15 ЛЕТ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕХНОЛОГИИ КОЛЛОИДНОГО ИНГИБИРОВАНИЯ КОРРОЗИИ/ОТЛОЖЕНИЙ ВЕОКРОСОЛ.

БРУСОВ К. Н *НПФ «Колтроникс»,*
СЛЕПЧЕНОК В.С *ГУП «ТЭК Санкт-Петербурга»*

В централизованных системах **теплоснабжения** для **транспортировки** и распределения тепловой энергии потребителям применяются трубопроводы, изготовленных, в основном, из углеродистой стали. Состояние внутренних поверхностей и внутренняя коррозия этих трубопроводов существенно зависят от остаточного содержания кислорода в транспортируемой горячей воде. Для ослабления влияния кислорода в воду добавляют присадки - ингибиторы коррозии/отложений. Многое годы применения нормативного ингибитора коррозии - силиката натрия выявили его слабую антикоррозионную эффективность, возможность появления силикатных накипкй в котлах, ухудшение потребительских свойств горячей воды. 15 лет назад в ГУП «ТЭК Санкт-Петербурга» были впервые проведены испытания технологии коллоидного ингибирования ВЕОКРОСОЛ. которая в настоящее время применяется в двух десятках районных и квартальных котельных, а также в нескольких ТЭЦ ОАО «ТГК-1».

Отличительной особенностью данной технологии является применение химически инертного, нетоксичного и безопасного вещества - углерода в виде монодисперсных частиц диаметром несколько нанометров в концентрациях в 100-1000 раз меньших, чем у химических ингибиторов.

Физическая сущность коллоидного ингибирования обусловлена свойствами ржавчины, которая образуется при кислородной коррозии углеродистой стали. Структурно ржавчина представляет твердое тело, состоящее из аморфных и кристаллических частиц оксидов и оксигидроксидов железа коллоидных размеров, которые соединены преимущественно коагуляционными контактами.

Об этом свидетельствуют микроскопические исследования, а также структурно-механические свойства: высокая пористость и низкая прочность сухой ржавчины и быстрое разрушение контактов в кислой среде. Фактически ржавчина представляет сетку, образованную очень мелкими кристаллами и заполненною жидкой средой, состав которой сильно отличается от состава сетевой воды. Сложная надструктура сетки частиц отражает высокую организацию движения в ней потоков среды к поверхности металла, которые несут растворенный кислород и потоков от поверхности, несущих в начале растворенные, а затем конденсирующиеся продукты коррозии. Разделенные потоки быстро доставляют кислород к поверхности и также быстро отводят от нее продукты коррозии. Поэтому коррозия стали очень часто не затухает, несмотря на рост толщины ржавчины.

Частицы коллоидного углерода, проникая в толщу слоя ржавчины, нарушают ее надструктуру и механизм разделения потоков. В результате перенос кислорода к поверхности стали замедляется и коррозия постепенно затухает.

В начале работ по коллоидному ингибированию основное внимание было сосредоточено на его способности снижать рост гидравлического сопротивления стальных водогрейных котлов типа ПТВМ и КВГМ. Стальные водогрейные котлы – это конструкции из большого количества груб малого диаметра, по которым протекает, нагреваясь, сетевая вода. Остаточный кислород вызывает коррозию этих труб и продуцирует ржавчину, которая, отлагаясь на внутренних поверхностях нагрева, сужает проходное сечение труб и приводит не только к росту перепада давления в котлах (перерасход электрической энергии), но и к перегреву металла груб. В результате чего образуются свищи и котел выходит из рабочего состояния. Кроме того, отложения, осаждаясь на внутренней поверхности поверхностей нагрева котла, значительно снижают коэффициент теплопередачи от металла к воле, что приводит к перерасходу топлива при производстве тепловой энергии. Для восстановления исходного сопротивления применяются химические чистки для удаления ржавчины. Являясь вынужденной мерой, химические чистки низко технологичны и травмоопасны. Они создают большое количество отходов и не способствуют длительной работе котлов.

В таблице 1 приведены статистические данные по чисткам котлов в трех котельных предприятия, в которых коллоидное ингибирование применяется начиная с 1993 года, В первой строке приведены сведения по химическим чисткам в период работы систем до использования коллоидного ингибирования. В этот период применялось силикатирование. Во второй строке показано количество химических чисток в этих котельных за весь срок работы котлов с коллоидным ингибированием. Поскольку оба периода не равны, в таблицу введен расчетный показатель - удельное количество чисток в котельной за 1 год. Из таблицы 1 видно, что применение коллоидного ингибирования позволило снизить это показатель в 10-20 раз. Фактически химические чистки из обременительной рутинной процедуры, когда надо было обязательно очищать перед каждым отопительным сезоном 1 -3 котла из четырех, стали очень редкой операцией, которую можно стало планировать и выполнять в удобное для эксплуатации котельной время.

Таблица 1.

Количество химических чисток водогрейных котлов до и при коллоидном ингибировании

Период	1 Правобережная		3 Московская		4 Красносельская	
	всего	на 1 год	всего	на 1 год	всего	на 1 год
1988-1993	15	3,00	7	1,40	9	1.80
1994-2007	3	0,20	1	0,07	3	0,20

Замедление образования ржавчины в котлах при коллоидном ингибировании указывало на замедление действия причины ее образования - кислородной коррозии стали. Срок службы водогрейных котлов при силикатировании составлял 3-4 года. Главной причиной капитальных ремонтов являлся коррозионный износ внутренних поверхностей конвективных пакетов. В таблице 2 приведены данные по капитальным ремонтам уже рассматривавшихся котельных по двум периодам: до применения коллоидного ингибирования с силикатированием и в течение всего срока работы котлов с коллоидным ингибированием.

Таблица 2

Количество капитальных ремонтов водогрейных котлов до и при коллоидном ингибировании

Период	1 Правобережная		3 Московская		4 Красносельская	
	всего	на 1 год	всего	на 1 год	всего	на 1 год
1984-1993	14	1,56	8	0,89	11	1,22
1994-2007	4	0,26	6	0,40	8	0,53

В таблице 2 приведен также расчетный показатель - количество ремонтов в котельной в расчете на 1 год. Из этой таблицы видно, что срок службы котлов в результате коллоидного ингибирования увеличился больше, чем в 2 раза. Большинство котлов надежно работает в течение 8-12 лет. Более длительная работа котлов в ряде случаев ограничена теперь коррозионным состоянием наружных поверхностей, особенно при длительной работе на мазуте.

Важный свойством ингибирования в открытых системах является его воздействие на качество сетевой воды. Углерод является элементом, содержание которого не нормируется санитарными нормами в воде питьевого качества, хотя он может вноситься в нее при водоподготовке и фильтрации с использованием углеродных материалов, из-за коррозии чугуна, использования графитосодержащих уплотнений и пр. Рабочая концентрация коллоидного ингибитора в сетевой воде составляет всего 50-70 мкг/кг и его присутствие в сетевой воде не оказывает влияния ни на один из контролируемых показателей. Важно отметить, что в качества сырья используется технический углерод, производимый нашей промышленностью из природного газа высокой чистоты, в котором практически отсутствуют посторонние примеси. Очень низкие концентрации ингибитора и чистота исходного сырья гарантировано обеспечивают безопасное использование ингибированной горячей воды.

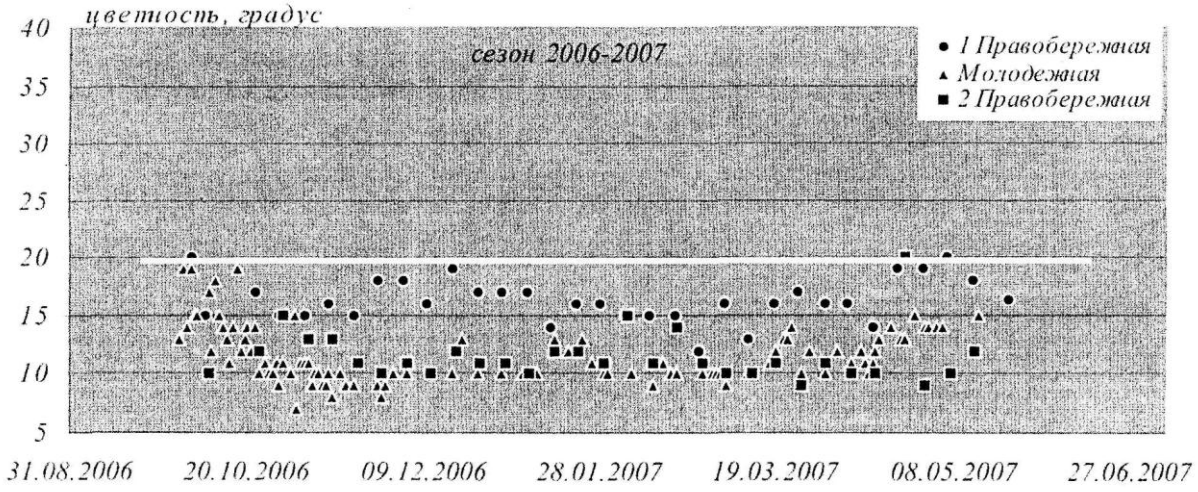


Рис.1. Цветность сетевой воды в отопительном сезоне 2006-2007гг. в некоторых системах централизованного теплоснабжения при коллоидном ингибировании коррозии/отложений.

На рис.1 приведены эксплуатационные данные по цветности сетевой воды в обратном трубопроводе трех районных систем теплоснабжения с коллоидным ингибированием в течение отопительного сезона 2006-2007 г.г. Практически и течение всею сезона цветность воды была ниже нормы 20 градусов. Существенных отличий между прямой, обратной водой и подпиточной водой не наблюдалось. Различия в уровнях цветности были обусловлены качеством исходной водопроводной воды, которой питаются системы теплоснабжения.

При этом превышение цветности горячей воды над холодной водопроводной были обусловлено главным образом трансформацией остаточных органических примесей при ее нагреве в подпиточном тракте. При дополнительной очистке водопроводной воды, применяемой в некоторых системах, цветность сетевой воды может устойчиво поддерживаться на уровне 5-10 градусов.

На цветность сетевой воды влияет содержание в ней продуктов коррозии.

Отсутствие заметного приращения цветности сетевой воды над подпиточной показывает, что коллоидное ингибированное способствует замедлению коррозии не только в котлах, но и в сетевых трубопроводах тепловой сети.

Для непрерывного дозирования ингибитора ВЕОКРОСОЛ в сетевую воду открытых и закрытых систем централизованного теплоснабжения в период их работы была разработана и внедрена установка УНД.

