621.133
В49

НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ИНСТИТУТ
ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО
ТРАНСПОРТА

ВЫПУСК 60

Инж. Б. М. ВИНОГРАДОВ

КОТЛОПИТАНИЕ ПАРОВОЗОВ

ТРАНСЖЕЛДОРИЗДАТ 1938

1991

НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА НКПС

Аддзел навукова-
тэхнічнай літаратуры
Дата 2007

ВЫПУСК 68

Инж. Б. М. ВИНОГРАДОВ

631.54
621.133
Б49
37883

КОТЛОПИТАНИЕ ПАРОВОЗОВ

СИГНАЛЬНЫЕ

ГОСУДАРСТВЕННОЕ
ТРАНСПОРТНОЕ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО

МОСКВА * ТРАНСЖЕЛДОРИЗДАТ * 1938

1975

В книге описываются свойства воды для питания котлов, способы борьбы с накипью, с разъеданием металла котла, способы борьбы с течью труб и связей, методы продувки паровозных котлов, как способ уменьшения загрязнения котловых вод (увеличение влажности пара, забивка элементов перегревателей и т. д.).

Книга рассчитана на руководящих работников депо, машинистов, теплотехников депо, работников деповских и дорожных лабораторий, инструкторов по антинакипинам.

В—49

ОГЛАВЛЕНИЕ

Стр.

Предисловие 3

Глава I. Свойства и состав питательной воды . 5

Глава II. Вредные последствия от питания котлов недоброкачественной водой 7

Глава III. Течь труб и связей 35

Глава IV. Применение антинакипинов 38

Глава V. Продувка паровозных котлов 61

Глава VI. Применение хроматной смеси 75

Глава VII. Котловой режим паровозов с конденсацией пара 85

Глава VIII. Контроль котловых вод 91

Цена 2 руб. 50 коп.
Переплет коленкоровый 1 руб.

БИ... ...ЧА
... ...ров
жел... ...ного

Отв. редактор инж. *О. Л. Маргевич*
Техн. редактор *Н. Фомин*
Отв. корректор *А. Левина*
Сдано в набор 27/II 1938 г.
Подписано в печать 28/XI 1938 г.
Формат бумаги 60×92 1/16 д. л. Тираж 3180 экз.
6 1/4 печ. л. Зн. в печ. л. 47040
ЖДИЗ 18019 Заказ 47
Уполн. Главлита Б-45695

5-я тип. Трансжелдориздата НКПС.
Москва, Каланчевский туп., д. 3/5.

ПРЕДИСЛОВИЕ

Улучшение работы паровозного парка во многом зависит от состояния водоподготовки и котлопитания.

Межпромывочные пробеги паровозов должны быть доведены до такого максимума, при котором постановка паровозов на промывку совпадала бы по срокам с производством осмотра и ремонта ответственных паровозных деталей.

Котловой режим паровозов должен быть таким, чтобы котел был не только чист от накипи, но и обеспечивал бы отсутствие уноса воды в пароперегреватель и паровую машину.

Наряду с ростом паропроизводительности котлов необходимо повышать качество пара, т. е. уменьшать загрязненность и влажность его.

Применение фосфатной и хроматной смесей полностью себя оправдало. В итоге защиты котельного железа от разъедания, а также значительной очистки котлов от накипи уменьшаются расходы на котельный ремонт, сокращается расход топлива, увеличивается срок службы котлов, повышаются межпромывочные пробеги, улучшаются процессы парообразования в котлах и т. д.

Все это блестяще подтверждено практикой работы лучших машинистов-стахановцев: Кривоноса П. Ф., Огнева А. С., Кабанова и других, сумевших довести межпромывочные пробеги до 40 тыс. *км* и выше.

Указанные средства внутрикотловой обработки воды наряду с положительными качествами обладают и отрицательными. Основной недостаток их заключается в увеличении шламообразования в котлах.

Применение средств внутрикотловой обработки воды неразрывно связано со своевременными и регулярными продувками паровозных котлов. Продувки не только решают успех работы паровозного котла и машины, но и являются основным фактором, влияющим на увеличение межпромывочных пробегов.

Важнейшим техническим мероприятием, обеспечивающим наиболее полное удаление шлама по обвязочному кольцу, особенно в задней части топки, является замена пробковых продувочных кранов продувочными приборами типа „Окейди“ или „Эверластинг“ и установка дополнительных кранов той же конструкции в задней части топки.

Это мероприятие позволит для паровозов, питающихся водами малой и средней жесткости, установить межпромывочные пробеги выше 20 тыс. *км*.

Правильное применение средств внутрикотловой обработки воды требует технически грамотного и внимательного отношения со стороны паровозников. Там, где люди теряют бдительность, где отсутствует химический контроль, средства внутрикотловой обработки воды не только не улучшают, но ухудшают состояние паровозного хозяйства.

Известны случаи, когда троцкистско-бухаринские вредители, диверсанты и шпионы, орудовавшие на жел.-дор. транспорте, неправильным применением предварительной и внутрикотловой обработки воды ухудшали работу паровозов и разрушали паровозный парк.

Поэтому вопросам правильного применения средств внутрикотловой обработки воды, вопросам предварительного водоумягчения необходимо уделять особо серьезное внимание.

В области предварительной, комбинированной и внутрикотловой обработки воды техническая политика на жел.-дор. транспорте определяется тем основным положением, что наилучшим способом водоприготовления для паровозных котлов является предварительная водоочистка. От применяемых в настоящее время средств внутрикотловой обработки воды необходимо в дальнейшем переходить к питанию котлов умягченной водой, водой с нулевой жестокстью.

Настоящая книга написана старшим научным сотрудником НИИЖТ Б. М. Виноградовым и имеет целью помочь деповским работникам в их практической работе.

Начальник Научно-исследовательского
института жел.-дор. транспорта
проф. В. Н. ОБРАЗЦОВ

Начальник Локомотивного
отделения НИИЖТ
проф. К. А. ШИШКИН

ГЛАВА I

СВОЙСТВА И СОСТАВ ПИТАТЕЛЬНОЙ ВОДЫ

Паровозный парк должен быть в полной мере использован не только по машине и сцепному весу, но и по котлу.

Поэтому успех работы паровозного парка во многом зависит от состояния котлов паровозов, а отсюда ясно, что состоянию паровозного котла и котловому режиму необходимо уделять самое серьезное внимание.

Дальнейшее улучшение тяговых качеств паровозного парка должно итти по линии повышения технических скоростей при одновременном росте веса поездов. Это улучшение также может быть обеспечено не только исправным состоянием экипажной части и паровой машины паровоза, но и ростом паропроизводительности паровозных котлов, при одновременном улучшении качества пара, т. е. уменьшении загрязненности и влажности его.

Для решения этой задачи необходимо в каждом депо хорошо организовать:

1) котельный ремонт,
2) уход за котлом,
3) правильное ведение поезда машинистом,
4) предварительную очистку воды,
5) обработку воды внутри котла (антинакипины).

Практика работы ряда дорог доказывает, что при разрешении указанных вопросов в комплексе возможна нормальная работа паровозов даже на питательных водах плохого качества.

Вода, поступающая для питания паровозных котлов, никогда не бывает химически чистой.

В состав питательных вод входят:

1) растворимые газы,
2) растворимые соли,
3) органические примеси,
4) механические вещества.

1. Газовый состав

К газам, растворенным в воде, относятся: кислород, углекислота, азот, аммиак. Там, где поверхностные и подземные воды проходят через почвы, содержащие соединения серы, или в про-

мышленных районах, где воздух и водоемы загрязняются отходами производства, к числу растворенных в воде газов прибавляются сероводород и сернистый газ.

2. Солевой состав

Питательные воды содержат соли кальция, магния, кремния, железа и марганца.

Поверхностные и подземные воды на своем пути встречают породы, состоящие из различных солей, например: сернокислого кальция, углекислого кальция и магния и солей кремневой кислоты. Все эти соли в очень малой степени растворимы в воде. Углекислые соли при наличии в воде углекислоты переводятся в двууглекислые соли—бикарбонаты, уже легко растворяющиеся в воде. Вода в своем составе имеет углекислоту, и, кроме того, эта вода по пути своего движения соприкасается с углекислыми солями кальция и магния, встречающимися в виде различных пород (известняки, мел, доломиты и т. п.).

Подобно бикарбонату кальция и магния в питательных водах встречаются бикарбонаты железа и марганца.

Кроме этого, питательная вода содержит легко растворимые соли, к числу которых относятся: хлористый натрий (поваренная соль), хлористый магний, хлористый кальций, сернокислый натрий (сульфат натрия) и др.

Содержание в питательной воде солей кальция и магния обусловливает ее жесткость.

За единицу жесткости принято считать 1 немецкий градус: 1 нем. градус жесткости соответствует содержанию 10 *мг* окиси кальция в 1 *л* воды, или, если считать на кубометр воды, в нем должно содержаться 10 *г* этой окиси. Соли магния (точнее окись магния) для выражения в немецких градусах пересчитываются на окись кальция пропорционально их молекулярным весам. Коэфициент пересчета равен 1,4. Таким образом, немецкий градус жесткости соответствует 10 : 1,4 = 7,14 *мг* окиси магния в 1 *л* воды.

В воде различают временную, или устранимую, жесткость, постоянную и общую жесткость.

Временная, или устранимая, жесткость характеризуется присутствием бикарбонатов кальция и магния, которые выпадают в осадок при кипячении.

Постоянная жесткость зависит от присутствия солей: сернокислого кальция (гипса), сернокислого магния, хлористого кальция, хлористого магния и некоторых других солей, которых бывает незначительное количество.

В отличие от солей временной жесткости соли постоянной жесткости кипячением не устраняются. Выпадают в осадок соли

постоянной жесткости только тогда, когда количество их превышает предел растворимости.

Общая жесткость равна сумме временной и постоянной жесткостей.

3. Органические примеси

Вода, протекающая по поверхности, на своем пути встречает то или иное количество органических веществ (продукты распада растений или животных) и загрязняется ими.

Состав этих органических соединений различен. Иногда в них имеются гуминовые вещества, которые, входя в реакцию с солями железа, окрашивают воду в характерный желтобурый цвет.

4. Механические вещества

К механическим веществам относятся: глина, мелкие частички песка, пыли и т. п.

В табл. 1 сведены данные состава питательных вод.

Таблица 1

Взвешенные вещества	Газы	Соли, легко растворимые в воде	Соли, образующие накипь
Механические вещества (глина, мелкие частички песка, пыли, земли и т. п.)	Углекислота, кислород, азот	Хлориды: хлористый натрий, хлористый кальций, хлористый магний	Бикарбонаты (двууглекислые соли) кальция, магния, железа
Органические примеси (продукты распада растений и животных)	Аммиак и в некоторых районах сероводород, сернистый газ	Сульфаты: сернокислый натрий, сернокислый магний	Сернокислый кальций. Соли кремнекислоты

ГЛАВА II

ВРЕДНЫЕ ПОСЛЕДСТВИЯ ОТ ПИТАНИЯ КОТЛОВ НЕДОБРОКАЧЕСТВЕННОЙ ВОДОЙ

Питание паровозных котлов недоброкачественной водой приводит:

1) к накипеотложению на поверхности нагрева;

2) к разъеданию (коррозии) котельного железа и арматуры;

3) к уносу воды (бросание и забивание пароперегревателей).

1. Накипеотложение

Если принять среднюю жесткость питательной воды равной 10° и если считать, что в накипи до 75% углекислого кальция и 25% сернокислого кальция, то при испарении 1 *л* воды жесткостью в 10 нем. градусов накипи на поверхности нагрева будет отлагаться примерно 200 *мг*.

Без применения средств внутрикотловой обработки воды (антинакипинов) и без предварительной водоочистки в котлах ежегодно отлагалось бы примерно 50 тыс. *т* накипи.

Вред накипеотложения общеизвестен и в основном приводит:

1) к перерасходу топлива;

2) к перегреву котельного железа;

3) к ухудшению процессов парообразования—уменьшению форсировок;

4) к увеличению объема котельных работ;

5) к уменьшению коэфициента использования паровозного парка;

6) к сокращению срока службы котлов.

Поэтому вопросам правильного рационального применения средств внутрикотловой обработки воды—антинакипинам, предварительной водоподготовке и установлению правильного котлового режима в паровозных котлах должно уделяться исключительно большое внимание.

Состав накипи неоднороден и различные накипи по различному действуют на ухудшение теплопередачи.

Влияние физических и химических свойств накипи на процессы теплопередачи изучалось целым рядом исследователей.

В результате своей работы они пришли к следующему выводу:

1) теплопроводность накипи зависит от ее плотности и пористости, которые в свою очередь зависят от химического состава накипи;

2) чем больше плотность накипи, т. е. чем выше удельный вес ее и чем меньше пористость, тем она более теплопроводна;

3) наоборот, если накипь обладает малым удельным весом и большой пористостью, то такая накипь очень мало теплопроводна и поэтому отложения ее на поверхностях нагрева очень опасны для работы котлов;

4) в состав накипи главным образом входят сернокислый кальций (гипс), углекислый кальций, силикаты и органические вещества.

Относительно влияния той или другой преобладающей в накипи составной части на работу котлов (накипи гипсовые, углекальциевые, силикатные) получены следующие результаты.

1. Так как гипс (сернокислый кальций) постоянно отлагается в котле в виде накипи большого удельного веса, доходящего до 2,62 *кг/дм*³, то котельные отложения с большим содержанием гипса характеризуются относительно высокой теплопроводностью, колеблющейся в пределах около 2 *кал/м час*° С и выше. Чем выше в накипи содержание гипса, тем такая накипь более теплопроводна.

2. Плотность углекальциевых твердых отложений лишь немногим меньше плотности гипсовых накипей, удельный вес которых достигает величины 2,37 *кг/дм*³; однако плотность накипей с преобладающим содержанием в них углекислого кальция подвержена заметным колебаниям, понижаясь в отдельных случаях до 1,5 *кг/дм*³ и даже до 1,2 *кг/дм*³. Теплопроводность углекальциевых накипей значительно ниже, чем теплопроводность гипсовой, так как в количествах свыше 2 *кг/дм*³ плотности с уменьшением последней очень сильно падает теплопроводность. Но и углекальциевые накипи, имеющие коэфициент теплопроводности около 1 *кал/м час* °С, можно вообще считать менее опасными для паровых котлов.

В иных случаях могут образовываться очень пористые известковые накипи, коэфициент теплопроводности которых падает ниже 0,2 *кал/м час* °С. Такие отложения накипи на поверхностях нагрева очень опасны для работы паровых котлов.

3. Отложения, богатые кремнеземом, являются чрезвычайно опасными для паровых котлов даже в случаях наибольшей их плотности.

Богатые содержанием кремния котельные накипи имеют незначительную плотность, ниже 1,2 *кг/дм*³, плотность их нередко доходит до 0,43 *кг/дм*³ и даже до 0,34 *кг/дм*³. Когда в накипи имеется много кремнезема, коэфициент теплопроводности ее опускается ниже 0,2 *кал/м час* °С.

Наиболее же низкой плотности соответствует коэфициент теплопроводности 0,07, т. е. примерно в 30—40 раз меньший, чем теплопроводность гипсовых накипей.

Накипь с содержанием в ней более 40% силикатов должна считаться опасной для работы паровых котлов.

Весьма низкой теплопроводностью обладают накипи, содержащие в себе органические примеси и особенно масло. Масло обладает очень малой теплопроводностью, гораздо ниже 0,2 *кал/м час* °С. Органические вещества (масло), оседающие в котле вместе с накипеобразователями, могут выгорать в слое накипи в самых напряженных местах поверхности нагрева и таким образом увеличивать пористость накипи. Теплопроводность же ее от наличия масла и пористости резко снижается.

На рис. 1 показана промасленная пористая накипь с паровоза СО-19-648 с конденсацией пара, работающего в депо им. Ильича Западной ж. д.

Теплопроводность такой накипи очень низка, гораздо ниже 0,75 *кал/м час °С*.

Последствия от отложений промасленной накипи на поверхностях нагрева с толщиной слоя 1,5—2 *мм* выражаются в появлении выпучин.

Соли временной жесткости, как было уже указано выше, выпадают в осадок от кипячения. Поэтому накипи, богатые содержанием углекислого кальция (благодаря наличию в питательной воде солей временной жесткости), отлагаются главным образом в передней части котла.

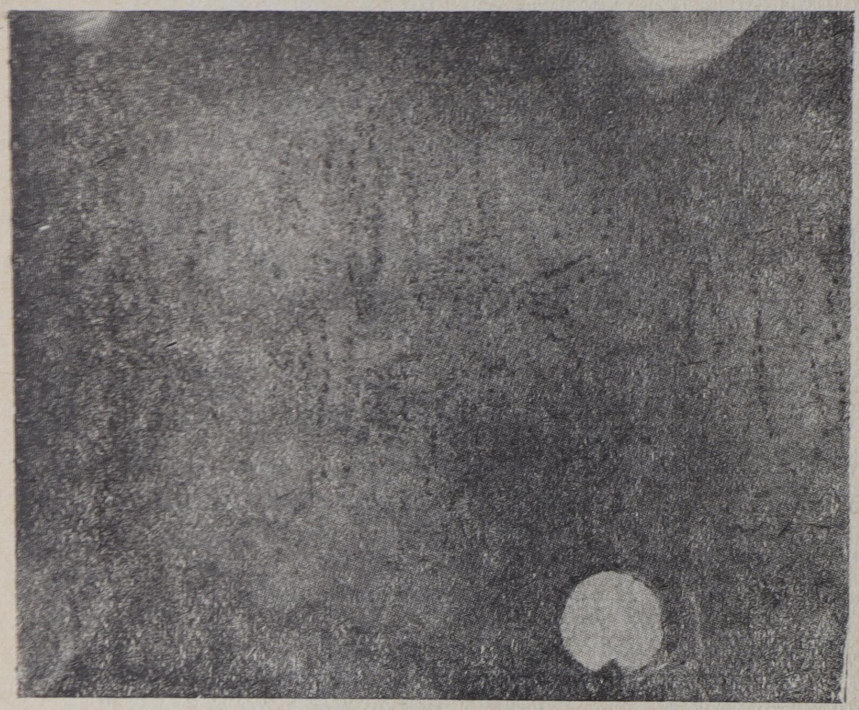

Рис. 1. Промасленная накипь паровоза СО-19-648 с конденсацией пара.

При питании паровозных котлов водой (содержащей большое количество солей временной жесткости) происходит отложение накипи в виде углекислого кальция не только в передней части котла, но и в питательных трубах и на цилиндрической части котла (в местах у выхода воды из питательных труб). Одновременно на таких водах можно наблюдать сильное закипание желобов и колпаков, в которых расположены водоочистительные обустройства. В некоторых депо для паровозов, имеющих водоочистительные обустройства, межпромывочные пробеги ограничиваются из-за закипания водоочистителей накипью.

Реже, но все же встречаются случаи закипания водоприемных труб к инжекторам.

Объясняется это тем, что соли временной жесткости—бикарбонаты—находятся в растворе только в тех случаях, когда в воде содержится хотя небольшое количество избытка углекислоты. При нагреве воды удаляется избыточная углекислота и начинается распад бикарбонатов. Образующиеся карбонаты оседают на стенках и тем самым забивают водоприемные трубы.

Соли постоянной жесткости: сернокислый кальций (гипс), силикаты кальция и магния в отличие от углекислого кальция отлагаются в большей степени на поверхностях нагрева, подверженных большим тепловым напряжениям, т. е. на топке. Это вызывается тем обстоятельством, что коэфициент растворимости

у сернокислого кальция (гипса) отрицательный, т. е. с повышением температуры растворимость его в воде уменьшается. А так как в области топки температурные напряжения несколько выше в сравнении с температурными напряжениями в передних частях котла, то естественно, что гипсовые отложения в большей степени будут образовываться на топке.

Тепло от сгоревшего топлива передается котловой воде следующим образом: вначале тепло переходит к огневой поверхности топки, далее тепло от огневой поверхности топки переходит через толщину стенки к поверхности, соприкасающейся с водой. Если на стенке топки отсутствует накипь, то тепло от поверхности топки, соприкасающейся с водой, передается непосредственно котловой воде. Если котельная стенка загрязнена накипью, то все тепло проходит через накипь и только тогда передается котловой воде. В данном случае, т. е. при наличии накипи, все тепло от поверхности топки со стороны воды передается поверхности накипи, далее тепло переходит через слой накипи и передается поверхности накипи, соприкасающейся с водой, и только после этого тепло переходит к воде.

При переходе тепла через стенку топки и через накипь возникают тепловые потери за счет преодоления сопротивления топочной стенки и слоя накипи в передаче тепла от газов котловой воде. Сопротивление это тем больше, чем меньше теплопроводность материала, через который проходит тепло. Стенку топки при этом необходимо нагреть до такой температуры, которая была бы достаточна для того, чтобы преодолеть сопротивление слоя накипи в передаче тепла от газов котловой воде.

По некоторым наблюдениям, при температуре в огневой коробке 1 000°, котловой воды 200° температура верхнего слоя котельного материала, соприкасающегося с водой, в случае отсутствия на нем накипи равна 224—230°, т. е. на преодоление сопротивления в передаче тепла от газов котловой воде сама стенка топки дает сопротивление, равное повышению ее температуры в сравнении с температурой котловой воды на 24—30°.

Ввиду того что теплопроводность накипи в 20—30 раз меньше теплопроводности котельного железа, накипь вызывает очень большие сопротивления в передаче тепла и как следствие этого резко повышается перегрев котельного железа. Температура топочной стенки в случае отложения на ней накипи толщиной 2 *мм* равна 337—342°, т. е. перегрев котельной стенки повышается более чем на 100°. При толщине слоя накипи в 5 *мм* температура топочной стенки достигает 442—482°, т. е. увеличивается в сравнении с температурой стенки при отсутствии накипи больше чем на 200°.

С увеличением температуры котельного железа очень резко падает его прочность. При температуре 400° котельное железо

дает нормальное—100% сопротивление разрыву, равное сопротивлению при обычной температуре. При температуре 500° сопротивление разрыву уменьшается на 45%, т. е. котельное железо почти наполовину теряет свою прочность.

При температуре 600° сопротивление разрыву составляет всего 25% от сопротивления в нормальных условиях, т. е. прочность котельного железа уменьшается в четыре раза. Последствия перегрева котельного железа очень опасны для работы котлов. Могут появляться выпучины, отдулины вплоть до взрывов котлов.

На рис. 2 показана выпучина на полустенке топки паровоза СО-19-648 с конденсацией пара.

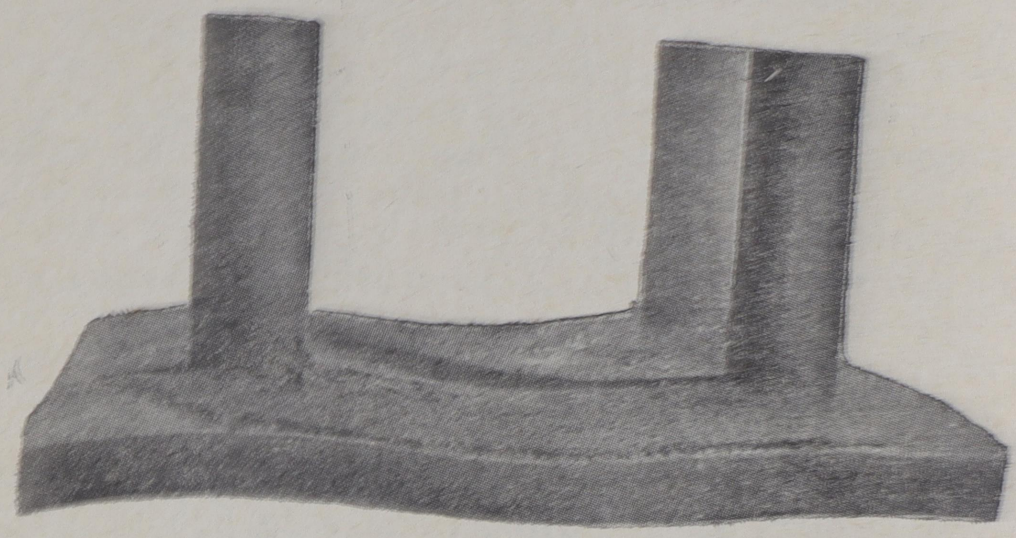

Рис. 2. Выпучина на полустенке топки паровоза СО-19-648 с конденсацией пара.

Выпучина появилась ввиду того что поверхность полустенка была покрыта мало теплопроводной промасленной и пористой накипью.

Теплопроводность такой накипи ниже 0,75 *кал/м час* °С, так, что при толщине всего 1,5—2 *мм* перегрев котельного железа достигает температуры 550—600°, при которой образуются выпучины.

Потери от накипеотложений выражаются не только в перегреве котельного железа и понижении его прочности, но и в том, что при наличии накипи на поверхностях нагрева ухудшается теплопередача, возрастает температура отходящих газов и тем самым резко увеличивается расход топлива.

Различные авторы приводят сильно разнящиеся между собой цифры перерасхода топлива в зависимости от толщины слоя накипи.

Группа водоподготовки и котлопитания НИИЖТ НКПС рекомендует пользоваться следующими данными перерасхода топлива в зависимости от толщины слоя накипи (табл. 2).

Эти данные дают яркое представление о тех колоссальных пережогах топлива там, где вопросам накипеотложения уделяется недостаточное внимание. Так как в настоящее время транспорт идет по пути решительной очистки поверхностей нагрева от накипи, то данными табл. 2 приходится практически пользоваться только в случаях подсчета экономии топлива от удаления накипи.

Таблица 2

Толщина слоя накипи в *мм*	Перерасход топлива в %
0,5	1
1,0	1,5—2
1,5	2,5—3
3	5
5	8
8	11

2. Разъедание (коррозия) котельного железа и арматуры

Вред от питания паровозных котлов недоброкачественной водой выражается не только в накипеотложении на поверхностях нагрева, но и в разъедании (коррозии) котельного железа и арматуры.

Основными причинами разъедания котельного железа являются присутствие кислорода в питательных водах, большой солевой состав (особенно хлориды) котловых вод и разнородность котельного железа.

До 1933 г. участки со скверными водами, где происходила интенсивная коррозия, были предоставлены сами себе и лишены всякой научной помощи. Положение в целом ряде депо было настолько тяжелым, что вызывало серьезные опасения за выполнение плана перевозок.

В особо неблагоприятных условиях в смысле коррозии котельного железа с самого основания дороги была Южно-Донецкая ж. д. (б. Екатерининская). Восточные участки дороги (Ясиноватая, Мушкетово Красноармейский, Волноваха, Сталино и др.) требовали принятия срочных мер по защите металла котлов от разъедания.

Дымогарные трубы в среднем работали 20—25 тыс. *км*, после чего лопались от разъедания. Жаровые трубы служили 60—65 тыс. *км*, после чего также лопались от разъедания.

Связи и анкерные болты служили в среднем 2—2,5 года, после чего их необходимо было менять вследствие разъедания. Задние решетки огневых коробок на многих участках также работали 2—2,5 года, после чего их необходимо было менять из-за разъедания.

Примером могут служить следующие паровозы: депо Южно-Донецкой ж. д, паровоз серии Э^{У}-686-80 поступает в 1931 г. в сентябре в заводской ремонт на Днепропетровский паровозоремонтный завод, на нем меняют два ряда анкерных болтов, все связи и заднюю решетку. Этот же паровоз 1/XII 1933 г. вновь поступает на Днепропетровский паровозоремонтный завод в ремонт и вновь меняют все анкерные болты, все связи и ста-

вят новую заднюю решетку. Паровоз серии Э^{У}-684-46 29/VII 1931 г. поступает на Воронежский паровозоремонтный завод, где у него меняют два ряда анкерных болтов, все связи и ставят новую заднюю решетку. 17/XII 1933 г. этот же паровоз серии Э^{У}-684-46 поступает в ремонт на Днепропетровский паровозоремонтный завод, где меняют все анкерные болты, все связи и ставят новую заднюю решетку Кроме этих паровозов, точно такое же положение было с паровозами Э^{У}-681-63; Э^{У}-684-47 и т. д. На рис. 3, 4, 5, 6 показано, как происходит процесс коррозии в распорных и лапчатых связях. На рис. 3 видно, что связь стояла только на головке но не в резьбе, резьба была вся съедена. На рис. 4 показана лапчатая связь; после службы в течение $2^1/_2$ лет связь оборвалась, ее забили конусным клином и так паровоз работал еще 5 000 *км* до заводского ремонта. На рис. 5 показаны лапчатые связи после работы в течение 2 лет и 3 месяцев, наибольший диаметр в месте разъедания 9—10 *мм*. На рис. 6 показаны головки оборванных связей с паровоза серии Э^{У}-684-47 после работы в течение $2^1/_2$ лет. Диаметр связей в месте обрыва уменьшился до 8—9 *мм*. Ввиду того что на данном паровозе было массовое разъедание связей и анкерных болтов, паровоз до заводского ремонта был изъят из поездной работы и переведен на маневровую работу с максимальным давлением в котле 9 *ат*.

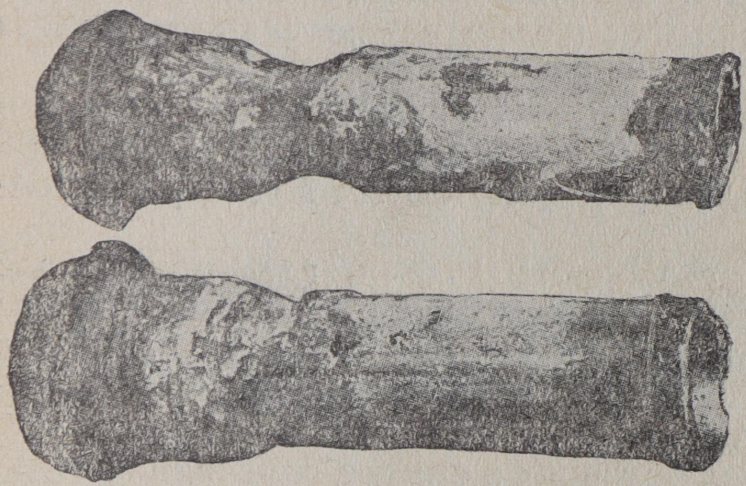

Рис. 3. Коррозия распорных связей.

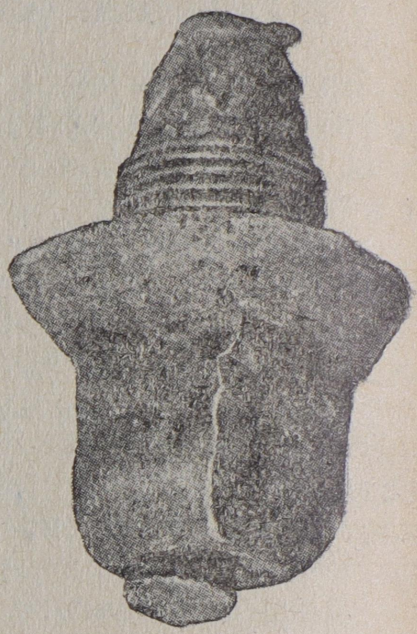

Рис. 4. Коррозия лапчатой связи.

Объем котельного ремонта в отдельных депо можно характеризовать следующими данными.

В одном из депо Южно-Донецкой ж. д. за I квартал 1934 г. было более 300 случаев лопанья жаровых и дымогарных труб и более 80 случаев обрывов связей За январь 1934 г. по котлу было больных 276 паровозов. В некоторые дни количество больных паровозов по котлу доходило до 18 единиц. Нередки были случаи, когда выданный под поезд паровоз возвращался

обратно в депо из-за лопанья трубы или связи. На некоторых паровозах было заглушено по 18–20 лопнувших дымогарных труб и до 10 оборванных связей. Смену жаровых и дымогарных труб, связей и анкерных болтов в этом депо за 1934 г. (по отдельным месяцам) характеризует табл. 3.

Таблица 3

Месяцы	Число смененных			
	жаровых труб	дымогарных труб	связей	анкерных болтов
Январь	68	1 223	506	—
Февраль	102	1 345	717	—
Март	168	1 823	556	74
Апрель	74	1 879	2 051	—
Май	160	1 832	567	—
Июнь	135	2 018	858	—
Июль	67	875	932	—
Август	74	1 608	1 062	—
Сентябрь	70	1 503	1 460	—
Октябрь	87	2 466	640	160
Ноябрь	132	2 377	717	287
Декабрь	66	2 064	600	—
Итого	1 203	21 013	10 666	521

Таким образом, за один только год было сменено 21 013 дымогарных труб, 1 203 жаровых труб, 10 666 связей и 521 анкерный болт. Для выполнения такого объема котельного ремонта потребовалось 46 котельщиков. Кроме того, в отдельные месяцы, особенно в зимние, к депо прикомандировывалось с других участков еще по 8—10 котельщиков.

Учитывая вышеизложенное, в водной лаборатории Института жел.-дор. транспорта были начаты лабораторные исследования солей хрома с точки зрения действия их на накипеобразование

и на коррозию котельного железа. Первые лабораторные работы дали положительные результаты.

