

Инструкция по щелочению паровых и водогрейных котлов

СОСТАВЛЕНА трестом "Центроэнергомонтаж"

Редактор доктор техн. наук А.П.МАМЕТ

УТВЕРЖДЕНА Главным инженером Главного технического управления по эксплуатации энергосистем С.И. Молокановым

3 апреля 1970 г.

В Инструкции приведены правила проведения предпусковой очистки паровых и водогрейных котлов щелочением. Она распространяется на паровые барабанные котлы с естественной и принудительной циркуляцией с рабочим давлением до 100 ат, а также на водогрейные котлы большой мощности (более 30 Гкал/ч).

С выпуском настоящей Инструкции отменяется "Инструкция по щелочению паровых котлов" (Госэнергоиздат, 1951).

I. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1. Щелочение применяют для удаления с внутренних поверхностей котла маслянистых, кремнекислых и иных загрязнений, а также некоторой части рыхлой ржавчины и окалины, образовавшихся при изготовлении, хранении и монтаже оборудования.

2. Образование ржавчины и других загрязнений на внутренних поверхностях котла в значительной мере зависит от способа хранения деталей и блоков котла и принимаемых мер защиты против атмосферной коррозии, а также против внесения загрязнений в процессе монтажа.

Поэтому хранение оборудования должно производиться в строгом соответствии с действующими инструкциями по хранению и консервации тепломеханического оборудования, а в процессе монтажа должны соблюдаться меры предосторожности против попадания в трубы и коллекторы песка, земли и прочих загрязнений.

3. Для повышения эффективности щелочения перед монтажом должен быть произведен тщательный осмотр внутренних поверхностей всех элементов котла и при наличии значительных загрязнений осуществлена механическая очистка (с применением ершей,

щеток или шарошек) труб и барабанов, продувка воздухом или паром отдельных труб или собранных элементов (экономайзер, экран, пароперегреватель и т.п.).

В процессе монтажа должна быть произведена проверка ("прокатка") труб шарами на незабитость, что способствует также отделению части крупных загрязнений от стенок труб.

4. Очистку внутренних поверхностей котла от рыхлой ржавчины, масел и других загрязнений производят путем обработки котла 0,5-0,8%-ым раствором едкого натра с добавлением 0,3-0,5%-ого раствора тринатрийфосфата (щелочение) с соблюдением мер предосторожности (см. приложение 1).

5. В результате щелочения, т.е. обработки внутренней поверхности котла щелочно-фосфатным раствором, происходит:

а) ослабление сцепления слоя ржавчины и окалины с металлом вследствие проникания раствора щелочи в трещины, упаривания его и частичного растворения им окислов железа с образованием ферритов натрия;

б) омыление или эмульгирование маслянистых загрязнений;

в) частичное растворение кремнекислых загрязнений с образованием силикатов натрия.

Отделившиеся от поверхности металла частицы загрязнений смываются потоком циркулирующего раствора и скапливаются в нижних точках котла, откуда мелкие их фракции удаляются усиленными продувками.

6. С повышением температуры котловой воды и расхода пара из котла интенсивность удаления частиц загрязнений с внутренней поверхности котла возрастает.

Большую роль в повышении эффективности щелочения играет также режим переменных давлений (температур). Резкие изменения температуры способствуют лучшему отделению ржавчины и окалины от поверхности металла вследствие различных значений коэффициентов линейного расширения металла и его окислов.

7. Некоторое количество загрязнений, главным образом ржавчины и окалины, остается на поверхности котельного металла и удаляется лишь при последующей работе котла.

8. По степени загрязнения котлы делят на две группы: первая - котлы, которые после их изготовления и отгрузки с завода до окончания монтажа находились в надлежащих условиях и не имеют на внутренних поверхностях значительного слоя ржавчины; вторая - котлы, длительное время хранившиеся до начала монтажа на открытых складах, без предохранительных мер против атмосферной коррозии и имеющие большой слой ржавчины и окалины.

9. До начала щелочения монтаж котла необходимо полностью закончить, включая устройства для химического контроля за качеством воды и пара, фосфатирования и непрерывной продувки, и котел должен быть подготовлен без предварительного останова к проверке паровой плотности, которая следует за щелочением.

10. При щелочении для обеспечения наибольшей его эффективности давление в котле доводят до 75-100% рабочей величины, но не выше 25 ат.

