

БОРЬБА С НАКИПЬЮ И КОРРОЗИЕЙ

ИЗНОС В СИСТЕМАХ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ МОЖНО ОБРАТИТЬ ВСПЯТЬ

С.Н. СЕНАТОВ, директор

ТОО «АКВАС», 050046, Казахстан, г. Алматы, ул. Сатпаева, 64Г, к.7

Аннотация. Предотвращению крушения систем теплоснабжения из-за сильного износа и возможности их выхода из зоны риска на новый технологический уровень с опережающим износом обновлением трубопроводов, восстановлением и сохранением расчетных функций систем теплоснабжения может помочь переход на проверенную технологию водоподготовки с использованием синергетических ингибиторов.

Ключевые слова: системы теплоснабжения, коррозия, система водоподготовки, ингибиторы коррозии.

Износ систем теплоснабжения (включающих генерацию и транспорт тепловой энергии) в странах СНГ на многих объектах достиг 60-80% и 100% на 19% теплосетей в Российской Федерации и 40 % теплосетей в Республике Казахстан.

В соответствии с методическими рекомендациями по определению технического состояния систем теплоснабжения [1] такому износу дается следующая оценка:

- износ 61-80% - оборудование в работе, но по выявленным показателям находится в предаварийном или аварийном состоянии, эксплуатация оборудования нежелательна или опасна;

- износ 81-100% - оборудование не работает по причине невозможности эксплуатации, вследствие явных нарушений конструкций или элементов.

С технологической точки зрения такой критический износ трубопроводов и оборудования систем теплоснабжения происходит из-за наружной и внутренней коррозии. Известно [2], что коррозионные повреждения трубопроводов с наружной и внутренней стороны (с нарушением герметичности или без ее нарушения) примерно распределяется пополам и происходят, в основном, за счет язвенной коррозии. Отсюда следует, что защита металла от коррозии систем теплоснабжения недостаточна.

В то же время становится возможным исключить или минимизировать один компонент из двух, влияющих на разрушение металла, – внутреннюю коррозию. И это в краткосрочной перспективе даст уменьше-

ние износа в два раза. До сих пор в странах СНГ не существовало инженерного технического решения, способного решить эту задачу для новых и старых объектов отрасли теплоснабжения и, при этом, соответствовать санитарным нормам.

На большинстве объектов используются старые решения по водоподготовке, которые допускают не только критический износ трубопроводов, но и допускают ограничение свойств объекта систем теплоснабжения сохранять во времени в установленных пределах значения всех параметров (мощности, давления, температуры, гидравлического сопротивления, безотказности, долговечности, ремонтпригодности, сохраняемости). То есть эти решения прямым образом в продолжение всего периода эксплуатации объектов существенно снижают главные показатели их работы – мощность, надежность и экономичность. Старые решения по водоподготовке применяются и для новых объектов.

Между тем, предлагаемое техническое решение по водоподготовке, уменьшающей износ трубопроводов систем теплоснабжения в странах СНГ с использованием синергетических ингибиторов [2,3], остается без реакции со стороны проектных и эксплуатационных организаций, региональных и отраслевых органов управления, воспринимается как одно из многочисленных коммерческих предложений. Возможно, специалисты заняты текущими делами, чтобы получить от систем теплоснабжения все что можно. Но необходимо и давать возможность раз-

виваться технологически для восстановления и повышения надежности и безопасности систем теплоснабжения, особенно если это принципиально касается ключевой проблемы в отрасли – критическом износе.

До сих пор приоритетом при выборе водоподготовки служила ее стоимость по сравнению с существующими техническими решениями. Но если эти решения не обеспечивают расчетные параметры системы теплоснабжения, ее надежность и безопасность, то о какой экономии может идти речь. Еще один приоритет – защита от накипеобразования, требований к защите от коррозии (помимо выполнения норм по кислороду, углекислоте и величине pH) не предъявлялись.

Затрудняет восприятие и оценку указанного предложения по сокращению износа возможно и то, что оно поступает от коммерческой структуры, а не от независимых отраслевых институтов развития (которые сейчас просто не существуют).