В связи с тем, что в некоторых заграничных источниках имеется указание на наличие пятнистой коррозии от солей

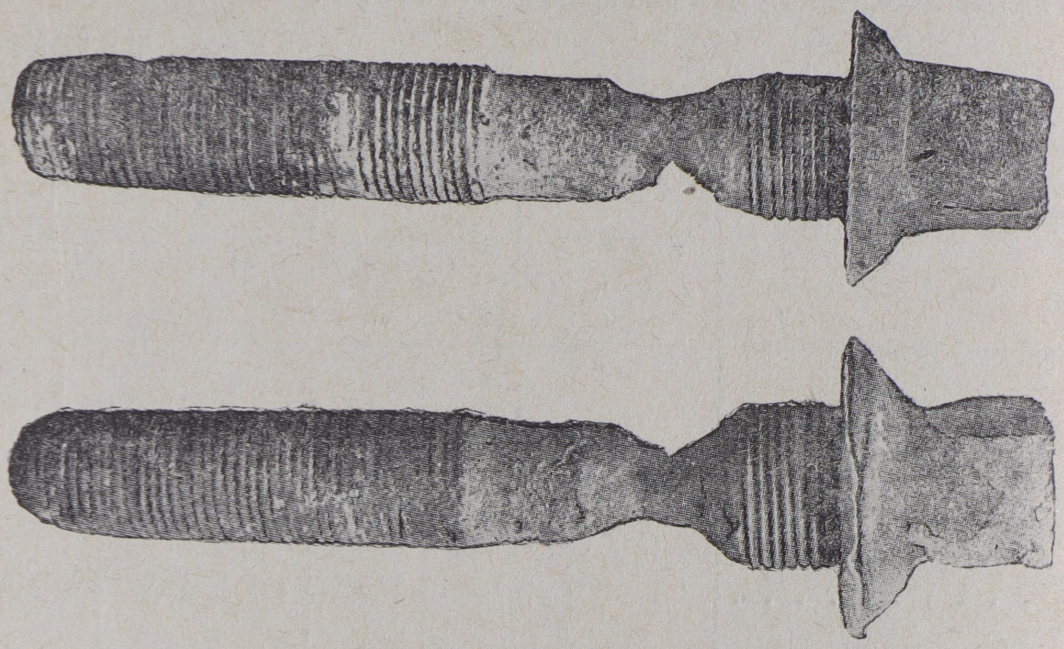

Рис. 5. Коррозия лапчатых связей.

хрома, работы по изучению солей хрома были переданы в лабораторию коррозии, но продолжены в ней не были. В конце 1933 г. при исключительно тяжелом положении восточных участков Южно-Донецкой ж. д. в смысле коррозии котельного железа вопрос о хромовых солях вновь был поднят в водной лаборатории.

Последующие лабораторные данные о хроматах частично подтвердили результаты эксплуатационных опытов.

Рис. 6. Головки оборванных связей ЭУ 684-47.

На Днепропетровском и Александровском паровозоремонтных заводах были приняты и зачислены в опытный парк следующие паровозы: Э^{ш}-4062 и Э^{л}-646. Питание котлов этих паровозов производилось водой с добавлением защищающего металл от разъедания реактива — бихромата натрия (хромпик). Первоначальная дозировка была установлена в 50 *г* бихромата на 1 *т* испаренной воды.

Паровозы Э-1445, Э-7651, Э-1410 и Щ-1546 были пущены на питание котлов тройной смесью, состоящей из бихромата натрия, тринатрийфосфата и каустической соды.

Котел и топка паровоза Э-7814 на Днепропетровском паровозоремонтном заводе были подвергнуты частичной металлизации. Из внутренних частей котла, соприкасающихся с водой, были покрыты цинком 11 жаровых труб, 31 дымогарная труба, два задних ряда анкерных болтов и один передний ряд, 32 распорных связи, все загибы огневой коробки, полустенки огневой коробки, вся поверхность под шуровочным отверстием лобового листа огневой коробки и низ цилиндрической части котла.

Кроме того, на этом же паровозе со стороны огня вся площадь, соприкасающаяся с огнем, колосники и концы элементов пароперегревателя были покрыты алюминием.

С целью выявления защиты металла от прогорания алюминиевой пленкой на паровозах Э-646, Э-7651, Э-1410 и Э-1445 были поставлены пароперегреватели Чусова, концы элементов которых были покрыты алюминием. Два паровоза Э-29 и Э-1308 были выделены как контрольные для сравнения с опытными паровозами.

Все опытные и контрольные паровозы работали в одинаковых эксплуатационных условиях. Время опытов было избрано самое неблагоприятное (зима) с целью более полного испытания в наиболее тяжелых условиях.

Заливка реактивов производилась через водяной бак тендера в основном и оборотном депо. Фосфат и каустик вводились в виде водного раствора, хромпик же вначале вводился в сухом виде.

Наблюдения показали, что в котел хромпик вводить в сухом виде нельзя, так как он вызывает течь труб в нижней части трубной решетки.

Объясняется это тем, что при введении в котел хромпика в сухом виде он, растворяясь в низу цилиндрической части котла, создает большую местную концентрацию его в котловой воде (около решетки в нижней части). Это обстоятельство, как показали дальнейшие опыты, неблагоприятно действует на течь труб и связей.

В дальнейшем хромат в котел и тендер стал вводиться только в растворе.

Организованной при депо химической лабораторией под руководством Л. П. Табаровского велись наблюдения за составом котловых вод. Анализы делались на жесткость, на хлор, на щелочность (натронное число), на содержание хроматов и в последний период делались определения плотных остатков и механических примесей. Котловые воды для анализов отбирались каждую поездку.

Необходимо отметить, что в котловых водах при пробегах до 2—3 тыс. *км* не было обнаружено хрома, несмотря на регулярное введение бихромата в котел. Только после указанного пробега сначала появились следы хрома, а вслед за тем и постепенный рост его в котловой воде. Объясняется это тем, что

2—47
БИБЛИОТЕКА
Белорусского

бихромат в первое время идет на образование защитной пленки на поверхностях нагрева, которая предохраняет металл от разъедания.

На паровозах Э^{ш}-4062 и Э^{л}-646, питавшихся одним хромпиком, спустя один месяц работы была обнаружена значительная цементация и нарастание слоя накипи.

При пробеге около 22500 *км* на жаровых и дымогарных трубах на расстоянии 0,5—1 *м* от решетки огневой коробки был разный слой накипи толщиной 2—2,5 *мм* и на полустенках огневой коробки в некоторых местах толщина слоя доходила до 3 *мм*. Накипь эта трудно удалялась даже механическим путем.

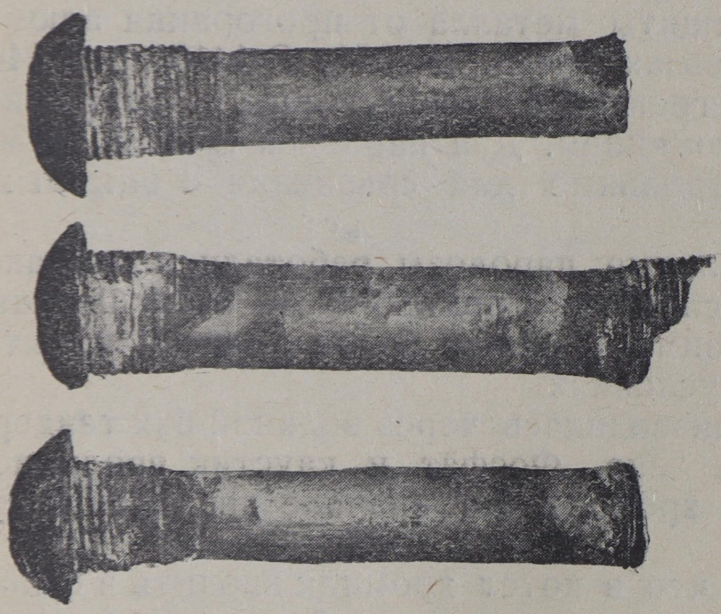

Рис. 7. Накипь с содержанием хрома на неплотно поставленных связях.

Распределение хрома по толщине слоя накипи таково, что в нижней части слоя накипи, соприкасающейся непосредственно с металлом, содержится максимальное количество хрома—до 2,5% от общего состава, тогда как в верхней части слоя хрома имеется 0,1—0,2%. Верхний слой накипи имеет светлосерый цвет.

Последнее обстоятельство имеет очень существенное значение, так как даже очень малый слой хромовой накипи увеличивает течь труб и связей.

Предположением, объясняющим это явление, может быть то, что соединения хрома, цементируя накипь, переходят из одной валентности в другую, образуя новые соединения, обладающие большим объемом в сравнении с прежним. Это и вызывает распирание всех неплотных соединений.

Подтверждением вышеизложенного является то, что на резьбе неплотно поставленных связей обнаружен был налет накипи с содержанием хрома (рис. 7).

На паровозах Э-1445, Э-7651 и Э-1410, питавшихся тройной смесью, было обнаружено весьма медленное нарастание слоя накипи.

Толщина слоя накипи на жаровых и дымогарных трубах на расстоянии 0,5—1 *м* от решетки огневой коробки не превышала 0,25 *мм*. Потолок огневой коробки и полустенки покрыты пленкой 0,2—0,25 *мм*.

Цементации накипи на поверхностях нагрева этих паровозов

сне было обнаружено. Паровозы Э^{III}-4062 и Э^{I}-646 были также 21/III 1934 г. переведены на тройную смесь.

После перевода этих паровозов на питание тройной смесью состояние котлов в смысле накипеотложения и коррозии сразу улучшилось.

При осмотре паровозов во время холодных промывок с различных мест выбивали трубы для их тщательного осмотра.

Всего было выбито 29 труб, из них 12 труб с контрольных паровозов и 17 труб с опытных паровозов, из них 3 трубы с одной наваркой, 2 трубы с двумя и 3 трубы с тремя наварками.

При осмотре труб, выбитых с паровозов, которые питались бихроматом натрия или тройной смесью, разъеданий обнаружено не было. Выбитые металлизированные трубы паровоза Э 7814 и контрольных паровозов были покрыты выединами и раковинами.

После пробега 32 тыс. *км* от сплошной смены труб паровоз Э^{I}-646 (при норме 20 тыс. *км* для паровозов, не питающихся реактивами) был поставлен в деповской ремонт на сплошную смену труб. При внутреннем осмотре котла после удаления из него жаровых и дымогарных труб и при осмотре этих труб было обнаружено, что разъедания на потолке топки нет. 15 анкерных болт в имели незначительные разъедания в месте контакта с медным потолком в резьбе. Связи находились в хорошем состоянии, подъеденных не обнаружено. Гребень огневой решетки имел небольшие старые осповидные разъедания, затянутые пленкой хромовых соединений,—процесс коррозии в них был благодаря этой пленке приостановлен. На боковых загибах огневой коробки в некоторых старых раковинах (особенно в глубоких до 4,5 *мм*) процесс коррозии не приостановился, но протекал со значительно меньшими скоростями в сравнении с паровозами, работающими без тройной смеси. На огневой решетке разъеданий обнаружено не было. У шва второго барабана с третьим, в нижней цилиндрической части котла, процесс коррозии не приостановился, а в местах около подбрюшного люка процесс коррозии приостановился.

Трубы с навarками, имеющие раковины, до постановки их в котел в большинстве своем затянуты пленкой хромовых соединений.

После пробега 36 тыс. *км* паровоз Э^{III}-4062 поступил на Днепропетровский паровозоремонтный завод. При тщательном осмотре котла комиссией обнаружено, что общее состояние котла хорошее—связи и анкерные болты процессу коррозии не подвергались. Забракована 1 жаровая труба с одной наваркой и 12 дымогарных труб, подверженных в одном или максимум в двух местах процессу коррозии. В хорошем состоянии оказались продольные и поперечные тяги. Загибы решетки огневой коробки также не подверглись процессу коррозии. Передняя

решетка цилиндрической части котла и задняя решетка совершенно не имеют никаких следов разъедания. По весу опытные трубы не имеют износа. Менее 15 *кг* веса дымогарных труб не было. Девять труб с одной, двумя и тремя навариками оказались годными для дальнейшей службы в паровозных котлах.

В апреле 1934 г. паровоз Э-1445, работающий с первых дней на тройной смеси, стал в депо Пологи на сплошную смену труб. Без смены труб этот паровоз сделал пробег 38 тыс. *км*.

Состояние деталей котла в смысле отсутствия разъедания хорошее, причем на этом паровозе не было забраковано ни одной трубы.

Контрольные 15 шт. труб с одной, двумя и тремя навариками также не были подвержены процессу коррозии.

Необходимо отметить, что этот паровоз последние 4 500 *км* пробега сделал без заливки тройной смеси. Несмотря на это, состояние котла оказалось вполне удовлетворительным.

Из этого можно вывести заключение, что защитная хромовая пленка, образующаяся на поверхностях нагрева, довольно устойчива против разъедающего действия котловой воды.

Благодаря тому, что котел этого паровоза сразу же после заводского ремонта стал питаться не только бихроматом, защищающим котельное железо от разъедания, но и фосфатом с каустиком, предохраняющими от накипеотложений поверхности нагрева, в котле накипи было очень мало.

Потолок топки и полустенки в большинстве своем покрыты только налетом накипи. Слой накипи на жаровых и дымогарных трубах не превышал 0,25 *мм*.

На всех опытных паровозах лопанья жаровых и дымогарных труб не было.

Контрольные паровозы Э-29 и Э 1308 после пробега первого паровоза 30 400 *км* и второго паровоза 31 800 *км* были поставлены на сплошную смену труб. До постановки у паровоза Э-29 лопнуло 10 дымогарных труб, а у паровоза Э 1 308 лопнуло 4 дымогарных трубы. На паровозе Э-29 забраковано 60% дымогарных и жаровых труб, а на Э-1308 забраковано 40% жаровых и дымогарных труб. Процесс коррозии в этих котлах происходил весьма интенсивно—связи, анкерные болты, продольные и поперечные тяги имели раковины до 2,5 *мм* глубиной.

На рис. 8 показано состояние дымогарных труб опытного паровоза Э-1445 с пробегом 38 тыс. *км* и контрольного паровоза Э-29 с пробегом 30 400 *км*.

На трубе паровоза Э-1445 местами сохранилась даже окалина, тогда как труба с паровоза Э-29 совершенно изъедена.

Отмечено при осмотре всех опытных паровозов благоприятное действие тройной смеси на сплавы контрольных пробок и на арматуру.

После этих опытов был установлен котловой режим для всех паровозов, переводимых на питание хроматной смесью.

Разъедание арматуры и контрольных пробок (сплавов) вызывается, как правило, большим избытком щелочи в котловых водах. (Натронное число выше 600.) Бывают случаи, когда разъедание происходит от действия сероводорода. Питательные воды, содержащие более 0,3 *мг/л* сероводорода, должны быть признаны негодными для питания паровозных котлов.

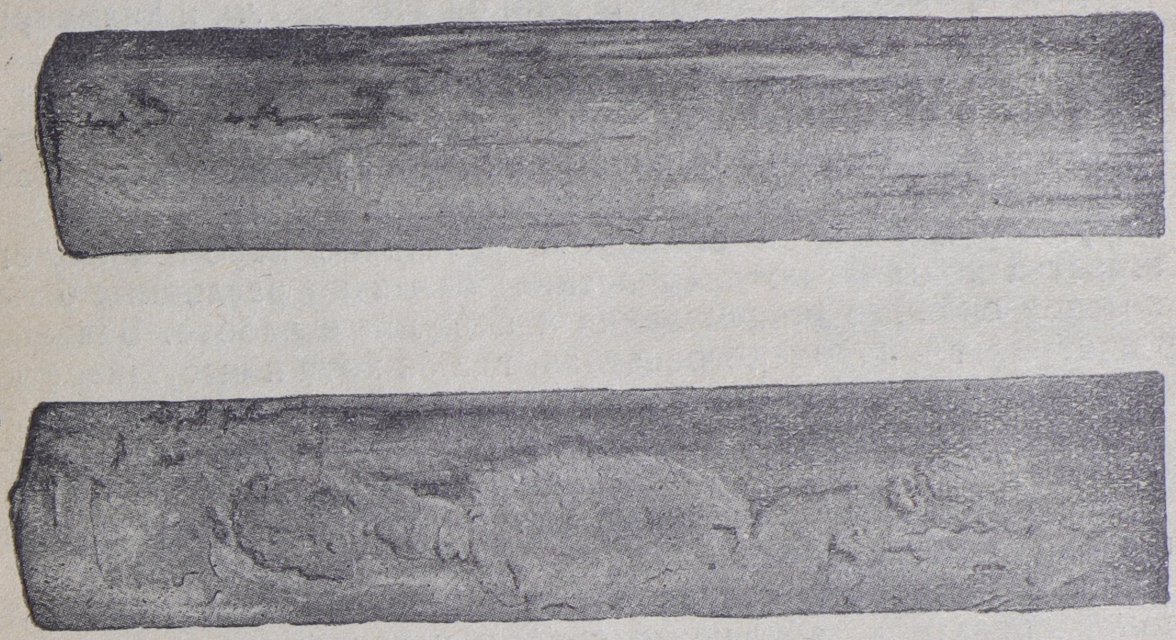

Рис. 8. Дымогарные трубы паровозов Э-1445 и Э-29.

3. Унос воды (бросание и забивание пароперегревателей)

Вред от питания паровозных котлов недоброкачественной водой выражается не только в накипеотложении и коррозии котельного железа, но и в уносе воды и, как следствие этого, забивании и прогорании пароперегревателей.

Повышенный унос воды в пароперегревателе вызывается:

1) неправильной работой паровозного машиниста (резкое открытие регулятора и резкий спуск реверса);
2) большим количеством воды в котле;
3) избытком щелочи и фосфата в котловых водах;
4) большим солевым составом котловых вод;
5) большим количеством взвешенных веществ—органических и механических примесей в котловых водах.

Для того чтобы лучше бороться с уносом воды, в каждом депо, где наблюдается повышенный унос воды, деповская лаборатория должна знать характеристики питательных и котловых вод на унос.

В лабораторных условиях может быть использован метод очень быстрого определения склонности питательной и котловой воды к пенообразованию. Одновременно посредством простого

взбалтывания определяются склонность воды к вспениванию и стойкость пены.

Испытание состоит в том, что определенное количество воды в градуированном сосуде для взбалтывания сильно встряхивается в течение установленного времени и при определенной температуре. Объем образовавшейся пены отсчитывается также через определенные промежутки времени. Для опыта можно применить градуированные цилиндры длиной 340—350 *мм* и диаметром 30 *мм*.

Объем котловой воды составляет 100 $см^3$, продолжительность взбалтывания 30 мин., количество встряхиваний 160—180, температура испытаний 80°. Отсчеты пены производятся через каждые 30 сек. после окончания встряхивания.

Загрязненный пар и внезапное увлечение паром большого количества воды из котла (бросание) вызывают различные более или менее сильные повреждения и перебои в работе. Влажный пар поступает в пароперегреватель, где он хотя и высушивается, но оказывает вредное влияние на перегрев и, следовательно, на коэфициент полезного действия паровоза, уменьшая мощность его.

Транспорт несет миллионные потери от уноса воды и забивания пароперегревателей.

Однако распространенная среди паровозников теория, что пароперегреватели забиваются солями и накипью только в процессе испарения воды, обусловливающей влажность пара, является неверной. Пар из котла направляется в пароперегреватель, имея в себе определенное количество (1—7%) влаги. При поступлении пара в пароперегреватель первым этапом перегрева является подсушка его, т. е. превращение имеющейся в нем влаги в пар. Выпадающие при этом частички взвешенных веществ и соли вместе с паром перегреваются и скоростной энергией пара направляются в коллектор—камеру перегретого пара, а затем и в паровую машину. После того как перегретый пар совершит работу в паровой машине, указанные взвешенные вещества и соли вылетают через конус наружу вместе с отработавшим паром. Таким образом, при нормальной работе паровоза, даже в условиях питания котлов недоброкачественной водой, забивания пароперегревателей не должно быть.

Если же только допустить, что взвешенные вещества и соли, выпадающие при подсушке пара, остаются в пароперегревателе, то на сети дорог не было бы ни одного депо, где перегреватели были бы не забиты.

На самом деле имеется очень много фактов, когда даже в одном и том же депо у одних машинистов пароперегреватели забиваются, у других же машинистов, работающих в таких же эксплуатационных условиях, пароперегреватели чистые.

Все это говорит о том, что пароперегреватели забиваются не за счет взвешенных веществ и солей, содержащихся в капель-

ках воды, обусловливающих влажность пара, а за счет взвешенных веществ и солей, попадающих в пароперегреватели с водой при бросании ее. Во время подсоса и бросания воды регулятор обычно перекрывается, в результате чего получается скопление очень большого количества солей и взвешенных веществ, которые при отсутствии скоростной энергии пара отлагаются в пароперегревателях. На рис. 9 показано забивание колпачка пароперегревателя системы Элеско с паровоза серии ФД-19-644 при бросании воды.

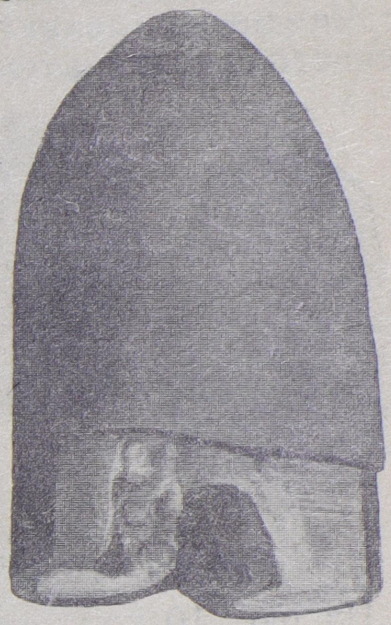

Рис. 9. Забивание колпачка пароперегревателя системы Элеско.

В целом ряде депо забивание пароперегревателей является одной из основных причин недостаточного использования тяговых качеств паровозов.

Каждый машинист и помощник должны себе точно уяснить, что ни в коем случае нельзя допускать резкого открытия регулятора. Регулятор должен открываться как можно осторожнее, так как при резком открытии получается большое увлечение котловой воды вместе с паром. Открытие большого клапана с малого необходимо производить при возможно меньшей отсечке, для чего реверс подтягивается как можно ближе к центру. При этом увеличивать отсечку можно только постепенно, не допуская резкого спуска реверса.

Количество воды в котле также имеет существенное значение для уноса воды.

Рабочий уровень воды в котле должен быть близким к $^1/_2$ по показанию водомерного стекла, допускать уровень воды в котле во время работы более чем $^3/_4$ следует признать нецелесообразным, ибо чем больше воды в котле, тем меньше паровой объем, а уменьшение последнего способствует резкому увеличению уноса. Если даже в отдельных случаях при большом уровне воды в котле (более $^3/_4$ стекла) нет бросания воды, то имеется значительное увеличение влажности пара.

Увеличенная влажность пара, как было уже указано выше, уменьшает коэфициент полезного действия паровоза за счет снижения температуры перегретого пара. Одновременно увеличивается расход питательной воды.

Уменьшение степени перегрева пара резко увеличивает расход топлива. Для практических целей можно считать, что увеличение влажности пара на 1% уменьшает температуру перегретого пара на 8—10°, что соответствует увеличению расхода топлива примерно на 1%.

Если считать, что при повышенном уровне воды в котле влажность увеличивается минимум на 2—2,5%, то при этом

паровозные бригады делают пережог топлива минимум на 2—2.5%.

Таким образом, повышенная влажность пара в паровозных котлах является большим злом и ведет к уменьшению мощности паровозов, увеличению расхода топлива и питательной воды. На увеличение уноса воды оказывает большое влияние неправильная сборка пароперегревателей, особенно постановка боченочков Рязанцева диаметром меньше 27 *мм*.

Чем меньше диаметр боченочка, тем меньше площадь его поперечного сечения и тем больше скорость прохода пара. С увеличением скорости пара увеличивается засос влаги из котла. Кроме того, с резким уменьшением площади сечения для прохода пара увеличивается его мятие.

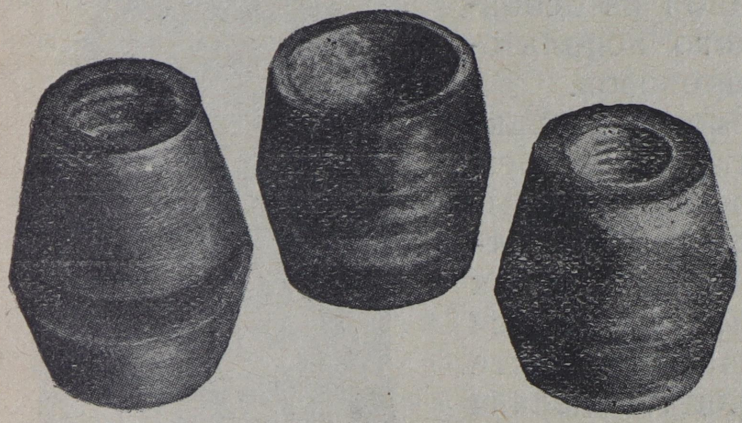

Рис. 10. Боченочки Рязанцева.

Чрезмерное мятие пара в боченочках сопровождается отложением в них и пароперегревателях взвешенных веществ и солей.

На рис. 10 показаны боченочки Рязанцева разных диаметров. Как видно из рисунка, крайний из них (с правой стороны) на своей поверхности имеет отложения взвешенных веществ и солей слоем до 1,5 *мм*.

На рис. 11 показана полная закупорка боченочка и трубки пароперегревателя паровоза серии Э^{У}-684-46 после пробега около 3 000 *км*.

Уменьшения площади сечения боченочков допускать ни в коем случае нельзя не только потому, что увеличивается унос и забивание пароперегревателей, но и потому, что из-за недостатка поступающего пара в паровую машину уменьшается мощность паровоза.

Чусовские пароперегреватели в сравнении с пароперегревателями Шмидта в большей степени подвержены забиванию. Если шмидтовские пароперегреватели в среднем на участках с большим уносом работают до 50 тыс. *км*, то чусовские работают не более 20 тыс. *км*.

Поэтому при распределении паровозов по участкам необходимо предусматривать посылку на участки со сквернымн водами паровозов, оборудованных шмидтовскими пароперегревателями. Одновременно для паровозов с этих участков на паровозоремонтных заводах необходимо организовать замену чусовских пароперегревателей на шмидтовские.

Помимо закипания пароперегревателей, в некоторых депо наблюдается закипание клапанов в регуляторной коробке. Кон-

струкция регуляторной коробки ФД и ИС такова, что при открытии одного или группы клапанов последующий приоткрыт на 5 *мм*. Пар, проходя через узкое сечение клапана, приоткрытое всего на 5 *мм*, подвергается интенсивному мятию. При этом все механические вещества и соли, находящиеся в паре, оседают на клапане и в гнезде. Естественно, что после этого при закрытии регулятора клапан не садится на свое место, отчего получается пропуск пара в паровую машину. Иногда пропуск пара бывает настолько велик, что при закрытом регуляторе в цилиндре получается давление, равное котловому.

При осмотре регуляторных коробок было установлено, что не садится на свое место именно тот клапан, отверстие которого было приоткрыто (если ехали на два клапана, не садится третий, если ехали на три клапана, не садится четвертый).

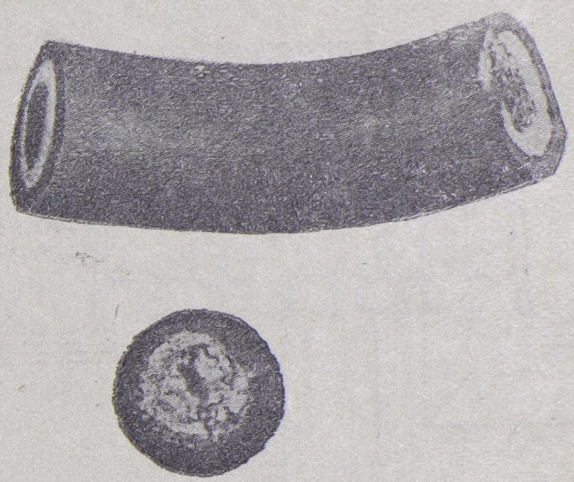

Рис. 11. Закупорка боченочка и трубки пароперегревателя паровоза ЭУ-684-46.

Поэтому для устранения закипания регуляторных клапанов необходимо в условиях депо производить так называемую регулировку открытия и закрытия регуляторных клапанов, заключающуюся в том, что при открытии одного или группы регуляторных клапанов последующие в это время были бы совершенно закрыты. При этом подъем регуляторных клапанов должен оставаться по альбомным размерам.

Помимо регулировки регуляторных клапанов для устранения закипания их, необходимо добиться того, чтобы все машинисты ездили на большой клапан.

Унос и влажность пара при езде на большой клапан в сравнении с ездой на малый клапан (при одинаковых расходах пара) меньше, так как при проходе пара через большие сечения засос воды из котла и мятие пара уменьшаются.

Борьба с повышенной влажностью и уносом воды, наряду с указанными выше мероприятиями, должна вестись путем установки на паровозах более совершенных приборов паросушения.

Существующие паросушители, установленные на паровозах, в большинстве своем работают неудовлетворительно, а многие из них не только не снижают влажность пара, а наоборот—ее увеличивают.

Неотложной задачей сегодняшнего дня является выбор рационального типа паросушителя и установка его на всех паровозах.

Во время опытов по установлению максимально возможных

форсировок в одном из депо Южно-Донецкой ж. д. (на водах с большим солевым составом и большим количеством взвешенных веществ) при стандартном паросушителе типа Ворошиловградского завода (рис. 12) на опытном паровозе серии ФД-20-364 максимальные форсировки были порядка 45 - 50 *кг/м² час.*

При дальнейшем увеличении форсировок получался засос воды из котла, а вслед за ним и бросание воды.

После 12 опытных поездок стандартный паросушитель из сухопарника был удален и вместо него автором была установлена на уровне турбинного паросушителя отбойная сетка-фильтр (рис. 13). Сетка-фильтр изготовляется из 2-*мм* железа. После разметки дыр под нажимное кольцо сетка разрезается на четыре

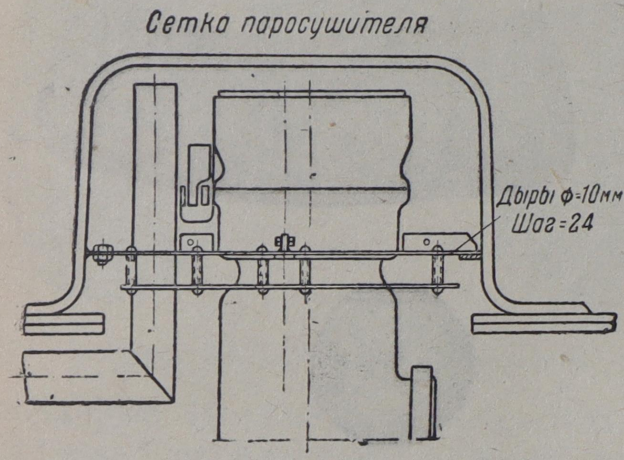

Рис. 12. Паросушитель типа Ворошиловградского завода.

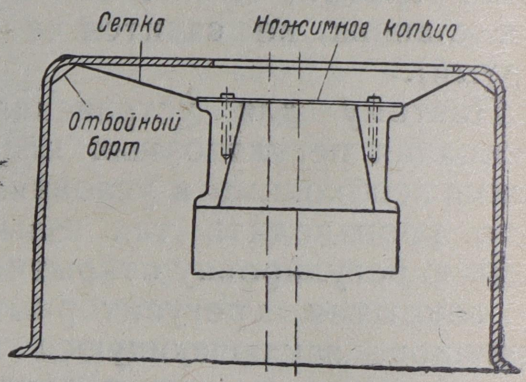

Рис. 13. Установка отбойной сетки-фильтра.

части по $C-C$ и C_1-C_1 (рис. 14), далее сверлятся дыры диаметром 6 *мм* в шахматном порядке (шаг 10 *мм*), концы ее подгибаются легкими ударами молотка и она по частям устанавливается на паросушительную турбинку. После установки сетки на болты, укрепляющие паросушительную турбинку с кувшином, поверх надевается нажимное кольцо, которое укрепляется гайками.

Ставить данное паросушительное обустройство необходимо исключительно в верхней части, потому что в этой плоскости происходит резкое увеличение скорости пара, с 5 до 15 *м* в секунду. Вся влага, которая подойдет на данную высоту сухопарного колпака, возрастающей скоростной энергией пара будет увлечена дальше.

При установке в этой плоскости отбойной сетки-фильтра происходит следующее: пар по мере поднятия его кверху наиболее тяжелые частички воды теряет и к сетке подходит уже несколько подсушенным.

Проходя через сетку, пар разбивается примерно на 3 100 струек (число дырочек) и уже почти полностью теряет здесь свою остаточную влагу.