11. При щелочении производят огневой обогрев котла. При наличии парового растопочного устройства допускается комбинированный первоначальный разогрев котла (до 4 ат) огнем и паром. В дальнейшем производят только огневой обогрев.

12. Сушку обмуровки совмещают со щелочением котла.

13. Пароперегреватели не подвергают щелочению и не заполняют щелочным раствором. Очистку их от загрязнений производят паром во время продувки пароперегревателя и паропроводов.

14. До начала щелочения котла должна быть произведена промывка водой питательных и вспомогательных трубопроводов, а также очистка деаэрационных и иных баков во избежание заноса в очищенный котел ржавчины и иных загрязнений из питательного тракта.

Перед заполнением котла производят внутренний его осмотр с составлением акта о состоянии поверхности металла в отношении ее загрязненности.

15. Заполнение котла и его подпитку во время щелочения производят химически очищенной водой. При ее отсутствии щелочение и подпитку допускается производить в порядке исключения осветленной исходной (сырой) водой.

16. После окончания щелочения и смены воды в котле усиленными продувками с доведением щелочности ее до эксплуатационных норм производят проверку паровой плотности с регулировкой предохранительных клапанов и продувку паропроводов. После этого воду из котла сбрасывают, вскрывают барабан и нижние коллекторы для их осмотра, чистки и промывки. Затем котлы заполняют питательной водой и включают на комплексное опробование.

В отдельных случаях котлы первой группы при хорошем состоянии внутренних поверхностей (что устанавливается к концу монтажа комиссией из представителей заказчика и монтажной организации) могут быть включены на комплексное опробование без предварительного останова, но с обязательной ревизией и чисткой барабана и нижних коллекторов после окончания комплексного опробования.

17. Разрыв между окончанием щелочения и пуском котла не должен превышать 10 дней. Если этот период удлиняется, необходимо произвести консервацию котла одним из известных способов либо перед пуском котла провести вторичное щелочение.

II. ПОДГОТОВКА КОТЛА К ЩЕЛОЧЕНИЮ

18. До начала щелочения котел необходимо подвергнуть общей промывке путем заполнения его водой с последующим дренированием.

Котлы с принудительной циркуляцией следует промывать при работе циркуляционного насоса; дроссельные шайбы с фильтрами после проведения промывки должны быть очищены от задержанных ими загрязнений.

19. После водной промывки котел снова заполняют водой до появления уровня в водомерном стекле, после чего в котел вводят раствор щелочи.

20. Приготовление раствора щелочи производят в бачке объемом 0,5-1,0 м³, подключенном к дренажным насосам параллельно дренажным бакам (рис.1). Подачу раствора реагентов производят дренажными насосами через линию слива из котла и водяного экономайзера, либо в барабан через линию фосфатирования, либо через штуцер для предохранительного клапана.

Рис.1. Схема приготовления и подачи раствора щелочи в котел

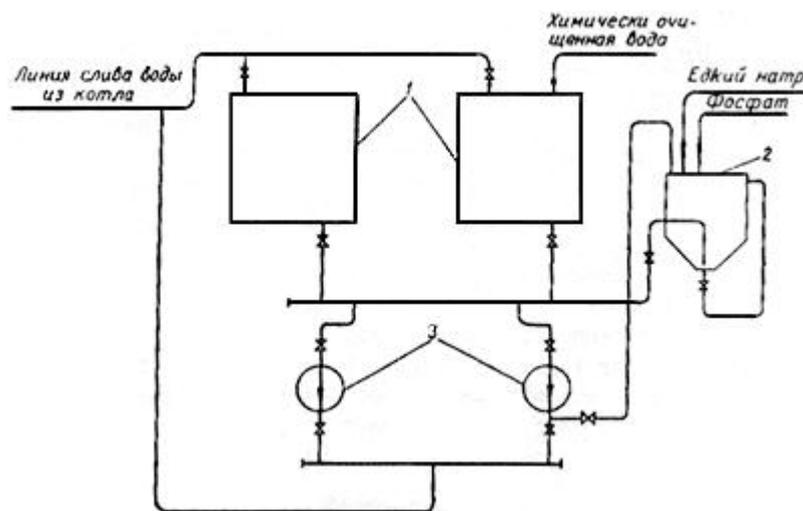


Рис.1. Схема приготовления и подачи раствора щелочи в котел:

1 - дренажный бак; 2 - бачок для приготовления раствора щелочи; 3 - дренажный насос

21. Необходимое количество реагентов (кг/м³ водяного объема) для обеих групп котлов следующие:

| | Первая группа | Вторая группа |
|---|---------------|---------------|
| Едкий натр (NaOH) | | |
| 100%-й | 5 | 8 |
| 40%-й | 12,5 | 20 |
| Тринатрийфосфат (Na ₃ PO ₄ · 12H ₂ O) | 3 | 5 |

Примечание. Котлы низкого давления (до 15 ат) можно щелочить едким натром без

тринатрийфосфата, а при отсутствии едкого натра - кальцинированной содой Na_2CO_3 (с коэффициентом 1,5 по весу).

Количество реагентов для данного котла определяют, исходя из водяного объема котла до рабочего уровня (см. приложения 2).

22. В котел следует вводить сразу полное количество реагентов. Растворы реагентов следует готовить крепостью не выше 20%.

Растворы едкого натра и тринатрийфосфата следует готовить и вводить в котел отдельно во избежание кристаллизации фосфата в подающей трубе.

Раствор фосфата готовят на горячей воде.

Ввод реагентов в котел в сухом виде не допускается.

23. При растворении и вводе реагентов в котел необходимо соблюдать соответствующие правила техники безопасности.

24. После ввода реагентов котел должен быть подпитан водой до низшего уровня. Подпитки производят через водяной экономайзер.

В связи с тем, что при щелочении котла часто происходит забивание водоуказательных приборов и потеря прозрачности стекла или слюды, должно быть не больше двух колонок, действующих во время щелочения.

25. В течение всего периода щелочения линия рециркуляции между котлом и водяным экономайзером должна быть открытой, за исключением момента подпитки котла (рециркуляцию в этот момент необходимо закрыть).

26. Для подпитки котла при щелочении может быть использован временный насос соответствующей производительности и напора; подпитку можно также производить от питательных насосов действующих котлов.

27. Внутрибарабанные сепарационные устройства у обеих групп котлов на весь период щелочения остаются смонтированными, а у котлов с принудительной циркуляцией до начала щелочения должны быть сняты фильтры.

28. До начала щелочения должны быть составлены рабочая программа и график щелочения, которые утверждаются главным инженером электростанции (котельной) и главным инженером монтажного участка.

III. РЕЖИМ ЩЕЛОЧЕНИЯ ПАРОВЫХ КОТЛОВ

29. После ввода в котел щелочи и заполнения его водой до низшего уровня начинают огневой обогрев с постепенным повышением давления в котле. Перед этим должна быть открыта продувка пароперегревателя.

30. После повышения давления до 3 ат производят обтяжку фланцевых соединений и люковых затворов котла с мягкими прокладками. Соединения с металлическими прокладками обтягивают только в холодном состоянии после остывания котла.

31. Огневой обогрев нужно вести так, чтобы не было опасного перегрева металла трубок пароперегревателя, при этом не допускать повышения температуры газов перед пароперегревателем более 500 °С.

32. Для обеспечения циркуляции раствора и смывания им отставших частиц ржавчины и окалины со стенок котла следует при щелочении доводить нагрузку котла до 5-10% номинальной, сбрасывая пар через продувку пароперегревателя или растопочное устройство.

33. Во время всего процесса щелочения необходимо следить за уровнем воды (по водоуказательной колонке), не допуская перепитки котла и попадания щелочного раствора в пароперегреватель.

34. Последовательность и продолжительность (в часах) отдельных операций щелочения котлов обеих групп следующая (рис. 2):