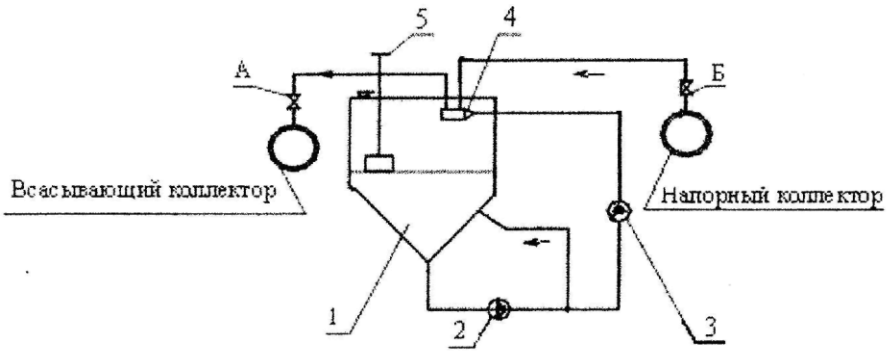


Схема подключения и работы установки УНД

Установка, состоит из бака запаса концентрата ингибитора ВЕОКРОСОЛ (1), циркуляционного насоса (2) для периодического перемешивания и подачи на дозирование концентрата ингибитора, мембранного электромагнитного дозирующего насоса (3) для дозирования ингибитора с постоянным расходом, гидродинамического смесителя (4), поплавкового уровнемера с концевым выключателем нижнего уровня (5). Установка присоединена к водяным коммуникациям котельной двумя трубопроводами. Один трубопровод присоединен к линии высокого давления (далее трубопровод высокого давления). по другому трубопроводу (далее трубопровод низкого давления) ингибитор транспортируется к точке его ввода в сеть. Принцип действия установки заключается в следующем. Из линии высокого давления (например, напорного коллектора подпиточного или сетевого насоса) забирается часть подпиточной или сетевой воды и подается в гидродинамический смеситель (4). Одновременно в гидродинамический смеситель (4) дозирующим насосом (3) подается с постоянным расходом концентрат ингибитора ВЕОКРОСОЛ. В гидродинамическом смесителе происходит завершающее диспергирование и предварительное разбавление ингибитора в потоке. Из смесителя разбавленный ингибитор вместе с потоком подается в точку дозирования (всас подпиточных или сетевых насосов, деаэраторы), где происходит окончательное разбавление ингибитора до заданной концентрации. Поплавковый уровнемер (5) показывает текущий объем концентрата ингибитора в баке. При полной выработке запаса концентрата ингибитора уровнемер автоматически отключает циркуляционный насос (2) и дозирующий насос (3).

Выводы:

1. На всех котельных за все время применения ингибитора ВЕОКРОСОЛ технологических нарушений в работе тепломеханического оборудования из-за применения ингибитора выявлено не было.
2. Применение ингибитора ВЕОКРОСОЛ значительно улучшило качество горячего водоснабжения (снижение цветности сетевой воды).
3. Отсутствие заметного приращения цветности сетевой воды над подпиточной показывает, что коллоидное ингибирование способствует замедлению коррозии не только в котлах, но и в сетевых трубопроводах тепловой сети.

Внутренняя коррозия трубопроводов тепловой сети

Существующие системы теплоснабжения Санкт-Петербурга характеризуются высокой повреждаемостью, большими тепловыми потерями и, как следствие, недостаточной (ниже расчетной) экономичностью эксплуатации тепловых сетей.

Низкая надежность и экономичность тепловых сетей – следствие технической политики, проводившейся в нашей стране на протяжении нескольких десятилетий. Существующие трубопроводы тепловых сетей быстро изнашиваются, теряют свою герметичность. Снижение надежности трубопроводов и их разгерметизация значительно увеличивают непроизводительные затраты в предприятиях по эксплуатации тепловых сетей. Общие непроизводительные затраты и ущерб в городском хозяйстве может достигать 150-180 тыс. рублей на 1 км тепловой сети в год.

Утечки в системах теплоснабжения приводят к изменению водного режима прилегающих территорий, её подтоплению, а также к повышению коррозийной активности грунтов. Изменение гидрогеологического режима территории оказывает негативное воздействие на все здания и сооружения, построенные как на поверхности, так и под землёй. По оценкам ряда учёных, значительное ухудшение санитарно-эпидемиологического состояния жилых помещений, особенно расположенных на первых этажах, связано с подтоплением территории в результате аварий трубопроводов.

Кроме непосредственного отрицательного влияния вследствие разлива воды, разгерметизация трубопроводов вызывает необходимость проведения ремонтно-строительных работ по их восстановлению. Подобные работы, выполняемые в городских условиях, иногда требуют перекрытия проезжей части дорог, либо закрытия одной или нескольких полос движения, что нарушает нормальный ритм функционирования транспортного хозяйства города. Это приводит к замедлению движения автомобилей, к увеличению выброса вредных веществ с выхлопными газами, а также к увеличению (в 3-10 раз) количества дорожно-транспортных происшествий.

Возьмем, к примеру, анализ состояния трубопроводов ведущей теплоснабжающей организации г. Санкт-Петербурга ГУП «ТЭК СПб».

По состоянию на 01.01.2007 в Санкт-Петербурге эксплуатируется 5359,142 км тепловых сетей в однотрубном исчислении, находящихся в хозяйственном ведении ГУП «ТЭК СПб» и транспортирующих тепло потребителям от собственных котельных и источников покупной тепловой энергии:

- ГУП «ТЭК СПб» – 3209,312 км (60 %);
- ОАО «ТГК-1» – 2006,486 км (37 %);
- различные ведомства – 143,344 км (3 %).

По срокам эксплуатации тепловые сети предприятия на текущий момент распределены следующим образом:

Таблица 1

Сроки эксплуатации тепловых сетей

Сроки эксплуатации тепловых сетей			Всего
До 15 лет	Свыше 15 до 25 лет	Свыше 25 лет	
2445,206 (46 %)	1515,446 (28 %)	1398,490 (26 %)	5359,142

Таблица 2

Характеристика трубопроводов тепловой сети, транспортирующих тепловую энергию от собственных котельных и источников покупной энергии

Тип нагрузки и количество	Тип прокладки				
	Канальная прокладка, м	Безканальная прокладка, м	Воздушная прокладка, м	Подвальная прокладка, м	Всего, м
Отопительная	465 091,59	786 024,74	142 882,67	578 249,97	1 972 248,97
ГВС однотр.	3 740,40	2 414,90	1 879,70	761,30	8 796,30
ГВС двухтр.	11 158,06	6 810,10	7 643,10	1 512,60	27 123,86
Паропровод	0,00	0,00	13 749,10	0,00	13 749,10

Таблица 3

Характеристика тепловых сетей по способам прокладки

Тип	Канал	бесканальная	воздушная	Подвал	Всего
до 1990	265 537,87	417 343,15	88 360,67	301 949,18	1 073 190,87
1990-1998	138 940,43	267 381,80	44 177,20	211 021,65	661 521,08
1998-2003	60 793,49	87 940,76	17 540,05	60 698,23	226 972,52
с 2003	14 718,27	22 584,03	16 076,65	6 854,81	60 233,76
Всего	479 990,05	795 249,74	166 154,57	580 523,87	2 021 918,23

Большая часть тепловых сетей построена методом подземной бесканальной прокладки с тепловой изоляцией из армопенобетона (АПБ) и подвергается активной коррозии, физическому преждевременному износу по причинам возникновения наружной и внутренней коррозии.

Анализ статистических данных причин появления повреждений на трубопроводах тепловой сети коммунальных теплоснабжающих компаний, полученных в результате осмотра дефектных труб линейным персоналом филиалов, показал, что около 23-27 % повреждений были вызваны внутренней коррозией. Однако необходимо отметить, что около 45-50 % отказов на тепловых сетях связаны с трубопроводами, которые на поверхности металла труб имели явные признаки совместного действия внутренней и наружной коррозии. Но поскольку наружная коррозия была проявлена более активно, чем внутренняя коррозия трубопровода, поэтому причиной появления отказа была определена первая из них. Повреждения, вызванные внутренней коррозией, обычно имеют вид небольших сквозных отверстий, когда дно коррозионной лунки достигает внешней поверхности трубы или щели в сварочном шве. Протечки через такие повреждения не велики, но их трудно обнаружить, и потому их своевременно не устраняют. Сетевая вода, выходя под давлением из сквозного отверстия, увлажняет и разрушает гидро- и теплоизоляцию. В результате на наружной поверхности трубы создаются благоприятные условия для интенсивного развития наружной коррозии.

В отличие от внутренней коррозии наружная коррозия реализуется как сплошное утонение металла на большой площади. Когда толщина стенки трубы уменьшается до критической величины, она разрушается, образуя интенсивную протечку теплоносителя. Таким образом, можно сделать вывод, что наличие внут-

ренней коррозии в данном случае является первопричиной возникновения отказа на трубопроводе из-за наружной коррозии.

Повреждаемость внутриквартальной тепловой сети можно характеризовать следующим образом:

- внутренняя коррозия трубопроводов (60-70 %);
- наружная коррозия (23-27 %);
- низкое качество проведения строительных и ремонтных работ (5-7 %).

Одним из важных факторов, влияющих на надежность работы тепловой сети, является внутренняя коррозия трубопроводов. Разрушение металла является одним из проявлений внутренней коррозии, которая приводит не только к снижению надежности транспортировки тепловой энергии, но и ухудшает качество теплоснабжения. Внутренняя коррозия приводит к образованию на стенках трубопроводов слоев железистых отложений, которые увеличивают гидравлическое сопротивление трубопроводов, в результате чего, чтобы поддерживать необходимый гидравлический режим в системе теплоснабжения, эксплуатационный персонал вынужден повышать давление в подающем трубопроводе. Из-за повышенного давления в трубопроводах вероятность появления свищей возрастает, а надежность транспортировки тепловых сетей снижается. Циркулирующие в системе продукты коррозии, попадая в домовые системы, накапливаются в отопительных приборах и уменьшают обогрев помещений. Обслуживающий персонал жилищных служб, чтобы увеличить теплосъем, особенно в периоды низких температур наружного воздуха, ставит стояки домовых систем на слив в канализацию.

Такие действия не только ухудшают режимы работы системы отопления в целом, но и увеличивают количество используемой подпиточной воды, а, следовательно, способствуют попаданию дополнительного кислорода и увеличению внутренней коррозии трубопроводов. В системах ГВС величина железистых отложений на внутренних стенках труб порой достигает такой величины, что не хватает напора установленных насосов ГВС, чтобы подать горячую воду потребителям. Эксплуатационный персонал, обслуживающий трубопроводы горячего водоснабжения от групповых котельных, которые не имеют деаэрационную обработку подпиточной воды, утверждает, что внутренние поверхности трубопроводов спустя 3-4 года “зарастают” железистыми отложениями. Поэтому эксплуатационному предприятию приходиться экстренно проводить замену трубопроводов.

Внутренняя коррозия теплопроводов вызывается, прежде всего, наличием кислорода в теплоносителе. Кислород в подпиточную воду может попадать несколькими путями:

- при плохой работе деаэраторных установок,
- через подсосы охлаждающей воды в охладителях деаэрированной воды,
- через сальниковые уплотнения на всасывающей линии подпиточных насосов,
- при аэрации в аккумуляторных баках,
- через подсосы домовой системы отопления и горячего водоснабжения.