Сетка-фильтр устроена таким образом, что сумма площадей всех отверстий ее примерно в три раза больше площади отверстия турбинного паросушителя, находящегося в этой же плоскости, что дает соответственно в три раза меньшую скорость пара при проходе его через отверстия сетки.

Сетка устанавливается под углом 30°, для того чтобы отделившиеся от пара частички воды, соединяясь вместе, могли ручейками стекать по кувшину в котел, а не капать против движения поступающего вновь пара, как это происходит при горизонтальной установке.

Результаты установки такой сетки-фильтра оказались весьма удовлетворительными. Влажность пара в среднем была снижена на 3—4%.

Если до установки отбойной сетки-фильтра температура перегретого пара была 280—290°, то после установки ее температура поднялась до 320—330°. Бросание воды отсутствовало. Все это дало возможность поднять форсировки с 45—50 *кг/м²час* до 65—75*кг/м²час*.

Анализы отложений в пароперегревателях показали, что основная масса их состоит из легко растворимых солей: сульфата натрия до 65%, поваренной соли до 18%, шлама до 15% и солей кальция и магния до 1—2%.

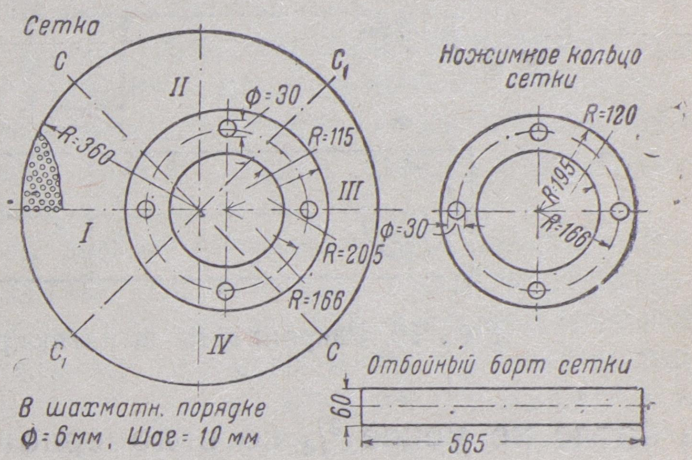

Рис. 14. Эскиз отбойной сетки для паровоза ФД.

В зависимости от состава питательных и котловых вод состав отложений в пароперегревателях изменяется, т. е. если котловые воды богаты содержанием солей кремнекислоты, которые в щелочной среде хорошо растворимы, в отложениях может быть до 30% силикатов. Однако во всех случаях количество легко растворимых солей составляет не менее 30—35%.

Последнее обстоятельство навело на мысль очистку пароперегревателей вести путем растворения в воде основной массы отложений, после чего удаление их производить продувкой паром или сжатым воздухом. Данную работу провели научные сотрудники НИИЖТ НКПС.

В итоге работ был предложен способ кипячения пароперегревателей и разработан целый ряд вариантов. Наиболее удобным из разработанных вариантов, дающим больший экономический эффект, является вариант длительного кипячения пароперегревателей и промывка их при расхолаживании паровозов.

Кипячение воды в пароперегревателях производится за счет теплоотдачи от котла (воды и пара) к пароперегревателям. Температура воды и пара при подготовке и постановке паровоза на промывку (теплую, горячую, холодную) до момента окончательного спуска пара превышает 100°, поэтому тепло от них будет передаваться к пароперегревателям, заполненным водой при атмосферном давлении. Передача тепла воде от пароперегревателей вызовет ее кипение, и соли, находящиеся в пароперегревателях будут растворяться.

Технологический процесс длительного кипячения на паровозах ФД и ИС состоит в следующем. При постановке паровоза на промывку котловое давление должно быть в 6—8 *ат* и воды

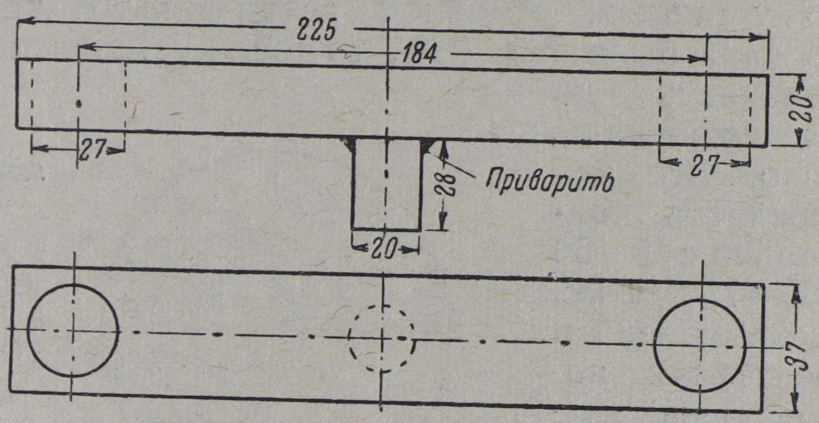

Рис. 15. Закрепительная планка регуляторных клапанов.

в котле не менее $^3/_4$ по водомерному стеклу. Кипячение пароперегревателей производится во время спуска пара, для чего одновременно приступают к спуску пара из котла и кипячению пароперегревателей. Для того чтобы разобщить пароперегреватели от котла и создать в них давление, равное атмосферному, необходимо закрыть главный запорный вентиль на сухопарном колпаке и открыть цилиндровые краны и регулятор; пар, оставшийся в пароперегревателях, после закрытия главного запорного вентиля, при открытии цилиндровых кранов и регулятора выйдет наружу и в них установится атмосферное давление. Эту операцию необходимо производить, так как в противном случае при отвертывании гаек, закрепляющих фланцы регуляторных клапанов, пар с силой может выбросить фланец и причинить серьезное увечье слесарю, производящему эту работу. Поэтому на открытие цилиндровых кранов и регулятора после закрытия главного запорного вентиля необходимо обращать особо серьезное внимание.

После снятия фланцев регуляторных клапанов хвостовики их закрепляются планками (рис. 15), так как в противном случае вода из регуляторной коробки при ее заполнении может через неплотности пройти в паровую машину.

Перегреватели, камера насыщенного пара и камера перегретого пара заполняются горячей водой с температурой не ниже 80°. Горячую воду для этих целей можно использовать из промежуточного бака при наличии в депо теплой промывки, из промывочного бака при наличии в депо горячей промывки или из специального бака с горячей водой.

Наливать в регуляторную коробку воду с температурой ниже 80° нельзя, так как при большой разнице температур стенок коробки и воды в металле могут появиться значительные термические напряжения, от которых образуются трещины. Вода в пароперегревателях после их заполнения начнет очень интенсивно кипеть, и чтобы вся вода не испарилась, необходимо через каждые 10—12 мин. в регуляторную коробку доливать горячую воду. При давлении пара 0,5 *ат* надо прикрыть крышку дымовой коробки над многоклапанной регуляторной коробкой и выдуть все из пароперегревателей путем полного открытия главного запорного вентиля на 45—50 сек.

При растворении солей путем длительного кипячения на паровозах серии Э и С (всех индексов) заполнение пароперегревателей горячей водой производится после отнятия клапана Лапушинского кривым брандспойтом через трубу, соединяющуюся с пароперегревателями.

Продувку содержимого из пароперегревателей надо производить при открытых и вынутых золотниках в соответствующие желоба из железа. После продувки пароперегревателей при открытых продувочных кранах производится промывка цилиндров через паровпускные окна. После сборки золотников и при выезде паровоза из депо во избежание задира золотников и поршней надо интенсивно смазать поршни и золотники, для чего необходимо прокрутить пресс-масленку.

Способ длительного кипячения должен применяться не только для очистки уже закипевших пароперегревателей, но и как профилактическое мероприятие. Что касается сроков кипячения, то они устанавливаются в каждом отдельном случае начальником депо в зависимости от степени загрязнения пароперегревателей и местных условий. Там, где имеется теплая промывка, очистку пароперегревателей на паровозах ФД и ИС целесообразно вести путем расхолаживания котлов через пароперегреватель.

По окончании процесса кипячения и спуска пара необходимо поставить фланцы больших клапанов регулятора и открыть полностью вентиль главного запорного клапана на сухопарнике, закрыть все вентили и вывернуть пробку на пароразборной колонке перегретого пара. При постановке паровоза на теплую промывку после спуска пара из котла (приступая к циркуляционному расхолаживанию котла), надо присоединить циркуляционный рукав напорной линии (ранее присоединяемый к крану на котле), к колонке перегретого пара при помощи переходного штуцера.

Другой циркуляционный рукав напорной линии присоединяется, как обычно, к боковому крану. После этого начинается обыкновенный процесс циркуляционного расхолаживания котла и одновременно с ним процесс длительной промывки пароперегревателей.

При наличии циркуляционного насоса с достаточным напором можно вести расхолаживание котла через один рукав, соединенный с пароперегревателем.

Процесс длительной промывки пароперегревателей и расхолаживание котла заканчиваются при понижении температуры воды в котле до 30—42°, после чего приступают к промывке котла. Так как в элементах осталась вода, то за время промывки котла она также разрушает остатки невымытых отложений. Для окончательной промывки и очистки пароперегревателей необходимо после промывки напуск воды в котел производить обязательно только через элементы. После напуска воды в котел через пароперегреватели надо отнять рукав от колонки перегретого пара, вывернуть переходной штуцер и поставить на место пробку. Целесообразно воду, оставшуюся в пароперегревателях, выдуть сжатым воздухом или паром от другого горячего паровоза.

Эффективность способа промывки и кипячения пароперегревателей была проверена на целом ряде паровозов в депо Пологи Сталинской ж. д.

Температура перегретого пара во всех без исключения случаях повышалась на 30—40° в сравнении с температурами перегретого пара до кипячения. Способ кипячения пароперегревателей и установка отбойных сеток-фильтров на уровне турбинного паросушителя резко улучшили работу паровозов. Температура перегретого пара от проведения этих двух мероприятий повысилась на 70—80°. Одновременно расход питательной воды сократился на 30—35%. Большое преимущество способа промывки и кипячения пароперегревателей по сравнению с механической очисткой заключается и в том, что очистка их производится без выемки элементов и поэтому без затраты лишнего времени на ремонт паровозов. Если в одном из депо Сталинской ж. д. по ремонту пароперегревателей в начале 1935 г. простаивали одновременно по 7 паровозов от 3 до 8 суток каждый, то при применении способа длительного кипячения задержек в выпуске паровозов по перегревателям не было.

Кроме того, в связи с сокращением объема работ по ремонту пароперегревателей уменьшилась затрата на рабочую силу (примерно на 75%).

Помимо указанных преимуществ способа кипячения и промывки пароперегревателей по сравнению с механической очисткой, преимущества его заключаются еще и в том, что при этом способе отсутствуют вмятины на трубках пароперегревателя, образующиеся при механической очистке от удара мо-

лотком по ним. В самих трубках при любом способе механической очистки, в том числе и при высверловке загрязнений, остается известное количество взвешенных веществ и солей, которые очень плотно прилегают к металлу. Приварка колпачков к пароперегревателям даже при высоком качестве сварки сопровождается образованием на внутренних поверхностях трубок, по сварке, неровностей и шероховатостей.

Все вмятины, остатки отложений солей, неровности и шероховатости в трубках пароперегревателя являются очагами для дальнейшего скопления продуктов уноса. Поэтому пароперегреватели после механической их очистки в большой степени подвержены забиванию.

На увеличение влажности пара и уноса оказывает влияние неправильная установка питательных труб в котле.

Концы питательных труб должны быть загнуты вниз и опущены на 250—300 *мм*. Если концы их не загнуты и направлены к передней решетке, то при работе инжектора питательная вода, выливаясь из трубы с большей скоростью, производит интенсивное разбрызгивание котловой воды. При открытом регуляторе потоком пара, движущимся к сухопарному колпаку, брызги будут захватываться и уноситься в пароперегреватель.

Чем больше разбрызгивание котловой воды и чем больше количество пара, движущегося к сухопарному колпаку, тем больше уносится частичек котловой воды в пароперегреватель. В отдельных случаях при работе инжекторов неправильная установка питательных труб в котле может привести не только к повышению влажности пара, но и вызвать бросание воды. На теплых и холодных промывках питательные трубы в котле должны осматриваться и в случае неправильной их установки, переставляться по альбомным чертежам.

Борьба с повышенной влажностью и с уносом одновременно должна вестись и по линии улучшения качества питательных вод. Качеству питательных вод до сих пор уделяется явно недостаточное внимание. Водоочистители, которые имеются у нас на сети дорог и которых к тому же немного, работают явно неудовлетворительно. Жесткость очищенных вод при существующих водоочистителях „Струя“, работающих по содово-известковому способу, колеблется от 3 до 6 нем. градусов, в лучшем случае, а в некоторых случаях доходит до 11—14 нем. градусов. Большая остаточная жесткость питательных вод способствует большему образованию в котлах накипи и шлама, что вызывает увеличение уноса.

Особенно сильное влияние на унос воды и на повышение влажности пара оказывает недостаточная осветленность очищенной воды.

Взвешенные частички в виде мути в очищенной воде, являясь пенообразователями, состоят, как правило, из осажденных солей жесткости.

Неосветленность очищенной воды является следствием неправильной работы (забивки) фильтров сатуратора и декантатора, недостаточного отстоя воды в отстойнике и иногда большого избытка извести в очищенной воде. На каждом водоочистителе в зависимости от жесткости сырых вод и нагрузки устанавливаются сроки смены фильтров. Однако реже двух раз в год—осенью и весной—смена фильтров производиться не должна.

Для водоочистителей, работающих на сырых водах жесткостью более 30 нем. градусов, смена фильтров отстойника должна производиться три раза в год—весной, летом и осенью.

В случае работы водоочистителя с перегрузкой фильтры отстойников должны меняться три раза в год независимо от жесткости сырых вод.

Так как на время смены фильтров водоочиститель необходимо останавливать на 1—2 суток, что вызывает питание котлов сырой водой, время для смены необходимо выбирать такое, когда бывает наименьшая жесткость сырых вод.

Самые подходящие моменты для смены фильтров будут: весной в период таяния снега, летом и осенью—в период дождей.

При смене фильтров одновременно необходимо производить очистку отстойников от осадков. Насколько серьезны последствия от питания котлов неосветленной водой, видно из целого ряда конкретных фактов, взятых из практики. В период октября—ноября 1935 г. в одном из депо Сталинской ж. д. создалось исключительно тяжелое положение с забиванием пароперегревателей и заеданием регуляторных клапанов. После выявления причин увеличения уноса было обнаружено, что все водоочистители по состоянию фильтров сатураторов и декантаторов находились в неудовлетворительном состоянии.

За счет неотфильтрованных осадков в очищенных водах по некоторым водоочистителям жесткость была повышена на 5—6 нем. градусов. Питание котлов неосветленной водой (мутная белого цвета), помимо увеличения забивания пароперегревателей и регуляторных клапанов, привело к течи труб и связей вплоть до течи анкерных болтов на 12 паровозах.

В одном из депо Сталинской ж. д. в период поступления на паровозы неосветленной воды был случай забивания не только пароперегревателей, но даже и пароработочих труб.

На рис. 16 и 17 показаны отложения продуктов уноса из левой пароработочей трубы паровоза серии Э^{У}-682-29.

Паровоз после ремонта пароперегревателей был выдан под поезд. По отсечке при выхлопе было ясно, что левая паровая машина работает неправильно. Кроме того, наблюдалось повышенное виляние паровоза при открытом регуляторе.

Осмотр золотников не дал никаких результатов, только после отнятия пароработочей трубы оказалось, что она почти целиком

заросла продуктами уноса. Сечение для прохода пара в некоторых местах осталось равным всего 30—50 *мм*.

Очистка воды происходит таким образом, что в очищенной воде всегда имеются избытки соды и извести (допускается извести не более 0,5 и соды 2—2,5 нем. градуса).

Время нахождения воды в отстойниках устанавливается в 3—5 и более часов в зависимости от содержания в них (неочищенных водах) большего или меньшего количества солей магния. Объясняется это тем, что реакции осаждения солей магния проходят гораздо медленнее по сравнению с реакциями осаждения солей кальция и др. Чем больше в сырой воде солей магния, тем больше должно быть время отстоя очищаемой воды. Если время отстоя не выдерживать, что бывает при перегрузке водоочистителей, реакции осаждений солей жесткости будут заканчиваться в трубах разводящей сети, что и вызывает забивание их осадками.

Рис. 16. Отложение из левой пароработочей трубы паровоза ЭУ-682-29.

Рис. 17. Отложение из левой пароработочей трубы паровоза ЭУ-682-29.

В случае недостаточной осветленности очищенной воды осадки частично могут отлагаться в трубах разводящей сети и забивать их. Таким образом, на участках, где имеются водоочистители, необходимо обращать особое внима-

ние на осветленность и на нормальный отстой очищенных вод в отстойниках не только потому, что от неосветленной воды резко ухудшается работа паровозов, но и потому, что имеются серьезные опасения относительно забивки осадками труб разводящей сети. При наличии на участке водоумягчителей системы „Струя" горизонтальная на осветленность и нормальный отстой очищенной воды необходимо обращать еще большее внимание, так как конструкция их фильтров и отстойников несовершенна. Необходимо в наиболее короткий срок обеспечить пристройку к ним гравиевых фильтров.

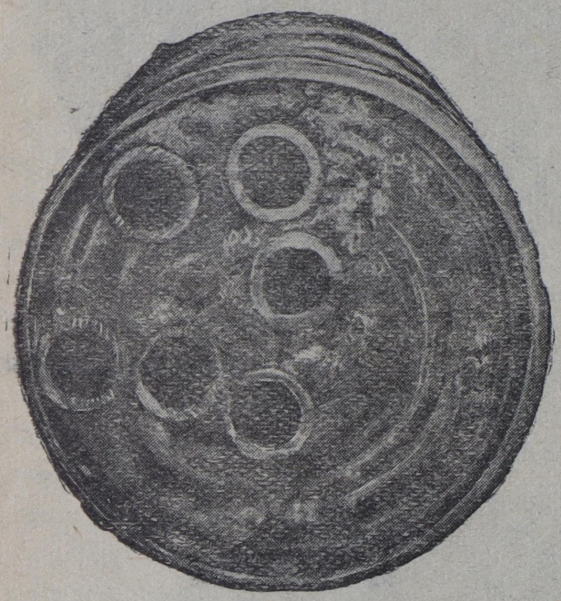

Рис. 18. Жаровая труба, забитая отложениями солей.

Наряду с предъявлением повышенных требований к качеству очищенных вод необходимо проводить работы по улучшению качества сырых неочищенных вод.

Направление этих работ должно идти по пути сооружения новых водоемов, очистки старых и по пути выбора водоисточников с наименьшей жесткостью воды и отсутствием в ней вредных примесей. Прудовое хозяйство у нас ведется из рук вон плохо. На некоторых дорогах имеются пруды, которые не чистились с момента их сооружения, так например, пруд ст. Гуляй-Поле не чистился с 1897 г., пруд ст. Мушкетово с 1899 г. и т. д. Заиливание прудов в целом ряде пунктов достигает очень больших размеров. На 184 тыс. $м^3$ полезной емкости пруда ст. Мушкетово количество ила в нем по примерным ориентировочным подсчетам было равно 24 тыс. $м^3$, или 13%. Как правило, загрязнение прудов влечет за собой увеличение жесткости, повышение солевого состава воды и загрязнение ее органическими веществами. К тому же целый ряд пунктов водоснабжения загрязняется сточными водами шахт и заводов. Воды, содержащие значительное количество органических веществ и загрязненные сточными водами шахт и заводов, трудно поддаются химической очистке на водоочистителях, а потому даже очищенную таким образом воду нельзя признать удовлетворительной для питания паровозных котлов.

Солевой состав котловых вод на паровозах, работающих на этих участках, очень велик. На рис. 18 показана жаровая труба, забитая отложениями солей. На паровозе ЩЧ-6721, приписанном к депо Мушкетово, во время следования его с поездом лопнула жаровая труба в передней части.

Паровоз по прибытии на станцию был отцеплен от состава и направлен резервом в депо. По мере приближения паровоза к Мушкетово течь трубы все время уменьшалась; наконец, прекратилась совсем и осталось одно парение. При приезде же в депо никаких следов—ни течи трубы, ни парения ее обнаружено не было. Причина происшествия заключается в следующем. После того как лопнула труба, котловая вода большого солевого состава сразу стала поступать в нее, а из нее в переднюю топку и огневую коробку. Под действием температуры вода испарялась, соли же оставались в трубе и цементировались. С течением времени количество солей стало настолько велико, что они забили всю трубу и течь прекратилась.

Паровоз вновь был выдан под поезд. Спустя некоторое время паровоз стал на холодную промывку. При разборке пароперегревателей один из элементов достать из жаровой трубы оказалось невозможным. Элемент пароперегревателя был вытащен вместе с жаровой трубой. Такие случаи были не единичны, они имели место в депо, Пологи, Ясиноватая и др. депо.

Во всех случаях освободить элемент пароперегревателя из жаровой трубы оказывалось возможным только следующим образом: разрезали жаровую трубу, разворачивали ее и отбивали отложения солей, которые под действием высоких температур очень сильно цементировались.

Минимальной жесткостью и минимальным солевым составом обладают дождевые и снеговые воды. Поэтому сбору снеговых и дождевых вод должно быть уделено большое внимание; для этих целей следует проводить работы по сооружению искусственных прудов и плотин в естественных котлованах.

Развитие прудового хозяйства не только улучшает работу паровых котлов, но может быть использовано для улучшения быта трудящихся.

ГЛАВА III

ТЕЧЬ ТРУБ И СВЯЗЕЙ

Основной причиной течи труб и связей является наличие неплотных соединений (зазоров) между решеткой и трубами, с одной стороны, и между стенками огневой коробки и связями, с другой стороны.

Неплотности в соединениях бывают следствием недоброкачественного котельного ремонта, заключающегося:

1) в постановке труб в непроверенные, овальные отверстия решетки;

2) в постановке прокладных колец с выпуском в сторону огня;

3) в нетщательной зачистке концов труб, когда на них имеются окалина, риски, раковины;

4) в неправильном отжиге труб (перегрев, недогрев или неравномерный нагрев металла);

5) в отсутствии охлаждения концов труб после отжига в песке;

6) в развальцовке приварных труб;

7) в работе с неисправным котельным инструментом (разные ролики вальцовки по диаметру и длине, разработанные окна и веретена, неисправная резьба на метчиках и т. д.).

Неплотности в соединениях могут образовываться также в результате неправильного ухода за котлами в эксплуатации паровозов.

Так, например: 1) при неправильном режиме питания котлов сырой водой, когда при закрытом регуляторе качают воду на оба инжектора;

2) при допущении прорывов топлива на колосниковой решетке, свежий воздух в больших количествах, не успевая нагреться, охлаждает огневую коробку, особенно трубную решетку;

3) при нарушении установленного режима во время чистки топки и постановки паровоза на промывку, когда производят чистку топки при больших давлениях пара в котле (выше 6 *ат*) или когда качают воду во время чистки, или пользуются сифоном и одновременно чистят зольник;

4) при нарушении температурного режима во время потушки, промывки и заправки паровозов, когда резко спускается пар из котла, проваливается преждевременно кокс из топки в зольник. При теплой промывке заполняют сеть водой с температурой ниже 95°, допускаются большие перепады температур во время расхолаживания (выше 10°), промывают котлы и заполняют их водой после промывки, температура которой выше или ниже нормальной;

5) при загрязнении котлов накипью, отчего металл перегревается, трубы резко удлиняются, вызывая расстройство соединений их с передней и задней решетками.

На некоторых участках наблюдается заполнение накипью всех неплотных соединений между связями и стенками топки, с одной стороны, и между трубами и решеткой, с другой стороны. Эта накипь под действием температуры цементируется, заполняет неплотности и на время течь прекращается.

При переводе таких паровозов на антинакипины или при пересылке их на другие участки с щелочными водами под действием щелочи накипь, находящаяся в неплотных соединениях, разрыхляется, затем вымывается котловой водой, отчего появляется течь.

Легко растворимые соли, проникая в неплотные соединения, под действием температуры теряют кристаллизационную воду и выделяются в безводном состоянии в виде прослойки. В момент потушки паровоза эти соли под действием просачивающейся воды переходят в кристаллические соединения, содержащие воду. Процесс кристаллизации сопровождается измене-

нием объема, его увеличением и еще большим увеличением всех неплотностей в соединениях. Основную роль в этом играют: сернокислый магний, хлористый кальций, углекислый натрий и сернокислый натрий, особенно последний, который, перейдя температуру 32,5°, кристаллизуется с 10 частицами воды (рис. 19). При следующих промывках и заправках паровоза указанные явления повторяются еще с большей силой, так как количество солей все время увеличивается.

В целом ряде случаев вальцовка труб и осадка головок связей недостаточна для ликвидации течи и поэтому приходится производить смену текущих труб и связей.

На водах с большим солевым составом особенно там, где много сернокислого натрия, конец расхолаживания котлов при теплой промывке надо прекращать при температуре 40—42° с тем чтобы разница между температурой конца расхолаживания воды и температурой кристаллизации сернокислого натра была больше. При этом, конечно, и температура промывочной и наполнительной воды должна быть соответственно повышена на 8—10°.

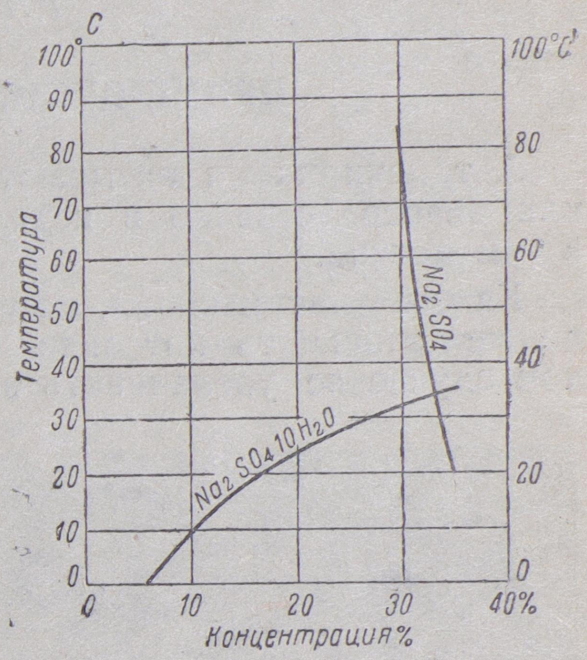

Рис. 19. График растворимости сернокислого натрия.

Холодная промывка на таких водах пагубно отражается на состоянии котлов и там, где нет теплой промывки, установку таковой необходимо форсировать, тем более, что теплая промывка имеет еще целый ряд преимуществ в сравнении с холодной и горячей промывками.

После того как паровоз вышел из ремонта, появление в нем течи труб и связей целиком зависит от резких температурных колебаний в топке.

Каждый работник жел.-дор. транспорта, соприкасающийся с работой паровоза, должен хорошо себе уяснить, что если нагревание или охлаждение котла происходит быстро и притом неравномерно, т. е. одна часть его нагревается или охлаждается быстрее и сильнее, чем другая, то в соединениях этих частей создаются такие напряжения, которые не только нарушают их плотность, но в отдельных случаях могут дать трещины.

При наличии разницы температур соседних участков всего на 1° в металле появляются добавочные напряжения, равные 25 *кг/см*². Помимо этого имеет очень большое значение еще

сама масса металла и толщина стенок. При резком охлаждении огневой коробки стенки ее остывают медленнее, чем связи и дымогарные трубы, имеющие меньшую массу металла, поэтому и осадка труб и связей при равных условиях с решеткой происходит быстрее, что и вызывает появление неплотных соединений. Если неплотные соединения появились, независимо от причин, то они все время будут увеличиваться. Поэтому основная задача по борьбе с течью труб и связей заключается в недопущении образования неплотностей в соединениях.

ГЛАВА IV

ПРИМЕНЕНИЕ АНТИНАКИПИНОВ

Антинакипинами называются вещества, вводимые в тендер или непосредственно в котел, предупреждающие образование в нем накипи.

Каждый антинакипин, помимо антинакипной эффективности, должен защищать котельное железо от разъедания, или во всяком случае не увеличивать его

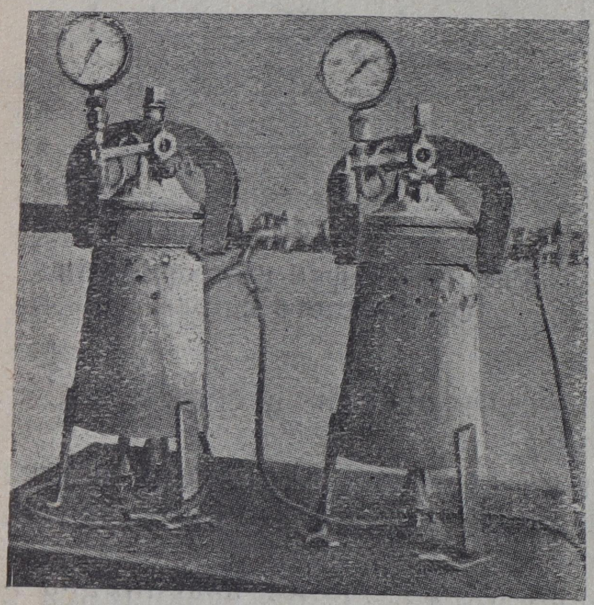

Рис. 20. Автоклавы.

Прежде чем приступить к применению какого-либо антинакипина на паровозе, его тщательно испытывают в лабораториях на антинакипную и антикоррозионную способность.

Испытание проводят вначале в колбах, а затем в автоклавах — маленьких котелках, работающих под давлением 10—15 *ат* (рис. 20).

За истекший период времени в лабораториях и в эксплуатационных условиях был испытан целый ряд веществ: коллоидный графит, тринатрийфосфат, смесь тринатрийфосфата с коллоидным графитом, ферротанат, американская стандартная смесь, каустическая сода, смесь тринатрийфосфата с каустической содой и коллоидным графитом, льняное семя, щелочной раствор дубового экстракта, сульфитно-целлюлезные щелока, смесь тринатрийфосфата, каустической соды и дубового экстракта, крахмал, декстрин, тальк, антидепон, нейтралин, антилитон и т. д. Лучшим антинакипином, зарекомендовавшим себя как в лабораторных, так и эксплуатационных условиях, является смесь тринатрийфосфата с каустиче-

ской содой и дубовым экстрактом. Эта смесь не только предохраняет котлы от образования в них накипи, но частично разрушает старую накипь и вместе с тем является антикоррозионным средством, т. е. средством, защищающим котельное железо от разъедания.

Другие вещества и смеси их при испытании показали, что они также обладают антинакипными свойствами, но эффективность их гораздо ниже в сравнении с эффективностью фосфатной смеси. Коллоидный графит, обладая хорошим антинакипным свойством, одновременно увеличивает коррозию котельного железа, поэтому применение его, как антинакипного средства, на агрессивных водах надо признать нецелесообразным.

Одновременно в лаборатории и в эксплуатационных условиях на паровозе был испытан тальк. Антинакипная эффективность талька при всех способах его обработки и при достаточно больших для антинакипина дозировках (50—100 *г* на 1 *т* испаренной воды) оказалась гораздо ниже эффективности применяемой в настоящее время фосфатной смеси.

Ввиду быстрого осаждения талька в водной среде регулярная подача его в котел через бачки затрудняется, требуется постоянное перемешивание вводимого раствора, что ведет к нарушению правильного режима питания паровозного котла антинакипином и засорению питательных труб. Производить заливку раствора непосредственно в тендер, как это производится при питании паровозных котлов фосфатной смесью, совершенно невозможно, так как тальк примерно в течение 15—20 мин. садится на дно тендера, загрязняет его и в котел попадает лишь в небольших количествах. Кроме всего, тальк имеет очень плохую теплопроводность; основная масса его состоит из кремневых соединений, в силу чего он оказывает вредное влияние на тепловой баланс паровоза и может вызвать перегрев котельных стенок.

Исходя из вышеизложенного, необходимо признать, что применение его даже в случае самой тщательной предварительной обработки при данных технических условиях эксплуатации паровозов нецелесообразно. В настоящее время на сети дорог применяется как антинакипное средство исключительно фосфатная смесь: смесь тринатрийфосфата с каустической содой и дубовым экстрактом. Производство тринатрийфосфата в основном заключается в нейтрализации фосфорной кислоты щелочью.

Каустическая сода (едкий натр) приготовляется из двууглекислой соды или же путем электролиза раствора поваренной соли.

Из двууглекислой соды каустическая сода может готовиться двумя способами—известковым и способом Левита (посредством феррита натрия).

Наиболее совершенным способом получения каустической соды является электролиз поваренной соли. Электролитическая каустическая сода получается при разложении раствора поваренной соли электрическим током.

Дубовый экстракт получается путем выварки дубовой коры в специальных приборах, называемых диффузорами, и выпариванием образовавшегося раствора до определенной густоты.