В развитых странах проблему износа в системах теплоснабжения удалось решить за счет применения эффективных ингибиторов коррозии и соответствующих условий (конструкция теплосетей и т.д.) [2]. Стоимость водоподготовки возросла, но жизнеспособность этих систем теплоснабжения подтверждает правильность инженерного решения.

В большинстве стран СНГ приняты законы «О теплоснабжении», которые пока не способствовали улучшению состояния износа. В отчетах ответственных организаций всех уровней о состоянии теплоснабжения даже не упоминается об одной из главных причин износа и необходимости разработки и воплощения инженерного решения по водоподготовке, обеспечивающей необходимый уровень защиты металла трубопроводов от внутренней коррозии. Просто инженерное решение потребует незначительных инвестиций, по сравнению с объемом инвестиций необходимых для покрытия все возрастающих объемов замены изношенных трубопроводов и строительства новых объектов.

В Государственной программе инфраструктурного развития «Нурлы жол» на 2015-2019 годы, выполняемой в Республике Казахстан, как раз инвестиции выделяются пока только под замену изношенных трубопроводов и строительство новых объектов [3]. Ни одного технического решения по защите металла от коррозии не поступало от организаций, эксплуатирующих системы теплоснабжения.

В то же время, по данным АО «Казахстанский центр модернизации и развития ЖКХ», они готовы рассматривать на уровне проекта и включать для инвестирования через указанную программу мероприятия по защите от коррозии систем теплоснабжения. Можно использовать и другие источники инвестирования.

Следует особенно отметить, что в Республике Казахстан на долю теплоснабжения с источниками менее 100 Гкал/ч приходится 40% и этот сектор тепловых сетей по сравнению с крупными объектами вообще не защищен от внутренней коррозии. Это происходит из-за трудностей обеспечения деаэрации и отсутствия других эффективных технологий водоподготовки с защитой металла от накипеобразования и коррозии. Именно здесь в первую очередь необходимо применять синергетические ингибиторы на основе фосфонобутантрикарбоновой кислоты. Примером может служить успешный перевод в 2011-2014 годах с натрийкатионирования на этот ингибитор большой и малых котельных ГКП «Талдыкоргантеплосервис» в городе Талдыкорган, учитывая, что деаэрация на этом объекте отсутствует [4].

Успешно применены синергетические ингибиторы в системах теплоснабжения города Омска (ТЭЦ-2,3,5, КРК). Так по данным Кировской районной котельной АО «Омск РТС» при рабочих концентрациях, рассчитанных для предупреждения накипеобразования, коррозия сетевых трубопроводов уменьшилась на 30-50%. Эти ингибиторы успешно применяются и на других объектах Российской Федерации [4], и не было случая отказа от них, что свидетельствует об их

эффективности, несмотря на более дорогую водоподготовку.

На самом деле почти все существующие водоподготовки для систем теплоснабжения в разной степени контрпродуктивны, так как ограничивают защиту от накипеобразования и коррозии, параметры работы системы теплоснабжения, ее надежность, безопасность, экономичность и другие функции. В правилах технической эксплуатации допускается противоречие между тем, что водоподготовка должна обеспечивать надежность и экономичность работы систем теплоснабжения, а выполнение указанных в них норм по содержанию кислорода, углекислоты и величины pH в подпиточной и сетевой воде приводят к преждевременному износу систем теплоснабжения за счет внутренней язвенной коррозии.

Предлагаемые же синергетические ингибиторы обладают в достаточной степени универсальностью, чтобы в полной мере соответствовать существующему оборудованию и расчетным технологическим режимам систем теплоснабжения, обеспечивать защиту (основную или дополнительную) от накипеобразования и коррозии, полностью устранить язвенную коррозию и присутствие разного рода отложений, шлама в системах теплоснабжения и запаха в горячей воде.

Как указывалось выше, синергетические ингибиторы уже применяются в системах теплоснабжения и обеспечивают режим защиты от накипеобразования и коррозии при скорости коррозии на уровне 0,085 мм/год и рабочей концентрации в сетевой воде 2-10 мг/л.