В системах теплоснабжения с открытым горячим водоснабжением водяной объем обновляется в течение суток 4-6 раз, поэтому водоподготовка в котельных является одним из главных факторов, влияющих на срок службы трубопроводов тепловых сетей. Водоснабжение котельных предприятия, расположенных во всех районах города, осуществляется от разных источников (р. Нева, артезианские скважины, Финский залив и т.д.), имеющих различное качество. Большинство котельных

осуществляет водоснабжение из городского водопровода. Невская вода характеризуется малым солесодержанием и достаточно высокой коррозийной активностью. Кроме того, под воздействием очистки на городских водопроводных станциях вода приобретает дополнительную коррозийную активность, в связи с увеличением содержания в ней сульфатов, углекислоты, хлоридов, активного хлора, уменьшения pH воды и щелочности. Поэтому качественная обработка воды на котельных – необходимое условие снижение ремонтных затрат и повышения надежности систем теплоснабжения. Как правило, водоподготовка включает в себя умягчение, деаэрацию и последующий контроль качества воды на источнике теплоснабжения. Последняя операция играет решающую роль при оценке эффективности всего процесса.

Существующие деаэрационные установки производительностью до 300 $м^3$/ч обеспечивают нормированное содержание кислорода в подпиточной воде. Однако на ряде котельных, имеющих подключенную нагрузку горячего водоснабжения близкой к номинальной установленной мощности водоподготовительной части котельной, имеются случаи превышения норм содержания кислорода в подпиточной воде. Это вызвано тем, что на котельной отсутствует резервное оборудование, а, следовательно, и возможность своевременного устранения возникших неисправностей в работе котлов, автоматики и охладителей деаэрационных установок и т. д.

По данным технических публикаций и опыта эксплуатации вакуумных деаэраторов производительностью более 300 $м^3$/ч имеются большие сложности в обеспечении нормативного содержания кислорода в подпиточной воде, которая поступает в тепловую сеть от ТЭЦ различных ведомств и крупных котельных предприятия.

Главный вывод из анализа технологических и конструктивных решений вакуумной деаэрации состоит в том, что во всех случаях, когда есть возможность использовать атмосферную деаэрацию, от вакуумной следует отказываться. Даже в чисто водогрейных котельных оправдана установка для этих целей небольшого парового котла, что и практикуется за рубежом, например, в США вакуумная деаэрация не применяется вообще.

В заключении следует особо отметить, что в деаэраторах типа «КВАРК», «Фисоник – Фисенко», и, наконец, «АВАКС» углекислота присутствует в продеаэрированной воде или в проспектах ее содержание скромно умалчивается. Нормативный документ «Правила устройства и безопасной эксплуатации паровых и водогрейных котлов», утвержденный постановлением Госгортехнадзора России от 11.06.2003 № 88 п. 8.2.3 говорит, что качество подпиточной и сетевой воды для водогрейных котлов должно соответствовать требованиям ПТЭ электрических станций и сетей Российской федерации. «ПТЭ электрических станций и сетей Российской Федерации» п. 4.8.40, а также «Типовая инструкция по технической эксплуатации тепловых сетей систем коммунального теплоснабжения», п. 6.132, утвержденных приказом Госстроя России от 13.12.2000 № 285, говорится, что содержание свободной угольной кислоты должно отсутствовать. Следовательно, для обеспечения нормированных показателей подпиточной и сетевой воды по углекислоте в схемах подготовки воды в котельных должно быть дополнительно предусмотрены мероприятия по ее нейтрализации. Поэтому, говорить о широком внедрении вышеуказанных деаэраторов в системах теплоснабжения пока преждевременно.

Если же вы все-таки решили использовать вакуумную деаэрацию, следует, прежде всего, избежать рассмотренных выше ошибок технологии. Для стабильной и устойчивой работы схемы вакуумный режим (особенно с колонками ДВ и ДСВ)

должен быть максимально мягким, т.е. работать следует при неглубоком разряжении, соответствующей температуре насыщения 80-90 ºС.

Значительное количество поступающего кислорода проходит через аккумуляторные баки. Концентрация кислорода в подпиточной воде, поступающей из них, зависит от температуры и уровня воды, конструктивных особенностей дыхательных устройств.

В системе теплоснабжения, включая подпиточный тракт, котлы, подогреватели, внешние сети, вода движется в турбулентном режиме. При этом обеспечивается интенсивный подвод к внутренней поверхности стенок металлических труб растворенного в воде кислорода. Достигнув стенок трубы, кислород расходуется на окисление (коррозию) железа. В результате концентрация кислорода в воде – по мере движения по подпиточному тракту, водогрейным котлам и трубопроводам тепловой сети – постепенно уменьшается. (Этот механизм необходимо учитывать при проведении контроля содержания кислорода и углекислого газа в воде).

В настоящее время концентрацию кислорода в циркулирующей воде тепловых сетей эксплуатационный персонал осуществляет двумя способами: штатным методом или инструментальным (с помощью переносного кислородомера КАМ-05П). Фирмой «Колтроникс» были проведены собственные измерения концентрации кислорода на ряде котельных в штатных точках, оборудованных охладителями пробы, а также подключением к ближайшим манометрам. Здесь уместно подчеркнуть, что на большом количестве котельных подводящие трубы к пробоотборникам изготовлены из углеродистой стали. Если учесть, что длина пробоотборных линий составляет от 5 до 30 м, то концентрация кислорода в них может уменьшиться в несколько раз.

Результаты проведенных измерений показали, что на большинстве котельных нормы содержания кислорода в подпиточной воде из-за аэрации в баках-аккумуляторах превышены в 10-20 раз, а устройство пробоотборных линий из углеродистой стали приводит к систематическому занижению концентрации кислорода. Кроме того, штатный метод определения содержания кислорода в подпиточной воде ограничен значением концентрации 100 мкг/кг и не позволяет оценить более высокие концентрации, занижая реальные показания при концентрациях в диапазоне 40-100 мкг/кг.

Для контроля качества сетевой воды, как от собственных источников, так и при ее покупке от сторонних организаций, в ГУП “ТЭК СПб” стали внедряться стационарные кислородомеры. Данные приборы внесены в реестр средств измерений, поверены и их показания позволяют оценивать качество теплоносителя, выявлять причины технологических нарушений на тепловых сетях, предъявлять претензии организациям, транспортирующим тепло по сетям предприятия и принимать управленческие решения по нормализации качества теплоносителя от своих источников.

Для борьбы с аэрацией воды в аккумуляторных баках применяют герметик АГ-4.

Радикальный путь сведения к минимальному уровню процессов внутренней коррозии трубопроводов – устранение путей попадания кислорода в подпиточную и сетевую воду. Ликвидация этих путей требует больших капитальных затрат на переоборудование технологических схем и оборудования котельных. Некоторые специалисты предлагают переход на закрытую схему теплоснабжения и на переоборудование тепловых пунктов домов и центральных тепловых пунктов (ЦТП). Естественно, в обозримом будущем это маловероятно.

Другой путь – всемерное ужесточение требований к содержанию кислорода, качественное повышение уровня контроля за его содержанием и проведение антикоррозионных мероприятий, включающих надежную консервацию систем теплоснабжения в межотопительный период и коррозионное ингибирование сетевой воды в отопительный период.

Замедление ржавления стали в горячей аэрированной воде питьевого качества представляет серьезную проблему. Известны следующие методы ингибирования стали в мягкой питьевой воде:

- повышение жесткости до 2-3 мг-экв/кг,
- силикатирование (нормативный метод),
- фосфатирование,
- повышение pH.

Опыт наблюдения за коррозией в невской воде показал, что силикатирование и повышение pH влияют на скорость коррозийных процессов незначительно. Влияние фосфатирования воды и повышения жесткости в промышленных масштабах не исследовалось. Однако из общих принципов известно, что фосфатирование эффективно в достаточно жесткой воде, а искусственное повышение жесткости требует крупного реагентного хозяйства.

Длительное применение силиката натрия в качестве рекомендуемого нормативного ингибитора кислородной коррозии не выявило его заметной эффективности, и вместе с тем показало, что на верхнем разрешенном уровне 30-40 мг/л наблюдается заметное ухудшение органолептических свойств горячей воды. В настоящее время силикат натрия в качестве ингибитора на тепловых сетях предприятия практически не применяется. Других эффективных ингибиторов кислородной коррозии в г. Санкт-Петербурге, допустимых к применению в воде питьевого качества, до последнего времени не было известно.

Отечественными и зарубежными фирмами предлагаются ингибирующие композиции фосфоновой кислот и солей цинка, разрешенные для применения в питьевой воде. Фосфоновые кислоты (ОЭДФ, ИОМС) являются эффективными ингибиторами карбонатной накипи. Применяемые отдельно они могут усиливать коррозию. Для устранения этого вводятся соли цинка. Как уже отмечалось, природная невская вода мягкая и накипи в теплообменном оборудовании практически не образует. Поэтому целесообразность применения этих ингибиторов в условиях г. Санкт-Петербурга неочевидна. Испытаний их эффективности на коммунальных энергоснабжающих предприятиях не проводилось из-за их высокой стоимости и большого их расхода в системах теплоснабжения с открытым горячим водоснабжением. По некоторым оценкам для систем теплоснабжения с открытым горячим водоснабжением от котельной мощностью 320 МВт необходимо больше 10 т реагентов в год стоимостью 2-3 млн. $ США.

Кроме этого имеются проблемы в плане промышленной безопасности. Так на объектах Ленинградской области при применении вышеуказанных комплексонатов произошло два аварийных выхода котлоагрегатов из строя. Причиной появления отдулин на котловых трубах явилась кристаллизация комплексоната в наиболее теплонапряженных участках трубной системы.

Необходимо также учитывать, что при применении реагентов для коррекционной обработке воды в открытых системах теплоснабжения одним из важнейших вопросов является организация контроля его концентрации и мероприятий по предупреждению залповых поступлений в тепловую сеть.

Для борьбы с внутренней коррозией и ее отрицательными воздействиями следует мероприятия:

1. Улучшение режимов работы атмосферных и вакуумных деаэраторных установок.
2. Применение герметика АГ-4 или паровой подушки в аккумуляторных баках, для предотвращения аэрации кислорода в подпиточную воду.
3. Применение комплексонов в закрытых схемах теплоснабжения («Гидро-Х», цинковые комплексоны ОЭДФ и НТФ).
4. Применение инертно-механического ингибитора в открытых схемах теплоснабжения с горячим водоразбором.
5. Качественный контроль режимов работы схемы водоподготовки при помощи стационарных, регистрирующих анализаторов кислорода.
6. Применение фильтров различной конструкции для снижения отрицательного воздействия продуктов коррозии на котельное оборудование.

Рассмотрим некоторые мероприятия подробно.