Рис. 2. График щелочения парового котла

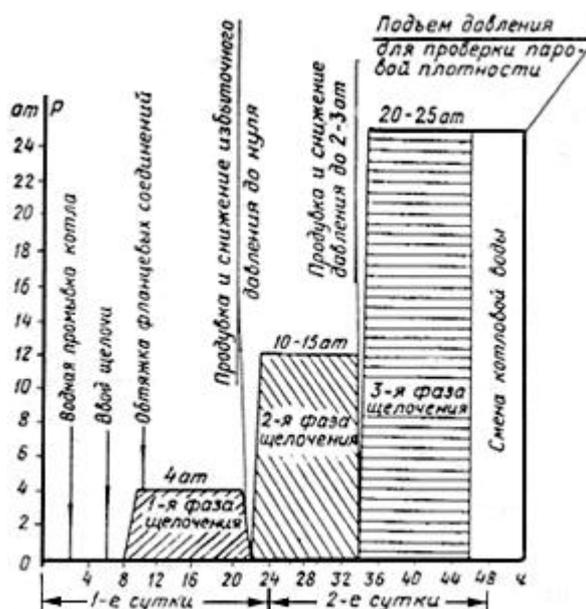


Рис. 2. График щелочения парового котла

| | Первая группа | Вторая группа |
|--|---------------|---------------|
| Водная промывка котла | 4 | 4 |
| Ввод раствора реагентов | 4 | 4 |
| Растопка котла, постепенный подъем давления до 3-4 ат; щелочение при этом давлении и нагрузке котла, равной 5-10% номинальной; обтяжка фланцевых соединений | 12 | 12 |
| Снижение давления до атмосферного и продувка котла из нижних точек | 1 | 1 |
| Подъем давления до 10-15 ат; щелочение при этом давлении и нагрузке котла, равной 5-10% номинальной | 8 | 12 |
| Снижение давления до 2-3 ат и продувка котла из нижних точек при погашенной топке | 1 | 1 |
| Новый подъем давления до 20-25 ат (для котлов с давлением 40 ат и выше) и щелочение при этом давлении и вышеуказанном расходе пара | 6 | 12 |
| Смена котловой воды при тех же параметрах путем многократных продувок через нижние точки котла и устройства непрерывной продувки с последующими подпитками и доведением щелочности котловой воды до эксплуатационной нормы | 6 | 6 |
| Итого | 42 | 52 |
| Подъем давления на котле для проверки паровой плотности, регулирование предохранительных клапанов, продувка паропроводов | | |
| Расхолаживание котла, сброс воды, вскрытие барабана и нижних коллекторов для осмотра и чистки | | |

Примечания: 1. В отдельных случаях для котлов первой группы последние операции могут быть произведены после комплексного опробования.

2. Указанная продолжительность щелочения является ориентировочной и в зависимости от местных условий может изменяться в пределах 20%.

35. Щелочность котловой воды во время щелочения (до начала смены воды в котле) не должна быть менее 75 мг-экв/кг (щелочное число 3000 мг/кг). Если щелочность снизится

ниже этой величины, то нужно ввести дополнительное количество щелочи.

36. Первые продувки котла из нижних точек производят через 12 ч после начала щелочения, затем еще через 8-12 ч; наиболее интенсивные продувки как из нижних точек, так и через непрерывную продувку производят к концу щелочения с целью удаления наибольшего количества шлама и смены воды в котле с доведением щелочности до эксплуатационной нормы.

37. При забивании шламом каких-либо продувочных точек котла их следует прочистить питательной водой (под напором), которая для этой цели должна быть подведена в дренажное кольцо котла.

38. Интенсивные продувки котла из нижних точек должны быть произведены также после окончания продувки паропроводов, когда происходит взмучивание осадков в нижних коллекторах и барабанах.

39. При щелочении котлов с принудительной циркуляцией продувки из нижних коллекторов следует производить при погашенной топке и остановленном циркуляционном насосе.

41. По окончании проверки паровой плотности и продувки паропроводов производят вскрытие и очистку барабана и нижних коллекторов (см. п. 16). При необходимости съемные части внутрибарабанного устройства для лучшей их очистки и промывки могут быть разобраны.

42. После промывки и очистки нижних коллекторов дренажная арматура котла должна быть подвергнута ревизии. Необходимо также произвести контрольную разборку водоуказательных колонок в связи с возможностью забивания их шламом в процессе щелочения котла. Должны быть также промыты патрубки для подсоединения водоуказательных колонок к барабану.

43. Состояние поверхности нагрева котла после щелочения и промывки должно быть зафиксировано актом, составленным представителями эксплуатации, монтирующей и наладочной организаций.

4. Режим щелочения водогрейных котлов

44. Перед включением в работу на теплосеть водогрейные котлы ТВМ и ТВГМ должны подвергаться водной и щелочной промывкам по внутреннему циркуляционному контуру (без теплосети) через временную перемычку диаметром 150-200 мм, смонтированную перед отключающими задвижками теплосети. В промывочный контур входят всасывающие и напорные трубопроводы сетевых и рециркуляционных насосов, котлы, технологические перемычки, подогреватели и грязевик (рис. 3).