Для обеспечения скорости коррозии 0,03-0,04 мм/год необходимо поднять рабочую концентрацию до 15-20 мг/л. При установлении такого режима скорость коррозии внутренних поверхностей трубопроводов уменьшится в среднем на порядок. Это даст при среднем объеме реновации трубопроводов 1% в год опережающее износ обновление трубопроводов на ~1,5-2,0% в год. Одновременно, при отсутствии язвенной коррозии, резко сократится повреждаемость

трубопроводов с нарушением их герметичности.

Таким образом, переход на синергетические ингибиторы даст возможность постепенного обновления старых систем теплоснабжения, повысит их надежность, безопасность, а, при увеличении объема реновации трубопроводов до 2-3% в год обновление составит ~3,0-4,5% и потребуются ~5-10 лет для полного обновления. Для новых систем теплоснабжения этот переход дает гарантию предупреждения критического износа, надежной и экономичной работы при расчетных параметрах.

ВЫВОДЫ.

1. Теплоснабжение – это отрасль жизнеобеспечения. Учитывая высокий износ систем теплоснабжения, очень важно выйти на режим существенного уменьшения износа оборудования и трубопроводов за счет активного их обновления и защиты на 3-4% в год. Это поможет сделать уже проверенное в некоторых системах теплоснабжения инженерное технологическое решение с использованием синергетических ингибиторов на основе фосфобутантрикарбоновой кислоты, которое исключит одну из причин износа – сильное разрушение металла от внутренней коррозии. Кроме того, это решение позволит предупредить критический износ для новых и относительно новых систем теплоснабжения и котельных, устранить существующий дисбаланс функций между водоподготовкой и системами теплоснабжения.

2. Почти все существующие в странах СНГ водоподготовки для систем теплоснабжения (натрийкатионирование, ингибиторы и др.) в определенной степени контрпродуктивны, так как не обеспечивают необходимой защиты от коррозии и накипеобразования, необходимо их заменить или усилить синергетическими ингибиторами.

3. Использование синергетических ингибиторов для защиты от внутренней коррозии трубопроводов дает возможность располагать водоподготовку не только на генерирующих, но и на транспортирующих объектах систем теплоснабжения.

О ПРЕДУПРЕЖДЕНИИ ИЗНОСА ТРУБОПРОВОДОВ ЦЕНТРАЛИЗОВАННОГО ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ.

Известно, что износ трубопроводов или возможность удерживать давление на многих объектах централизованного теплоснабжения (ЦТ) СНГ за несколько десятилетий достигли критических значений - более 60-80% и продолжают неуклонно расти [7,16,18]. На практике принято считать, что на первом месте стоят повреждения от наружной коррозии и в меньшей мере от внутренней коррозии (более 25%). Замена изношенных трубопроводов в объеме 1-4% в год [16] от общего объема, состояние выполнения принятых норм в отрасли по содержанию кислорода в сетевой воде и существующей защиты от наружной коррозии не позволяют удерживать износ и снижать его [10-12,16]. Это угрожает увеличением аварий из-за разрыва труб и, в целом, существованию ЦТ.

В отрасли теплоснабжения сложился перекос, когда установленные нормы и правила в основном выдерживаются, а износ трубопроводов достигает критических значений и растет. Становится очевидным, что только заменой труб и существующей степенью защиты от наружной и внутренней коррозии не обойтись. В борьбе с коррозионными повреждениями акцент в отрасли делается на следствии - замене изношенных трубопроводов, а не на причине - коррозии. С момента появления ЦТ необходимость установления дополнительной защиты систем ЦТ от внутренней коррозии и развитие способов защиты в отрасли систематически отклоняются [11,12]. Может быть потому, что основная доля повреждений, как принято считать, происходит из-за наружной коррозии. Исследования показали [11], что именно внутренняя язвенная коррозия является первопричиной возникновения около половины отказов на трубопроводах, хотя причиной была указана наружная коррозия, и играет решающую роль.