В ГУП «ТЭК СПб» 15 лет назад были впервые проведены испытания технологии коллоидного ингибирования ВЕОКРОСОЛ, которая в настоящее время применяется в двух десятках районных и квартальных котельных, а также в нескольких ТЭЦ ОАО «ТГК-1».

Отличительной особенностью данной технологии является применение химически инертного, нетоксичного и безопасного вещества – углерода в виде монодисперсных частиц диаметром несколько нанометров в концентрациях в 100-1000 раз меньших, чем у химических ингибиторов.

Физическая сущность коллоидного ингибирования обусловлена свойствами ржавчины, которая образуется при кислородной коррозии углеродистой стали. Структурно ржавчина представляет твердое тело, состоящее из аморфных и кристаллических частиц оксидов и оксигидроксидов железа коллоидных размеров, которые соединены преимущественно коагуляционными контактами.

Об этом свидетельствуют микроскопические исследования, а также структурно-механические свойства: высокая пористость и низкая прочность сухой ржавчины и быстрое разрушение контактов в кислой среде. Фактически ржавчина представляет сетку, образованную очень мелкими кристаллами и заполненною жидкой средой, состав которой сильно отличается от состава сетевой воды. Сложная надструктура сетки частиц отражает высокую организацию движения в ней потоков среды к поверхности металла, которые несут растворенный кислород и потоков от поверхности, несущих в начале растворенные, а затем конденсирующиеся продукты коррозии. Разделенные потоки быстро доставляют кислород и поверхности и также быстро отводят от нее продукты коррозии. Поэтому коррозия стали очень часто не затухает, несмотря на рост толщины ржавчины.

Частицы коллоидного углерода, проникая в толщу слоя ржавчины, нарушают ее надструктуру и механизм разделения потоков. В результате перенос кислорода к поверхности стали замедляется, и коррозия постепенно затухает.

В начале работ по коллоидному ингибированию основное внимание было сосредоточено на его способности снижать рост гидравлического сопротивления стальных водогрейных котлов типа ПТВМ и КВГМ. Стальные водогрейные котлы – это конструкции из большого количества труб малого диаметра, по которым протекает, нагреваясь, сетевая вода. Остаточный кислород вызывает коррозию этих труб и продуцирует ржавчину, которая, отлагаясь на внутренних поверхностях на-

грева, сужает проходное сечение труб и приводит не только к росту перепада давления в котлах (перерасход электрической энергии), но и к перегреву металла труб. В результате чего образуются свищи и котел выходит из рабочего состояния. Кроме того, отложения, осаждаясь на внутренней поверхности поверхностей нагрева котла, значительно снижают коэффициент теплопередачи от металла к воде, что приводит к перерасходу топлива при производстве тепловой энергии. Для восстановления исходного сопротивления применяются химические чистки для удаления ржавчины. Являясь вынужденной мерой, химические чистки низко технологичны и травмоопасны. Они создают большое количество отходов и не способствуют длительной работе котлов.

В таблице 4 приведены статистические данные по чисткам котлов в трех котельных предприятия, в которых коллоидное ингибирование применяется начиная с 1993 года. В первой строке приведены сведения по химическим чисткам в период работы систем до использования коллоидного ингибирования. В этот период применялось силикатирование. Во второй строке показано количество химических чисток в этих котельных за весь срок работы котлов с коллоидным ингибированием. Поскольку оба периода не равны, в таблицу введен расчетный показатель - удельное количество чисток в котельной за 1 год. Из таблицы 4 видно, что применение коллоидного ингибирования позволило снизить этот показатель в 10-20 раз. Фактически химические чистки из обременительной рутинной процедуры, когда надо было обязательно очищать перед каждым отопительным сезоном 1-3 котла из четырех, стали очень редкой операцией, которую можно стало планировать и выполнять в удобное для эксплуатации котельной время.

Таблица 4

Количество химических чисток водогрейных котлов до и при коллоидном ингибировании

Период	1-я Правобережная		3-я Московская		4-я Красносельская	
	всего	на 1 год	всего	на 1 год	всего	на 1 год
1988-1993	15	3,00	7	1,40	9	1,80
1994-2007	3	0,20	1	0,07	3	0,20

Замедление образования ржавчины в котлах при коллоидном ингибировании указывало на замедление действия причины ее образования – кислородной коррозии стали. Срок службы водогрейных котлов при силикатировании составлял 3-4 года. Главной причиной капитальных ремонтов являлся коррозионный износ внутренних поверхностей конвективных пакетов. В таблице 5 приведены данные по капитальным ремонтам уже рассматривавшихся котельных по двум периодам: до примения коллоидного ингибирования с силикатированием и в течение всего срока работы котлов с коллоидным ингибированием.

Таблица 5

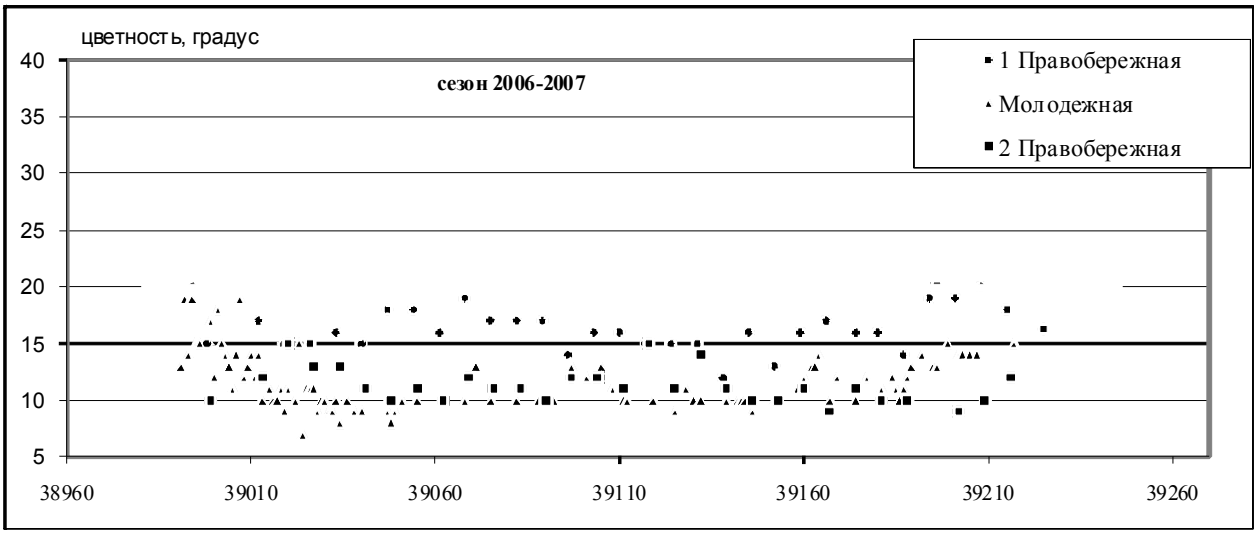
Количество капитальных ремонтов водогрейных котлов до и при коллоидном ингибировании

Период	1-я Правобережная		3-я Московская		4-я Красносельская	
	всего	на 1 год	всего	на 1 год	всего	на 1 год
1984-1993	14	1,56	8	0,89	11	1,22
1994-2007	4	0,26	6	0,40	8	0,53

В таблице 5 приведен также расчетный показатель – количество ремонтов в котельной в расчете на 1 год. Из этой таблицы видно, что срок службы котлов в результате коллоидного ингибирования увеличился больше, чем в 2 раза. Большинство котлов надежно работает в течение 8-12 лет. Более длительная работа котлов в ряде случаев ограничена теперь коррозионным состоянием наружных поверхностей, особенно при длительной работе на мазуте.

Важный свойством ингибирования в открытых системах является его воздействие на качество сетевой воды. Углерод является элементом, содержание которого не нормируется санитарными нормами в воде питьевого качества, хотя он может вноситься в нее при водоподготовке и фильтрации с использованием углеродных материалов, из-за коррозии чугуна, использования графитсодержащих уплотнений и пр. Рабочая концентрация коллоидного ингибитора в сетевой воде составляет всего 50-70 мкг/кг и его присутствие в сетевой воде не оказывает влияния ни на один из контролируемых показателей. Важно отметить, что в качества сырья используется технический углерод, производимый нашей промышленностью из природного газа высокой чистоты, в котором практически отсутствуют посторонние примеси. Очень низкие концентрации ингибитора и чистота исходного сырья гарантировано обеспечивают безопасное использование ингибированной горячей воды.

На рисунке 1 приведены эксплуатационные данные по цветности сетевой воды в обратном трубопроводе трех районных систем теплоснабжения с коллоидным ингибированием в течение отопительного сезона 2006-2007 г. Практически в течение всего сезона цветность воды была ниже нормы 20 градусов. Существенных отличий между прямой, обратной водой и подпиточной водой не наблюдалось. Различия в уровнях цветности были обусловлены качеством исходной водопроводной воды, которой питаются системы теплоснабжения.



Цветность сетевой воды в отопительном сезоне 2006-2007 г.
в некоторых системах централизованного теплоснабжения при
коллоидном ингибировании коррозии/отложений

Рисунок 1

При этом превышение цветности горячей воды над холодной водопроводной были обусловлено главным образом трансформацией остаточных органических примесей при ее нагреве в подпиточном тракте. При дополнительной очистке водопроводной воды, применяемой в некоторых системах, цветность сетевой воды может устойчиво поддерживаться на уровне 5-10 градусов.

На цветность сетевой воды влияет содержание в ней продуктов коррозии. Отсутствие заметного приращения цветности сетевой воды над подпиточной показывает, что коллоидное ингибирование способствует замедлению коррозии не только в котлах, но и в сетевых трубопроводах.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ

Слепченок Валерий Семенович
Консультант проектного отдела ЗАО «РСУ-103»
Тел.: (812) 7842038, +79213556236

Гигиенические аспекты взаимосвязи здоровья населения и качества горячего водоснабжения [Текст] / А. П. Щербо [и др.] // Гигиена и сан. - 2005. - N 1. - С. 22-24
Ключевые слова:
ХИМИЧЕСКИЕ СОЕДИНЕНИЯ
ВОДА
ГОРЯЧЕЕ ВОДОСНАБЖЕНИЕ
НАСЕЛЕНИЕ
ДЕТСКИЙ ВОЗРАСТ
КОЖА
ЗАБОЛЕВАНИЯ
Аннотация: В Невском районе Санкт-Петербурга выделено 7 зон наблюдения, различающихся условиями горячего водоснабжения. Обнаружено, что самые высокие показатели заболеваемости детей болезнями кожи и подкожной клетчатки зарегистрированы в микрорайонах, население которых получает горячую воду от объектов водоподготовки, не использующих ингибиторы коррозии, вне зависимости от удаленности от этих объектов. Высокие показатели заболеваемости отмечаются также у населения, получающего горячую воду, подготовленную введением силиката натрия, но в этом случае имеет значение удаленность крана потребителя от объектов водоподготовки. Наиболее низкие показатели выявлены у детского населения, получающего горячую воду от источников, применяющих в качестве ингибитора коррозии веокросолкарбон. Россия, ГОУ ДПО "Санкт-Петербургская медиц. академия последипломного образования МЗ и СР РФ, Санкт-Петербург". Табл. 4. Библ. 9

Полный список авторов: ; Щербо, А.П.; Киселев, А.В.; Гривкова, Т.П.; Алейник, С.Н.; Воденко, А.В.; Сарайкина, Ю.В.; Неймарк, О.В.