Дубовый экстракт содержит большое количество таннинов (до 50%), которые, изменяя поверхностное натяжение, уменьшают склонность воды к вспениванию и уносу. Кроме способности уменьшать вспенивание котловой воды, дубовый экстракт в известной мере предохраняет металл котлов от кислородной коррозии. Проведенными работами за последнее время установлено, что в фосфатной смеси дубовый экстракт на водах до 20° жесткости может быть заменен сульфитно-целлюлозными щелоками.

1. Действие фосфатной смеси

Фосфатная смесь действует на накипеобразующие соли питательной и котловой воды физико-химически.

Вначале тринатрийфосфат и каустическая сода химически реагируют с накипеобразующими солями, давая коллоидную сетку взвешенных твердых веществ, состоящих из фосфатов кальция, магния, карбонатов и из гидратов магния и железа. Огромнейшее количество коллоидных частиц, образовавшихся в процессе химического воздействия тринатрийфосфата и каустической соды на накипеобразователи, создает в котловой воде большую поверхность, которая отвлекает на себя накипь и способствует накипеобразующим солям выпадать в виде шлама.

Вместе с тем коллоиды, являясь центрами кристаллизации накипеобразователей, выделяют соли жесткости не в виде твердой накипи на поверхностях нагрева, а в виде шлама, который осаждается на низ цилиндрической части котла.

Дубовый экстракт, помимо коллоидного своего действия на накипеобразователи, поддерживает во взвешенном состоянии коллоидные частички, образовавшиеся от действия тринатрийфосфата и каустической соды на накипеобразователи.

Действие тринатрийфосфата и каустической соды на старую накипь выражается в том, что, реагируя с солями кальция и магния, находящимися в накипи, они разрыхляют ее.

Тринатрийфосфат обладает резко выраженным свойством предупреждать коррозию.

Каустическая сода, создавая щелочную среду в питательной и котловой воде, нейтрализует в них действие кислот, которые могут получаться в результате гидролиза различных солей, как например хлористого кальция, хлористого магния и др. Щелочение котловой воды благоприятно действует на уменьшение процессов коррозии. В паровых котлах и в целом ряде случаев у нас и за границей защиту от коррозии котельного железа производят установлением в котлах во время их работы определенного щелочного режима.

Дубовый экстракт, обладая способностью поглощать кисло-

род из питательных и котловых вод, уменьшает кислородную коррозию.

Таким образом, все вещества, входящие в состав фосфатной смеси, обладают не только антинакипными свойствами, выражающимися в предупреждении образования новой накипи и частичном разрушении старой, но, кроме того, в известной мере защищают котельный металл от разъедания. Несмотря на то, что фосфатная смесь очень хорошо зарекомендовала себя как антинакипное средство, в Институте жел.-дор. транспорта НКПС ведутся работы по изысканию и испытанию новых антинакипных веществ, с тем чтобы дело обработки воды внутри котла поставить еще на большую высоту.

В применении антинакипинов нельзя допускать абсолютно никакой кустарщины, так как последствия ее могут пагубно отразиться на состоянии паровозных котлов. Прежде чем приступить к применению того или другого антинакипного средства на паровозе, необходимо его самым тщательным образом испытать в лаборатории и в эксплуатационных условиях. Поэтому применение каких-либо других антинакипинов, кроме фосфатной смеси, без предварительного всестороннего испытания их и разрешения паровозного управления НКПС не разрешается.

2. Приготовление раствора фосфатной смеси

Фосфатная смесь при выдаче на паровозы составляется из сухого тринатрийфосфата (в измельченном виде) и растворов каустической соды и дубового экстракта. Для приготовления растворов каустической соды и дубового экстракта в специально отведенном помещении депо устанавливаются два железных бака емкостью 0,5 $м^3$ или 1 $м^3$. Рациональнее объем бака брать больше.

Чем меньше баки, тем чаще приходится приготовлять раствор; при больших баках раствора каустической соды и дубового экстракта будет хватать на более продолжительное время. Каждый бак для раствора должен быть снабжен крышкой и краном в нижней части.

Для того чтобы знать, какое количество раствора находится в баке, каждый бак должен иметь указательное стекло. На стенке бака с наружной стороны, около указательного стекла, наносятся деления, показывающие его объем.

Дубовый экстракт трудно растворяется в холодной воде. В горячей воде скорость растворения возрастает, поэтому в баке для раствора дубового экстракта необходимо устанавливать змеевик для прогрева его паром. Перегревать раствор дубового экстракта выше температуры 70° нельзя, так как при этом он может разлагаться.

Каустическая сода интенсивно растворяется в холодной воде с выделением большого количества тепла, температура раствора повышается иногда до 60—70°, следовательно растворять кау-

стическую соду в горячей воде ни в коем случае нельзя, так как температура раствора будет настолько велика, что раствор будет выбрасываться из бака. Целесообразно для увеличения скорости растворения каустической соды производить искусственное охлаждение раствора.

Для равномерного распределения каустической соды при ее растворении рекомендуется производить перемешивание раствора путем подвода сжатого воздуха или механической мешалкой. Дубовый экстракт поступает в депо в мешках в виде крупных кусков. Для того чтобы он легко растворился, его необходимо предварительно разбить на мелкие куски и измельчить.

Измельченный дубовый экстракт взвешивается и загружается в бак. Бак наливают горячей водой температуры 55—60° до черты, отвечающей установленной емкости. Раствор прогревается через змеевик паром и тщательно перемешивается. По количеству растворенного дубового экстракта устанавливают концентрацию раствора. Например, если в бак введено 100 *кг* дубового экстракта, затем налито в него воды до черты, отвечающей емкости 0,5 $м^3$, смесь прогрета пропуском пара через змеевик и хорошо перемешана, то приготовленный таким образом раствор будет содержать 200 *г* дубового экстракта в 1 *л* раствора. Изготовлять раствор с концентрацией ниже 200 *г* на 1 *л* не рекомендуется, чтобы объем выдаваемого на каждый паровоз раствора был небольшим.

Каустическая сода (каустик) поступает в депо в твердом виде в железных барабанах весом в 200—300 *кг* или в жидком виде с концентрацией обычно не ниже 610 *г* в 1 *л*.

Изготовление раствора каустической соды из твердого каустика состоит в том, что барабан разбивается молотком с помощью котельного зубила, каустик размельчается на куски весом примерно в 1—2 *кг*.

Далее каустическую соду отвешивают и загружают в бак, наливают в него холодной воды до черты, соответствующей установленной емкости, и после этого смесь перемешивают до полного растворения каустика.

По количеству растворенной каустической соды и содержанию в ней едкого натра деповская лаборатория устанавливает концентрацию приготовленного раствора.

Так например, если в бак введено 200 *кг* твердого каустика и затем налито в него холодной воды до черты, указывающей 0,5 $м^3$, и смесь хорошо перемешана, то приготовленный таким образом раствор должен содержать 400 *г* каустика в 1 *л* раствора.

Ввиду того что в депо каустическая сода поступает техническая (с примесями), содержание в ней едкого натра обычно колеблется в пределах 90—96%, иногда же каустическая сода поступает в депо с содержанием в ней едкого натра всего

80—85% (т. е. в 1 *кг* каустической соды 800—850 *г* едкого натра).

В таких случаях деповская лаборатория на основании произведенного анализа дает указание о количестве каустической соды, которое необходимо добавить в бак к приготовленному раствору, с тем чтобы концентрация его была 400 *г* в 1 *л* раствора.

Пример. При анализе приготовленного раствора оказалось, что в 1 *л* его содержится едкого натра 345 *г*, а так как концентрация должна быть 400 *г* в 1 *л*, то изготовленный раствор слабее на 400—345=55 *г/л*. При емкости бака 0,5 $м^3$ в него необходимо добавить $55 \times 500 = 27500$ *г* или 27,5 *кг* едкого натра.

Если при загрузке 200 *кг* каустической соды в баке емкостью в 0,5 $м^3$ получалась концентрация раствора, равная содержанию 345 *г* в литре едкого натра, то количество введенного едкого натра в бак было: $345 \times 500 = 172500$ *г* или 172,5 *кг*. В одном килограмме каустика содержание едкого натра равно 172500 : 200 ≅ 860 *г* или 86%, Отсюда количество каустика, которое необходимо ввести в бак дополнительно, равно $\frac{200 - 172{,}5}{0{,}86} \cong 32$ *кг*.

В случае, если каустическая сода прибыла в депо в виде раствора, деповская лаборатория определяет концентрацию его, т. е. содержание едкого натра в 1 *л* раствора. Соответственно определенной лабораторией концентрации присланного раствора каустической соды (для приготовления рабочего раствора, необходимой концентрации) высчитывается количество литров раствора каустической соды, которое необходимо ввести в бак.

После заливки концентрированного раствора каустической соды в бак последний доливается холодной водой до черты, указывающей его объем, и тщательно перемешивается.

Пример. Раствор каустической соды крепостью 43%, содержание едкого натра около 620 *г* в 1 *л*. При объеме бака 0,5 $м^3$ и концентрации рабочего раствора (выдаваемого на паровозы) 400 *г* в 1 *л*, в баке едкого натра должно быть $400 \times 500 = 200\,000$ *г* = 200 *кг*. Так как 1 *л* раствора содержит 620 *г*, то необходимое количество для загрузки в бак будет частное от деления 200 *кг* (200 000 *г*) на 620 *г* или 200 000 : 620 ≅ 322 *л*.

Для проверки концентрации прибывшего раствора каустической соды и количества необходимой воды для его разбавления до концентрации 400 *г* в 1 *л* дается табл. 4 перевода удельного веса и градусов Боме на процентное содержание едкого натра в растворе при 15°.

Выдача фосфатной смеси на паровоз производится следующим способом: в ведро емкостью 8—10 *л* кладут отвешенный в потребном количестве порошкообразный тринатрийфосфат, обливают установленным количеством раствора каустической соды

Таблица 4

Удельный вес	Градусы Боме	Едкого натра в %	Содержание едкого натра в *г* на 1 *л*	Удельный вес	Градусы Боме	Едкого натра в %	Содержание едкого натра в *г* на 1 *л*	Количество воды в литрах, которое необходимо прибавить на 100 *л* раствора едкого натра для получения раствора крепостью 30%—400 *г* в 1 *л*
1	2	3	4	1	2	3	4	5
1,116	15	10,30	114,9	1,297	33	26,58	344,7	При содержании едкого натра менее 400 *г* добавления воды не требуется
1,125	16	11,06	124,4	1,308	34	27,65	367,7	
1,134	17	11,90	134,9	1,320	35	28,83	380,6	
1,142	18	12,69	145,0	1,332	36	30,00	399,6	—
1,152	19	13,50	155.5	1,345	37	31,20	419,6	5,0
1,162	20	14,35	166,7	1,357	38	32,50	441,0	10,2
1,171	21	15,15	177,4	1,370	39	33,73	462,1	15,5
1,180	22	16,00	188,8	1,383	40	35,00	484,1	21,0
1,190	23	16,91	201,2	1,397	41	36,36	507,9	27,0
1,200	24	17,81	213,7	1,400	42	37,65	530,9	32,7
1,210	25	18,71	226,4	1,424	43	39,06	556,2	39,0
1,220	26	19,65	239,7	1,438	44	40,47	582,0	45,5
1,231	27	20,60	253,6	1,453	45	42,02	610,6	52,6
1,241	28	21,55	267,4	1,468	46	43,58	639,8	60,0
1,252	29	22,50	281,8	1,483	47	45,16	669,7	67,4
1,263	30	23,50	296,9	1,498	48	46,73	700,0	75,0
1,274	31	24,48	311,7	1,514	49	48,41	732,9	83,2
1,285	32	25.50	327,7	1,530	50	50,10	766,5	91,5

и добавляют к этому определенное количество раствора дубового экстракта.

Пример. В зависимости от средневзвешенной жесткости питательной воды по участку и количества испаренной воды необходимо на паровоз выдать 600 *г* тринатрийфосфата, 1 200 *г* каустической соды (едкого натра) и 200 *г* дубового экстракта. В ведро высыпают взвешенного тринатрийфосфата 600 *г*, обливают его 1 200 : 400 = 3 литрами каустической соды (концентрация раствора 400 *г* в литре) и 200 : 200 = 1 литром раствора дубового экстракта (концентрация раствора 200 *г* в 1 *л*).

Наряду со способом выдачи фосфатной смеси на паровозы—тринатрийфосфата в сухом виде, каустической соды и дубового экстракта в виде концентрированных растворов, существует способ выдачи фосфатной смеси на паровозы в виде раствора, приготовленного из всех составных частей (тринатрийфосфата, каустической соды и дубового экстракта) в одном общем (для всех трех веществ) баке. Дубовый экстракт и тринатрийфосфат, обладая недостаточной растворимостью в воде, снижают воз-

можность изготовления раствора большой концентрации одновременно всех трех компонентов фосфатной смеси в одном баке, поэтому концентрация изготовленного таким образом раствора получается невысокая, а объемы выдаваемой смеси на паровозы, становятся очень большими. Если при составлении антинакипина из тринатрийфосфата в сухом виде, каустической соды и дубового экстракта в растворах на паровоз выдается бидон (емкость 8—10 *л*) с общим объемом антинакипина в нем не более 5 *л*, то выдаваемый на паровозы раствор, приготовленный в одном баке из всех трех компонентов фосфатной смеси, будет иметь объем не менее 12 *л*. Емкость бидонов при этом должна быть увеличена до 15—18 *л*.

Помимо того, в изготовленном таким образом растворе происходит кристаллизация фосфата и каустика (выпадение их в виде осадка), в силу чего концентрация их в растворе будет все время изменяться в сторону уменьшения и фактически выдаваемое количество антинакипина на паровозы будет всегда занижено.

Кроме того, при изготовлении раствора тринатрийфосфата, каустической соды и дубового экстракта в одном баке устраняется возможность химического контроля за правильностью изготовления данного раствора. Исходя из недостатков данного способа, необходимо выдачу антинакипина (фосфатной смеси) на паровозы производить в виде смеси, составленной из сухого размельченного тринатрийфосфата и концентрированных растворов каустической соды и дубового экстракта с содержанием первого 400 *г* и второго 200 *г* в 1 *л* раствора.

При изготовлении как отдельных растворов, так и смеси их необходимо соблюдать осторожность, учитывая разъедающее действие каустической соды на кожу человека, а также возможность порчи платья и обуви.

При дроблении каустика и при обращении с крепкими растворами каустической соды необходимо пользоваться соответствующей спецодеждой (резиновые рукавицы, прорезиненные фартуки, резиновая обувь) и предохранительными очками.

Рабочие, приготовляющие смесь, должны быть хорошо проинструктированы.

Во избежание злоупотреблений, возможных при применении фосфатной смеси, необходимо, чтобы баки, в которых хранится готовый антинакипин, а также ящики для хранения составных его частей были всегда заперты на замок.

На каждом баке должна быть укреплена табличка с указанием названия составной части антинакипина и количества его, подлежащего выдаче на паровоз.

Одновременно также надо уделять должное внимание вопросам постановки правильного учета расходования фосфатной смеси, для чего необходимо учет расхода готового антинаки-

пина вести ежедневно на каждый паровоз и ежемесячно на весь рабочий парк депо.

Для учета количества фосфатной смеси, выдаваемой на каждый паровоз, следует вести книги регистрации выдачи с обязательной распиской в них машинистов.

Учет расхода сырья, выдаваемого для изготовления фосфатной смеси, необходимо производить с таким расчетом, чтобы на каждый день можно было точно знать количество поступившего и израсходованного сырья.

3. Границы применения антинакипинов

Масштабы применения фосфатной смеси определяются качеством питательных вод. Поскольку сеть железных дорог СССР охватывает территории с самыми различными геологическими и климатическими формациями, качество вод жел.-дор. водоснабжения многообразно и пестро. В жел.-дор. водоснабжении приходится сталкиваться как с мягкими водами, не вызывающими особых затруднений в эксплуатации паровозов, так и с водами чрезвычайно высоких жесткостей, с водами, вызывающими активную коррозию металла, и, наконец, с так называемыми щелочными водами, склонными к вспениванию и уносу. В водах некоторых районов, кроме того, содержится чрезвычайно большое количество взвешенных веществ (механические примеси и органические вещества).

Количество источников по их жесткостям сведено в табл. 5.

Таблица 5

Жесткость в немецких градусах	до 5	6—10	11—15	16—20	21—25	26—30	31—40	41—50	Выше 50
% к общему количеству пунктов водоснабжения	18,7	21,4	25,0	18,34	7,13	3,41	2,62	1,7	1,7

Так как всякая питательная вода, поступающая в тендер паровоза, содержит большее или меньшее количество накипеобразователей, она должна в зависимости от количества их подвергаться или предварительной водоочистке (содово-известковая, цеолитовая, известково-цеолитовая, коагуляция), или обработке внутри котла (фосфатная и хроматная смесь), или комбинированной обработке (предварительной вместе с внутрикотловой).

В области предварительной комбинированной и внутрикотловой обработок воды необходимо проводить четкую и систематическую работу в каждом депо. Основным способом водоприготовления для паровозных котлов надо признать предварительную водоочистку и по мере реальных возможностей

необходимо переходить от средств внутрикотловой обработки воды к питанию котлов умягченной водой с нулевой жесткостью.

Антинакипины наряду с положительными качествами имеют также и отрицательные стороны; последнее прежде всего выражается в увеличении количества шлама в котловых водах. Небольшое количество шлама (до 1 *г* в 1 *л* котловой воды) не ухудшает работы паровозного котла.

Естественно, что чем больше жесткость питательных вод, тем больше накипеобразователей, тем больше шлама при применении антинакипинов.

Так как с увеличением шлама резко ухудшается работа паровоза как в смысле уноса, так и в смысле возможности перегрева котельного железа, в целом ряде случаев приходится ограничивать количество вводимого антинакипина даже при регулярных продувках, с тем чтобы не допустить завалов шлама в котлах. На основании опытных и эксплуатационных данных необходимо признать, что на водах со средневзвешенной общей жесткостью до 20 нем. градусов применяемая фосфатная смесь, без ухудшения работы паровозного котла и машины, при регулярных продувках может обеспечить отсутствие накипеотложения на поверхностях нагрева. Так как около 85% всех источников имеет жесткость воды до 20 нем. градусов, становится ясным, какое огромное значение имеют антинакипины в паровозном хозяйстве.

На участках со средневзвешенной общей жесткостью выше 20—30 нем. градусов, особенно с преобладанием в ней солей постоянной жесткости, средства внутрикотловой обработки воды полностью не могут предупредить от накипеотложения поверхности нагрева без ухудшения при этом работы котла и паровой машины.

Если даже на водах, имеющих жесткость выше 20—30 нем. градусов, подобрать такую дозировку фосфатной смеси, при которой накипеотложение в котле происходить совершенно не будет, то все равно из-за образования большого количества шлама по условиям уноса и бросания воды работать на паровозе будет невозможно.

Превращать паровозный котел в водоочиститель ни в коем случае нельзя. Поэтому применение антинакипинов на водах с общей жесткостью выше 20—30 нем. градусов может только в известной мере улучшить состояние котельного хозяйства в части уменьшения накипеотложений в котлах. При таких жесткостях питательных вод отсутствие накипеотложений в котлах может быть достигнуто только при хорошо налаженной предварительной водоочистке.

На водах с общей жесткостью выше 20—25 нем. градусов должны сооружаться стационарные водоочистители.

Однако в целом ряде случаев при содово-известковом способе водоочистки в виду сравнительно большой остаточной жесткости

очищенной воды (5—6 нем. градусов, а иногда и выше), целесообразно, кроме того, применять фосфатную смесь.

После цеолитовой или известково-цеолитовой водоочистки необходимость применения фосфатной смеси отпадает, так как этот способ обеспечивает нулевую жесткость очищенной питательной воды, а следовательно, отсутствие накипеотложения и шламообразования в котлах. Такое обстоятельство позволяет повысить натронные числа, что чрезвычайно важно для участков, имеющих воду с коррозионными свойствами.

На щелочных водах фосфатная смесь не применяется, так как накипеотложение в котлах не происходит. На этих водах необходимо применять один дубовый экстракт, который обладает свойством уменьшать склонность воды к вспениванию и уносу.

4. Порядок перевода паровозов на фосфатную смесь

Основная цель при переводе паровозов на питание антинакипинами заключается в том, чтобы не допустить загрязнения поверхностей нагрева котла новыми отложениями накипи. Рассчитывать на то, что вводимое количество антинакипина будет достаточно, для того чтобы разрушить полностью старую накипь, нельзя, во-первых, потому, что количество вводимой фосфатной смеси рассчитано не столько на химическое действие ее на накипеобразователи, сколько на физическое—коллоидное ее действие. В силу этого в котлах всегда имеется только небольшой избыток фосфата и каустика. Старая же накипь разрушается главным образом от химического воздействия на нее фосфата и каустика, поэтому процесс разложения и отставания старой накипи от поверхностей нагрева котла будет ввиду незначительных избытков фосфата и каустика происходить очень медленно. Во-вторых, резко увеличивать количество вводимого антинакипина нельзя по причинам увеличения уноса и количества шлама. Кроме того, разложение и отставание старой накипи происходят неравномерно, поэтому оставшиеся отложения ее неравномерным слоем будут покрывать поверхность нагрева. Отложение накипи местами вызывает добавочные напряжения в металле. Это объясняется тем, что температуры отдельных частей стенок топки в связи с неравномерными отложениями накипи на них будут неодинаковы.

Разности температур соседних участков всего на 1° вызывают добавочные напряжения в металле, равные 25 *кг/см*^{2}. А так как в отдельных случаях при больших тепловых напряжениях порядка 200 000—250 000 *кал/м*^{2} *час* разница температур может доходить до 100—120°, то в металле могут создаться напряжения, переходящие предел текучести его.

Кроме того, в момент отставания накипи от перегретой

стенки возле последней интенсивность парообразования резко растет и, как следствие этого роста, происходит образование паровых подушек, влекущее за собой появление выпучин, отдулин вплоть до взрыва котла.

Таким образом, перед переводом паровозов на фосфатную смесь необходимо производить механическую очистку поверхности нагрева котла от накипи. Желательно перевод паровозов на антинакипины устраивать после заводского ремонта или после сплошной или частичной смены труб.

В целом ряде случаев перед переводом паровозов на фосфатную смесь при постановке их на теплую или холодную промывку целесообразно проводить выщелачивание старой накипи путем закачки раствора фосфата и каустика в котел, для чего в бачках для раствора антинакипина предварительно приготовляется отдельно водный раствор тринатрийфосфата (20 весовых частей тринатрийфосфата на 80 весовых частей воды) и 30% водный раствор каустической соды, т. е. раствор такой же концентрации, какой приготовляется для антинакипина—400 *г* каустической соды в 1 *л* раствора.

Паровоз, котел которого подлежит выщелачиванию, после продувки котла без набора воды, необходимо поставить на один из тракционных путей и слить воду из тендерного водяного бака, оставив в нем 7 $м^3$ воды (приблизительно 35 *см* от дна бака 4-осного тендера паровоза серии Э и около 27 *см*—6- осного тендера паровоза серии ФД).

В тендерный бак залить следующее количество раствора (табл. 6).

Таблица 6

Серии паровозов	В переводе на сухое вещество в *кг*		Количество раствора в литрах	
	Тринатрий фосфата	Каустич. соды	Тринатрийфосфата 20%	Каустич. соды 30%
ФД и ИС	56	26	280	65
СО без конденсации пара	45	20	225	50
СО с конденсацией пара	35	16	175	40
Э, С всех индексов и других соответствующих им по поверхности нагрева котлов	40	14	200	35
Щ, Н, О и другие соответствующие им по поверхности нагрева котлов .	35	12	175	30

После заливки раствора прокипятить в течение 7—8 часов воду в котле, поддерживая уровень воды—$^3/_4$ водомерного стекла. Так как наиболее сильное действие тринатрийфосфата и каустической соды на старую накипь будет при большей циркуляции котловой воды, необходимо искусственно увеличить ее следующим путем: выщелачивание производить не только при рабочем давлении пара в котле, но и при открытом пароспускном вентиле. Во время выщелачивания надо поддерживать огонь в топке и закачивать воду в котел из тендерного бака так, чтобы к концу кипячения в тендерном баке осталось примерно 10 *см* воды. После этого закрыть пароспускной вентиль, добавить 5—6 $м^3$ воды в тендер, чтобы не оставлять паровоз без воды, а затем открыть пароспускной вентиль и продолжать кипячение без закачки воды до понижения уровня воды в котле до $^1/_4$ водомерного стекла.

По окончании кипячения постепенно подкачать воду в котел до уровня $^3/_4$ водомерного стекла, поставить паровоз в промывочное стойло, потушить, охладить, как при промывке со сменой труб (т. е. циркуляционное охлаждение вести до 30—25°) и тщательно промыть котел.

На паровозах с конденсацией пара растворы тринатрийфосфата и каустической соды заливать не в тендерный бак, а через воздушный колпак питательного насоса во всасывающую трубу при закрытом вентиле от эжекторной коробки. После заливки раствора, не открывая этого вентиля, пустить насос и когда он закачает (вхолостую), открыть вентиль, чтобы раствор подавался в котел вместе с водой из конденсатного бака. При этом рекомендуется заливать и закачивать растворы отдельно, сначала раствор каустической соды, а затем раствор тринатрийфосфата, так как при смешивании они густеют.

После закачивания раствора прокипятить в течение 7—8 час. воду в котле, поддерживая рабочее давление пара в котле и уровень воды $^3/_4$ водомерного стекла. При кипячении спускать пар через пароспускной вентиль, поддерживать огонь и закачивать воду из конденсатного бака. Если в конденсатном баке воды недостаточно, перекачать или перепустить в него воду из бака сырой воды. После этого поступать, как указано выше, для паровозов без конденсации пара.

Перевод паровоза на питание фосфатной смесью производится только на холодной или теплой промывках, для того чтобы было возможно предварительно тщательно осмотреть котел. Результаты осмотра котла после очистки и промывки необходимо зафиксировать актом, в котором отмечается:

а) пробег паровоза от последней полной или частичной смены труб с указанием норм пробега между сплошной и частичной сменой труб;

б) состояние потолка огневой коробки;

в) состояние боковых стенок кожуха топки и огневой ко-

робки, связей, анкерных болтов, а также продольных и поперечных тяжей;

г) состояние лобового и ухватного листов топки и задней стенки огневой коробки;

д) состояние жаровых и дымогарных труб;

е) состояние цилиндрической части котла, питательных труб,

ж) состояние предохранительных пробок.

При описании загрязненности отдельных поверхностей нагрева накипью необходимо указывать примерную толщину слоя накипи в миллиметрах, ее плотность и примерное количество чистой поверхности в процентах.

Одновременно необходимо осмотреть и отметить в акте результат осмотра продувочного крана, который должен быть смазан. Если продувочный кран пробковой конструкции, то на нем должна быть отводная труба с переходным штуцером для навинчивания на него предохранительного крана при продувках.

Осмотр паровозного котла при переводе его на питание фосфатной смесью должен производиться компетентной комиссией с обязательным участием в ней начальника депо, котельного мастера, заведующего промывкой и прикрепленных машинистов.

Осмотр паровозных котлов, переводимых на антинакипины комиссией, указанным выше порядком, должен быть обязательным для всех паровозов.

При первой теплой или холодной промывке паровозного котла после питания антинакипином надо производить вторичный осмотр его до и после промывки. Результат действия антинакипина фиксируется актом, в котором необходимо отметить:

а) межпромывочный и межпродувочный пробеги;

б) дозировку на одну тонну испаренной воды;

в) состояние потолка огневой коробки и боковых стенок;

г) состояние кожуха топки, огневой коробки, связей, анкерных болтов, а также продольных и поперечных тяжей;

д) состояние лобового и ухватного листов топки;

е) состояние жаровых и дымогарных труб;

ж) состояние цилиндрической части котла и питательных труб;

з) примерное количество отвалившейся старой накипи, характер и количество шлама (высота его над обвязочным кольцом). В заключение отметить эффективность антинакипина и все жалобы, если они имеются, со стороны паровозной бригады (на подъем воды и пр.) При описании загрязненности отдельных поверхностей накипью указать примерную толщину слоя накипи в миллиметрах, ее плотность и примерную величину чистой поверхности в процентах.

Если влияние антинакипина очевидно, т. е. отсутствуют от-

ложения новой накипи и заметно его действие на старую накипь, то вполне можно приступить к увеличению межпромывочного пробега.

Увеличения пробега между промывками после перевода паровоза на антинакипин до первой теплой или холодной промывки допускать нельзя.

При промывке паровозов помимо тщательной промывки поверхностей нагрева следует уделять особое внимание полному удалению старой отвалившейся накипи и шлама с обвязочного кольца, низа цилиндрической части и из пространства под камерой догорания.

Для того чтобы не засорять фильтры горячей и теплой промывки шламом, необходимо перед спуском воды из котла в промывочный бак и при теплой промывке перед циркуляционным расхолаживанием первоначально спустить в канаву шлам, отложившийся на обвязочном кольце у крана; спуск его продолжать до тех пор, пока не пойдет чистая вода, после чего следует направить воду в промывочный бак.

Перед переводом паровозов на фосфатную смесь на участке должен быть точно известен состав питательных и котловых вод, особенно жесткость, щелочность, содержание хлоридов, плотного остатка и механических примесей. Как при решении вопроса о применении фосфатной смеси на данном участке, так и в процессе работ с ней, существенная роль должна быть предоставлена химической лаборатории дороги и депо, под непосредственным наблюдением которых должны стоять вопросы применения фосфатной смеси и контроль питательных и котловых вод. Одновременно должно быть уделено большое внимание инструктированию паровозных бригад о задачах и порядке применения антинакипинов, режиме котлопитания и т. д.

5. Эффективность от применения антинакипинов

Применение антинакипинов на жел.-дор. транспорте дало положительные результаты. В итоге значительной очистки котлов от накипи сократился расход топлива, уменьшились расходы на котельный ремонт, увеличился срок службы котлов, увеличились межпромывочные пробеги, улучшились процессы парообразования в котлах и т. д.

Если в паровозных котлах до применения антинакипинов на водах малой жесткости слой накипи был 2—3 *мм*, на водах средней жесткости 4—6 *мм*, а на водах жестких слой накипи доходил до 10 *мм*, то при питании паровозных котлов фосфатной смесью на водах малой и средней жесткости поверхности нагрева от накипи очистились до металла, а на жестких водах (выше 20—30 нем. градусов) слой накипи не превышает 1—1,5 *мм*. Если считать, что антинакипины в среднем уменьшили накипеотложения в котлах на 3 *мм*, то, считая экономию топлива

от этого равной всего 5%, будем иметь общую экономию топлива по всей сети порядка 50 млн. руб. в год. В эту экономию не входит экономия топлива от сокращения числа заправок паровозов в связи с увеличением межпромывочных пробегов. По большинству же депо эта экономия также весьма значительна и равняется 4—6 коп. на измеритель 10 тыс. *т/км*.

До применения антинакипинов ввиду загрязнения котлов накипью процессы парообразования заметно ухудшались. Каждый машинист и помощник должны помнить, что до применения фосфатной смеси, особенно перед промывками, парообразование паровозов настолько ухудшалось, что в целом ряде случаев затрудняло даже нормальное следование паровоза с поездом.

При применении антинакипинов за счет отсутствия накипи уменьшилось сопротивление в передаче тепла от газов котловой воде и тем самым улучшились процессы парообразования. Все это способствовало поднятию форсировок, увеличению мощностей паровозов и увеличению сроков между промывками.

Если до применения антинакипинов межпромывочные пробеги были порядка 1 000—2 000 *км*, то применение антинакипинов при регулярных продувках дало возможность закрепить пробеги на сети, равные 5 000—7 000 *км*, а в отдельных случаях лучшие стахановцы-кривоносовцы межпромывочные пробеги довели до 30 тыс. *км* и выше. Лучший стахановец жел.-дор. транспорта орденоносец Огнев при регулярном питании паровоза антинакипином и регулярных продувках на ходу достиг межпромывочного пробега, равного 40 800 *км*.

Увеличение межпромывочных пробегов дало возможность сократить промывочные расходы, уменьшить объем работы в депо, увеличить использование паровозов и тем самым снизить рабочий парк паровозов. В некоторых депо число паровозов уменьшилось на 10 и более единиц. Это дает нам возможность еще большее количество паровозов поставить в запас, что повышает не только технические резервы нашей родины, но и увеличивает нашу мобилизационную мощь.

Помимо всего, при применении антинакипинов значительно уменьшился объем котельного ремонта. Если до применения антинакипинов в депо Москва пассажирская ж. д. им. Дзержинского в год менялось около 7 000 жаровых и дымогарных труб, то теперь смена труб не производится, за исключением того, что при подъеме выбивают до 10 контрольных труб.

Такое же положение с уменьшением объема котельных работ наблюдается и по другим депо. Как правило, надо считать, что при питании паровозов водой жесткостью до 20 нем. градусов при правильном применении антинакипинов объем котельных работ сократился на 80—90% в сравнении с объемом котельных работ до применения фосфатной смеси; на более жестких водах объем котельного ремонта сократился на 50—75%.