Интересно [6], что в некоторых западных и некоторых других странах проблема износа систем теплоснабжения отсутствует. Там для обеспечения надежности и экономичности пошли по другому пути: в системах теплоснабжения за основу приняли предупреждение внутренней коррозии за счет использования эффективных ингибиторов.

Для этого используют двухконтурные схемы теплоснабжения, исключающие протечки. Стоимость защиты от коррозии (водоподготовка) в этих странах значительно выше, чем в СНГ, зато износ отсутствует.

Конструктивно системы ЦТ СНГ отличаются от систем западных стран: применяются в основном крупные одноконтурные открытые схемы с горячим водоснабжением и закрытые двухконтурные схемы. Существующие в ЦТ защита от внутренней коррозии и состояние водоподготовки (методы осаждения, обмена, ионного обмена, ингибиторы) не исключают наличие язвенной и равномерной коррозии. Скорость ее достигает 0,1-0,8 мм/год при допустимых рекомендуемых значениях - 0,031-0,085 мм/год [5] (при одной и той же концентрации кислорода скорость коррозии в сети может меняться в 5 раз [11]). Применяемые ингибиторы приоритетно служат в соответствии с руководящими указаниями только для предупреждения накипеобразования и с условием недопущения усиления внутренней коррозии. В некоторых случаях они обеспечивают незначительную дополнительную защиту от коррозии [8]. Кроме того, из-за ограничения рабочей концентрации санитарными нормами эти ингибиторы ограничивают мощность ЦТ на 25-60%, не способны создать устойчивый защитный слой на внутренней поверхности трубопроводов и предупредить образование различного рода отложений, шлама по тракту ЦТ, тем самым провоцируя коррозию под ними и, иногда, запах в горячей воде [4,8].

Язвенная коррозия постепенно распространяется по всей внутренней поверхности трубопроводов ЦТ за счет миграции различного рода бактерий, с образованием тонких язвин, переходящих в свищи [12,13]. Через них теплоноситель попадает на наружные поверхности трубопроводов и активизирует интенсивную наружную коррозию, при этом потери теплоносителя незначительны и малозаметны. Наиболее сильной внутренней коррозии подвергаются трубопроводы, транспортирующие сетевую воду от источника к потребителю и особенно трубопроводы горячего водоснабжения, так как через них проходит наибольший поток кислорода.

Так же усилению внутренней коррозии способствуют: режим передачи тепла потребителям с максимальными расходами теплоносителя при его пониженной температуре, рост кратности обмена воды в ЦТ и гидродинамики потока теплоносителя [10-13].

Определение и учет коррозионных повреждений делается исходя из глубины повреждения стенки трубопровода снаружи и внутри. В условиях ЦТ СНГ, если порыв трубопровода произошел из-за наружной коррозии, то это не значит, что отсутствует внутренняя коррозия. В результате может быть одностороннее принятие решения по предупреждению повреждений, с недооценкой внутренней коррозии. На многих крупных объектах ЦТ отсутствует контроль коррозии в мм/год по образцам (индикаторам коррозии) и это не дает возможность оценить уровень и интенсивность коррозии в соответствии с нормативными документами [5,17].

Альберт Эйнштейн сказал: «Нельзя решать проблему, находясь на том же уровне сознания, на котором мы её создали». Томас Элиот сказал: «Вернись к своему дому, и взгляни на все как будто первый раз». Может быть, действительно нужно посмотреть по-новому и понять, достаточно ли то, что есть, нужно ли что-то еще нам для сохранения централизованного теплоснабжения, ведь величина износа велика.

Для удержания и снижения износа важны три составляющие: замена на трубы из антикоррозионного материала (небольшие диаметры), применение эффективных способов защиты от наружной и внутренней коррозии трубопроводов и основного оборудования систем ЦТ. Полная замена труб небольшого диаметра - это средне-, долгосрочная перспектива и часть решения вопроса.