«Колтроникс» Брусов Константин Николаевич
т. (812) 373-39-00

ИНГИБИТОР ОТЛОЖЕНИЙ НА ТЕПЛОПЕРЕДАЮЩИХ ПОВЕРХНОСТЯХ "КАРБОН ВЕОКРОСОЛ"

Номер публикации патента: 94021766
Вид документа: A1
Страна публикации: RU
Рег. номер заявки: 94021766
Редакция МПК: 6
Основные коды МПК: C02F005/00
Имя заявителя: Крутиков П.Г.
Изобретатели: Крутиков П.Г.
Осминин В.С.
Ботяновский А.

Реферат

Изобретение относится к области энергетики и может быть использовано для защиты от отложений и накипей на греющих поверхностях теплогенераторов, например, паровых и водогрейных котлов, бойлеров систем охлаждения и отопления и других теплоэнергосистем промышленного и коммунального назначения. Целью изобретения является разработка ингибитора, обеспечивающего универсальность ингибирования различных отложений на теплопередающих поверхностях энергооборудования и повышение эффективности снижения скорости образования отложений, а также увеличение межпромывочного периода работы теплоэнергетического оборудования. Это решается тем, что для введения в питательную воду котлов используют неорганические инертные дисперсные вещества в виде водной суспензии в соотношении 1 : 100 -1 : 2 с водой в виде фракций с размером частиц от 250 пм до 4 мкм. При этом в качестве дисперсных веществ могут быть использованы технический углерод с размерами частиц от 250 пм до 2,5 мкм, белая сажа (аморфная окись кремния) с размерами частиц от 1 нм до 1000 нм, гидрооксид алюминия (байерит) с размерами частиц от 500 пм до 1,5 мкм, гидрофосфат кальция в виде фракции с размерами частиц от 30 нм до 4 мкм, бентонитовые глины, которые являются природными мелкодисперсными материалами в виде фракции с размерами частиц от 30 нм до 4 мкм.

КОЛТРОНИКС

ВЕОКРОСОЛ-КАРБОН

коллоидный ингибитор солевых, железокосидных и силикатных отложений
коллоидный ингибитор кислородной коррозии углеродистой стали.

Область применения: замедление образования отложений и коррозии углеродистой стали в проточных и оборотных системах охлаждения, открытых и закрытых системах теплоснабжения, водогрейных и паровых котлах любого типа.

Характеристика:
1. Вещество углерод
2. Состояние: в рабочей среде - ультраразбавленный гидрозоль коллоидного углерода, перед дозатором – гидрогель коллоидного углерода.
3. Другие вещества и примеси отсутствуют.
4. Разрешен для применения в открытых системах теплоснабжения.

Свойства гидрогеля: густая черная жидкость консистенции сметаны, без запаха и практически без вкуса, содержание углерода до 5 вес %. Температура замерзания около 0 ^{o}C, негорюч, нетоксичен, безопасен. При хранении расслаивается, перед дозированием необходимо интенсивное перемешивание. Срок хранения неограничен. Не замораживать.

Действие:
1. В качестве ингибитора отложений - гетерокоагуляция с частицами оксидов железа, силикатов и микрокристаллами солей и блокировка их прилипания к поверхности,
2. В качестве ингибитора кислородной коррозии углеродистой стали – подавление аномального переноса кислорода через ржавчину.

Дозирование : в подпиточную и питательную воду до рабочих концентраций в системах:
1. Для уменьшения отложений от 20 до 1000 мкг/кг,
2. Для снижения коррозии стали - из расчета 1 мкг/кг на каждый 1 мкг/кг растворенного кислорода.

Результат:
1. относительно отложений – чистая поверхность или стабильный тонкий слой,
2. относи тельно коррозии стали - устранение язвенной коррозии и практическая стабилизация коррозии после потери 0.2-0.3 мм толщины стали при любых содержаниях кислорода.

Опыт применения :
1. Относительно отложений -
1.1. Более 15 лет защиты от карбонатных отложений в закрытых системах теплоснабжения (щелочность 5-10 мг-экв/кг, жесткость в норме до 0.2 и периодически до 1 мг-экв/кг) . Эффект - отсутствие отложений в водогрейных котлах. Рабочая концентрация ингибитора 50 мкг/кг.
1.2. Около 4 лет защиты системы охлаждения компрессоров (щелочность около5 мг-экв/кг, жесткость около 5 -6 мг- экв/кг) Эффект -отсутствие отложений в теплобменниках, устранение чисток. Рабочая концентрация ингибитора - 300 мкг/кг.
1.3. 1 год испытаний в оборотной системе охлаждения конденсатора ТЭЦ (щелочность 2-4 мг-экв/кг, жесткость - 15-25 мг-экв/кг). Эффект - чистые поверхности трубок конденсатора. Рабочая концентрация ингибитора (расчетная) 500-1000 мкг/кг.

2. Относительно коррозии - 14 лет защиты от внутренней коррозии в открытых системах теплоснабжения Санкт-Петербурга. Более 20 крупных систем. Эффект - увеличен ресурс котлов в три раза, устранены химические чистки, улучшено качество воды, стабилизирована повреждаемость сетей. Рабочие концентрации ингибитора 20-50 мкг/кг.

Внутренняя коррозия в открытых системах теплоснабжения и пути её снижения

В.С. Слепченок, инженер, ГУП «ТЭК СПб»,
К.Н. Брусов, к.т.н., АОО «Колтроникс», Санкт-Петербург

Накопленный в ГУП «ТЭК СПб» опыт показывает, что существуют реальные возможности улучшить работу открытых систем. Для этого необходимо наряду с внедрением новых тепло гидроизоляционных покрытий трубопроводов сосредоточить усилия на максимально возможном снижении внутренней кислородной коррозии

Существующие системы теплоснабжения Санкт-Петербурга характеризуются высокой повреждаемостью, большими тепловыми потерями и, как следствие, недостаточной (ниже расчётной) экономичностью эксплуатации тепловых сетей. Низкая надёжность и экономичность тепловых сетей - следствие технической политики, проводившейся в нашей стране на протяжении нескольких десятилетий. Снижение надёжности трубопроводов и их разгерметизация значительно увеличивают непроизводительные затраты по эксплуатации тепловых сетей, на предприятиях, в дорожно-транспортном хозяйстве и благоустройстве города, увеличивают расходы на ликвидацию последствий аварийных ситуаций и подтопления территорий. Величина непроизводительных затрат и ущерба в городском хозяйстве составляет 5-6 тыс. $ на 1 км тепловой сети в год. Одной из причин снижения надежности является внутренняя коррозия трубопроводов. Влияние внутренней коррозии на уровень эксплуатации систем теплоснабжения с открытым горячим водоразбором рассмотрим на примере ГУП «ТЭК СПб» - одного из крупнейших производителей и поставщиков тепловой энергии на нужды теплоснабжения города.

Характеристика тепловых сетей ГУП «ТЭК СПб»

На балансе ГУП «ТЭК СПб» по состоянию на 1.01.1999 г. находятся 5312 км трубопроводов тепловой сети в однотрубном исчислении диаметром от 57 до 1400 мм, из них 770,5 км с диаметром свыше 325 мм - магистральные трубопроводы. Тепловая энергия от собственных котельных транспортируется по тепловым сетям предприятия, которые составляют 61% балансовой длины. 39% балансовой длины трубопроводов транспортируют тепло от восьми ТЭЦ

АО «Ленэнерго» и нескольких ТЭЦ и котельных других организаций города. Распределение длины сетей по диаметрам трубопроводов для сетей от собственных и сторонних теплоисточников показано на рис.1.

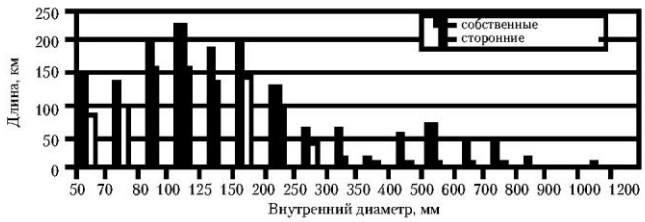


Рис.1. Распределение протяженности тепловых сетей предприятия по внутренним диаметрам трубопроводов собственных и сторонних источников тепла.

Общее количество трубопроводов, которые транспортируют тепло в системах теплоснабжения с открытым горячим водоразбором, составляет 4 903 км. Около 390 км транспортируют тепло в системах закрытого теплоснабжения, в основном от котельных мощностью до 12 МВт (групповых). Транспортировка потребителям воды только для нужд горячего водоснабжения осуществляется трубопроводами длиной около 516 км.

Большая часть сетей работает на деаэрированной невской воде городского водопровода. В котельных мощностью менее 12 МВт деаэрация воды в основном отсутствует. Только 77,6 км (2%) трубопроводов тепловой сети предприятия оборудованы установками защиты от блуждающих токов.

Повреждаемость тепловых сетей

За период 1997-1999 гг. среднегодовая удельная повреждаемость тепловых сетей предприятия составила 1,2 отк./км трубопровода, за отопительный сезон -0,26 отк./км. Исходя из актов осмотра дефектных труб персоналом филиалов предприятия, следует, что большая часть повреждений (73-77%) обусловлена наружной коррозией. Это согласуется с данными наблюдений за тепловыми сетями других предприятий [1,2,3]. Однако необходимо отметить, что около 45-50% отказов на тепловых сетях связаны с трубопроводами, которые имели явные признаки совместного действия внутренней и наружной коррозии на поверхности металла труб. Но поскольку наружная коррозия была проявлена более активно, чем внутренняя, коррозия трубопровода, эксплуатационный персонал определил причиной появления отказа первую из них. Повреждения, вызванные внутренней коррозией, обычно имеют вид небольших сквозных отверстий, когда дно коррозионной лунки достигает внешней поверхности трубы или щели в сварочном шве. Протечки через такие повреждения невелики, и их трудно обнаружить. Обычно они своевременно не устраняются. Сетевая вода, выходя под давлением из сквозного отверстия, увлажняет и разрушает гидро- и теплоизоляцию. В результате на наружной поверхности трубы создаются благоприятные условия для интенсивного развития наружной коррозии. В отличие от внутренней коррозии наружная реализуется как сплошное утонение металла на большой площади. Когда толщина стенки трубы уменьшается до критической величины, она разрушается, образуя интенсивную протечку теплоносителя. Эти предположения требуют корректировки результатов осмотра эксплуатационным персоналом дефектных участков трубопроводов. В результате корректировки можно утверждать, что именно внутренняя коррозия является первопричиной возникновения около половины отказов на трубопроводах, хотя причиной была указана наружная коррозия. Для уточнения вклада внутренней коррозии была проанализирована статистика устраненных повреждений трубопроводов предприятия за 1997-1999 гг. с учетом их диаметра, условий прокладки сетей и направления движения теплоносителя. На рис. 2 показано отношение повреждений в подающих и обратных трубопроводах для всех сетей и отдельно для участков подвальной прокладки.

