 19/VI-45 г.

Объем 7³/₄ п. л.

Уч.-изд. л. 6,8

Знаков в печ. л. 62 000

Формат 70 × 105 1/16

Тираж 3 000

Цена 10 руб.

Зак. 249

Типография Госпланиздата, им. Воровского, Калуга