В краткосрочной перспективе приоритетным и единственным в настоящий момент радикальным техническим решением является установление дополнительной (основной) защиты от внутренней коррозии за счет перевода открытых и закрытых систем ЦТ с критическим износом на использование современных синергетических ингибиторов коррозии и накипеобразования (СИ), которые соответствуют всем технологическим и санитарным нормам для этих си-

стем. Эти СИ проверены на практике с рабочей концентрацией 3-10 мг/л для предотвращения накипеобразования и коррозии на уровне 0,085 мм/год [4,8,9]. А, при рабочей рекомендуемой концентрации 10-15 мг/л, проверены в специализированных производственных лабораториях [14,8] и показали уровень коррозии 0,03-0,05 мм/год. При таком режиме: язвенная коррозия отсутствует, поверхности полностью очищаются от любых отложений, образуется качественный тонкий защитный слой, запах в горячей воде отсутствует.

Такая защита устанавливается после двух-трех месяцев с начала применения СИ. В среднем, скорость внутренней коррозии падает в несколько раз, стоимость водоподготовки возрастает в несколько раз. При этом создаются условия возможности перераспределения существующих средств на защиту и предупреждение износа с целью перевода существующей водоподготовки на СИ.

В 2016 году такое предложение было направлено в несколько энергосистем Республики Казахстан. Реакция отсутствует не только от генерирующих компаний, но и транспортирующих. За исключением одной из самых крупных, которая сообщила, что существующий режим водоподготовки позволяет сохранять поверхности трубопроводов и оборудования в удовлетворительном состоянии и, что предложение экономически нецелесообразно. Это ответ энергосистемы, имеющей 70-75% износа трубопроводов ЦТ и в которой скорость коррозии в мм/год не определяется, имеются отложения и язвенная коррозия под ними в трубопроводе подачи теплоносителя в город и других. Может быть, действительно, пусть все остается как есть.

Предупреждение критического износа - это принципиальный вопрос для отрасли теплоснабжения, ее сохранения и восстановления [15,16,18]. Необходимо остановиться и ответить на вопрос: что необходимо, чтобы прервать процесс старения ЦТ, нужно ли реанимировать трубопроводы и продлевать их срок службы?

ВЫВОДЫ.

1. Износ трубопроводов и оборудования на объектах ЦТ опережает их реальную реновацию (~1-2% в год [16]). Уменьшить ре-

новацию, остановить рост износа и ежегодно снижать его на 1-2% на объектах ЦТ позволит совместно с продолжением реновации трубопроводов и деаэрации - перевод водоподготовки на современные синергетические ингибиторы коррозии и накипеобразования сделанные на основе фосфоновой кислоты. Стоимость водоподготовки может возрасти в несколько раз из-за более высоких рабочих концентраций, чем необходимо для предупреждения только накипеобразования. Но это компенсируется за счет некоторого сокращения объема реновации трубопроводов. Тем более, если есть понимание, что водоподготовка должна технологически соответствовать и стоить столько, сколько нужно, чтобы износ и затраты на него были небольшими.

2. Применение современных синергетических ингибиторов так же позволит: уменьшить средний возраст ЦТ до нормируемого значения - 25 лет, восстановить мощность ЦТ с увеличением ее на 25-60% и гидродинамику трубопроводов, сократить разрыв между установленной и располагаемой мощностью, снять, в основном, необходимость идти по пути снижения давления и температуры в ЦТ [15].

3. Необходимо определить объекты генерации и транспорта ЦТ с критическим износом трубопроводов и провести показательные испытания по защите трубопроводов и оборудования от внутренней коррозии, и технико-экономическое обоснование с включением всех необходимых затрат на защиту и реновацию трубопроводов.

4. Существующие защита от внутренней коррозии и методы водоподготовки не обеспечивают поддержание сбалансированного незначительного износа трубопроводов ЦТ. Для обеспечения экономичной и надежной эксплуатации ЦТ необходимо нормировать скорость коррозии на уровне 0,03-0,04 мм/год. Для этого необходимо: установить контроль над интенсивностью внутренней коррозии по индикаторам, использовать современные синергетические ингибиторы для исключения язвенной коррозии и установления нормируемой равномерной скорости коррозии в период эксплуатации и останова ЦТ.

5. Основной акцент важно делать на устранении причины износа - коррозии, а не

следствии - замены трубопроводов, уменьшения давления и температуры в ЦТ. При классификации поврежденных трубопроводов необходимо комплексно подходить к предупреждению как наружной, так и внутренней коррозии.