Если до применения антинакипинов в некоторых депо число

котельщиков доходило до 40—50 чел., то теперь в этих же депо в связи с резким сокращением объема котельных работ работает 6—10 котельщиков.

Объем котельных работ также резко сократился и на паровозоремонтных заводах.

6. Дозировки фосфатной смеси

Количество антинакипина, которое необходимо вводить в паровозный котел для предупреждения образования в нем накипи, определяется в зависимости от качества питательных вод данного участка и количества испаренной воды. Чем выше жесткость питательных вод (тендерных), тем больше в них накипеобразователей, тем в большей степени поверхности нагрева будут загрязняться накипью и тем больше (до известного предела) необходимо вводить в котел фосфатной смеси.

Поэтому дозировки антинакипина устанавливаются в зависимости от жесткости питательных вод. Чем выше жесткость питательных вод, тем выше должны быть дозировки антинакипина. Однако никогда не следует забывать, что паровозный котел не водоочиститель и в него вводить можно только строго ограниченное количество средств внутрикотловой обработки воды.

На основе опытных и эксплуатационных данных установлено, что увеличивать дозировки выше 20 *г* тринатрийфосфата, 40 *г* каустической соды и 5 *г* дубового экстракта на 1 *т* испаренной воды нельзя ввиду образования большого количества шлама. Одновременно установлено, что большое количество вводимого фосфата увеличивает унос воды даже в случае регулярных продувок.

В котловых водах избыток фосфата свыше 1 *мг* в 1 *л* допускать нельзя. Поэтому при разработке дозировок антинакипина предельное содержание фосфата было установлено не более 20 *г* на 1 *т* испаренной воды.

Каустическая сода в водимых дозировках не оказывает заметного влияния на увеличение уноса, поэтому при составлении дозировок оказалось возможным допустить для жестких вод дозировку каустика в 40 *г* на 1 *т* испаренной воды. Количество дубового экстракта установлено было 5 *г* на 1 *т* испаренной воды. Вводится он для уменьшения склонности котловой воды к уносу и как стабилизатор (вещество, поддерживающее соли во взвешенном состоянии).

Увеличивать дозировку дубового экстракта не вызывается необходимостью за исключением щелочных вод, где дозировка его устанавливается в 20 *г* на 1 *т* испаренной воды. При установлении дозировок дубового экстракта принимались во внимание также острая дефицитность его и относительно высокая стоимость.

В соответствии с физико-химическим действием фосфатной смеси на накипеобразователи в зависимости от средневзвешенной жесткости питательных вод по участку автором были установлены следующие дозировки (табл. 7).

Таблица 7

Средневзвешенная жесткость воды по участку в немецких градусах	Дозировка фосфатной смеси на 1 *т* испаренной воды		
	тринатрий фосфата	каустической соды	дубового экстракта
До 8	10	20	5
От 9—15	10	25	5
» 16—20	15	30	5
» 21—25	20	30	5
» 26—30	20	35	5
Выше 30	20	40	5

При выборе дозировок антинакипина для участков, имеющих источники с природными щелочными водами, устанавливаются следующие дозировки.

1. Если натронное число котловой воды паровоза без применения антинакипина не больше 75 *мг* на 1 *л*, то необходимо пользоваться дозировками, установленными для обычных нещелочных вод.

2. Если натронное число котловой воды паровоза без применения антинакипина оказывается равным 80—100 *мг* на 1 *л*, то дозировки устанавливаются: тринатрийфосфата, каустической соды и дубового экстракта каждого по 10 *г* на 1 *т* испаренной воды.

3. Если натронное число котловой воды до применения антинакипина превышает 100 *мг* на 1 *л*, надо применять один дубовый экстракт в количестве 20 *г* на 1 *т* испаренной воды. Произведенные опыты показали, что заметной разницы в состоянии паровозных котлов при питании их антинакипином через бочки или тендер не обнаружено. Не вызывается также необходимостью производить заливку антинакипина в каждом пункте водонабора, если плечи участка для товарных паровозов не выше 120—150 *км* и для пассажирских не выше 250—300 *км*. Поэтому заливку антинакипина надо производить в тендер в основном и оборотном депо перед водонабором. Количество

фосфатной смеси, необходимой для заливки в тендер в основном и оборотном депо, рассчитывается по количеству испаренной воды в соответствии с установленной дозировкой.

Пример. На тяговом участке четыре пункта водонабора, жесткость воды в немецких градусах по пунктам следующая: пункт *А* — 18; пункт *Б* — 16; пункт *В* — 20; пункт *Г* — 12.

При следовании с поездами средний забор воды по пунктам в четном направлении следующий: в пункте *Б* — 16 *т* воды, в пункте *В* — 4 *т* и в пункте *Г* — 18 *т*, в нечетном направлении в пункте *В* — 12 *т*, в пункте *Б* — 20 *т* и в пункте *А* — 15 *т* воды.

Средневзвешенная жесткость в немецких градусах будет равна:

$$\frac{18 \cdot 15 + 16 \cdot (16 + 20) + 20\,(4 + 12) + 12 \cdot 18}{16 + 4 + 18 + 15 + 20 + 12} = 16{,}2.$$

Согласно табл. 6 дозировок для данного участка устанавливается дозировка на 1 *т* испаренной воды, равная—15 *г* тринатрийфосфата, 30 *г* каустической соды и 5 *г* дубового экстракта. Определить количество реактивов, которое необходимо ввести в тендер в основном и оборотном депо.

Расход воды от основного депо до оборотного

$$16 + 4 + 18 = 38\ т.$$

Расход воды от оборотного депо до основного.

$$12 + 20 + 15 = 47\ т$$

Для основного депо:

тринатрийфосфата $15 \cdot 38 = 570 \cong 600$ *г* сухого вещества;

каустической соды $30 \cdot 38 = 1\,140 \cong 1\,200$ *г* сухого вещества или 3 *л* раствора, содержащего 400 *г* едкого натра в 1 *л* раствора;

дубового экстракта $5 \cdot 38 = 190 \cong 200$ *г* сухого вещества или 1 *л* раствора, содержащего 200 *г* дубового экстракта в 1 *л* раствора;

Для оборотного депо:

тринатрийфосфата $15 \cdot 47 = 705 \cong 700$ *г* сухого вещества.

каустической соды $30 \cdot 47 = 1\,410 \cong 1\,400$ *г* сухого вещества или 3,5 *л* раствора, содержащего 400 *г* едкого натра в 1 *л* раствора;

дубового экстракта $5 \cdot 47 = 235 \cong 240$ *г* сухого вещества или 1,2 *л* раствора, содержащего 200 *г* дубового экстракта в литре раствора.

Составление и заливка в тендер фосфатной смеси согласно данному примеру производится следующим образом.

В основном депо в ведро емкостью 8—10 *л* кладут отвешенный тринатрийфосфат в количестве 600 *г*, обливают его тремя литрами раствора каустической соды и одним литром раствора дубового экстракта. Эта смесь выливается в люк тендера перед набором воды, ведро ополаскивается водой, которая также сливается в тендер.

Для заливки в оборотном депо на паровоз выдается бидон или ведро (в случае, если в оборотном депо нет пункта по заливке антинакипина), куда кладут отвешенный тринатрийфосфат в количестве 700 *г*, вливают туда 3,5 *л* раствора каусти-

ческой соды и 1,2 *л* раствора дубового экстракта. Заливка производится перед водонабором и ведро также тщательно ополаскивается.

7. Режим котлопитания при применении фосфатной смеси

Наиболее важным вопросом при применении антинакипинов является установление правильной дозировки. Правильно установленные дозировки уже наполовину решают успех исправного состояния паровозного котла.

Паровозный котел и режим котловой воды должны быть таковыми, чтобы не только котел был чист от накипи, но не было бы уноса воды в пароперегреватель и паровую машину.

В каждом случае дозировка определяется не только в зависимости от средневзвешенной жесткости питательной воды по участку, но и от состояния котла.

Котловая вода должна обладать по возможности меньшей щелочностью, вследствие чего в каждом отдельном депо устанавливается допускаемый максимальный предел ее. Натронные и фосфатные числа должны иметь определенные величины. Необходимо отметить, что чем ниже эти числа в котловой воде, тем благоприятнее это для работы котла и паровой машины.

Для установления норм котловой воды в каждом отдельном депо надо выделить два-три опытных паровоза, за которыми устанавливается специальное наблюдение.

При выходе этих паровозов с промывки на жаровых и дымогарных трубах и на топке в нескольких местах следует сделать зачистку. Делается это для того, чтобы при постановке паровозов снова на промывку можно было судить, идет процесс накипеотложения при данной дозировке антинакипина или нет.

При регулярном питании этих паровозов антинакипинами и регулярных продувках деповская лаборатория ведет наблюдение за составом котловых вод, отбирая пробы их после каждой поездки. Пробы отбираются при одном и том же уровне воды в котле по водомерному стеклу, перед выдачей паровоза под поезд.

При постановке опытных паровозов на промывку оценка правильности применяемой на них дозировки антинакипина делается на основании осмотра и состояния паровозного котла и анализов котловых вод. Если на зачищенных местах жаровых и домогарных труб и топки отложение новой накипи не происходит, это говорит о том, что дозировка установлена правильно и количество вводимого антинакипина вполне достаточно. Одновременно на основании анализов котловых вод (отбираемых каждую поездку и перед промывкой) устанавливается, что при вводимом количестве антинакипина и при регулярных

продувках процесс накипеотложения на поверхностях нагрева котла не происходит. Поэтому состав котловых вод с опытных паровозов принимается как норма котловых вод для всех паровозов данного участка.

Многочисленные опыты при применении фосфатной смеси, проведенные в эксплуатационных условиях, показали, что по натронному числу и жесткости котловой воды полностью судить о состоянии паровозного котла нельзя. В каждом отдельном случае натронное число и жесткость для котловых вод паровозов данного депо при применении фосфатной смеси устанавливаются в зависимости от состояния паровозных котлов.

При применении фосфатной смеси на водах с общей жесткостью не выше 20 нем. градусов, жесткостью, состоящей на 60—75% из бикарбонатов, при натронных числах в котловых водах порядка 35—80 и жесткости до 2—3 нем. градусов (в большинстве случаев до 1 нем. градуса) накипеотложения в котлах не происходит.

При применении фосфатной смеси на водах с общей жесткостью в 20—30 нем. градусов с преобладающей в них постоянной жесткостью (особенно за счет сернокислого кальция—гипса) натронное число в котловых водах обыкновенно не превышает 30—35. Жесткость же держится выше 10 нем. градусов главным образом за счет концентрации сернокислого кальция. При этом накипеотложения на поверхностях нагрева, конечно, происходят, но гораздо медленнее (на 75—90%), чем при тех же условиях, но без применения фосфатной смеси.

При комбинированной водоподготовке (обработка воды внутри котла антинакипинами после предварительной водоочистки) на водах с остаточной жесткостью до 9—10 нем. градусов и состоящих, как правило, из солей постоянной жесткости жесткость котловых вод обыкновенно бывает до 3—4 нем. градусов. При натронных числах 80—250 накипеотложения в котлах не происходит.

Отсутствие накипеотложений на поверхностях нагрева при применении антинакипинов на водах с общей жесткостью до 20 нем. градусов, уменьшение накипеотложения на 75—90% на водах с общей жесткостью выше 20—30 нем. градусов при довольно малых натронных числах и сравнительно высокой жесткости котловых вод объясняется физико-химическими свойствами антинакипинов. Основное предупреждение образования накипи в котлах происходит за счет физического—коллоидного—действия антинакипинов.

Поэтому, если накипеотложения на поверхностях нагрева котла не происходит, нет никакой надобности увеличивать натронное число, если даже оно и мало.

В то же время дальнейшее увеличение натронного числа не целесообразно еще и потому, что это связано с увеличением

способности котловых вод к уносу и с дополнительными расходами фосфатной смеси, в особенности каустической соды.

Так как при применении обычных дозировок фосфатной смеси в котловых водах больших избытков щелочи не бывает, натронное число выше 200 *мг* на 1 *л* подыматься не должно. Наличие натронного числа в котлах выше 200 *мг* на 1 *л* указывает на бесконтрольную заливку фосфатной смеси или на отсутствие регулярных продувок котлов или на то и другое вместе.

Для уточнения дозировок антинакипина в связи с изменением качеств питательных вод в зависимости от времени года деповская лаборатория путем химического анализа должна осуществлять наблюдение за всеми изменениями состава питательных вод. На основании этих наблюдений лаборатория вносит соответствующие коррективы в дозировку антинакипина.

В том случае, если при установленной дозировке антинакипина все же наблюдается образование твердой накипи, необходимо приступить к испытанию повышенной дозировки, беря следующую по порядку согласно табл. 5. Порядок испытания остается тот же, что и в первом случае—опыты ведутся на 2—3 паровозах, за которыми устанавливается специальное наблюдение.

До применения антинакипинов межпромывочные пробеги устанавливались в зависимости от интенсивности отложения накипи в котлах. Солевой состав и количество механических и органических веществ не учитывались, так как они при прежних—низких—пробегах в меньшей степени влияли на ухудшение работы котла.

При правильном применении антинакипина накипеотложения не происходит совсем или оно резко уменьшается. Поэтому межпромывочные пробеги устанавливаются уже не в зависимости от интенсивности отложения накипи в котлах, а в зависимости от состава котловых вод.

Наиболее важным фактором установления межпромывочных пробегов является шламообразование.

Образование больших количеств шлама в котлах может вызвать бросание воды и перегрев котельного железа.

При питании паровозов водами с большим солевым составом концентрация солей может дойти до такого предела, когда не только заметно ухудшатся процессы парообразования, но и увеличится склонность воды к уносу.

Различные конструкции паровых котлов по разному реагируют на унос воды.

Чем больше паровой объем котла, тем больше отношение парового объема к водяному, тем котловая вода в нем в меньшей степени подвержена уносу.

Итак, межпромывочные пробеги устанавливаются в зависимости от[1]:

1) количества механических примесей;
2) склонности воды к вспениванию и уносу;
3) плотности котловых вод;
4) отношения парового объема к водяному.

Так как в данной зависимости постоянной величиной для всех серий паровозов является отношение парового объема к водяному, а все остальные величины являются функцией продувок, то совершенно очевидно, что продувки не только решают успех нормальной работы паровозного котла и машины, но и являются регулятором межпромывочных пробегов.

Это вполне подтверждается анализом котловых вод, а также хорошей практикой работы наших стахановцев и кривоносовцев на жел.-дор. транспорте.

Без продувок концентрация солей и количество механических примесей в котловой воде все время возрастает. При регулярных продувках количество всех примесей можно держать на определенном уровне. В некоторых случаях концентрация солей и механических примесей не возрастает, а понижается. Объясняется это тем, что при продувках выдувают котловую воду с большим солевым составом и большим количеством механических примесей, а вкачивают взамен этого питательную воду с сравнительно малым содержанием солей и незначительным количеством механических примесей.

В конечном итоге получается, что общее количество солей и механических примесей, выдуваемое во время продувки, больше того количества, которое успеет до следующей продувки сконцентрироваться в котловой воде.

На целом ряде участков с увеличением межпромывочного пробега увеличивается склонность воды к вспениванию и уносу. Происходит это потому, что наиболее легкие взвешенные частички, особенно органические примеси, концентрируются у зеркала испарения. Являясь поверхностно-активными веществами, т. е. возбудителями пены, они образуют на зеркале испарения иногда очень большое количество ее. Потоком движущегося пара поверхностно-активные вещества и пена направляются в переднюю часть котла к сухопарному колпаку. Для удаления их из котла необходимо около сухопарного колпака устанавливать приборы верхней продувки.

Таким образом, улучшение состава котловых вод должно итти как по линии установления нижней, так и по линии введения верхней продувки (о продувках смотри специальный раздел).

При применении антинакипинов особое внимание должно

---

[1] См. статью автора. Опыт увеличения межпромывочных пробегов, «Паровозник» № 1, 1936 г.

уделяться регулярности заливок антинакипина. Перерывы и нерегулярность в питании паровозных котлов фосфатной смесью могут вызвать загрязнение котлов накипью. Надо всегда помнить, что основная цель применения актинакипинов заключается в предупреждении образования накипи, но, если уже отложения накипи появились, то их из котла удалить очень трудно.

Антинакипины при правильном их применении и при регулярных продувках дают очень хорошие результаты. Но одновременно там, где люди теряют бдительность, где это дело переговоряют неподготовленным людям, там, где отсутствует химический контроль—антинакипины не только не улучшают, но даже ухудшают состояние паровозного хозяйства.

Поэтому ответственность за правильное составление фосфатной смеси, за своевременное и систематическое питание паровозных котлов антинакипином, а также наблюдение за выполнением установленных дозировок и продувок котлов должна быть возложена на начальника депо.

Начальник депо лично должен регулярно следить за данными химического анализа котловых вод и на основании их выявлять и устранять все недостатки, нарушающие нормальное применение антинакипина.

Кроме того, контроль за качеством составленного антинакипина, правильным и регулярным отбором проб котловой воды должен быть возложен на заведующего деповской лабораторией. На дежурного по депо должна быть возложена ответственность за снабжение каждого паровоза, выходящего из депо, соответствующим количеством антинакипина.

Теплотехник депо должен в своей работе особо серьезное внимание уделять вопросам правильного применения антинакипинов. Поэтому обеспечение правильности и бесперебойности выдачи антинакипина на паровоз, учет расхода антинакипина и его составных частей, контроль качества питательных и котловых вод, а также непосредственное наблюдение за всеми процессами внутрикотловой обработки воды должны возлагаться на теплотехника депо. На него же необходимо возложить инструктирование паровозных бригад и рабочих, выделенных для выдачи антинакипина.

Учитывая всю важность внутрикотловой обработки воды, руководство этим делом должно исходить от начальника паровозной службы дороги и от начальника дорожной лаборатории.

ГЛАВА V

ПРОДУВКА ПАРОВОЗНЫХ КОТЛОВ

С увеличением межпромывочного пробега увеличивается количество испаренной воды в котле. Вместе с увеличением количества испаренной воды повышается концентрация растворимых

солей, количество шлама и органических веществ, способствующих увеличению склонности воды к вспениванию и уносу.

Для уменьшения концентрации всех вышеуказанных компонентов, резко ухудшающих работу паровоза, производят продувку паровозных котлов.

При любом способе водоподготовки, будь то предварительная или внутрикотловая обработка воды, котловая вода всегда загрязняется или легко растворимыми солями, или взвешенными веществами, или теми и другими вместе. Предварительная очистка воды основана на том принципе, что накипеобразующие соли кальция и магния частью осаждаются, а частью переводятся в легко растворимые соли натрия (хлористый натрий и сернокислый натрий), которые легко удаляются из котла путем продувок. Количество легко растворимых солей, содержащихся в очищенной воде, будет эквивалентно (примерно равно) количеству солей постоянной жесткости в воде до ее очистки.

Ввиду того что очищенная вода поступает в тендер с избытками извести и соды при наличии в ней остаточной жесткости, в котле всегда образуется определенное количество шлама.

Еще большее количество шлама получается при внутрикотловой обработке воды антинакипинами, так как соли жесткости при этом целиком переводятся в шлам.

При питательных водах с большой природной щелочностью в котлах может сконцентрироваться такое количество ее, что будет увеличиваться не только унос и бросание воды, но одновременно и активная коррозия медных частей и сплавов.

Большая щелочность котловых вод, вызывающая унос их, особенно опасна там, где вода одновременно загрязнена взвешенными веществами и содержит значительное количество легко растворимых солей.

Как видно из вышесказанного, во всех случаях водоподготовки продувки улучшают работу паровозных котлов и машины.

В настоящее время огромное большинство паровозов сети оборудовано продувочными приборами или, как их называют, спускными кранами пробковой конструкции (рис. 21). Спускной кран устанавливается обычно на кожухе топки на ухватном листе в нижней его части, над топочной рамой. На старых паровозах иногда встречается постановка кранов на нижних боковых стенках кожуха.

Каждый спускной кран должен быть оборудован отводной трубой длиной около 1 250 *мм* таким образом, чтобы конец ее на 150—200 *мм* выходил за раму паровоза.

Отводная труба (рис. 22) представляет собой железную трубу диаметром 37 на 41,5 *мм*. На конец трубы наваривается электросваркой наконечник с размерами, указанными на том же рисунке.

Наконечник, соединяющий отводную трубу со спускным краном, обязательно должен быть изготовлен с конусом, который входит в коническое отверстие крана.

Ни в коем случае не допускается установка спускной трубы с припаянным буртом взамен конусного наконечника; это не обеспечит необходимой прочности и надежности соединения. Кроме того, это не безопасно, так как может быть срыв отводной трубы.

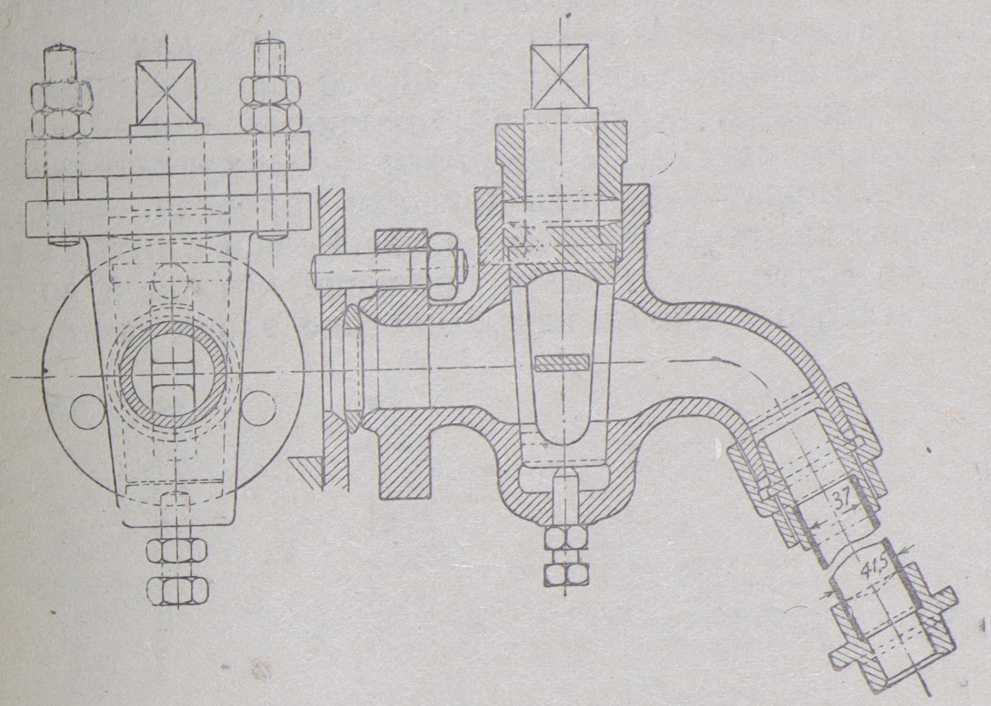

Рис. 21. Спускной кран пробковой конструкции.

Конец отводной трубы с конусным наконечником соединяется с краном шестигранной гайкой или же фасонной гайкой (рис. 23).

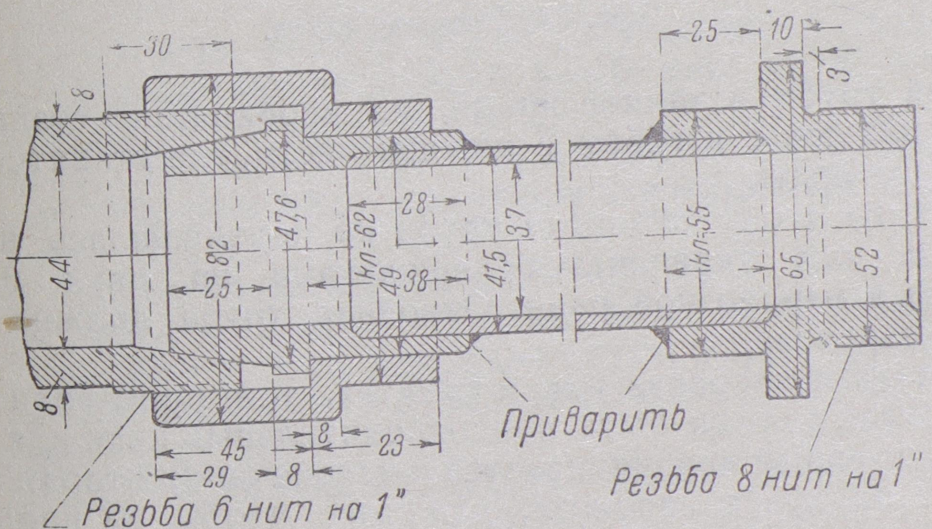

Рис. 22. Отводная труба.

Ввиду того что ключи больших размеров на паровозе зачастую отсутствуют, а убеждаться в плотности соединения отводной трубы с краном необходимо (во избежание срыва ее), лучше применять фасонную гайку. Применение фасонных гаек

в эксплуатационных условиях удобнее, потому что легкими ударами молотка по гайке очень легко восстановить плотность соединения. Нарезка на гайке берется по крану—6 ниток на 1 дюйм.

Второй наконечник на отводной трубе ставится для навинчивания на него предохранительного крана или вентиля во время продувки. Наличие последнего необходимо, так как во время продувки отверстие спускного крана может забиться корками отвалившейся накипи, кусками высверленных связей, стружкой и т. д., в таких случаях, перекрывая предохранительный кран или вентиль, можно избежать потушки паровоза.

Наконечник вытачивается из железа. Резьба 8 ниток на 1 дюйм.

Ввиду того что могут быть пропуски котловой воды через пробку спускного крана и как следствие этого замораживание

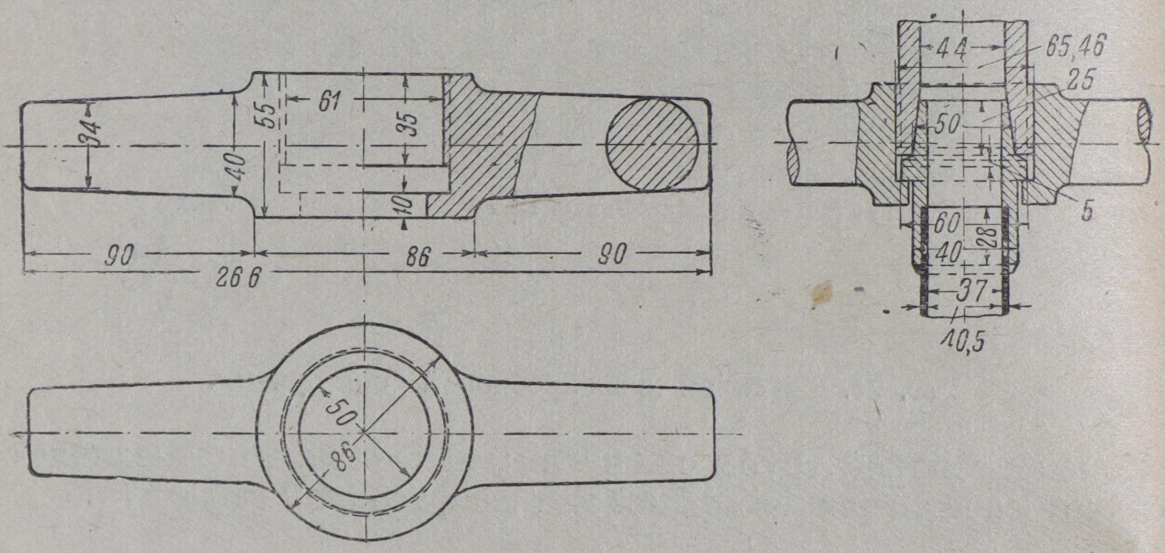

Рис. 23. Фасонная гайка.

отводной трубы в зимнее время, ее необходимо ставить с наклоном или же с изгибом в нижней части, где ставится краник для спуска воды.

Для того чтобы отводная труба не перемещалась во время продувки, она укрепляется державками на двух шпильках $^3/_8$ дюйма к паровозной раме. Отводная труба должна быть на каждом паровозе.

На каждом паровозе или в пунктах, где производится продувка котла, должен быть предохранительный кран или вентиль (рис. 24), который привинчивается к наконечнику отводной трубы в момент продувки паровоза, для того чтобы не производить потушку паровоза в случае незакрытия спускного крана.

Для направления струи воды во время продувки на предохранительный кран или вентиль навинчивается спускная труба длиной 200—250 *мм*.

На продувку котла с предохранительным краном или вентилем надо обращать серьезное внимание, так как последствия от

незакрытия спускного крана могут вызвать не только потушку паровоза, но и поджог потолка топки.

Кроме того, иногда бывает очень трудно закрыть спускной кран из-за неправильного выжатия пробки его при начале продувки ввиду заклинивания ее в корпусе крана.

Продувку паровозных котлов, оборудованных пробковыми кранами, необходимо вести в основных и оборотных депо.

К началу продувки вода в котле подготовляется заблаговременно. Это необходимо делать потому, что свежая вода, подкачиваемая в котел, имеет большой удельный вес и естественно направляется вниз.

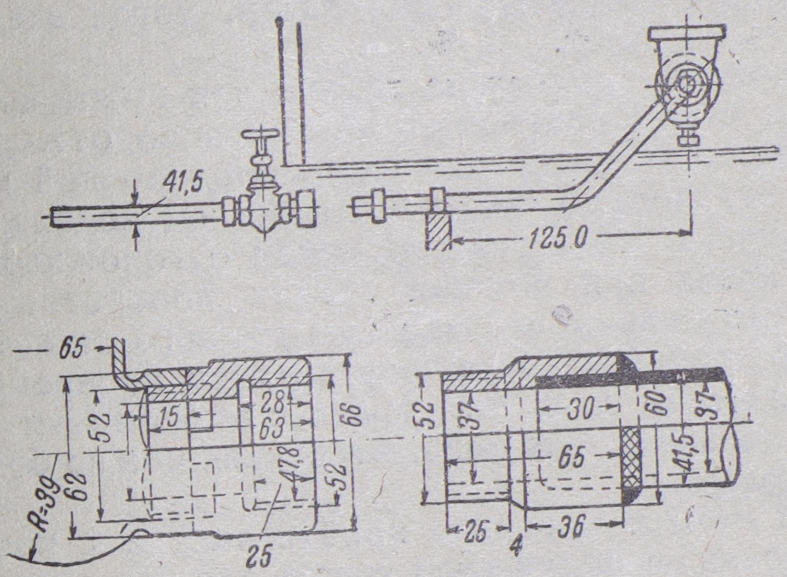

Рис. 24. Предохранительный вентиль.

Для того чтобы вода в котле перемешалась, необходимо продувку котла начинать спустя 8—10 мин. после последней подкачки воды в котел.

Продувка производится на стоянке паровозов в специально отведенных для этой цели местах при давлении пара в котле не выше 10 *ат*.

Перед продувкой необходимо проверить:

1) правильность и надежность соединения продувочного крана котла с отводной трубой, отводной трубы с предохранительным краном (или вентилем) и предохранительного крана со спускной трубой;

2) исправность резьбы на деталях продувочного приспособления;

3) исправность пробок спускного и предохранительного кранов;

4) для обеспечения лучшего присоса инжекторов наличие воды в тендере должно быть не менее половины его; в котле же надо иметь уровень воды по верхнюю гайку водомерного стекла;

5) исправность работы обоих инжекторов.

После того как помощник машиниста проверит исправность

продувочного приспособления, он приступает к продувке. Для этого отпускаются гайки сальника спускного крана, приподнимается выжимным болтом пробка, которая держится в таком положении до тех пор, пока из контрольного отверстия в корпусе крана не потечет вода. Это указывает на то, что пробка достаточно хорошо выжата. С целью облегчения поворачивания пробки в корпусе крана необходимо выжимной болт отпустить на $^1/_3$ или на $^1/_2$ оборота винта. Больше чем на $^1/_2$ оборота отпускать его нельзя, так как пробку может заесть ввиду клинообразной конструкции крана.

Во время продувки необходимо, чтобы между пробкой и корпусом крана был небольшой зазор, тогда заедания пробки происходить не будет.

Выжимной болт нужен не только для выжимания пробки, но и для того, чтобы поправлять ее при повороте.

Прежде чем открыть полностью продувочной кран и начать продувку, необходимо убедиться в легкой подвижности пробки спускного крана. Делается это путем осторожных открытий и закрытий крана при помощи легких поворотов ручки. Если пробка ходит тяжело, ее надо еще немного выжать кверху.

Процесс продувки котла производится попеременным открытием и закрытием спускного крана с перерывами в 10—15 сек. Перерывы делаются для того, чтобы как можно больше удалить шлама из котла.

В самый момент поворота пробки вместе с котловой водой вылетает большое количество шлама (до 82 *г* на 1 *л*), скопившегося около спускного крана. Остальное количество его, расположенное густообразной массой по обвязочному кольцу, удаляться не будет, если не производить перерывов во время продувки. Объясняется это тем, что около продувочного крана из шлама образуется воронка, через которую выдувается котловая вода с небольшим содержанием в ней шлама (0,2—0,5 *г* на 1 *л*). Во время же перерывов образовавшаяся воронка будет заполняться новыми порциями шлама, который при последующем открытии крана будет выдуваться вместе с котловой водой. Количество шлама при этом будет равно примерно 1,6—2,5 *г* на 1 *л* выдуваемой воды.