Из рис.2 видно, что повреждаемость подающих трубопроводов для сетей в целом и на участках подвальной прокладки была примерно в 3-4 раза выше, чем в обратных

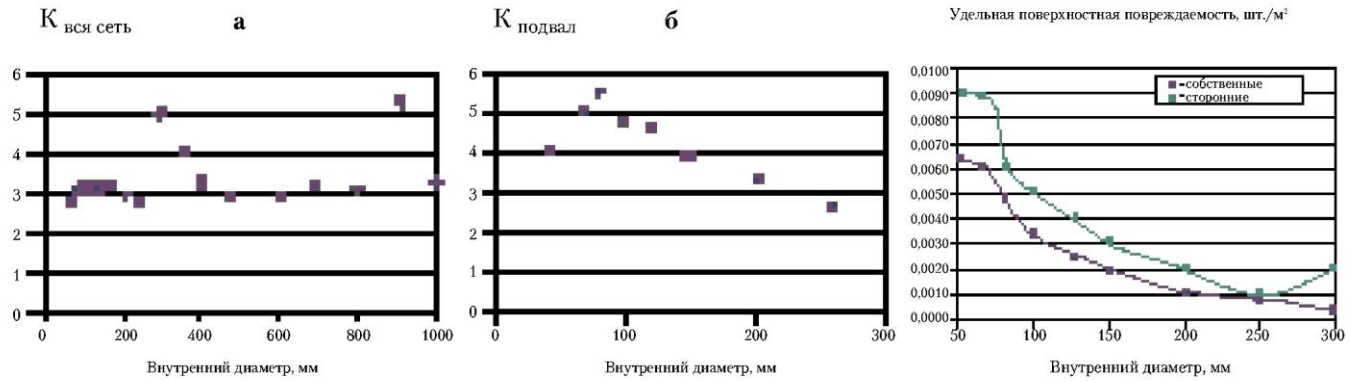


*Рис.2. Отношение количества повреждений в подающих и обратных трубопроводах в зависимости от диаметра (устраненных в 1997-1999 гг.): **а** – сети в целом, **б** – участки подвальной прокладки.*

Рис.3. Зависимость удельной поверхностной повреждаемости сетей от диаметра трубопровода.

трубопроводах. Поскольку на участках подвальной прокладки наружной коррозией в масштабах всего предприятия можно пренебречь, то следует признать, что различия в повреждаемости были вызваны внутренними причинами, а именно различиями физико-химических параметров теплоносителя. Эти различия сохраняются и для сети в целом. То обстоятельство, что и в этом случае наблюдалось приблизительно такое же соотношение повреждаемости прямых и обратных трубопроводов, дает основания полагать, что доминирующий вклад в повреждаемость сетей вносит внутренняя, а не внешняя коррозия.

На решающую роль внутренней коррозии указывает также зависимость удельной поверхностной повреждаемости (количество повреждений на единицу площади поверхности трубопровода) от диаметра трубопроводов, рис.3.

В диапазоне диаметров 50-200 мм сетевые трубопроводы имеют исходную толщину стенки 3,5-4,5 мм. Весьма небольшие различия в толщине стенки не существенны для наружной коррозии. Поэтому с ее помощью невозможно объяснить наблюдаемые гладкие зависимости снижения повреждаемости в 5-6 раз при увеличении диаметра от 50 до 200 мм. Напротив, как будет показано ниже, внутренняя коррозия, помимо прочих факторов, существенно зависит от гидродинамики потока, что определяет влияние диаметра трубы на ее повреждаемость.

Перенос кислорода в системах теплоснабжения

Исходной причиной коррозии углеродистой стали в природных водах при умеренных параметрах является растворенный в воде кислород. Известно [5], что чистая поверхность железа очень быстро вступает в реакцию с растворенным кислородом, и скорость всего процесса определяется (лимитируется) возможностями его доставки. Другие коррозионнозначимые факторы опосредуют действие кислорода через влияние на свойства слоев продуктов коррозии, образующихся на поверхности стали. Если образуются слои, которые эффективно препятствуют проникновению через них кислорода, стальные конструкции могут длительное время сохранять полезные свойства. В противном случае сталь будет быстро разрушаться.

Теплосеть представляет собой протяженный замкнутый стальной контур с циркулирующим теплоносителем и локализованным источником поступления кислорода. Этим источником служит обычно подпиточная вода. Кислород в подпиточной воде присутствует в основном из-за неполной деаэрации сырой воды, присосах охлаждающей воды в охладителях деаэратора, вторичной аэрации в баках-аккумуляторах и присосах воздуха в подпиточном тракте.

Распространяясь от источника вместе с теплоносителем, кислород постепенно расходуется в коррозионных реакциях со стальными стенками трубопроводов. В результате его концентрация по мере удаления от источника снижается, а более удаленные участки сети (обратные трубопроводы), работающие в диапазоне более низких температур, защищаются от коррозии образованием защитных пленок.

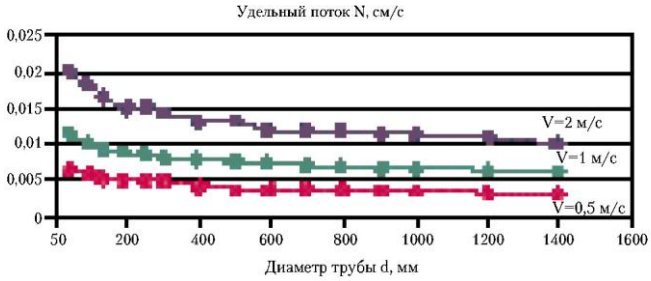


Рис.4. Зависимость удельного потока массы кислорода на стенку трубопровода от диаметра.

На большинстве участков сети, за исключением домовых систем, теплоноситель движется в турбулентном режиме. Для круглой трубы массоперенос в турбулентном потоке описывается критериальным уравнением [6]:

$Nu=0{,}023\ Re^{0,8}\ Sc^{0,33}$ (1),

где Nu- число Нуссельта, Re- число Рейнольдса, Sc-число Шмидта.

Критериальные числа определяются как: $Nu = N\ d / (D\ (c_b - c_o))$, $Re = V\ d / v$, $Sc = v / D$ (2),

где N - удельный поток массы (на единицу концентрации) на поверхность трубы, d - диаметр трубы,

D - коэффициент диффузии кислорода, cb, c_o - концентрация кислорода в ядре потока и на поверхности трубы, соответственно, v - кинематический коэффициент вязкости. Исходя из уравнения (1) были рассчитаны возможные значения потока массы кислорода на стенку N для средних условий теплосети.

Как видно на рис.4, удельный поток кислорода N увеличивается при росте скорости движения теплоносителя и уменьшении диаметра трубы. Эта зависимость качественно подтверждает вывод о преимущественно внутренних причинах коррозии, который был

сделан при рассмотрении результатов на рис.3. Количественные расхождения могут быть устранены, если учесть, что ранее при проектировании сетей принимали более высокие скорости в трубах меньшего диаметра, а также наличие ржавчины, ускоряющее со временем движение теплоносителя тем больше, чем меньше диаметр.

Для сетей в целом возможный диапазон изменения N составляет 0,004-0,02 см $с^{-1}$. Это означает, что при одной и той же концентрации кислорода скорость коррозии в сети может меняться в 5 раз.

Исходя из уравнения (1), были рассчитаны и сопоставлены с измерениями в сетях величины поглощения кислорода в стальных водогрейных котлах и на участках трубопроводов различных диаметров, так как процессы, возникающие в них, в целом идентичны. Расчеты показывают, что при работе водогрейный котел ПТВМ-50 должен поглощать около 50% поступающего в него кислорода.

Как видно на рис.5, полученное расчетное значение удовлетворительно согласуется с результатами измерений кислорода, выполненных на нескольких работающих котлах ПТВМ-50.

На рис.6 приведены результаты расчетов коррозионного поглощения кислорода в сетевых трубопроводах в форме длины участка LQ 5, на котором концентрация кислорода уменьшается в два раза. Согласно им для уменьшения концентрации кислорода в магистральных трубопроводах диаметром больше 400 мм необходимо от 1 до 4,5 км трассы, тогда как в распределительных трубопроводах для этого нужно всего несколько сотен метров.

Оценочные расчеты изменения концентрации в тепловой сети с типовым теплоисточником мощностью 320 МВт показали, что основное падение концентрации кислорода должно происходить в распределительных трубопроводах диаметром 150-200 мм. Отношение концентрации кислорода в сетевой воде на выходе из котельной (подающий трубопровод) к концентрации кислорода на входе (обратный трубопровод) должно быть не меньше 4-5. Действительно, при корректном отборе пробы концентрация кислорода на выходе из котельных предприятия составляет в среднем 40-50 мкг/кг, обратная вода обычно содержит менее 10 мкг/кг кислорода. Таким образом, результаты анализа статистики повреждаемости сетей предприятия и переноса в них кислорода приводят к согласованному выводу - надежность, длительность и эффективность работы систем теплоснабжения существенно сильнее зависят от интенсивности внутренней кислородной коррозии, чем считалось ранее. Качественное улучшение характеристик работы открытых систем только путем совершенствования теплогидрозоляции сетевых трубопроводов без существенного улучшения водно-химического режима представляется маловероятным.

Методы борьбы с кислородной внутренней коррозией

Радикальный метод сведения к минимальному уровню процесса внутренней коррозии - устранение путей попадания кислорода в подпиточную и сетевую воду. Ликвидация этих путей требует больших капитальных затрат на переоснащение технологических схем и оборудования котельных, переход на закрытую схему теплоснабжения, на переоборудование индивидуальных тепловых пунктов зданий, центральных тепловых пунктов и домовой системы горячего водоснабжения. Естественно, в обозримом будущем это маловероятно. Другой метод - всемерное ужесточение требований к содержанию кислорода, качественное повышение уровня контроля за его содержанием и проведение антикоррозионных мероприятий, включающих надежную консервацию систем в межотопительный

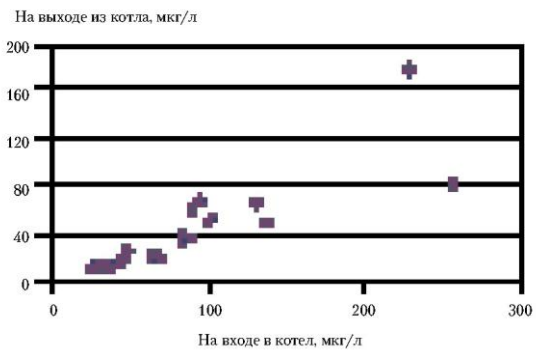


Рис.5 Концентрация кислорода, мкг/л на выходе работающих котлов ПТВМ-50 в зависимости от входной концентрации кислорода.