ЛИТЕРАТУРА.

1. Методические рекомендации по определению технического состояния систем теплоснабжения, горячего водоснабжения, холодного водоснабжения и водоотведения, Министерство регионального развития РФ. - М.: 2012. С.68.

2. Сенатов С.Н. О предупреждении износа трубопроводов централизованного теплоснабжения // Энергетика. 2017. №1(60). С.34-36.

3. Сенатов С.Н. Остановить и уменьшить износ трубопроводов централизованного теплоснабжения позволит применение современных ингибиторов // Энергетика. 2017. №1(61). С.42-43.

4. Сенатов С.Н. Современные органические фосфонаты - современный выбор водоподготовки тепловых сетей, возможность увеличения отпуска тепловой энергии // Энергетика. 2014. №3(50). С.28-31.

5. ГОСТ Р 55596-2013. Сети тепловые. Нормы и методы расчета на прочность и сейсмические воздействия.

6. Балабан-Ирменин Ю.В., Липовских В.М., Рубашов А.М. Защита от внутренней коррозии трубопроводов водяных тепловых сетей. - М.: Энергоатомиздат, 1999. С.208-219.

7. Протокол круглого стола по проблемам в области теплоснабжения. ОЮЛ «Казахстанская электроэнергетическая ассоциация». - Алматы: 2013. С.21.

8. Сенатов С.Н., Дю Е.Н. О возможности современных органических фосфонатов в контексте централизованного производства и потребления теплоты // Энергосбережение и водоподготовка. 2015. №4(96). С.13-18.

9. Сенатов С.Н. О концепции водоподготовки, обеспечивающей реализацию внутреннего резерва мощности, защиты и снижения издержек в тепловых сетях // Энергетика. 2016. №1(56). С.75-77.

10. Жданов О.В. Опыт оптимальной организации водно-химического режима отопительных котельных малой и средней мощности // Новости теплоснабжения. 2007. №5(81), №6(82).

11. Слепченко В.С., Брусов К.Н. Внутренняя коррозия в открытых системах теплоснабжения и пути её снижения // Новости теплоснабжения. 2000. №3(03).

12. Потапов С.А. Энергоресурсосбережение и реновация трубопроводов систем теплоснабжения и ГВС // ЖКХ, технологии и оборудование. 2009. №6. С.16-19.

13. Потапов С.А. Реновация систем теплоснабжения. Как защитить оборудование от биологической и электрохимической коррозии // ВОДА. 2011. №10(50). С.48-51.

14. Ячин О.В., Игнарина Л.М., Молгачева И.В., Ганина Л.В. Анализ рынка ингибиторов отложений и оценка их эффективности. Отчет ООО ИЦ «Энергопрогресс». – Казань: 2013. С.10-12.

15. Кудрявый В.В. О реальных мерах повышения надежности и эффективности теплоснабжения // ЭНЕРГОСОВЕТ. 2016. №3(45). С.41.

16. Отчет «О ситуации с теплоснабжением в Российской Федерации». Фонд энергетического развития. – М.: 2016. С.50.

17. Методические указания по определению готовности систем теплоснабжения к отопительному сезону, Комитет по делам строительства и жилищно-коммунального хозяйства Республики Казахстан. – Астана: 2012. С.8.

18. Огородников Е. Тепловой тупик // Эксперт. 2016. №12(980). С.6.

WEAR OF HEATING SYSTEMS CAN BE REVERSED

S.N. SENATOV, Eng.

ТОО "AKVAS", 64G Build.7, Satpaeva Str., Almaty, 050046, Kazakhstan

Abstract. To prevent the collapse of heating systems due to excessive wear and the possibility of their exit from the zone of risk to a new technological level with advancing wear of the systems, to restore and preserve the design features of heating systems can help the transition to the proven technology of water treatment using synergistic inhibitors.

Key words: heating system, corrosion, water treatment, corrosion inhibitors.

REFERENCES.