Чем чаще при продувке делать перерывы, тем больше удалится шлама из котла. Выпуск котловой воды за одно открытие крана не должен превышать 2 *см* по водомерному стеклу.

Продувка прекращается, когда уровень воды в котле делается равным 3 – 3,5 *см* по водомерному стеклу. На этом уровне на футляре водомерного стекла должна быть нанесена риска, указывающая конец продувки.

Во избежание гидравлических ударов при продувке открытие и закрытие продувочного крана должно производиться осторожно и плавно. Уровень воды в котле во время продувки проверяется водопробными кранами. Паровоз, оборудованный двумя или

несколькими продувочными кранами, продувается попеременным открытием и закрытием поочередно всех кранов. После продувки во избежание течи труб и связей и прочих расстройств котла следует качать воду малыми порциями поочередно на оба инжектора и не убавлять резко огня до тех пор, пока в котле не будет достаточного количества воды, подогретой до общей температуры.

Во время продувки котла ни в коем случае нельзя допускать подкачки воды в котел. Свежая вода имеет более низкую температуру и больший удельный вес в сравнении с температурой и удельным весом котловой воды. Она направляется вниз котла и будет сразу выдуваться. Опыт, произведенный на паровозе Э-2261, подтвердил вышеуказанные соображения.

В котел этого паровоза через специальные отверстия на различном уровне было поставлено 4 термометра. Первый из них был установлен на 25 *мм* выше неба топки; второй между жаровыми и дымогарными трубами, третий на уровне низа цилиндрической части котла и четвертый на 70 *мм* выше обвязочного кольца.

При полном горении форсунки с сифоном (паровоз был на нефтяном отоплении) качалась вода в котел одновременно на два инжектора.

Перед началом качки воды в котел уровень ее был на 50 *мм* выше наинизшего уровня воды в котле. Давление пара было 12 *ат*.

Температура воды послойно (сверху вниз) была следующая: 191, 191, 190, 75 и 190,5°.

Вода в котел качалась непрерывно в течение 4 мин. Уровень воды в котле стал 250 *мм*—$^3/_4$ по водомерному стеклу. Давление пара снизилось с 12 до 8 *ат*, а температуры слоев воды в котле понизились соответственно до 180, 177, 134 и 127°. Таким образом, целиком подтверждается то, что свежая вода при подкачке направляется в низ котла. И если во время продувки производить подкачку воды, то эта вода в первую очередь будет выдуваться из котла.

Все это подтверждается химическими анализами котловых вод, отобранных до и после продувки. При продувке без подкачки и с перерывами солевой состав и количество шлама уменьшаются примерно до 22—25%, тогда как при подкачке воды в котел во время продувки солевой состав и количество шлама уменьшаются всего примерно на 4—7%, а иногда остаются теми же, что и до продувки.

Количество выдуваемой воды при продувках на стоянках (в основном и оборотном депо) должно равняться 8—10% от общего количества испаренной воды. Паровозы серий ФД и ИС, СО, $Т^а$, $Т^б$ и Гаррат оборудованы продувочными кранами заслончатой—ножевой—конструкции.

На рис. 25 показан продувочный кран типа „Эверластинг“

с паровозов ФД выпуска 1935 г. Он имеет все преимущества в сравнении с продувочными кранами пробковой конструкции, тем не менее в эксплуатации выявился целый ряд его недостатков.

Основным недостатком был тот, что заслонка крана закипала и ее очень трудно было повернуть. Бывали случаи, когда открытие и закрытие продувочного крана производили с помощью молотка и даже кувалды.

Конструкция продувочных кранов типа „Эверластинг“ выпуска 1935 г. в основном осталась прежней. Однако внесенные конструктивные изменения, которые отчетливо видны на рис. 26, устранили имевшиеся недостатки. В настоящее время этот прибор работает вполне удовлетворительно.

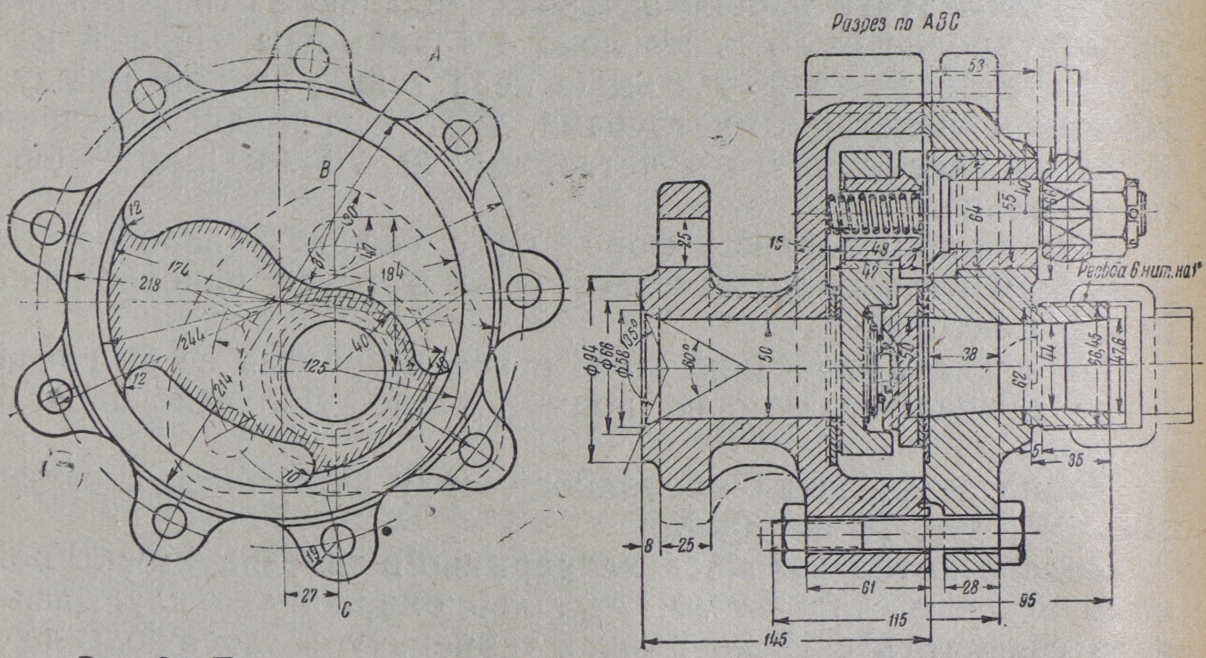

Рис. 25. Продувочный кран типа „Эверластинг“ выпуска 1935 г.

Хорошо зарекомендовали себя в эксплуатационных условиях продувочные краны типа „Окейди“ (рис. 27), установленные на паровозах $Т^{а}$ и $Т^{б}$, конструкция их очень проста и компактна. Износу подвергаются только кольцо и гайка. Очень легко открываются и закрываются. Закипанию при продувках заслонка и сам кран не подвергаются. В отличие от кранов „Эверластинг“ у них отсутствует пружина, прижимающая заслонку к выдувному отверстию. Сделано, с одной стороны, это потому, что пружина в процессе работы ослабевает и, кроме того, закипает. С другой стороны, давлением пара в котле заслонка и без пружины плотно прилегает к своему месту, если соприкасающиеся поверхности хорошо притерты друг к другу. Эти приборы от обточки до обточки не требуют ремонта.

На рис. 28 показан другой вариант конструкции продувочного прибора „Окейди“, установленного на паровозе „Гаррат“. Эксплуа-

тационные характеристики этого прибора те же, что и у кранов, установленных на Та и Тб. Отличается этот прибор от первого варианта тем, что он отливается не целой коробкой, как

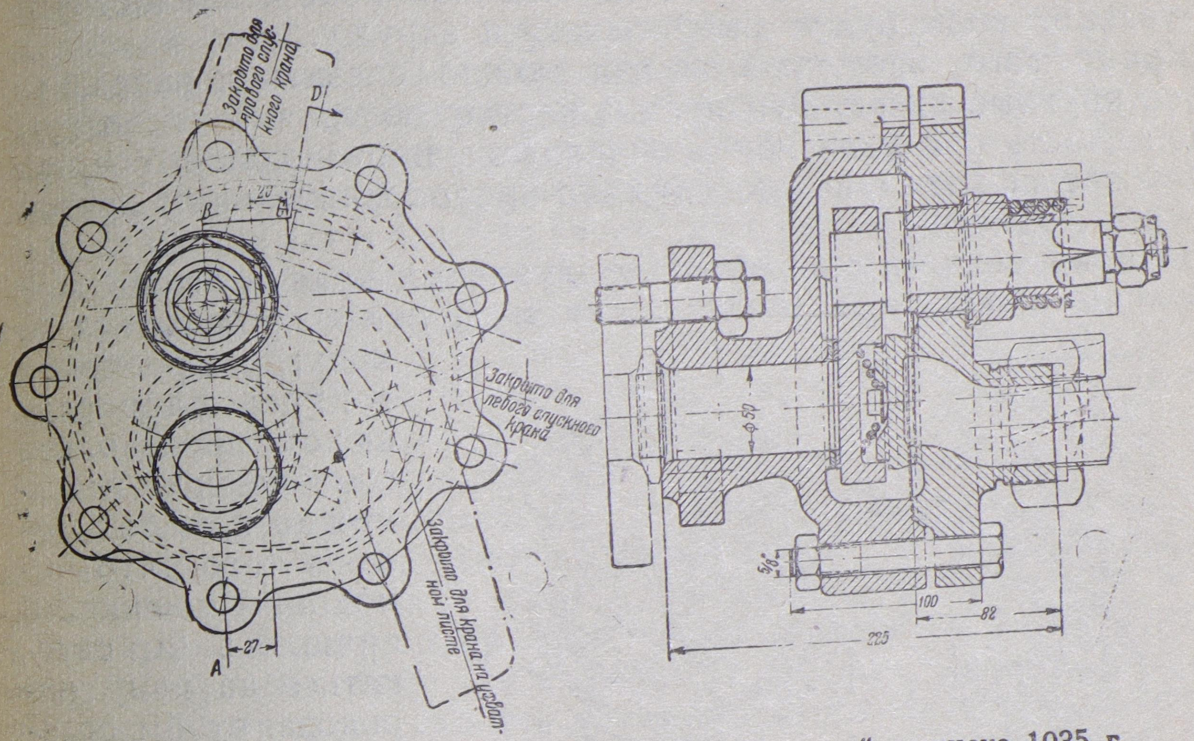

Рис. 26. Продувочный кран типа „Эверластинг“ выпуска 1935 г.

это делается при первом варианте, а из двух половинок, что в известной мере затрудняет сборку и разборку его при ремонте. Заслончатые (ножевые) продувочные краны имеют целый

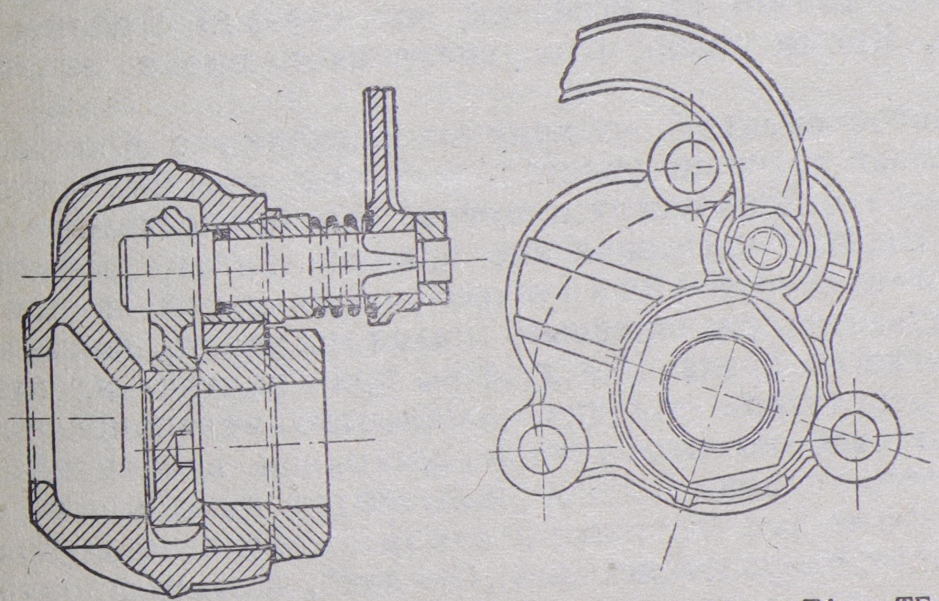

Рис. 27. Продувочный кран „Окейди“ на паровозах ТА и ТБ.

ряд существенных преимуществ в сравнении с пробковыми кранами. Они легко открываются и закрываются. Продувки при оборудовании паровозов этими кранами можно начинать без всяких подготовительных работ.

Корки отвалившейся накипи или другие твердые предметы, могущие быть в котле, попадая в продувочный кран, не будут в нем задерживаться, прежде чем попасть в место расположения заслонки крана, они занимают горизонтальное положение и струей выдуваемой воды будут выбрасываться наружу.

Кроме того, заслонкой всегда можно срезать и направить более крупные куски. Это преимущество обеспечивает полную безопасность продувки как для человека, производящего ее, так и для котла, хотя оборудования его предохранительным краном не производится.

Одновременно при наличии продувочных кранов данной конструкции паровозные котлы могут и должны продуваться на ходу; при пробковых же кранах продувку на ходу производить совершенно невозможно, хотя бы даже из-за того, что помощнику машиниста пришлось бы спускаться на раму паровоза, чтобы ослабить сальник и выжать пробку.

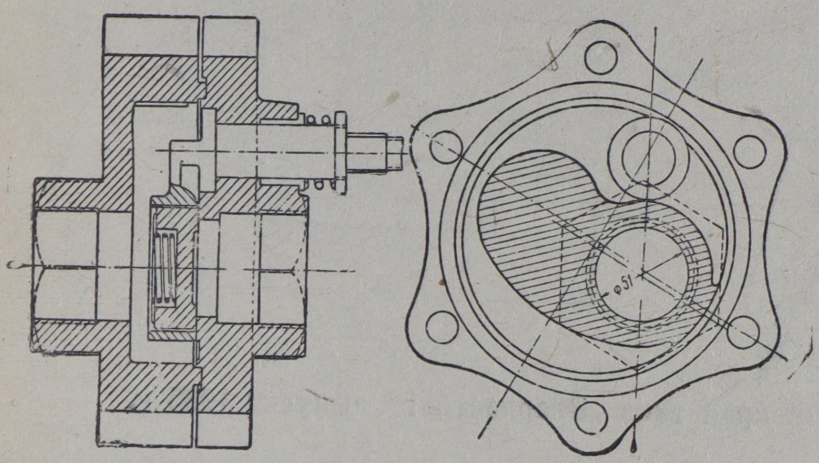

Рис. 28. Продувочный кран „Окейди“ на паровозе „Гаррат“

Поэтому при пробковых кранах приходится продувку производить только на стоянках, что связано с целым рядом неудобств. Кроме того, это увеличивает время экипировки паровоза.

Сам способ продувки на ходу в сравнении с продувкой на стоянке имеет то преимущество, что при нем выдувается гораздо больше механических примесей. Это объясняется тем, что во время стоянки механические примеси (шлам) остаются на обвязочном кольце в виде густообразной массы и при продувке выдувается сравнительно малая их часть, находящаяся вблизи спускного крана. Между тем, при продувке на ходу при открытом регуляторе большее количество механических примесей находится во взвешенном состоянии в нижней части у обвязочного кольца и легко выдувается вместе с котловой водой. Поэтому все паровозы, оборудованные продувочными кранами типа „Эверластинг“ или „Окейди“, должны продуваться на ходу.

Продувка котла на ходу должна производиться при полном котловом давлении, открытом регуляторе и начинаться при наличии воды в котле не менее 3—4 *см* выше уровня половины водомерного стекла. За каждую продувку надо выдувать количество воды в объеме, соответствующем 3—4 *см* по водомер-

ному стеклу. К концу продувки котла количество воды в нем должно быть по водомерному стеклу не менее половины. Количество продувок на ходу определяется в зависимости от шламообразования в котлах; чем больше шлама, тем чаще должны производиться продувки. На водах с общей жесткостью до 10 нем. градусов продувки на ходу производятся через 50—60 *км* с таким расчетом, чтобы общее количество выдуваемой воды составляло 4—5% от общего количества испаренной воды.

На водах с общей жесткостью до 20 нем. градусов продувки на ходу производятся через 35—40 *км* с таким расчетом, чтобы общее количество выдуваемой воды составляло 6—8% от общего количества испаренной воды. На жестких водах с общей жесткостью выше 20 нем. градусов продувки на ходу производятся через 25—30 *км* с таким расчетом, чтобы общее количество выдуваемой воды при продувке составляло 10—12% от общего количества испаренной воды.

Количество выдуваемой воды при работе паровозов на очищенных водах определяется не только в зависимости от шламообразования, но, кроме того, и от плотности котловых вод (в основном за счет содержания легко растворимых солей), которая не должна превышать 1,014 уд. в. или солевой состав котловых вод не должен быть выше 20 *г* на 1 *л*. Чем меньше плотность котловых вод, тем лучше качество пара. Поэтому в целом ряде случаев, особенно там, где жесткость сырых вод не превышает 30 нем. градусов, целесообразно, чтобы плотность котловых вод не превышала 1,010—1,011 уд. в.; количество выдуваемой воды при этом должно быть равно 8—12% от общего количества испаренной воды. В каждом депо в соответствии с качеством питательных вод, шламообразованием, плотностями котловых вод и при учете профиля пути по участкам составляется график продувок паровозов. Места продувок устанавливаются начальником депо. Желательно, чтобы эти места были на подъемах, где и производится продувка котлов на ходу. Процесс продувки как на ходу, так и на стоянке производится попеременным открытием и закрытием продувочного крана с перерывами. При наличии на паровозе двух или большего числа продувочных кранов продувка котла производится поочередно через все краны.

Не следует забывать, что вместе с выдуваемой водой выбрасывается наружу определенное количество тепла. Каждый процент выдуваемой воды составляет примерно 0,8—1,0 *т* условного топлива в месяц на один паровоз. Поэтому злоупотреблять продувками нельзя. Они должны производиться по строго установленному для данного участка графику. Учитывая все недостатки продувочных кранов пробковой конструкции в сравнении с кранами типа „Эверластинг“ или „Окейди“, необходимо провести замену пробковых кранов кранами типа „Эверластинг“ или „Окейди“ в самые ближайшие сроки.

Паровозы, оборудованные продувочными кранами типа „Эверластинг“ и пробковыми кранами, из-за скопления довольно больших количеств шлама в котле у задней стенки топки ведут к ограничению межпромывочных пробегов.

Объясняется это тем, что два продувочных крана „Эверластинг“, поствленные в передней части на кожухе топки далеко от задней стенки ее, не в состоянии даже в случае продувок на ходу удалить из котла всего количества шлама, расположенного по всему обвязочному кольцу, из-за больших размеров последнего.

Это положение при кранах пробковой конструкции усугубляется еще больше, так как на паровозе пробковый кран имеется только один, расположенный на ухватном листе, да и кроме того, конструкция его не позволяет производить продувки на ходу.

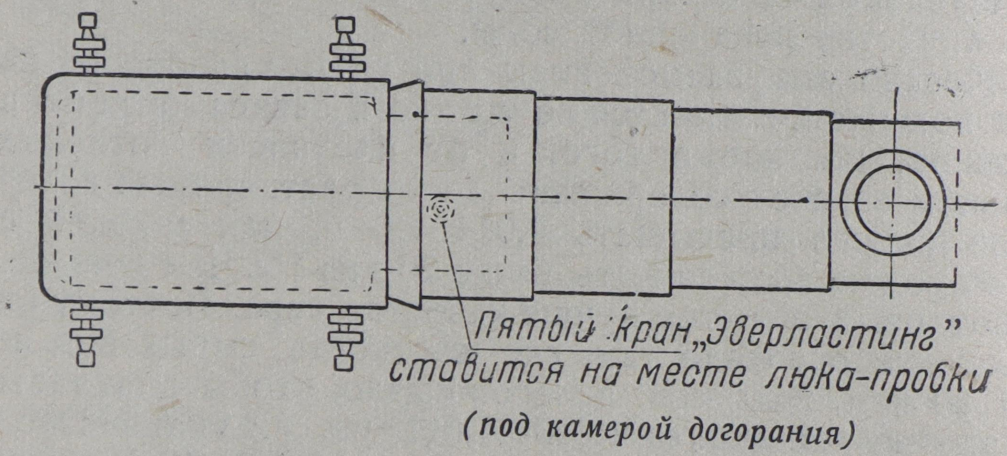

Рис. 29. Размещение кранов типа „Эверластинг“ на паровозах серий ФД и ИС.

Кроме этого, во время работы паровоза кипятильные трубы подсасывают шлам из передней части обвязочного кольца и вместе с водой гонят его к задней части топки, где он и скапливается.

Практика работы паровозов показывает, что во всех случаях, когда в задней части топки устанавливаются дополнительные продувочные краны типа „Эверластинг“, скопление шлама у задней стенки топки отсутствует. На рис. 29 и 30 показано рациональное размещение продувочных кранов на паровозах ФД, ИС, Э и С всех индексов. На паровозах ФД и ИС должны устанавливаться 5 продувочных кранов: один под камерой догорания (на месте промывочной пробки), два с боков в передней части и два в задней части кожуха топки.

Необходимость установки продувочного крана под камерой догорания объясняется тем, что в этом месте расположены лапы от лапчатых связей, колпачки от связей Тета и тяги, являющиеся очагами для скопления больших количеств шлама. На паровозах С и Э всех индексов рационально следующее размещение продувочных кранов „Эверластинг“ или „Окейди“: один

кран устанавливается на месте пробкового крана—на ухватном листе, а два других—в задней части кожуха топки

Размещение продувочных кранов должно производиться между обвязочной рамой и первым рядом связей. Одновременно эти краны служат для расхолаживания паровозов при теплой промывке.

Многочисленные наблюдения за паровозами, работающими на водах, подверженных вспениванию и уносу, показали, что пена и возбудители ее, так называемые поверхностно-активные вещества, в большей своей массе скапливаются в передней части котла. При осмотре таких паровозов на промывках всегда обнаруживалось, что остатками разрушенной пены бывают покрыты: верх цилиндрической части котла, переднее крепление и другие места передней части котла, тогда как в задних частях котла над топкой подобных остатков пены не было. Вследствие этого

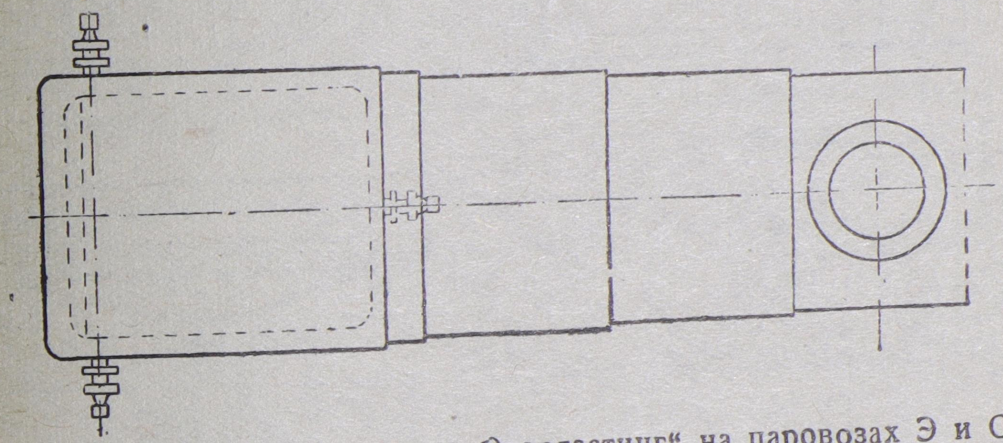

Рис. 30. Размещение кранов „Эверластинг" на паровозах Э и С всех индексов.

приборы для верхней продувки котла должны устанавливаться в передней части его. На рис. 31 показан как сам прибор верхней продувки, так и его размещение на паровозах серии ФД. Этот прибор состоит из трех сваренных вместе бункеров, расположенных на разных уровнях. Глубина бункера равна 50 *мм*; каждый из них снаружи котла имеет свой вентиль, внутри котла от каждого бункера отходят трубы, соединяющиеся с переходными штуцерами, которые в свою очередь ввернуты в цилиндрическую часть котла.

При верхней продувке выдувается верхний слой котловой воды, в котором сконцентрированы главным образом поверхностно-активные вещества. Поэтому в зависимости от уровня воды в котле продувка должна производиться через тот бункер, который в данном случае расположен на одном уровне с котловой водой. Для того чтобы паровозная бригада знала, из какого бункера надо в данный момент производить продувку, на футляре водомерного стекла должны быть нанесены риски, указывающие уровни расположения в котле всех трех бункеров.

Образование пены в котле происходит периодически и не-

равномерно. Поэтому продувки лучше производить чаще, но стараться выдувать при этом меньший объем котловой воды. Пена представляет собой неустойчивую смесь пара, воды и поверхностно-активных веществ. При открытии вентиля от прибора верхней продувки скоростной энергией выходящей струи

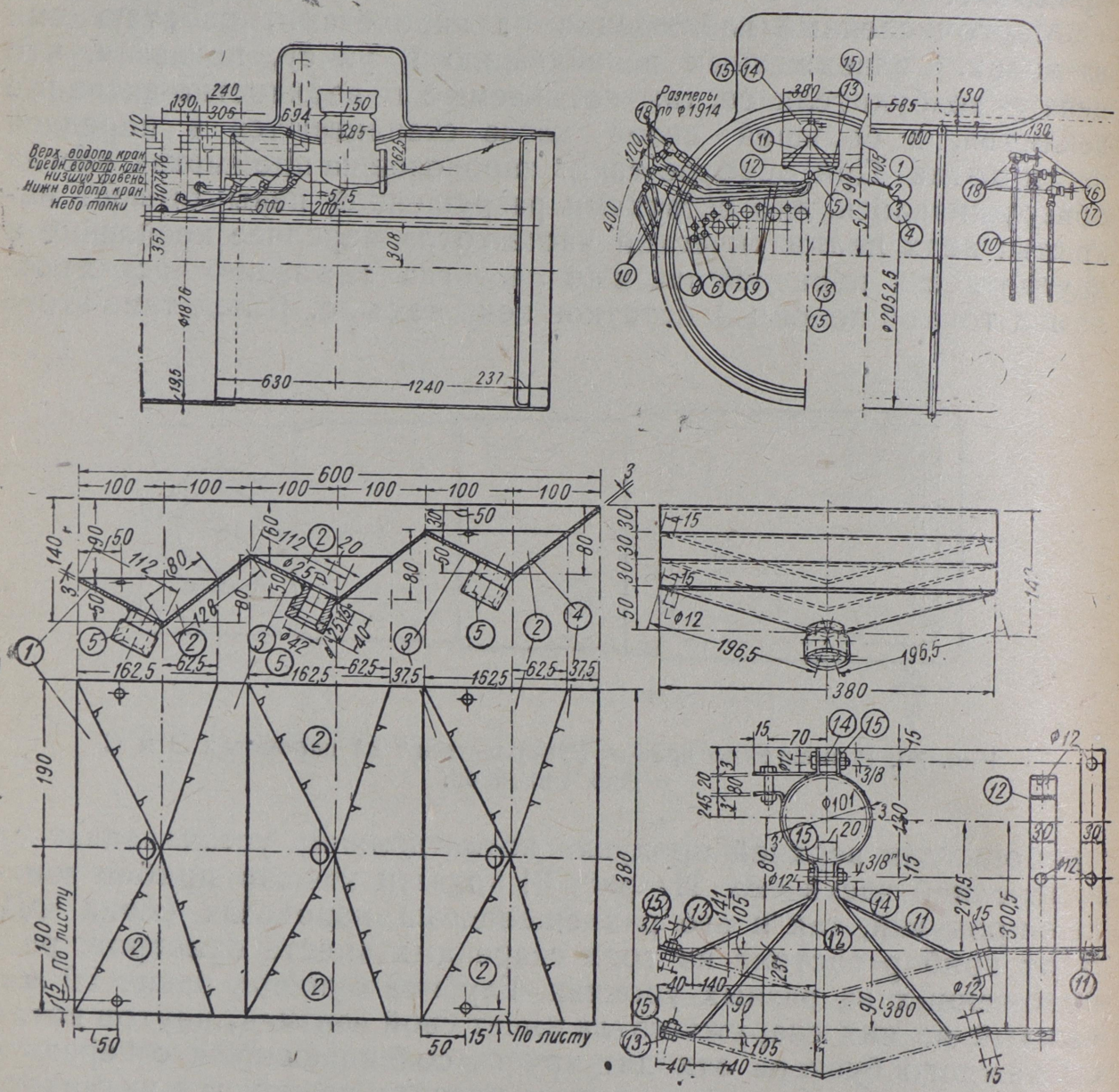

Рис. 31. Прибор верхней продувки на паровозах ФД.

1, 2, 3 и *4*—листы бункера; *5*—штуцер; *6*—накидная гайка; *7*—наконечник; *8*—штуцер; *9* и *10*—трубы; *11*—державка (передняя), *12*—державка (задняя); *13* и *14*—болты; *15*—гайка; *16*—ручка вентиля; *17*—штифт; *18*—вентиль.

котловой воды пена разрушается и поверхностно-активные вещества вместе с котловой водой удаляются из котла.

Верхние продувки следует производить не реже чем через 35—45 *км* пробега паровоза, открывая вентиль на 25—30 сек. Кроме приборов верхней и нижней продувки, целесообразно на паровозе устанавливать так называемые глушители (рис. 32).

Устанавливается глушитель между рамами паровоза, к нему

подводится труба, которая соединяет его с трубами, идущими от продувочных кранов нижней продувки и от вентилей прибора верхней продувки. Удобство такого прибора заключается в том, что продувку как верхнюю, так и нижнюю можно производить безопасно, где угодно, не только в пути следования паровоза, но и в местах его экипировки. Назначение этого прибора—глушение скоростной энергии вылетающей струи. Поступающая в него с большой скоростью котловая вода, ударяясь о выступы глушителя, теряет свою скорость и спокойно стекает из него на полотно.

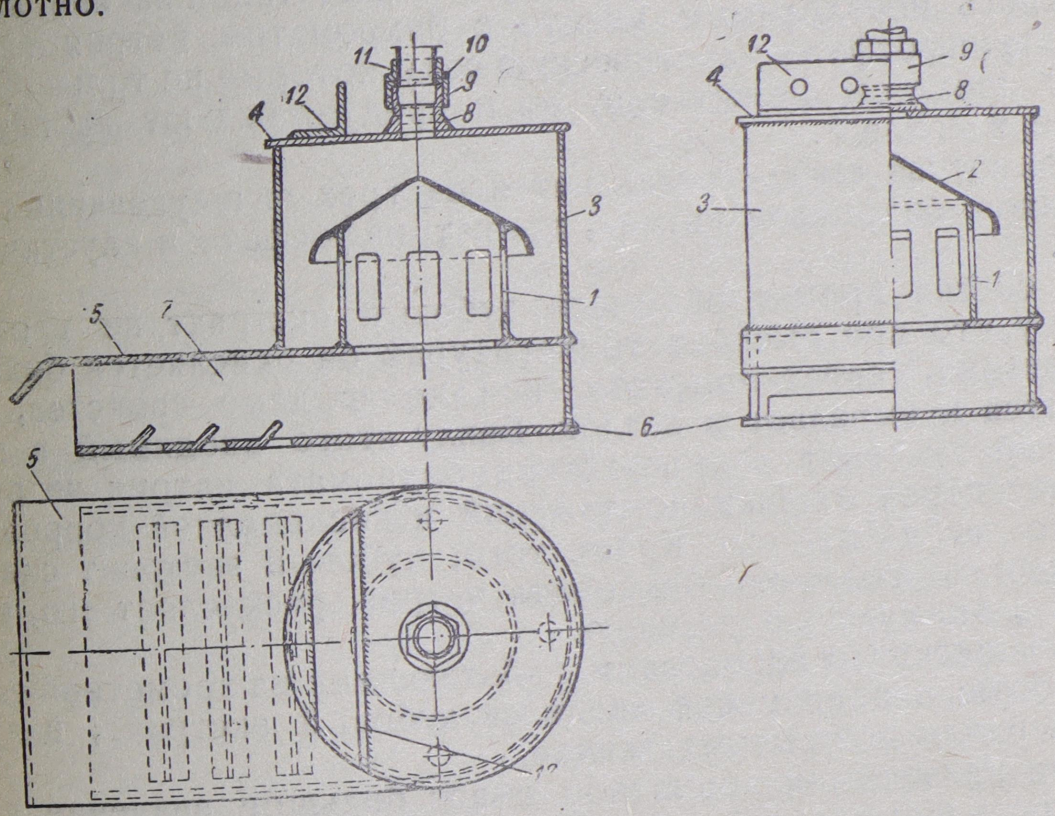

Рис. 32. Глушитель.