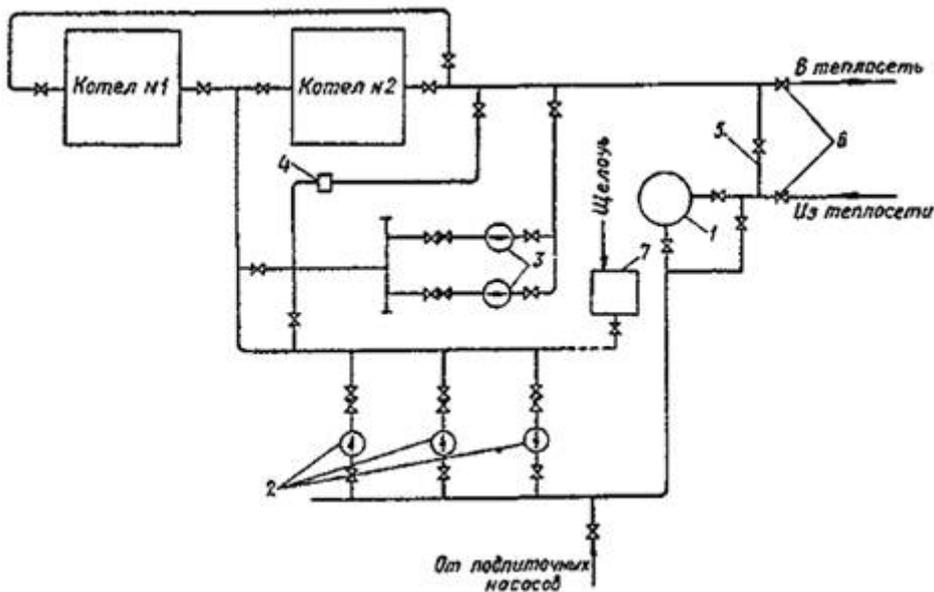


Рис. 3. Принципиальная схема промывки котлов ПТВМ

1 - грязевик; 2 - сетевой насос; 3 - насос рециркуляции; 4 - температурная перемычка; 5 - временная перемычка; 6 - запорная задвижка теплосети; 7 - бачок для раствора щелочи

45. Водную и щелочную промывки осуществляют сетевым насосом. Первоначальную водную промывку и последующую отмывку после щелочения производят при расходе воды выше номинального для создания в котле и промываемых трубопроводах необходимой скорости движения среды.

46. Как правило, производят промывку сразу двух котлов. При неготовности второго котла промывку его, а также последующих котлов производят при отключенной внешней теплосети.

47. Водную и щелочную промывки производят непосредственно перед пуском котла в работу. Разрыв между пуском котла и щелочением не должен быть более 10 дней. При более продолжительном разрыве должна быть произведена консервация котла или повторное щелочение его перед пуском.

48. Перед началом водной промывки долины быть выполнены:

- а) монтаж указанной в п. 44 временной перемычки;
- б) установка в грязевике поверх имеющейся дополнительной мелкой сетки с ячейками 1-2 мм, удаляемой после промывки; каких-либо других дополнительных сеток перед котлом не требуется;
- в) окончание всех технологических и иных врезок (для КИП и автоматики);
- г) монтаж и наладка регулятора давления подпитки.

Перед началом щелочения должны быть включены в работу контрольно-измерительные приборы (расходомер воды, манометры и термометры на входе и выходе воды из котла), а также импульсная защита котла, воздействующая на подачу топлива.

49. Перед началом водной промывки внутренний циркуляционный контур заполняют осветленной водой при открытых воздушниках. Сетевой циркуляционный насос включают и производят прокачку воды через контур с максимально возможным расходом. Во время водной промывки следует систематически продувать все нижние точки котла и дренажи трубопроводов для удаления грязи с одновременной подпиткой воды для поддержания давления в контуре. Дренаж грязевика во время промывки должен быть постоянно открытым.