период и коррозионное ингибирование сетевой воды в отопительный период.

Длительное применение силиката натрия в качестве рекомендуемого нормативного ингибитора кислородной коррозии не выявило его заметной эффективности, но вместе с тем показало, что на верхнем разрешенном уровне 30-40 мг/л наблюдается заметное ухудшение органолептических свойств горячей воды. В настоящее время силикат натрия в качестве ингибитора на тепловых сетях предприятия практически не применяется. Других эффективных ингибиторов кислородной коррозии, допустимых к применению в воде питьевого качества, до последнего времени известно не было.

Следует отметить, что предлагаемые сегодня композиции фосфоновых кислот и солей цинка являются по прямому назначению эффективными ингибиторами карбонатных отложений [7]. Их использование не устраняет необходимости проведения антикоррозионных мероприятий. Природная невская вода - мягкая и малощелочная - при параметрах систем теплоснабжения никогда не образует солевых отложений. Но даже если бы был выявлен антикоррозионный эффект в невской воде (таких испытаний не проводилось) целесообразность их применения в открытых системах оставалась бы под вопросом из-за больших затрат на реагенты. Ориентировочно для типовой системы мощностью 320 МВт было бы необходимо расходовать в год порядка 10 тонн этого ингибитора стоимостью 2-3 млн. рублей.

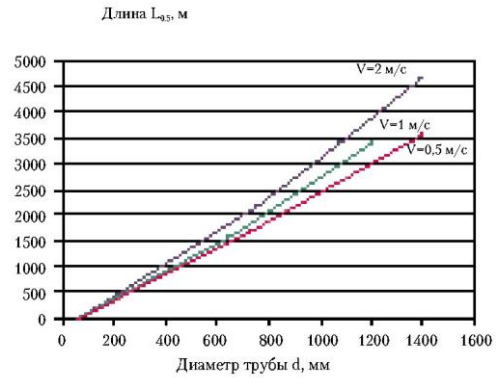


Рис.6 Длина двукратного уменьшения концентрации кислорода в тепловой сети в зависимости от диаметра трубопровода при различных скоростях движения теплоносителя.

Осознавая крайнюю необходимость замедления внутренней кислородной коррозии в системах теплоснабжения, ГУП «ТЭК СПб» и ООО «Колтроникс» в 1993 г. начали исследования совершенно нового типа коррозионного ингибитора - химически инертного коллоидно-углеродного. Наблюдения за поведением кислорода в тепловых сетях показали, что ржавчина не только не препятствует проникновению кислорода к поверхности металла, но, напротив, может создавать новые, вероятно осмотические, механизмы транспорта кислорода к поверхности и отвода от нее продуктов коррозии. Если нарушить действие аномально высоких механизмов подвода кислорода, можно резко снизить общую и, особенно опасную, локальную кислородную коррозию стали.

Первоначально основное внимание было сосредоточено на изучении возможности защитить с помощью коллоидного ингибитора стальные водогрейные котлы, как наиболее подверженный кислородной коррозии и удобный для наблюдений компонент системы теплоснабжения. За восемь лет таких наблюдений за работой более 40 стальных котлов типа ПТВМ-30 и ПТВМ-50 было установлено, что при концентрации ингибитора в сетевой воде 20-50 мкг/кг коррозионный ресурс котлов увеличивается в несколько раз. При нормируемых и умеренно высоких содержаниях кислорода в сетевой воде (до 100-200 мкг/кг) исключается необходимость проведения чисток котлов в течение длительного, ориентировочно 10 лет, периода. При любых возможных концентрациях кислорода гидравлическое сопротивление котлов стабилизируется на уровнях, позволяющих эксплуатировать их в течение всего отопительного сезона.

Оценка коррозионной эффективности коллоидного ингибирования в отношении существующих тепловых сетей объективно затруднена их малой доступностью, разветвленностью, большим коррозионным ресурсом, отличиями в сроках службы различных участков. Кроме того, необходимо учитывать такие факторы как наружная коррозия, электрокоррозия, дефекты в проектировании, в монтаже трубопроводов тепловых сетей, их ремонте и обслуживании.

Тем не менее, восьмилетние наблюдения почти за 20-ю открытыми системами теплоснабжения, работающими с концентрацией ингибитора в сетевой воде 20-50 мкг/кг,

показывают следующее:

1. В течение первого отопительного сезона с коллоидным ингибированием происходит постепенное снижение цветности сетевой воды до уровня цветности подпиточной воды. В дальнейшем качество сетевой воды полностью определяется составом исходной водопроводной воды. В настоящее время в большинстве систем цветность воды не превышает 15 градусов.

2.В течение первых отопительных сезонов в результате ингибирования наблюдается повышение эффективности теплоотдачи домовых систем на 5-10% за счет удаления осадков из отопительных приборов. Отмывка происходит постепенно и не вызывает ухудшения качества сетевой воды.

3. Через несколько лет возникает устойчивая тенденция к стабилизации и затем к снижению повреждаемости сети в среднем на 10-15% в год при ежегодных объемах перекладки 3-5% участков сети. Эта тенденция особенно отчетливо проявляется на фоне наблюдаемого роста повреждаемости сетей сторонних источников, рис.7.

4. Индикаторы коррозии, установленные в сетях с ингибированием, показывают на

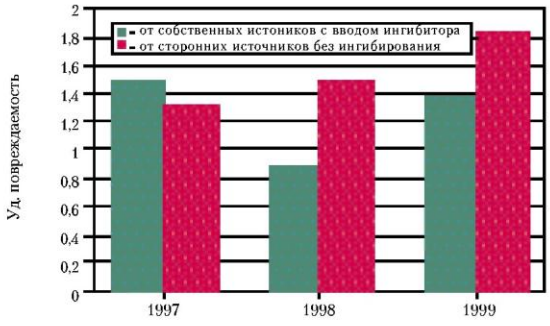


Рис.7. Влияние ингибирования на повреждаемость тепловых сетей, транспортирующих тепло от крупных источников теплоснабжения.

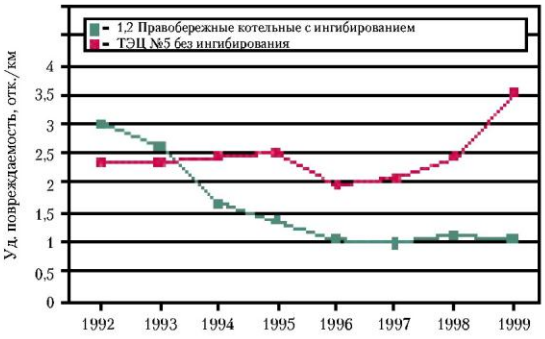


Рис.8. Повреждаемость трубопроводов, транспортиртирующих тепло от разных источников.

практически полное отсутствие локальной коррозии при любых содержаниях кислорода. Замедление скорости сплошной коррозии при ингибировании начинается через2-3 месяца. В последующем скорость сплошной коррозии в отопительный период ориентировочно составляет не более 2-3 мкм/год на каждые 10 мкг/кг кислорода в сетевой воде.

5. Необходимо отметить, что работы по вводу ингибитора на первом этапе проводились на 4-х открытых системах теплоснабжения с установленной мощностью котельных 320 МВт, где трубопроводы тепловых сетей имели высокую повреждаемость, а водогрейные котлы ПТВМ-50 часто выходили из рабочего состояния. Только с 1996 г. началось внедрение на остальных наиболее мощных 16 открытых системах теплоснабжения. Для анализа были выбраны относительно сравнимые по мощности и срокам эксплуатации трубопроводов открытые системы теплоснабжения, транспортирующие тепло от разных источников теплоснабжения. Анализ показал, что несмотря на незначительный срок применения ингибирования, рост повреждаемости в трубопроводах отсутствует(рис. 7). В то же время имеется постоянная тенденция роста удельной повреждаемости трубопроводов, транспортирующих тепло от сторонних источников

6. Применение в открытых системах теплоснабжения Невского филиала(в основном ТЭЦ «Ленэнерго») химически. инертного коллоидно-углеродного ингибитора привело к снижению удельной повреждаемости трубопроводов, транспортирующих тепло от 1 и 2 Правобережных котельных. В то же время наблюдается непрерывный рост удельной повреждаемости трубопроводов транспортирующих тепло от ТЭЦ №5 «Ленэнерго», рис. 8. Тепловые сети от всех выше перечисленных источников были построены более 25 лет назад.

Заключение

Создававшиеся в течение многих лет открытые системы теплоснабжения в настоящее время заслуженно подвергаются критике за низкую надежность, большие потери тепла, высокие эксплуатационные и ремонтные затраты. Сложилось убеждение, что возможной единственной альтернативой качественного улучшения теплоснабжения является переход на закрытую схему.

Однако накопленный в ГУП «ТЭК СПб» опыт показывает, что существуют реальные возможности улучшить работу открытых систем. Для этого необходимо наряду с внедрением новых теплогидроизоляционных покрытий трубопроводов сосредоточить усилия на максимально возможном снижении внутренней кислородной коррозии, используя более совершенные методы и приборы контроля кислорода, современное оборудование и технологии антикоррозионной защиты.

Литература

1.Альбертинский Л.И., Липовских В.М. Пути увеличения срока службы тепловых сетей// Энергетик.1990. №10. С.10.

2.Пакшин А.В., Родичев Л.В. Протяженность и ресурсосбережение при применении теплопроводов в ППУ-изоляции. Информац. бюл. «Теплоэнергоэффективные технологии». Доп. вып.СПб. 1996. С.12.

3.Ромейко В.С. и др. Защита трубопроводов от коррозии// М.:ВНИИМП, 1998.

4.Балабан-Irменин Ю.В., Липовских В.М. Рубашов А.М. Защита от внутренней коррозии трубопроводов водяных тепловыхс етей//М.: Энергоатомиздат.1999.

5.Скорчелетти В.В. Теоретические основы коррозии металлов//Л.: Химия. 1973.

6.Ньюмен Дж. Электрохимические системы// М.: Мир. 1978.

7.Балабан-Irменин Ю.В., Рубашов А.М., Думнов В.П. Проблемы внедрения антинакипинов в системах теплоснабжения//Промышленная энергетика. 1996. №4. С.11.

«Журнал «Новости теплоснабжения» №03, 2000 г., http://www.ntsn.ru»

ОКП 21 1313

Группа Л11

УТВЕРЖДАЮ

Генеральный директор

ООО «НПФ Колтроникс»

В. Ф. Бурдин

«31» августа 2010 г.

ИНГИБИТОР КОРРОЗИИ/ОТЛОЖЕНИЙ «ВЕОКРОСОЛ»

Технические условия

ТУ 2113-001-59436856-2010

(введены впервые)

Дата введения: 01.09.2010 г.