1—нижняя часть глушителя; *2*—верхняя часть глушителя; *3*—кожух глушителя; *4*—крышка кожуха; *5*—лист кожуха; *6*—дно кожуха; *7*—боковой лист кожуха; *8*—ниппель; *9*—нажимная гайка; *10*—нажимное кольцо; *11*—прокладка; *12*—угольник.

Переоборудование паровозного парка кранами „Эверластинг" или „Окейди", дооборудование дополнительными продувочными кранами этих же типов, расположенными в задней части кожуха топки, установление приборов верхней продувки и глушителей при существующих видах водоподготовки обеспечит закрепление межпромывочных пробегов паровозов порядка 25—30 и выше тысяч километров.

ГЛАВА VI

ПРИМЕНЕНИЕ ХРОМАТНОЙ СМЕСИ

Фосфатная смесь, применяемая на сети дорог как антинакипное средство, хотя и обладает в известной мере антикоррозионными свойствами, в целом ряде случаев не в состоянии предохранить металл котлов от активной коррозии.

Там, где агрессивные свойства питательных вод настолько велики, что имеются случаи лопания жаровых и дымогарных труб, подъедание связей, анкерных болтов и тяжей, появление раковин на отдельных частях топки, — надо применять хроматную смесь. Бихромат натрия в этой смеси необходим для защиты котельного железа от разъедания. Он покрывает поверхность нагрева устойчивой хромовой пленкой, которая защищает металл от агрессивного действия котловой воды.

Благодаря отрицательному действию бихромата на накипеобразующие соли, выражающемуся в цементации накипи, в котел оказалось необходимым вместе с бихроматом натрия вводить тринатрийфосфат и каустическую соду, которые не только уменьшают процессы цементации, но и предупреждают накипеотложение в котле.

Хроматная смесь составляется из трех вышеуказанных компонентов: бихромата натрия, тринатрийфосфата и каустической соды.

В состав хроматной смеси дубовый экстракт не вводится, потому что при высоких температурах он окисляется бихроматом натрия, теряет при этом свои коллоидные свойства, свертывается и выпадает в осадок. Ввиду этого вводимый в котел дубовый экстракт в присутствии бихромата натрия не предохраняет котел от накипеотложений и кислородной коррозии, а только загрязняет его. Кроме того, дубовый экстракт снижает количество вводимого бихромата натрия, раскисляет его, входя с ним в химическую реакцию.

Наблюдения за паровозами, работающими на хроматной смеси, в которую одновременно вводился дубовый экстракт, целиком подтвердили все вышесказанное.

При применении хроматной смеси большое значение имеет жесткость питательной воды. Эту смесь можно применять только на тех участках, где есть предварительная водоочистка. Чем ниже остаточная жесткость очищенной воды, тем меньше опасность цементации накипи. Кроме того, с понижением остаточной жесткости очищенной воды (на агрессивных водах остаточная жесткость обусловливается главным образом солями магния) уменьшится количество магниевых солей, которые способствуют ускорению процессов разъедания.

1. Приготовление раствора хроматной смеси

Хроматная смесь составляется из сухого тринатрийфосфата (в размельченном виде) и отдельно приготовленных растворов бихромата натрия и каустической соды.

Для приготовления раствора бихромата натрия берется бак емкостью 0,5—1,0 м³. Объем бака желательно брать больше. Бак снабжается крышкой и краном в нижней части. Одновременно бак снабжается указательным стеклом и на стенке его

с наружной стороны наносятся деления, показывающие его объем. По количеству растворенного бихромата натрия устанавливают концентрацию раствора. Так например, если в бак ввести 200 *кг* бихромата натрия, налить в него горячей воды до черты, отвечающей емкости 0,5 $м^3$, тщательно перемешать (воздухом, паром или механической мешалкой), то приготовленный таким образом раствор будет соответствовать содержанию 400 *г* бихромата натрия в 1 *л*. Изготовлять раствор бихромата натрия концентрацией ниже 400 *г* на 1 *л* не следует, чтобы объем выдаваемого на каждый паровоз раствора был небольшим.

Ввиду того что в депо бихромат натрия поступает технический (с примесями), содержание в нем чистой соли бихромата натрия обычно колеблется в пределах 90—92%.

В таких случаях деповская лаборатория на основании произведенного анализа дает указания о количестве бихромата натрия, которое необходимо добавить в бак к приготовленному раствору с тем, чтобы концентрация его соответствовала содержанию 400 *г* бихромата натрия в 1 *л* раствора.

Пример. При анализе приготовленного раствора оказалось, что в 1 *л* его содержится бихромата натрия 360 *г*. Так как концентрация должна быть 400 *г* в 1 *л*, то приготовленный раствор будет слабее на 40 *г* на 1 *л*. При емкости бака 0,5 $м^3$ в него необходимо добавить $40 \cdot 500 = 20\,000$ *г* или 20 *кг* бихромата натрия.

Если при загрузке 200 *кг* бихромата натрия в баке емкостью 0,5 $м^3$ получилась концентрация раствора, равная содержанию 360 *г* в 1 *л*, то количество его в баке будет $360 \cdot 500 = 180\,000$ *г* или 180 *кг*. Следовательно, в 1 *кг* загруженного продукта чистой соли бихромата натрия содержится $180\,000 : 200 = 900$ *г* $= 0{,}9$ *кг* (90%). Количество бихромата натрия, которое необходимо ввести в бак дополнительно, равно $\frac{20}{0{,}9} = 22{,}2$ *кг*.

Способ приготовления раствора каустической соды см. на стр. 42—43.

Учитывая разъедающее действие бихромата натрия и каустической соды на кожу человека и порчу ими платья и обуви, необходимо при изготовлении раствора соблюдать осторожность. При дроблении бихромата натрия и каустической соды надо пользоваться соответствующей спецодеждой (прорезиненные фартуки, резиновые рукавицы и резиновая обувь) и предохранительными очками.

Хранить хроматную смесь и сухие реактивы надо в изолированном теплом помещении с температурой воздуха не ниже 5°. В этом помещении должен быть установлен вентилятор.

Выдача хроматной смеси на паровоз производится следующим способом: в ведро емкостью 8—10 *л* всыпают отвешенный в потребном количестве порошкообразный тринатрийфосфат, обливают его установленным количеством раствора бихромата

натрия и добавляют к ним установленное количество раствора каустической соды. Учет расхода хроматной смеси производится так же, как и фосфатной смеси.

2. Порядок перевода паровозов на хроматную смесь

Перед переводом паровозов какого-либо депо на питание хроматной смесью необходимо произвести подробное обследование: состояния котельного хозяйства данного депо, состояния водоснабжения и качества водоочистки на плечах данного тягового участка.

Ввиду особой важности вопроса перевода паровозов на хроматную смесь обследование должно производиться только при участии представителей паровозной службы дороги и паровозного управления НКПС.

При обследовании должно быть обращено особое внимание на улучшение качества очищенной воды в части понижения остаточной жесткости и осветленности ее.

Переводу на хроматную смесь подлежат только паровозы, очищенные от накипи.

Оставшаяся накипь в котлах при применении хроматной смеси будет цементироваться и вызывать не только перегрев котельного железа, но и способствовать течи труб и связей.

Поэтому переводу на хроматную смесь должны подлежать только те паровозы, которые вышли из заводского ремонта, после сплошной смены труб или капитальной чистки котла. Каждый паровозный котел предварительно должен быть осмотрен. Результаты осмотра необходимо зафиксировать актом, в котором отмечается: состояние потолка и боковых стенок огневой коробки, боковых стенок кожуха топки, связей, анкерных болтов, а также продольных и поперечных тяжей, лобового и ухватного листов топки, задней стенки огневой коробки, жаровых и дымогарных труб, цилиндрической части котла, питательных труб и состояние предохранительных пробок. При описании разъеданий отдельных поверхностей надо указывать характер их и примерную глубину в миллиметрах.

В конце акта указывается, что продувочный кран осмотрен и смазан. Если на паровозе установлен продувочный кран пробковой конструкции, в акте нужно отметить наличие отводной трубы с переходным штуцером для навинчивания предохранительного крана при продувках.

Осмотр паровозного котла должен производиться компетентной комиссией с обязательным участием в ней начальника депо, котельного мастера, инструктора по хроматной смеси, заведующего промывкой и прикрепленных машинистов.

Осмотр паровозных котлов, переводимых на питание водой с добавками к ней хроматной смеси, комиссией указанным выше порядком должен быть признан обязательным для всех паровозов.

При первой теплой или холодной промывке паровозного котла после начала питания его хроматной смесью надо производить вторичный осмотр до и после промывки. Результат действия хроматной смеси фиксируется актом, в котором отмечается межпромывочный пробег, дозировка смеси на 1 *m* испаренной воды и состояние всех частей и деталей паровозного котла, отмеченных в первом акте, составленном при переводе этого паровоза на питание хроматной смесью. В акте необходимо указать характер и количество шлама (высота его слоя на обвязочном кольце). Шлам обладает способностью уплотняться в зависимости от времени нахождения его в котле. В случае нерегу-

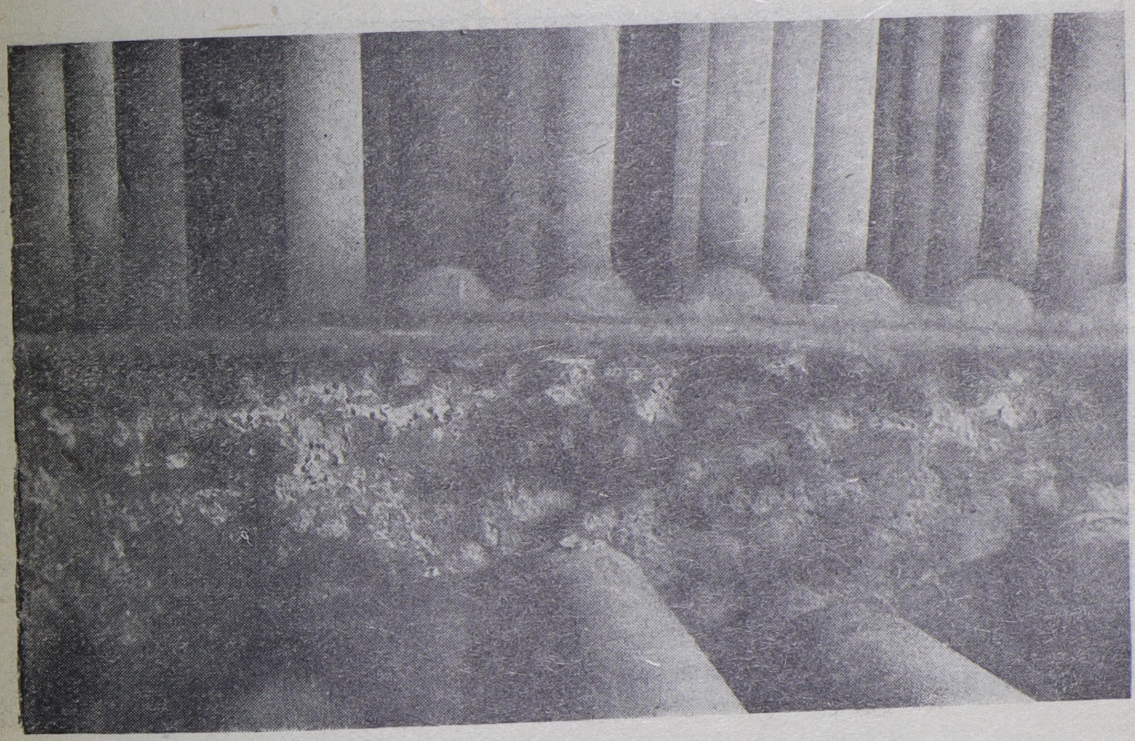

Рис. 33. Коррозия загиба огневой решетки.

лярных продувок он отлагается на обвязочном кольце в виде тяжелой, вязкой, трудно подвижной массы. Поэтому чем легче, рыхлее и подвижнее шлам, тем регулярнее производились продувки данного паровозного котла.

Кроме того, в акте отмечается эффективность действия хроматной смеси в смысле защиты котельного железа от разъедания: покрытие пленкой из хромовых соединений всей поверхности нагрева котла, прекращение процессов коррозии в старых раковинах, образование в них пленок.

Применение хроматной смеси на агрессивных водах Южно-Донецкой ж. д. полностью себя оправдало. Ликвидированы случаи лопанья жаровых и дымогарных труб, нет случаев подъедания и обрывов связей, анкерных болтов, тяжей и т. д. Топка, цилиндрическая часть и другие части и детали котла

при применении хроматной смеси покрываются пленкой, которая защищает их от разъедания.

Однако защитные свойства хроматной смеси полностью не распространились на загиб огневых решеток (рис. 33 и 34). Правда, коррозия на них стала протекать со значительно меньшими скоростями, чем до применения хроматной смеси, но все же загибы решеток, как видно из рисунков, необходимо обваривать. Причиной неполной защиты загибов решеток от разъедания при применении хроматной смеси является то, что хромовая пленка в этих местах сбивается скрещивающимися потоками котловой воды.

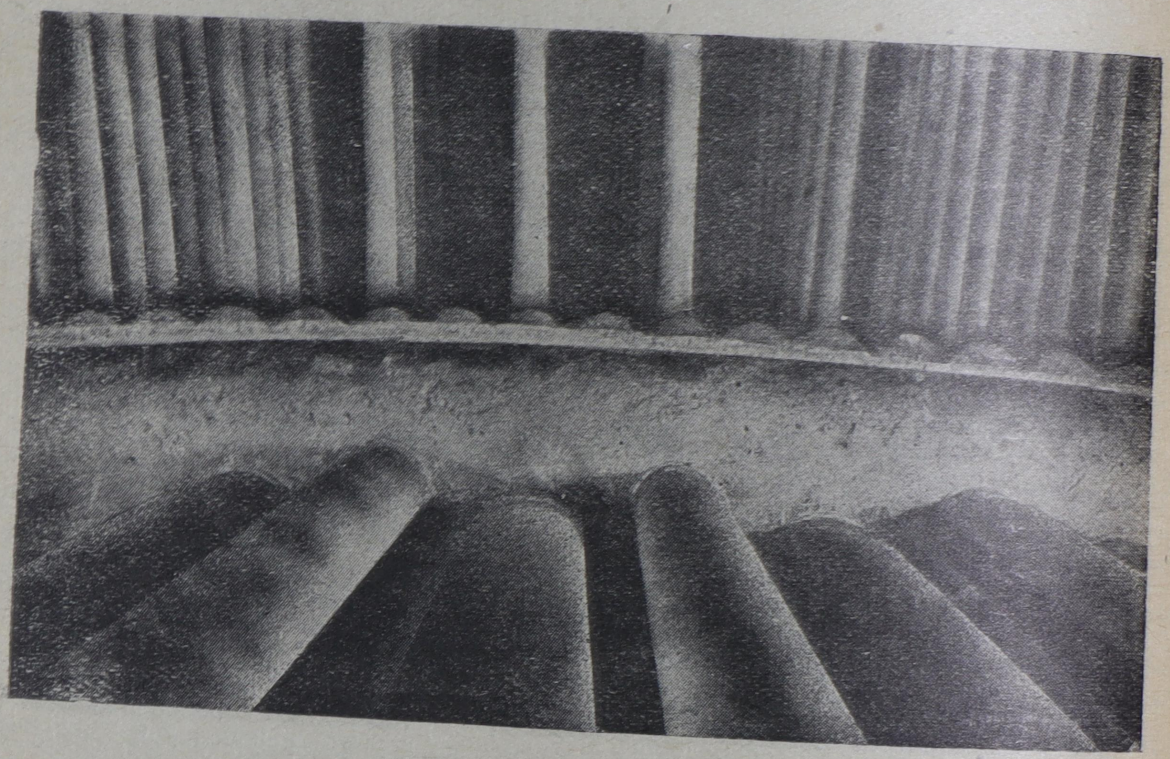

Рис. 34. Коррозия загиба огневой решетки.

Циркуляция воды в котле происходит следующим образом: вода от инжектора по питательным трубам направляется в переднюю часть котла. Выливаясь, она направляется по низу цилиндрической части котла к передней части топки. Часть воды всасывается кипятильными трубами, проходит их и направляется вверх к потолку топки. Далее она проходит над потолком топки к передней части котла. Остальная часть питательной воды, дойдя до огневой решетки, частично направляется в промежутки между огневой коробкой и кожухом топки, частично же к зеркалу испарения. Таким образом, у места огневой решетки получается скрещивание двух потоков: одного, идущего над потолком топки по направлению к передней части котла, и другого, идущего снизу цилиндрической части котла перпендикулярно первому потоку.

После заварки раковин на загибе огневой решетки коррозия

в этих местах протекает очень медленно. Объясняется это тем, что наваренный металл более стоек к коррозии, а также и тем, что на шероховатой обваренной поверхности его создается более устойчивая хромовая пленка.

Таким образом, путем применения хроматной смеси и обварки гребней решетки в эксплуатационных условиях разрешена серьезная задача—найден способ защиты котельного железа от коррозии.

Экономический эффект от применения хроматной смеси заключается:

1) в сокращении расходов на котельный ремонт;

2) в экономии топлива от улучшения процессов парообразования за счет уменьшения накипи в котлах;

3) в увеличении межпромывочных пробегов и, как следствие этого, в улучшении использования паровозов, уменьшении рабочего парка, уменьшении расходов на промывку и заправку паровозов.

Табл. 8 характеризует экономию от применения хроматной смеси на 10 тыс. *т/км* (в копейках) по одному из депо Южно-Донецкой ж. д.

Таблица 8

Расход на хроматную смесь	Экономия				Итого чистой экономии
	на котельном ремонте	от топлива	от заправок	от промывок	
17,5	37	38	6,2	43,8	106,5

Кроме того, заданную работу депо выполняет с рабочим парком на 6 паровозов меньше, чем необходимо было бы без применения хроматной смеси.

3. Дозировки и котловой режим при применении хроматной смеси

При переводе паровозов на хроматную смесь первое время на образование защитной хромовой пленки на поверхностях нагрева расходуется большое количество бихромата натрия. Поэтому в установленной дозировке хроматной смеси бихромата натрия должно даваться больше. После того как защитная пленка уже образуется, количество бихромата натрия в дозировке уменьшается и должно поддерживаться таким, чтобы обеспечить восстановление этой пленки при ее частичном разрушении циркулирующей котловой водой. Так как избытки хромата в котловой воде поддерживать необходимо, а он частично может расходоваться на цементацию накипи, то количество тринатрийфосфата и каустической соды в дозировках, с одной стороны, должно быть таково, чтобы предупреждать накипеотло-

жение, с другой стороны, количество тринатрийфосфата в дозировках устанавливается в зависимости от солевого состава котловой воды. Так как с увеличением плотности котловых вод возрастает склонность их к вспениванию и уносу, то при больших плотностях большое количество тринатрийфосфата может очень сильно увеличить унос.

Количество каустической соды в дозировках устанавливается не только в зависимости от предупреждения отложения накипи, но и в зависимости от натронного режима котловой воды ($N^1 = 100 - 250$) для нейтрализации действия хлористых и других легкорастворимых солей.

На основании многочисленных опытных данных устанавливаются следующие дозировки хроматной смеси.

После наполнения котла водой в него необходимо ввести:

1) для паровозов ФД и ИС 3 *л* раствора бихромата натрия (1,2 *кг* на сухое вещество), 1 *л* раствора каустической соды (400 *г* на сухое вещество) и 100 *г* тринатрийфосфата в сухом виде;

2) для паровозов других серий 2 *л* бихромата натрия (800 *г* на сухое вещество), 0,5 *л* раствора каустической соды (200 *г* на сухое вещество) и 100 *г* тринатрийфосфата в сухом виде.

Во время поездной работы для первого межпромывочного пробега после перевода данного паровоза на хроматную смесь устанавливается следующая дозировка на 1 *т* испаренной воды в *г* (табл. 9).

Таблица 9

Бихромата натрия	Тринатрийфосфата	Каустической соды
25	10	30

В течение 1-го межпромывочного пробега паровоза (первые 2—2,5 тыс. *км* пробега его) в котловых водах при данной дозировке присутствие хромата обнаруживаться не должно, так как он будет целиком расходоваться на образование защитной пленки.

Защитную пленку можно создать в котле и за более короткий срок, но для этого пришлось бы вводить сразу слишком большое количество бихромата натрия в котел, что вызвало бы цементацию накипи, а также сбразование неплотностей в соединениях. Правда, большие концентрации бихромата при этом бывают кратковременны, но тем не менее ввиду вышесказанного, они нежелательны. Поэтому лучше создавать защитную пленку постепенно, чтобы избежать неприятных последствий для котла.

К концу первого межпромывочного пробега после перевода паровоза на хроматную смесь, содержание окиси хрома в котловой воде не должно превышать 120—150 *мг/л*. При таком котловом режиме во время первого межпромывочного пробега образования цементированной накипи не должно быть.

[1] Буквой *N* обозначается натронное число.

В дальнейшем, после перевода паровоза на хроматную смесь (для второго и третьего межпромывочных пробегов), в зависимости от содержания во время работы и при постановке на промывку в котловой воде солей, количество которых определяется плотностью (удельным весом) этой воды, устанавливаются следующие дозировки хроматной смеси на 1 *т* испаренной воды:

1) при удельном весе ниже 1,014 — бихромата натрия 15 *г*, тринатрийфосфата 15 *г* и каустической соды 30 *г*;

2) при удельном весе выше 1,014 дозировка по содержанию бихромата натрия и каустической соды остается той же, но количество тринатрийфосфата снижается до 10 *г* на 1 *т* испаренной воды.

Эти две дозировки сохраняются на все остальные межпромывочные пробеги, во время которых в котел вводится бихромат натрия.

Если при осмотре на промывке будет обнаружена цементация накипи, то в течение четвертого межпромывочного пробега, с момента перевода паровоза на хроматную смесь, бихромат натрия не вводится. Питание котлов производится только тринатрийфосфатом и каустической содой в следующих количествах:

при удельном весе котловых вод ниже 1,014 — тринатрийфосфата 15 *г*, каустической соды 30 *г* на 1 *т* испаренной воды;

при удельном весе выше 1,014 — тринатрийфосфата 10 *г*, каустической соды 30 *г* на 1 *т* испаренной воды.

В последующем чередование в питании котлов с бихроматом натрия и без него устанавливается в зависимости от наличия или отсутствия цементации накипи. Если таковая происходит, то необходимо делать перерыв в питании бихроматом, если цементация накипи отсутствует, то питание котлов должно производиться по обычным дозировкам.

Во всех случаях при питании хроматной смесью в котловых водах окиси хрома должно быть 15—40 *мг/л*. После образования защитной пленки при содержании в котловой воде окиси хрома более 40 *мг/л* уже начинается цементация накипи. Поэтому в случае, если количество окиси хрома будет больше 40 *мг/л*, деповская лаборатория прекращает на 1—2 поездки введение в смесь бихромата натрия или уменьшает его количество.

Во время потушки паровоза, при искусственном или естественном охлаждении котла, ввиду разницы коэфициентов расширения и сжатия котельного металла и хромовой пленки, последняя в целом ряде мест разрывается. Кроме того, при промывке струей воды часть пленки также будет сбиваться с поверхности нагрева.

Поэтому независимо от того, будет в данный межпромывочный пробег вводиться бихромат натрия или нет, в котел после

напуска воды необходимо залить для паровозов ФД и ИС 2 *л* раствора бихромата натрия (800 *г* на сухой бихромат), 1 *л* раствора каустической соды (400 *г* на сухой каустик) и засыпать 100 *г* сухого тринатрийфосфата. Для паровозов других серий: раствора бихромата натрия 1,5 *л* (600 *г* на сухой бихромат), 0,5 *л* раствора каустической соды (200 *г* сухого каустика) и 100 *г* тринатрийфосфата.

Заливка хроматной смеси производится перед водонабором в основном и оборотном депо. Количество ее рассчитывается по количеству испаренной воды в соответствии с установленной дозировкой.

Пример. От основного до оборотного депо расходуется 40 *т* воды, а от оборотного до основного—32 *т*. Плотность котловой воды 1,015, поэтому дозировка должна быть: бихромата натрия 15 *г*, тринатрийфосфата 10 *г* и каустической соды 30 *г*, из расчета на сухое вещество на 1 *т* испаренной воды.

Количество реактивов, подлежащих заливке, в основном депо составит: для бихромата натрия $15 \cdot 40 = 600$ *г* сухого вещества или 1,5 *л* раствора, содержащего 400 *г* на 1 *л* бихромата натрия; тринатрийфосфата $10 \cdot 40 = 400$ *г* сухого вещества; каустической соды $30 \cdot 40 = 1200$ *г* сухого вещества или 3 *л* раствора, содержащего 400 *г* на 1 *л* каустической соды.

Количество реактивов, подлежащих заливке в оборотном депо, составит: бихромата натрия $15 \cdot 32 = 480$ *г* сухого вещества или 1,2 *л* раствора; тринатрийфосфата $10 \cdot 32 = 320$ *г* сухого вещества; каустической соды $30 \cdot 32 = 960$ *г* $\cong 1000$ *г* или 2,5 *л* раствора.

Процесс составления и введения в тендер хроматной смеси в соответствии с данным примером заключается в том, что в основном депо перед набором воды в ведро емкостью 8—10 *л* высыпают отвешенный тринатрийфосфат в количестве 400 *г* и обливают его 1,5 *л* раствора бихромата натрия и 3 *л* раствора каустической соды. Эта смесь выливается в люк тендера, ведро ополаскивается водой, которая также сливается в тендер.

Для заливки в оборотном депо на паровоз выдается бидон или ведро, куда кладут отвешенный тринатрийфосфат в количестве 320 *г*, вливают туда 1,2 *л* раствора бихромата натрия и 2,5 *л* раствора каустической соды. Заливка производится в оборотном депо перед набором воды.

Ведро также тщательно ополаскивается и эта вода сливается в тендер.

При применении хроматной смеси особую роль играет деповская химическая лаборатория. На ее ответственности лежит не только наблюдение за составом котловых вод, но и за тем, чтобы на участке жесткость очищенной воды не превышала 5 градусов. Содержание окиси хрома в котловых водах не должно превышать 15—40 *мг/л*. Плотность котловых вод не

должна превышать 2° Б или 1,014 по удельному весу, а щелочный режим котловых вод делжен быть равным 100—250 *мг/л*, считая по натронному числу.

Хроматная смесь при правильном ее применении и при регулярных продувках дает положительные результаты. Но если заливка ее производится бесконтрольно, если отсутствует химический контроль за котловыми и очищенными водами, если паровозные бригады регулярно не продувают котлы и если котловые воды имеют большую плотность, содержат большое количество хроматов и механических примесей, такое применение хроматной смеси может принести только вред.

Поэтому начальник депо должен лично регулярно следить за данными химического анализа питательных и котловых вод и на основании их выявлять и устранять все недостатки, нарушающие нормальное применение хроматной смеси.

Одновременно на начальника депо должна быть возложена ответственность за правильное составление хроматной смеси, за своевременное и систематическое питание котлов ею, за инструктирование паровозных бригад и рабочих, связанных с заливкой и приготовлением раствора хроматной смеси.

Начальник депо должен обеспечить выполнение установленных дозировок, установленного котлового режима и графика продувки паровозов.

ГЛАВА VII

КОТЛОВОЙ РЕЖИМ ПАРОВОЗОВ С КОНДЕНСАЦИЕЙ ПАРА

Паровоз с конденсацией пара резко отличается от обычных паровозов без конденсации пара.

Основная особенность паровозов с конденсацией пара заключается в том, что отработавший пар из паровой машины не выбрасывается через конус в атмосферу (как это происходит у паровозов без конденсации пара), а направляется по специальному трубопроводу в холодильник-конденсатор, расположенный на тендере. Здесь отработавший пар превращается в воду и постепенно стекает в конденсатный бак. В последующем при помощи питательных водяных насосов вода из конденсатного бака вновь подается в котел.

Таким образом, паровоз с конденсацией пара имеет круговой замкнутый цикл превращения воды в пар и обратно пара в воду.

Принцип работы паровоза с конденсацией пара легко уяснить из схемы, указанной на рис. 35. Пар из котла, проделав тот же самый путь, что и в обычном паровозе, поступает в золотники и далее в цилиндры паровой машины. Совершив работу в цилиндрах паровой машины, пар немного конденсируется и с давлением 0,6—0,8 *ат* по пароисходящим трубам подходит к водоотделителю *1*. Водоотделитель представляет собой цилиндр,

внутри которого помещены цилиндрическая сетка и вертикальная перегородка, разделяющая камеру водоотделителя на две части. Таким образом, влажный пар, пройдя через сетку, теряет часть влаги, которая собирается в коническом днище и при помощи особого крана, связанного с приводом цилиндропродувательных кранов, может быть удалена.

Освободившись от частиц воды, пар из водоотделителя по трубопроводу подходит к корпусу турбины дымососа *2*, расположенного с левой стороны дымовой камеры.

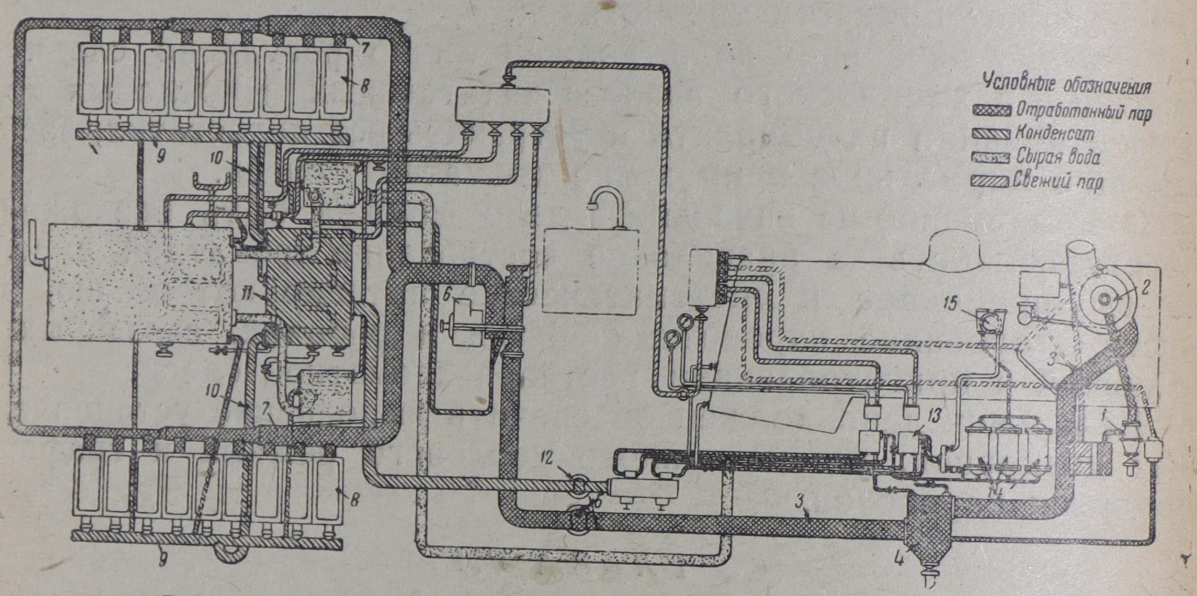

Рис. 35. Схема работы паровоза с конденсацией пара.

Пар, пройдя через направляющий аппарат, поступает на рабочее колесо (ротор) турбины дымососа и заставляет вращаться вал, на котором насажено вентиляторное колесо.

Вентиляторное колесо, вращаясь, засасывает горячие газы из дымовой камеры и выталкивает их в атмосферу через дымовую трубу. Число оборотов турбины зависит от количества поступающего пара в цилиндры паровой машины. Чем больше расход пара в машине, тем большее число оборотов развивает турбина.

Совершив работу в турбине, пар с давлением 0,4—0,6 *ат* по трубе мятого пара *3*, расположенной с левой стороны котла, направляется к тендеру. На своем пути пар проходит через маслоотбойник *4*. Назначение маслоотбойника или механического маслоотделителя—отделить частицы масла, увлекаемые паром из цилиндров паровой машины, паровоздушного и водяных насосов. Очистившись частично от масла, пар по трубе *3* направляется через шаровое телескопическое соединение *5* (находящееся между паровозом и тендером) в конденсатор.

Но прежде чем пройти в конденсатор, пар подходит ко второй турбине, установленной на тендере между угольной ямой и самим холодильником.

Пар поступает в турбину *6* с давлением 0,3—0,5 *ат* и, пройдя

через направляющий аппарат, направляется на рабочее колесо турбины вентиляторов. Таким образом, пар, совершив работу в третий раз в турбине вентиляторов, выходит из нее с давлением менее 0,1 *ат* и поступает в коллекторы 7, расположенные в верхней части с обеих сторон конденсатора. Из верхнего коллектора пар поступает одновременно в 18 секций конденсатора *8*, расположенных по 9 шт. с каждой стороны.