Примечание. Если производительность подпиточных насосов достаточно велика, чтобы обеспечить подачу воды для промывки по разомкнутому контуру, следует выполнить временный сбросной трубопровод и промывку первое время производить со сбросом воды из промываемого контура. Водную промывку производить до полного осветления циркулирующей воды и достижения показателей ее качества исходных величин. Продолжительность водной промывки 8-12 ч в зависимости от длины и диаметров трубопроводов контура.

50. Если схемой предусмотрена технологическая перемычка циркуляционной воды помимо котла (см. рис. 3), целесообразно вести промывку сначала через эту перемычку, а после осветления воды заполнить и промыть котел.

51. При подготовке к промывке следует учитывать, по какой схеме циркуляции (двух- или четырехходовой) будет работать котел, так как от этого зависит величина номинального расхода вода через котел.

52. После окончания водной промывки воду из контура спускают, вскрывают грязевик для очистки и осмотра, устанавливают измерительные диафрагмы, после чего приступают к щелочению.

53. Щелочение водогрейных котлов осуществляют путем циркуляции в промывочном контуре 0,5-0,8%-го (5-8 кг/м³) раствора едкого натра.

Раствор щелочи (20%-й) готовят в небольшой емкости (1-2 м³); целесообразно вводить его в освобожденный от воды коллектор сетевых насосов или в грязевик через воздушник.

После заполнения контура горячей водой (если таковая имеется), или холодной осветленной водой пускают сетевой насос, устанавливают определенный расход воды (не ниже номинального) и производят подогрев циркулирующего раствора до 90-110°C. Подогрев можно осуществлять огневой либо паром с давлением 5-8 атм посредством барботирования во всасывающий коллектор сетевых насосов. Продолжительность щелочения устанавливают в пределах 8-12 ч в зависимости от степени загрязненности поверхностей нагрева котла. Первые продувки через нижние точки котла и дренажи трубопроводов производят через 4-6 ч после начала щелочения; далее через каждые 2 ч.

После окончания щелочения раствор щелочи вытесняют химически очищенной водой и отмывают контур от грязи при полностью открытых дренажах и циркуляции раствора в контуре. Сброс раствора производят с помощью специального сбросного трубопровода, если таковой имеется. Подпитку контура в это время производят химически очищенной водой. Отмывку производят до получения качества циркуляционной воды, соответствующего эксплуатационным нормам. После окончания отмывки вскрывают грязевик, очищают и снимают мелкую сетку. Затем котел может быть растоплен для включения в теплосеть.

5. Химический контроль при щелочении

54. Объем и периодичность химического контроля приведены в таблице.

| Наименование операции | Место отбора пробы | Периодичность отбора | Определяемый показатель |
|--|----------------------------------|----------------------|---|
| Водная промывка с циркуляцией (для котлов с принудительной циркуляцией и водогрейных котлов) | Из циркуляционного насоса | Через 30 мин | Прозрачность |
| Ввод реагентов | Из барабана или из насоса | - | Щелочность, фосфаты |
| Первая фаза щелочения | То же | Через 2 ч | Щелочность (железо, кремнекислота - 1 раз в конце фазы) |
| Вторая фаза щелочения | -"- | Через 2 ч | Щелочность |
| | Насыщенный пар из пробоотборника | Через 1 ч | Щелочность по фенолфталеину и метилоранжу |
| Третья фаза щелочения | Из барабана | Через 2 ч | Щелочность (железо, SiO_3 - 1 раз в конце фазы) |
| | Насыщенный пар из пробоотборника | Через 1 ч | Щелочность по фенолфталеину и метилоранжу |
| Обмен котловой воды | Из барабана | Через 30 мин | Щелочность, прозрачность |
| Продувка паропроводов | Насыщенный пар из пробоотборника | Через 5-10 мин | Щелочность по фенолфталеину и метилоранжу |

Примечание. Определение концентраций железа и кремнекислоты в котловой воде производят по возможности.

Приложение 1

Меры предосторожности при работе со щелочами

1. Персонал, занятый приготовлением раствора щелочи и вводом его в котел, должен быть заранее проинструктирован по действующим правилам безопасности при обращении со щелочами. Работы эти производятся под наблюдением ответственного лица.

2. Раскалывание на куски твердого каустика должно производиться в специально выделенном для этого месте. При раскалывании кусков каустика необходимо обертывать их тряпками для предотвращения разлетаания мелких кусочков.