1. Metodicheskie rekomendatsii po opredeleniyu tekhnicheskogo sostoyaniya sistem teplosnabzheniya, goryachego vodosnabzheniya, kholodnogo vodosnabzheniya i vodootvedeniya, Ministerstvo regional'nogo razvitiya RF. – Moscow, 2012, P.68.

2. Senatov S.N. O preduprezhdenii iznosa truboprovodov tsentralizovannogo teplosnabzheniya // Energetika, 2017, No.1(60), P.34-36.

3. Senatov S.N. Ostanovit' i umen'shit' iznos truboprovodov tsentralizovannogo teplosnabzheniya pozvolit primeneniye sovremennykh ingibitorov // Energetika, 2017, No.1(61), P.42-43.

4. Senatov S.N. Sovremennyye organicheskiye fosfonaty – sovremennyy vybor vodopodgotovki teplovykh setei, vozmozhnost' uvelicheniya otpuska teplovoi energii // Energetika, 2014, No.3(50), P.28-31.

5. GOST R 55596-2013. Seti teplovye. Normy i metody rascheta na prochnost' i seismicheskiye vozdeystviya.

6. Balaban-Irmenin Yu.V., Lipovskikh V.M., Rubashov A.M. Zashchita ot vnutrennei korrozii truboprovodov vodnykh teplovykh setei. – Moscow, Energoatomizdat, 1999, P.208-219.

7. Protokol kruglogo stola po problemam v oblasti teplosnabzheniya. OYuL «Kazakhstanskaya elektroenergeticheskaya assotsiatsiya». – Almaty, 2013, P.21.

8. Senatov S.N., Dyu E.N. O vozmozhnosti sovremennykh organicheskikh fosfonatov v kontekste tsentralizovannogo proizvodstva i potrebleniya teploty // Energoberezhenie i vodopodgotovka, 2015, No.4(96), P.13-18.

9. Senatov S.N. O kontseptsii vodopodgotovki, obespechivayushchei realizatsiyu vnutrennego rezerva moshchnosti, zashchity i snizheniya izderzhok v teplovykh setyakh // Energetika, 2016, No.1(56), P.75-77.

10. Zhdanov O.V. Opyt optimal'noi organizatsii vodno-khimicheskogo rezhima otopitel'nykh kotel'nykh maloi i srednei moshchnosti // Novosti teplosnabzheniya, 2007, No.5(81), No.6(82).

11. Slepchenok V.S., Brusov K.N. Vnutrennyaya korroziya v otkrytykh sistemakh teplosnabzheniya i puti ee snizheniya // Novosti teplosnabzheniya, 2000, No.3(03).

12. Potapov S.A. Energoresursosberezhenie i reanimatsiya truboprovodov sistem teplosnabzheniya i GVS // ZhKKh, tekhnologii i oborudovanie, 2009, No.6, P.16-19.

13. Potapov S.A. Renovatsiya sistem teplosnabzheniya. Kak zashchitit' oborudovanie ot biologicheskoi i elektrokhimicheskoi korrozii // VODA, 2011, No.10(50), P.48-51.

14. Yachin O.V., Ignarina L.M., Molgacheva I.V., Ganina L.V. Analiz rynka ingibitorov otlozhenii i otsenka ikh effektivnosti. Otchet ООО ИТ «Энергопрогресс». – Казань, 2013, P.10-12.

15. Kudryavyy V.V. O real'nykh merakh povysheniya nadezhnosti i effektivnosti teplosnabzheniya // ENERGO-SO-VET, 2016, No.3(45), P.41.

16. Otchet «O situatsii s teplosnabzheniem v Rossiiskoi Federatsii». Fond energeticheskogo razvitiya. – Moscow, 2016, P.50.

17. Metodicheskiye ukazaniya po opredeleniyu gotovnosti sistem teplosnabzheniya k otopitel'nomu сезону, Komitet po delam stroitel'stva i zhilishchno-kommunal'nogo khozyaistva Respubliki Kazakhstan. – Astana, 2012, P.8.

18. Oгородников Е. Teplovoi tupik // Ekspert, 2016, No.12(980), P.6.