Вентиляторы производят принудительную подачу воздуха. Каждый вентилятор обслуживает только 6 секций, по три с каждой стороны.

Секция конденсатора состоит из 140 эллиптических трубок, изготовленных из красной меди с насадками из белой жести. Пар, проходя из верхнего коллектора в секции, проходит по этим тонким трубкам, которые снаружи омываются потоком холодного воздуха. Таким образом, пар, проходя по трубке сверху вниз, отдает ей свое тепло, охлаждается и превращается в воду (конденсат), которая собирается в нижнем коллекторе *9*, а затем по сливной трубе *10* поступает в конденсатный бак *11* емкостью 3000 *л*.

Поскольку конденсат содержит в себе значительное количество масла, а попадание масла в котел недопустимо, так как оно вредно отзывается на состоянии топки, связей, дымогарных и жаровых труб, вода, прежде чем поступить к питательным насосам, проходит через фильтры с сизальской пряжей или с чеканом (рогозой), расположенные в конденсатном баке, где и происходит вторая очистка конденсата от масла.

По водоприемной трубе вода через шаровые соединения *12* проходит к инжекторной коробке и далее к питательным насосам *13*.

Из насоса вода поступает по трубопроводу к угольным фильтрам *14*, расположенным под котлом на раме паровоза. Угольных фильтров три и установлены они также для отделения масла от конденсата. Включение фильтров параллельное, т. е. вода тремя потоками поступает одновременно во все три фильтра. Пройдя через фильтры, вода поступает к питательному кувшину *15* и далее в котел.

Как видно из схемы работы паровоза с конденсацией пара, при проектировании паровоза вопросам отделения масла из пара и конденсата было уделено очень большое внимание.

Масло, поступающее вместе с питательной водой, приносит вред котлу из-за малой своей теплопроводности. Как уже указывалось в разделе о теплопроводностях накипей, покрытие поверхности нагрева маслом или промасленной накипью вызывает сильный перегрев котельного железа и как следствие этого выпучины, отдулины и т. д. Поэтому качество конденсата должно быть таковым, чтобы в нем было возможно меньше масла. Удовлетворительным конденсатом считается такой, который содержит не более 1 *мг/л* масла.

Отработавший пар в механическом маслоотбойнике очищается от масла на 60—65%. Поступающий из холодильника в конденсатный бак конденсат содержит масла 9—37 *мг/л*.

В результате очистки конденсата от масла при проходе его через фильтры с сизальской пряжей содержание масла в нем остается 3—17 *мг/л*. В фильтрах с активированным углем конденсат проходит заключительную стадию своей очистки и с содержанием масла 0,45—6 *мг/л* поступает в котел. Чем больше расходуется на паровозе смазки, тем больше будет замасливание конденсата.

Из приведенных цифр видно, что вместе с питательной водой в котел паровозов с конденсацией пара иногда поступает большое количество масла. Кроме того, на ухудшение состояния паровозного котла оказывает влияние чрезмерное добавление сырой воды к конденсату. Чем больше добавляется сырой воды, тем больше в котел вводится накипеобразователей, которые промасленной массой отлагаются на поверхностях нагрева.

Поэтому при эксплуатации этих паровозов должно быть обращено серьезное внимание: на уменьшение расходов смазки и потерь воды, на улучшение работы маслоотделительной системы и на обезвреживание масла и накипеобразователей, попадающих в котел.

В каждом депо должна вестись борьба с нерациональным расходом смазки. Не единичны случаи, когда одни машинисты потребляют до 2,5 *кг* масла на 100 поездо-километров (на один цилиндр паровоза), между тем как другие снижают этот расход до 1,4—1,5 *кг* на 100 поездо-километров. Практика показала, что эта норма относится и к эмульсионной смазке, хотя последняя содержит около 50% воды. Это еще в большей степени снижает расход смазки, а следовательно, уменьшает замасливание конденсата.

Такой небольшой расход смазки обеспечивается правильным ремонтом пресс-масленок и обратных клапанов, внимательным отношением к регулировке подачи масла и к работе фильтров.

Так как эмульсионная смазка содержит 50% воды, она боится как высоких температур, так и низких. В первом случае вода, содержащаяся в смазке, стремится вскипеть, во втором— замерзнуть. Поэтому необходимо на зиму пресс-масленки обшивать кожухом из листового железа, а между кожухом и корпусом пресс-масленки помещать обогревающий змеевик, деревянную и асбестовую изоляцию.

Все трубки пресс-масленки должны быть собраны в общий пучок, изолированы, обшиты общим кожухом и размещены за пресс-масленкой. При этом нужно добиться того, чтобы маслопроводные трубки не охлаждались.

Одновременно внимание работников депо должно быть направлено на сокращение утечек пара, а следовательно, и потерь воды. Паровоз с конденсацией пара должен расходовать воды

в 20—25 раз меньше обычного паровоза. Это значит, что на 100 поездо-километров он должен израсходовать не более 1,2—1,5 *т* воды. Выполняется эта норма пока только лучшими машинистами. Для того чтобы добиться снижения расходов воды, прежде всего нужно установить периодический осмотр машины, во-время отремонтировать все соединения паро- и водотрубопроводов, насосов, арматуры, устранить течь, могущую возникнуть в радиаторах на тендере, не выпускать из депо паровозов с малейшим парением сальников. Для этого депо должно быть обеспечено необходимым материалом, инструментом для соединения частей и деталей; работники депо должны производить ремонт по чертежам, соблюдая установленные техническими условиями размеры и качество материала.

Нужно организовать обмен опытом по правильному отоплению котлов, с тем чтобы во время работы паровозов не было случаев выбрасывания пара в атмосферу.

Кроме того, необходимо хорошо очищать конденсат от масла, для этого надо строго соблюдать сроки по замене сизальской пряжи или чекана в фильтрах конденсатного бака не реже чем через 2 000—2 500 *км* пробега. Активированный уголь в фильтрах надо менять через 22—25 тыс. *км* пробега.

Каждый пакет в фильтрах конденсатного бака должен быть заполнен новой или регенерированной (очищенной) старой пряжей в количестве не менее 3 *кг*, а на набивку трех барабанов надо затрачивать не менее 180 *кг* активированного угля. Особо тщательно надо следить за тем, чтобы активированный уголь не попадал в котел. Если при осмотре котла на промывке в нем обнаруживается активированный уголь, необходимо немедленно произвести перезарядку всех барабанов угольных фильтров.

В конденсатном баке над водой всегда имеется слой масла. Если количество воды в нем уменьшится до 1 *т* и при этом будут качать насосы, то в котел может засосаться вместе с конденсатом большое количество масла. Поэтому во время работы паровоза нельзя допускать откачивания конденсата в котел из конденсатного бака, если в нем воды меньше 1 *т*. Одновременно все паровозы должны быть дооборудованы маслосдувателями, устанавливающимися в конденсатных баках. Маслосдуватели были испытаны в депо им. Ильича и дали положительные результаты. На каждой обточке паровоза надо производить осмотр и тщательную очистку механического маслоотбойника путем промывки его горячей водой.

На основании произведенных опытов установлено, что в щелочной среде прилипание масла к поверхности нагрева резко уменьшается. При натронных числах 200—450 количество масла на стенках уменьшается в 16—20 раз в сравнении с замасливанием стенок в нещелочной среде.

Вводимая щелочь (тринатрийфосфат и каустическая сода),

производя действие на накипеобразующие соли, образует известное количество шлама в котловой воде. Шлам, обладая способностью коагулировать (обволакивать и осаждать) масло, резко снижает количество последнего в котловых водах. До щелочения масла в котловых водах было в пределах 85—150 *мг/л*, при щелочении количество масла снизилось до 2—8 *мг/л*.

Щелочение котловой воды резко улучшило состояние паровозных котлов. До щелочения был зафиксирован целый ряд случаев (депо Котельниково Сталинградской ж. д., депо Ильича Западной ж. д.) появления выпучин. Слой промасленной накипи доходил толщиной; до 2 *мм* количество масла в ней до 18—23%. После установления определенного щелочного режима отложение новой накипи прекратилось. Действие щелочи на старую накипь выразилось, с одной стороны, в том, что из последней выщелачивалось масло (оставалось 4—8%), с другой стороны, очень медленно и ровно уменьшалась толщина самого слоя накипи.

Паровозные котлы, переведенные с самого начала на питание тринатрийфосфатом и каустической содой, были совершенно чисты от отложений промасленной накипи.

Для поддержания нормального щелочного режима в котле, обеспечивающего отсутствие отложения в нем накипи и замасливания стенок, необходимо на каждые 100 паровозо-километров при работе на всех водах с жесткостью до 20 нем. градусов (кроме щелочных вод) давать в бак с сырой водой 600 *г* каустической соды и 200 *г* тринатрийфосфата (и то и другое считая на сухое вещество). В результате введения каустической соды и тринатрийфосфата в указанных дозах в котлах устанавливается натронное число в пределах 150—300 *мг/л*. В случае повышения натронного числа выше 300, заливка прекращается, в случае снижения натронного числа ниже 150 *мг/л* производится добавочная заливка каустической соды и тринатрийфосфата в тех же соотношениях.

Кроме того, для вод с жесткостью выше 8 нем. градусов на участках, где нет предварительной водоочистки, после каждой промывки котла необходимо вводить в него в виде раствора 2 *кг* каустической соды и 300 *г* сухого тринатрийфосфата (то и другое считается на сухое вещество). Такое же количество каустической соды и тринатрийфосфата после промывки вводится в бак сырой воды.

Учитывая, что в котел паровоза вводится тринатрийфосфат и каустическая сода, а шлам, образующийся при этом, поглощает масло, необходимо производить продувки на ходу паровоза при открытом регуляторе. Количество выдуваемой при этом воды должно быть от 0,75 до 1,0 *т* на 100 паровозо-километров. На регулярность продувки необходимо обращать особое внимание, так как промасленный шлам, если его не удалять, мо-

жет пригорать на поверхностях нагрева, вызывая тем самым возможность перегрева металла.

Кроме того, причиной перегрева металла могут явиться механические примеси, содержащиеся в сырой воде. Так например, весной во время половодья вода часто несет большое количество взвешенных глинистых веществ, которые, отлагаясь в котле, будут неминуемо поглощать масло и создавать опасность для перегрева металла котла. Поэтому во время половодья и непосредственно после него необходимо увеличить наблюдение за котлом, приняв все меры к осветлению воды.

ГЛАВА VIII

КОНТРОЛЬ КОТЛОВЫХ ВОД

Деповская лаборатория осуществляет контроль за качеством питательных и котловых вод паровозов. В отобранных пробах котловой воды производятся следующие определения: жесткость, натронное число, количество хлоридов, количество взвешенных веществ и плотность (удельный вес) воды.

Определение плотности котловых вод имеет существенное значение только при питании паровозов водой, содержащей большое количество легко растворимых солей. Если питательные воды в основном состоят из солей жесткости, то необходимости производить определение плотности котловых вод нет, так как в большинстве случаев она будет равна 1 (единице) по удельному весу. В каждом депо должен быть разработан график по отбору проб котловой воды. При продувках на ходу отбор пробы котловой воды надо производить немедленно по прибытии паровоза в депо, при продувках же на стоянке пробы отбирают после продувки паровоза.

Чем больше жесткость питательных вод на данном участке, а стало быть и дозировка антинакипина, тем чаще необходимо отбирать пробы котловых вод. При питательных водах, жесткость которых выше 20 нем. градусов, пробы котловой воды необходимо отбирать каждую поездку, при питательных водах со средней жесткостью 8—15 нем. градусов—не реже как через одну поездку, а при питательных водах с малой жесткостью, не превышающей 8 нем. градусов, не реже как через две поездки. Пробы питательных вод по данному участку должны отбираться на сокращенный химический анализ не реже 1 раза в месяц и на полный химический анализ не реже 1 раза в 3 месяца.

1. Отбор проб

Проба котловой воды должна отбираться при одном и том же уровне воды в котле, соответствующем $^1/_2$ водомерного стекла. На этом уровне на футляре водомерного стекла должна быть нанесена риска.

Отбор воды производится из нижнего водопробного краника в чистое ведерко или специальную кружку. Отобрав небольшое количество воды, сначала ополаскивают ею ведерко и воду выливают. Только после этого в ведерко отбирают воду для анализа.

Отобранная вода по охлаждении переливается в чистые бутылки, предварительно три раза ополоснутые отбираемой водой. Бутылки хорошо закупориваются пробками; на них наклеиваются этикетки с указанием серии и номера паровоза, давления пара в котле, пробега паровоза от промывки до промывки в километрах, даты отбора и фамилии лица, отобравшего пробу. Количество отбираемой воды должно быть 0,5 *л* при производстве анализов только на жесткость, хлориды и натронное число и 1,5 *л* при определении, кроме того, механических примесей и плотности котловой воды.

Отобранная таким образом проба котловой воды будет иметь более высокую концентрацию солей, чем в котле, благодаря испарению части воды при отборе и охлаждении пробы. Чем больше котловое давление при отборе пробы, тем большее количество воды испарится. Поэтому в полученные результаты анализа должна быть внесена поправка на испарение воды согласно таблице.

Таблица 10

P_k	X	Поправоч. коэфициент	P_k	X	Поправоч. коэфициент
4,0	0,086	0,921	10,5	0,177	0,850
4,5	0,096	0,912	11,0	0,182	0,846
5,0	0,105	0,905	11,5	0,187	0,842
5,5	0,113	0,898	12,0	0,192	0,839
6,0	0,120	0,893	12,5	0,198	0,835
6,5	0,128	0,887	13,0	0,203	0,831
7,0	0,135	0,881	13,5	0,207	0,828
7,5	0,142	0,876	14,0	0,211	0,826
8,0	0,149	0,870	14,5	0,216	0,822
8,5	0,154	0,866	15,0	0,221	0,819
9,0	0,160	0,862	15,5	0,225	0,816
9,5	0,166	0,858	16,0	0,229	0,813
10,0	0,171	0,854	—	—	—

где P_k — давление пара в котле в атмосферах в момент отбора пробы;

X — количество испарившейся при отборе пробы воды в литрах на каждый литр отобранной воды.

Пример. При титровании 0,1 нормальной соляной кислотой с фенолфталеином израсходовано 1,2 *см*³, кислоты с метилоран-

жем израсходовано 1,0 *см*³. Вода имеет жесткость 6,3 нем. градуса, хлора—375 *мг/л*. Проба отобрана из котла при котловом давлении, равном 12 *ат*. Определяем натронное число по известной формуле:

$$\underset{\text{(натронное число)}}{N} = \underset{\text{(едкий натр)}}{NaOH} + \frac{\overset{\text{(углекислая сода)}}{Na_2CO_3}}{4,5}$$

$$NaOH = (1,2-1)\,40 = 8.$$

$$Na_2CO_3 = 1 \cdot 2 \cdot 53 = 106$$

$$N = 8 + \frac{106}{4,5} = 31,5.$$

Но так как мы отбирали воду при давлении в котле, равном 12 *ат*, находим по табл. 11 соответствующую данному давлению поправку. Она равна 0,839, умножением на нее полученной величины натронного числа будем иметь

$$31,5 \cdot 0,839 = 26,4.$$

Истинное натронное число данной котловой воды будет равно 26,4 *мг/л*. Такую же поправку надо вводить и во все производившиеся при анализе определения. Так как жесткость котловой воды по расчету равна 6,3 нем. градуса, умножая ее на поправку, будем иметь истинную жесткость данной котловой воды $6,3 \times 0,839 = 5,28$ или округляя 5,3 нем. градуса.

Содержание хлора в данной воде определили равным 375 *мг/л*, после умножения на поправку будем иметь:

$$375 \cdot 0,839 = 314,6 \text{ мг хлора на } 1 \text{ л}.$$

Из этого примера видна необходимость введения данной поправки на давление.

2. Определение натронного числа

Натронное число есть количественное выражение щелочности котловых вод в миллиграммах на литр едкого натра и углекислого натра (Na_2CO_3), причем количество углекислого натра в формулу натронного числа входит деленное на эмпирический коэфициент 4,5;

$$N = \underset{\text{(едкий натр)}}{NaOH} + \frac{Na_2CO_3}{4,5}.$$

Анализ производится следующим образом.

В эрленмейеровскую колбу отбирают 100 *см*³ профильтрованной котловой воды, прибавляют две капли фенолфталеина и титруют 0,1 нормальной соляной кислотой до исчезновения розового окрашивания. К раствору прибавляют 2 капли метилоранжа и продолжают титрование до появления слабо-розового окрашивания.

Количество кубических сантиметров соляной кислоты, пошедшее на титрование с фенолфталеином, обозначают через $Ф$, а с метилоранжем—через M.

Вычисление содержания едкого натра и соды производится следующим образом:

1-й случай ($Ф$ больше M):

$$NaOH = (Ф - M) \cdot 40 \ мг/л.$$

$$Na_2CO_3 = M \cdot 2 \cdot 53 \ мг/л.$$

Пример:

$$Ф = 6{,}5 \ см^3, \ M = 2{,}5 \ см^3.$$

$$NaOH = (6{,}5 - 2{,}5) \cdot 40 = 160 \ мг/л.$$

$$Na_2CO_3 = 2{,}5 \cdot 2 \cdot 53 = 265 \ мг/л.$$

$$N = 160 + \frac{265}{4{,}5} = 218{,}9.$$

2-й случай ($Ф$ меньше M):

$$NaOH — нет.$$

$$Na_2CO_3 = Ф \cdot 2 \cdot 53 \ мг/л.$$

Пример:

$$Ф = 3{,}0 \ см^3; \quad M = 3{,}5 \ см^3.$$

$$NaOH — нет.$$

$$Na_2CO_3 = 3{,}0 \cdot 2 \cdot 53 = 318 \ мг/л.$$

$$N = \frac{318}{4{,}5} = 70{,}6.$$

Примечание. Если $Ф$ меньше M, как это имеет место в случае 2-м, то в данной воде содержится не только карбонат натрия (Na_2CO_3), но и бикарбонат натрия ($NaHCO_3$) и бикарбонаты щелочно-земельных металлов $Ca(HCO_3)_2$ и $Md(HCO_3)_2$. Если эта разница не очень значительна, то ею можно пренебречь и расчет производить так, как указано во 2-м случае. Если же разница значительна, то при вычислении натронного числа необходимо учитывать двууглекислый натрий ($NaHCO_3$).

В условиях работы парового котла в котловой воде бикарбонатов нет, так как двууглекислый натрий переходит в углекислый: $2NaHCO_3 = Na_2CO_3 + H_2O + CO_2$, а двууглекислые соли щелочно-земельных металлов переходят в нерастворимые углекислые соли, выпадающие в виде осадков. Например:

$$Ca(HCO_3)_2 = CaCO_3 + H_2O + CO_2.$$

В котловых же водах, поступающих на анализ, часто наблюдается наличие бикарбонатов. Присутствие последних объясняется поглощением котловой водой углекислоты воздуха как в момент отбора пробы, так и в период между отбором и

анализом. Поглощаемая углекислота, с одной стороны, переводит нерастворимые углекислые соли щелочно-земельных металлов в растворимые двууглекислые, а, с другой, — углекислый натрий (Na_2CO_3) в двууглекислый ($NaHCO_3$). Вычисление натронного числа в этом случае более сложно и требует определения общей жесткости котловой воды.

Разберем такой случай на примере.

Имеем:

$$Ф = 1{,}4\ см^3,\ M = 4{,}7\ см^3.$$

Общая жесткость 4,5 нем. градуса.

Находим $Na_2CO_3 = 1{,}4 \cdot 2 \cdot 53 = 148{,}4$ *мг/л*.

Бикарбонаты $M - Ф = 4{,}7 - 1{,}4 = 3{,}3$ *см*³.

Количество бикарбонатов, выраженное в немецких градусах, будет равно $3{,}3 \cdot 2{,}8 = 9{,}24$.

Считая всю определенную жесткость временной (постоянной жесткости не может быть, так как в котловой воде имеется сода), получим содержание двууглекислого натрия, выраженное в немецких градусах (как разность между общим количеством бикарбонатов и жесткостью воды $NaHCO_3 = 9{,}24 - 4{,}5 = 4{,}74$, количество $NaHCO_3$, выраженное в *мг/л*, будет равно $4{,}74 \cdot 30 = 142$ *.

Пересчитываем $NaHCO_3$ в Na_2CO_3, умножая количество *мг/л* $NaHCO_3$ на 0,631, получаем общее количество соды:

$$Na_2CO_3 = 148{,}4 + 142 \cdot 0{,}631 = 238\ мг/л.$$

Отсюда натронное число равно:

$$N = \frac{238}{4{,}5} = 52{,}9.$$

3. Определение жесткости

Жесткость воды может определяться как способом Варта-Пфейфера, так и способом проф. Бляхера. Последний способ при малых жесткостях дает более точные результаты, чем способ Варта-Пфейфера и, кроме того, значительно сокращает время производства анализа.

Для котловых вод определение жесткости рекомендуется производить по способу проф. Бляхера, питательных же, особенно с большой жесткостью,—по способу Варта-Пфейфера.

1. Определение жесткости питательных вод способом Варта-Пфейфера

а) Определение временной жесткости

В эрленмейеровскую колбу отбирают пипеткой 100 *см*³ профильтрованной воды, прибавляют 2—3 капли метилоранжа и добавляют из бюретки при постоянном перемешивании 0,1

* Немецкий градус соответствует содержанию 30 *мг* в 1 *л* $NaHCO_3$.

нормальную соляную кислоту до перехода желтого цвета раствора в оранжевый. Число $см^3$ израсходованной кислоты, умноженное на 2,8, есть временная жесткость (вернее общая щелочность) в немецких градусах.

б) Определение общей жесткости

После определения временной жесткости колба нагревается почти до кипения. Затем в нее добавляют 20 $см^3$ смеси Варта-Пфейфера (0,1 нормального раствора), кипятят 3 мин., считая с момента закипания, после этого охлаждают и переливают в мерную колбу на 200 $см^3$, остатки споласкивают дистиллированной водой, переливают в ту же мерную колбу и дополняют ее до метки дистиллированной водой. Тщательно перемешав содержимое колбы, фильтруют через сухой фильтр в чистую эрленмейеровскую колбу. Первые 20—30 $см^3$ фильтрата выливают, а из последующих порций отбирают 100 $см^3$ в эрленмейеровскую колбу, прибавляют одну каплю метилоранжа и титруют соляной кислотой до перехода окраски в оранжевый цвет. Число $см^3$ израсходованной соляной кислоты, обозначенное буквой a, умножают на 2. Произведение вычитают из 20 (количество прибавленной смеси Варта-Пфейфера) и разность умножают на 2,8. Полученная величина есть общая жесткость воды.

Общая жесткость $(20—2a) \cdot 2,8$.

Примечание. Если жесткость воды выше 25 нем. градусов, то или увеличивают количество смеси Варта-Пфейфера или берут на анализ 50 $см^3$ или 25 $см^3$ испытуемой воды. Соответственно меняется расчет.

в) Определение постоянной жесткости

Постоянная жесткость получается как разность между общей и временной жесткостью.

Иногда для вод некоторых источников эта разность выражается отрицательным числом, т. е. как бы временная жесткость больше общей. Это объясняется присутствием в воде бикарбоната натрия, который титруется вместе с бикарбонатами кальция и магния соляной кислотой. Такие воды относятся к разряду щелочных вод.

2. Определение жесткости котловых вод способом проф. Бляхера

При определении жесткости котловой воды поступают следующим образом.

100 $см^3$ испытуемой воды нейтрализуют в присутствии метилоранжа 0,1 соляной кислотой до появления розовой окраски.

Расход соляной кислоты, умноженный на 2,8, есть щелочность воды в немецких градусах. Воду подкисляют еще 2—3 каплями кислоты и кипятят 3—4 мин. для удаления углекислоты.

Накрыв колбочку стеклышком, ее охлаждают и создают в растворе нейтральную среду. Для этого в колбу дается 2—3 капли фенолфталеина и избыток—до появления яркорозовой окраски—0,1 нормального раствора NaOH (едкого натра). После этого раствор точно нейтрализуют 0,1 нормальной соляной кислотой (до перехода розовой окраски в оранжевую) и титруют 0,1 нормальным раствором пальмитиновокислого калия до яркорозовой окраски.

Расход $см^3$ пальмитата умножают на коэфициент его и получают жесткость в немецких градусах. При применении хроматной смеси этим способом пользоваться неудобно ввиду окрашенности вод солями хрома.

Приготовление раствора и установка титра пальмитиновокислого калия (пальмитата)

Приготовление раствора пальмитата калия.

1) 0,1 нормальный раствор пальмитиновой кислоты готовят следующим образом. Отвешивают 25,6 *г* пальмитиновой кислоты химически чистой и совершенно свободной от примеси стеариновой кислоты, переводят навеску в литровую колбу, в которую предварительно влито 300—350 $см^3$ 95-градусного этилового спирта (обычный винный спирт) и 400 $см^3$ глицерина. Нагревают смесь на водяной бане до полного растворения, затем к горячему раствору приливают из бюретки 10%-ный спиртовой раствор едкого калия до появления розового окрашивания с фенолфталеином и оставляют смесь в колбе на 24 часа. По истечении этого срока к обесцветившейся смеси еще приливают раствора едкого калия до появления розовой окраски и доливают 95-градусным спиртом до 1 *л*.

2) 10%-ный спиртовой раствор едкого кали готовится так же, как и 10%-ный водный раствор, но только вместо воды берут 95-градусный спирт.

Титр пальмитиновокислого калия (пальмитата) устанавливается по водному раствору хлористого бария. Точная навеска, равная 1,046 *г* химически чистого хлористого бария ($BaCl_2$), растворяется в мерной литровой колбе. 25 $см^3$ такого раствора соответствуют 6 нем. градусам жесткости.

При установке титра пальмитата в эрленмейеровскую колбу пипеткой отбирается 25 $см^3$ приготовленного раствора хлористого бария и 75 $см^3$ дистиллированной воды (обязательно проверенной на жесткость), добавляется 2—3 капли 0,1 нормальной соляной кислоты и кипятится в течение 3—4 мин. для удаления углекислоты. Покрыв колбу стеклышком, ее быстро охлаждают, дают 2—3 капли фенолфталеина и избыток—до яркорозовой окраски—0,1 нормального едкого натра. Затем раствор точно нейтрализуют 0,1 нормальным раствором соляной кислоты (до момента перехода розовой окраски в оранжевую) и быстро

титруют приготовленным 0,1 нормальным раствором пальмитиновокислого калия до яркорозовой окраски.

Так как израсходованное количество кубических сантиметров пальмитата пошло на титрование 6 нем. градусов жесткости, то при делении цифры 6 на израсходованное количество пальмитата (в *см*³) получим коэфициент пальмитата или, другими словами, узнаем, какой жесткости в немецких градусах будет соответствовать 1 *см*³ пальмитата.

Пример. На титрование 6 нем. градусов жесткости (25 *см*³ приготовленного раствора хлористого бария) пошло 2,4 *см*³ пальмитата. Следовательно, коэфициент его будет равен 6 : 2,4 = = 2,5 нем. градуса или 1 *см*³ пальмитата соответствует 2,5 нем. градуса.

4. Определение хлоридов

В фарфоровую чашку отбирают пипеткой 50 *см*³ испытуемой воды, добавляют две капли фенолфталеина и в случае появления окраски осторожно прибавляют азотной кислоты 0,1N до исчезновения окраски. По обесцвечивании прибавляют 1 *см*³ 5% раствора хромовокислого калия и добавляют из бюретки до изменения желтой окраски в слабо бурую, при постоянном помешивании стеклянной палочкой, раствор азотнокислого серебра, 1 *см*³ которого отвечает 1 *мг* хлора.

Для облегчения определения конца титрования в другую фарфоровую чашку отбирают также 50 *см*³ испытуемой воды и 1 *см*³ хромовокислого калия и сравнивают окраски контрольной и титруемой пробы.

Количество *см*³ азотнокислого серебра, пошедшее на титрование, указывает содержание хлора в 50 *см*³ воды.

Для пересчета на литр количество *см*³ израсходованного $AgNO_3$ умножается на 20.

При содержании в воде хлора больше 50 *мг/л* следует отбирать меньшее количество воды (25, 20, 10 *см*³), соответственно доводя объем до 50 *см*³ дистиллированной водой и увеличивая результаты анализа при пересчете на содержание хлора в 1 *л* воды.

5. Определение удельного веса котловой воды

По плотности—удельному весу—котловой воды можно судить о суммарном содержании в воде легко растворимых солей. С целью снижения плотности котловой воды необходимо применять возможно частые продувки котла. Определение плотности котловой воды производится или весами Мора-Вестфаля или же ареометрами. В последнем случае определение производится следующим образом: в стеклянный цилиндр отбирается котловая вода, охлаждается до температуры 15° и согласно показаниям опущенного в нее ареометра по удельному весу определяется плотность воды.

6. Определение взвешенных веществ (шлама)

Посуду с пробой котловой воды тщательно взбалтывают в течение 2—3 мин., после чего в мерную колбу отбирают 250 *см*³ котловой воды.

Отобранную пробу, взбалтывая, фильтруют через фильтр, высушенный предварительно до постоянного веса при 110° и взвешенный на аналитических весах.

После фильтрации воронку с фильтром помещают в сушильный шкаф и сушат при 110° до постоянного веса.

После сушки (1 ч. 30 м.) фильтр с осадком взвешивается; полученная разница, умноженная на 4, дает нам содержание шлама в котловой воде на 1 *л*.

7. Определение CrO_3 в котловой воде

Необходимые растворы

1) $^1/_{50}$ нормальный раствор соли Моора $Fe(NH_4)_2(SO_4)_2\ 6H_2O$ 8 *г* соли Моора обливают 20 *см*³ концентрированной серной кислоты и разбавляют водой до 1 *л*.

2) $^1/_{50}$ нормальный раствор марганцевокислого калия (перманганат).

3) Разбавленная серная кислота 1:3 (25%).

Ход анализа. К 100 *см*³ отфильтрованной воды добавляют 10 *см*³ серной кислоты (1:3) и титруют $^1/_{50}$ нормальным раствором марганцевокислого калия (перманганат) до появления слаборозовой окраски, стойкой в течение 30 сек. (для окисления органики); это количество перманганата при расчете не учитывается. После этого к испытуемой воде прибавляют точно измеренный пипеткой избыток $^1/_{50}$ нормального раствора соли Моора (примерно 20—30 *см*³, а иногда и значительно больше) до перехода желтой окраски раствора в голубовато-зеленую. Введенный избыток соли Моора оттитровывают обратно $^1/_{50}$ нормальным раствором марганцевокислого калия до перехода окраски из голубовато-зеленой в слаборозовую. Количество CrO_3 в *мг/л* будет равно

$$(A - a) \cdot 0{,}67 \cdot K,$$

где:

A — количество *см*³ $^1/_{50}$ нормального раствора марганцевокислого калия, идущего на титрование, добавленного к испытуемой воде количества *см*³ $^1/_{50}$ нормального раствора соли Моора;

a — расход в *см*³ $^1/_{50}$ нормального раствора марганцевокислого калия, пошедшего на обратное титрование избытка соли Моора;

K — фактор (поправка) к $^1/_{50}$ нормальному раствору марганцевокислого калия;

1 *см*³ $^1/_{50}$ нормального раствора марганцевокислого калия соответствует 0,67 *мг* CrO_3.

Примечание. Ввиду того что раствор соли Моора очень неустойчив—на воздухе восстанавливается, титр его (точнее *А*) должен устанавливаться перед каждым титрованием заново.

Деповская лаборатория должна контролировать качество поступающих химических реагентов, расходуемых на предварительную и внутрикотловую обработку воды. Во всех случаях результаты анализов их должны удовлетворять следующим условиям:

а) известь негашеная должна содержать окиси кальция CaO не менее 60%;

б) кальцинированная сода: содержание Na_2CO_3 не менее 98%, NaCl (хлористого натра), не более 1% (ОСТ 4892);

в) каустическая сода твердая: содержание

NaOH не ниже 94%,
Na_2CO_3 не более 3%,
NaCl не более 2% (ОСТ 5254);

г) каустическая сода жидкая: содержание NaOH в 1 *л* не менее 610 *г*

Na_2CO_3 не более 2%,
NaCl не более 3,75% (ОСТ 4899);

д) тринатрийфосфат: содержание P_2O_5 не менее 15%,

(хлоридов) Cl' не более 0,5%,
(сульфатов) SO_3 не более 1%;

е) хромпик натриевый: содержание Cr_2O_3 не менее 66,3%,

Na_2SO_4 не более 1,3%,
NaCl не более 0,3% (ОСТ 4316);

ж) дубовый экстракт: раствор 400 *мг* в 1 *л* сырой воды должен быть прозрачным и не коагулировать в течение 24 час. Изменение цвета или образование небольшого мелкокристаллического осадка на дне не служит показателем коагуляции,