3. Для растворения каустика, находящегося в барабане, предварительно вскрытый барабан устанавливают в опрокинутом положении над люком бака, закрепляют его и подводят под отверстие барабана паровую трубку с загнутым кверху концом при пропускании струи пара образующийся раствор щелочи стекает в бак.

4. Персонал, занятый на этих работах, должен быть обеспечен специальной одеждой: брезентовыми костюмами, резиновыми фартуками, перчатками, сапогами, а также защитными очками.

5. У рабочего места необходимо иметь: раствор борной кислоты (2%-ый) и раствор уксусной кислоты (1%-й). При попадании щелочи на кожу необходимо промыть пораженное место водой, затем 1%-ым раствором уксусной кислоты. При попадании щелочи в глаза необходимо промыть их сначала водой, а затем 2% -ым раствором борной кислоты.

Приложение 2

Расход реагентов на щелочение котла

| Тип котла | Водяной объем, м ³ | Расход реагента, кг, при дозировке, кг/м ³ | | | | | | |
|----------------|-------------------------------|---|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| ТП-80 | 115 | 115 | 230 | 345 | 460 | 575 | 690 | 805 |
| ТП-82 | 115 | 115 | 230 | 345 | 460 | 575 | 690 | 805 |
| ТП-10 | 88,2 | 88 | 176 | 265 | 358 | 441 | 529 | 617 |
| ТП-12 | 85 | 85 | 170 | 255 | 340 | 425 | 510 | 595 |
| ТП-15 | 87,4 | 87 | 175 | 262 | 350 | 437 | 524 | 612 |
| ТП-230-2 | 71,6 | 72 | 143 | 215 | 286 | 385 | 430 | 501 |
| ТП-170-1 | 56,7 | 57 | 113 | 170 | 227 | 284 | 340 | 397 |
| ТП-200-2 | 67 | 67 | 134 | 201 | 268 | 335 | 402 | 469 |
| ТП-150-1 | 52 | 52 | 104 | 156 | 208 | 260 | 312 | 364 |
| ПК-10, ПК-10-2 | 61 | 61 | 122 | 183 | 244 | 305 | 366 | 427 |
| ПК-14, ПК-14-2 | 63 | 63 | 126 | 189 | 252 | 315 | 378 | 441 |
| ПК-19, ПК-19-2 | 57 | 57 | 114 | 171 | 228 | 235 | 342 | 399 |

| | | | | | | | | |
|----------------|-------|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| ПК-20, ПК-20-2 | 58 | 58 | 116 | 174 | 232 | 290 | 348 | 406 |
| БКЗ-220-100Ф | 66 | 66 | 132 | 198 | 264 | 330 | 396 | 462 |
| БКЗ-210-100Ф | 64 | 64 | 128 | 192 | 256 | 320 | 384 | 448 |
| БКЗ-160-100Ф | 48 | 48 | 96 | 144 | 192 | 240 | 288 | 336 |
| БКЗ-75-89-ФБ | 30 | 30 | 60 | 90 | 120 | 150 | 180 | 210 |
| ЦКТИ-75-39Ф | 30,4 | 30 | 61 | 91 | 122 | 152 | 182 | 213 |
| БКЗ-75-39СЛ | 32,6 | 33 | 65 | 98 | 130 | 163 | 196 | 228 |
| БКЗ-50-39Ф | 21,2 | 21 | 42 | 64 | 85 | 106 | 127 | 143 |
| ТП-35У | 13,3 | 13 | 27 | 40 | 53 | 67 | 80 | 93 |
| ТС-35У | 13,07 | 13 | 27 | 39 | 52 | 65 | 78 | 92 |
| ТП-20-У | 9,33 | 9 | 19 | 28 | 37 | 47 | 56 | 65 |
| ТС-20-У | 10,73 | 11 | 21 | 32 | 43 | 54 | 64 | 75 |
| ДКВР-10-15 | 8,6 | 9 | 17 | 26 | 34 | 43 | 52 | 77 |
| ДКВР-6,5-13 | 7,5 | 8 | 15 | 23 | 30 | 38 | 45 | 60 |
| ДКВР-4-13 | 5,4 | 5 | 11 | 16 | 22 | 27 | 32 | 49 |
| ДКВР-2,5-13 | 3,6 | 4 | 7 | 11 | 14 | 18 | 22 | 32 |