Количество листов:

Санкт-Петербург

2010

Настоящие технические условия распространяются на ингибитор коррозии/отложений «ВЕОКРОСОЛ» (далее по тексту – «ВЕОКРОСОЛ»), предназначенный для использования в открытых и закрытых системах теплоснабжения, оборотных системах водоснабжения тепловых и атомных электростанций, оборотных системах охлаждения промышленных предприятий, консервации оборудования из углеродистой стали.

«ВЕОКРОСОЛ» представляет собой гель коллоидного углерода в дистиллированной воде. «ВЕОКРОСОЛ», разбавленный в рабочей среде, образует монодисперсную коллоидную систему углерода, защищающую от кислородной коррозии поверхности углеродистой стали и препятствующую образованию отложений любого типа.

Пример обозначения продукции при заказе и/или в других документах: «Ингибитор коррозии/отложений «ВЕОКРОСОЛ», ТУ 2113-001-59436856-2010».

Перечень нормативных документов, на которые даны ссылки в настоящих технических условиях, приведен в Приложении А.

1 Технические требования

1.1 «ВЕОКРОСОЛ» должен соответствовать требованиям настоящих технических условий и изготавливаться в соответствии с технологическим регламентом, утвержденными в установленном порядке.

1.2 Требования к сырью и материалам

1.2.1 Все сырье и материалы, которые используются при изготовлении «ВЕОКРОСОЛА», должны соответствовать требованиям действующих нормативных документов на них, иметь сертификаты или другие документы, подтверждающие их качество, а также должны иметь разрешение к применению.

1.2.2 Для изготовления «ВЕОКРОСОЛА» должны использоваться следующие материалы:

- технический углерод марки К354 по ГОСТ 7885;
- вода дистиллированная по ГОСТ 6709.

1.3 Основные параметры и характеристики

1.3.1 «ВЕОКРОСОЛ» должен производиться путем смешения технического углерода марки К354 с дистиллированной водой при помощи коллоидной мельницы при комнатной температуре.

1.3.2 По органолептическим требованиям «ВЕОКРОСОЛ» должен соответствовать показателям, указанным в таблице 1.

Таблица 1

Наименование показателя	Значение показателя
Внешний вид	Густая однородная (гелеобразная) жидкость без включений, видимых невооруженным глазом
Цвет	Черный
Запах	Отсутствует

1.3.3 По физико-химическим требованиям «ВЕОКРОСОЛ» должен соответствовать показателям, указанным в таблице 2.

Таблица 2

Наименование показателя	Значение показателя
Массовая доля углерода, %	4.8-5.2
Расслаивание	нет

1.3.4 При хранении «ВЕОКРОСОЛА» происходит его уплотнение по толщине слоя, что не является показателем ухудшения его свойств.

1.3.5 «ВЕОКРОСОЛ» пептизируется (разбавляется) в дистиллированной воде в любой концентрации без образования хлопьев. Допускается осадок в виде отдельных видимых невооруженным глазом зерен.

1.4 Упаковка

1.4.1 «ВЕОКРОСОЛ» должен быть расфасован в канистры полиэтиленовые объемом 20 л.

1.4.2 Тара, предназначенная для упаковки «ВЕОКРОСОЛА», должна соответствовать требованиям ГОСТ Р 51760.

1.4.3 Канистры должны быть плотно закрыты герметичными крышками с фиксатором.

1.4.4 Предел допускаемых отрицательных отклонений содержимого нетто от номинального количества «ВЕОКРОСОЛА» должен соответствовать требованиям ГОСТ 8.579.

Упаковочная потребительская единица и партия упакованного товара должны отвечать требованиям ГОСТ 8.579.

1.5 Маркировка

1.5.1 На каждую канистру должна быть нанесена маркировка в виде этикетки, содержащая следующую информацию:

- наименование продукции;
- наименование предприятия-изготовителя, его адрес, товарный знак (при наличии);
- масса нетто;
- номер партии;
- дата изготовления;
- срок хранения;
- обозначение настоящих технических условий.

1.5.2 Транспортная маркировка – по ГОСТ 14192 с нанесением манипуляционного знака «Ограничение температуры».

2 Требования безопасности

2.1 Производственные помещения, в которых изготавливается «ВЕОКРОСОЛ», должны быть оборудованы вытяжной вентиляцией по ГОСТ 12.4.021.

2.2 Требования к воздуху рабочей зоны – по ГОСТ 12.1.005.

2.3 При работе с техническим углеродом необходимо пользоваться специальными одеждой и обувью и для предохранения органов дыхания индивидуальными противопылевыми защитными устройствами типа ШБ-1 «Лепесток» в соответствии с правилами, утвержденными в установленном порядке.

3 Правила приемки

3.1 «ВЕОКРОСОЛ» принимают партиями. Партией считают любое количество «ВЕОКРОСОЛА», изготовленное за один технологический цикл и оформленное одним документом о качестве.

Документ о качестве должен содержать следующие сведения:

- наименование предприятия изготовителя, его адрес, товарный знак (при наличии);
- наименование продукции;
- номер партии;
- объем партии;
- количество упаковочных единиц в партии;
- гарантийный срок хранения;
- дата изготовления;
- обозначение настоящих технических условий;
- результаты проведенных испытаний.

3.2 Для проверки соответствия «ВЕОКРОСОЛА» требованиям настоящих технических условий устанавливается входной контроль, приемо-сдаточные и периодические испытания.

3.3 Входному контролю должна подвергаться каждая партия сырья. При входном контроле проверяется соответствие сырья требованиям п.1.2.

3.4 Приемо-сдаточные испытания должны проводиться на соответствие «ВЕОКРОСОЛА» требованиям п.п. 1.3.1-1.3.3 и п.1.4, 1.5.

3.5 Проверка органолептических и физико-химических показателей «ВЕОКРОСОЛА» в партии объемом до 400 л берут две пробы (12 мл и 150 мл) из любой одной канистры. В партии объемом более 400 л берут по две пробы (12 мл и 150 мл) из двух канистр.

3.6 При получении неудовлетворительных результатов испытаний хотя бы по одному из показателей, проводятся повторные испытания на удвоенной выборке, взятой из той же партии. Результаты повторных испытаний являются окончательными.

3.7 Проверке маркировки и упаковки требованиям настоящих технических условий подвергается каждая упаковка «ВЕОКРОСОЛА». В случае обнаружения несоответствия, принимаются меры по их устранению.

3.8 Периодические испытания должны проводиться на соответствие требованиям раздела 2.

3.9 Порядок проведения периодических испытаний и их периодичность определяется предприятием-изготовителем по согласованию с органами Роспотребнадзора РФ, но не реже одного раза в полугодие.

4 Методы контроля

4.1 Отбор пробы «ВЕОКРОСОЛА» производят из канистры производителя сразу после тщательного перемешивания с помощью электродрели с перемешивающей насадкой в течение 5 мин.

4.2 Внешний вид и цвет «ВЕОКРОСОЛА» определяют визуально. Запах оценивают органолептически.

4.3 Определение массовой доли углерода

4.3.1 Проведение испытания

С помощью одноразового медицинского шприца "10 мл" без иглы, плотно соединенного с пластиковой трубкой подходящей длины, отбирают из канистры в шприц примерно 12 мл «ВЕОКРОСОЛА», отсоединяют трубку от шприца, убирают капли с носика шприца и выдавливают в кварцевую чашку 20 мл по ГОСТ 19908 точно 10 мл. Чашку помещают с сушильный шкаф и выпаривают досуха при температуре 80°С и затем сушат при температуре 120°С до постоянного веса. Чашку взвешивают на весах с предельной допускаемой основной погрешностью 1 мг.

4.3.2 Обработка результатов

Массовую долю углерода (X) в процентах вычисляют по формуле:

$$X = \frac{(m_1 - m_2) \times 100}{10{,}3},$$

где m_1 - масса с сухим осадком углерода, г,

m_2 - масса пустой чашки, г .

Результат округляют до десятых процента.

4.4 Определение на расслаивание

В стеклянный цилиндр "100 мл" по ГОСТ 1770 наливают «ВЕОКРОСОЛ» из канистры до метки 100. Расслаивание отсутствует, если в течение 3 суток над слоем ингибитора образуется менее 1 мл прозрачного слоя воды.

4.5 Соответствие и полноту маркировки и упаковки проверяют внешним осмотром путем сравнения с соответствующими пунктами настоящих технических условий.

5 Транспортирование и хранение

5.1 «ВЕОКРОСОЛ» транспортируют специальными видами крытого транспорта, обеспечивающими поддержание температуры не ниже 0°С, в соответствии с правилами перевозки грузов, действующими на данном виде транспорта.

5.2 Допускается канистры с «ВЕОКРОСОЛОМ» штабелировать в транспортном средстве на высоту до двух канистр. Канистры должны быть размещены в транспортном средстве таким образом, чтобы было предотвращено их свободное перемещение при транспортировании.

5.3 «ВЕОКРОСОЛ» необходимо хранить в крытых, сухих складских помещениях при температуре не ниже 0°С в герметично закрытой таре.

6 Гарантии изготовителя

6.1 Изготовитель гарантирует соответствие «ВЕОКРОСОЛА» требованиям настоящих технических условий при соблюдении условий транспортирования, хранения и применения.

6.2 Гарантийный срок хранения «ВЕОКРОСОЛА» - 3 месяца. При истечении гарантийного срока хранения «ВЕОКРОСОЛ» перед использованием должен быть проверен на соответствие требованиям настоящих технических условий.

Приложение А

(справочное)

Обозначение документа	Наименование документа
ГОСТ 8.579-2002	Государственная система обеспечения единства измерений. Требования к количеству фасованных товаров в упаковках любого вида при их производстве, расфасовке, продаже и импорте
ГОСТ 12.1.005-88	Система стандартов безопасности труда. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны
ГОСТ 12.4.021-75	Система стандартов безопасности труда. Системы вентиляционные. Общие требования
ГОСТ 1770-74	Посуда мерная лабораторная стеклянная. Цилиндры, мензурки, колбы, пробирки. Общие технические условия
ГОСТ 6709-72	Вода дистиллированная. Технические условия
ГОСТ 7885-86	Углерод технический для производства резины. Технические условия
ГОСТ 14192-96	Маркировка грузов
ГОСТ 19908-90	Тигли, чаши, стаканы, колбы, воронки, пробирки и наконечники из прозрачного кварцевого стекла. Общие технические условия
ГОСТ Р 51760-2001	Тара потребительская полимерная. Общие технические условия

Лист регистрации изменений настоящих технических условий

Номер изменения	Номера страниц				Всего страниц после внесения изменения	Информация о поступлении изменения (номер сопров. документа)	Подпись лица внесшего изменения	Фамилия этого лица и дата внесения изменения
	заменен ных	дополни тельных	исключе нных	изменен ных				