



Ускоренная коррозия оцинкованных трубопроводов в системах ГВС

Аномально быстрая коррозия стальных оцинкованных труб в системах ГВС — эта тема в последние годы является предметом большого количества публикаций, посвящённых системам горячего водоснабжения. Сообщения относятся к коррозии трубопроводов ГВС в жилых зданиях, построенных восемь-десять лет тому назад [1–4]. В своей практике авторы столкнулись с ситуациями, когда свищи на трубопроводах ГВС и проблемы с качеством горячей воды начали появляться через два-четыре года с начала эксплуатации здания.

В работах [1, 2] нами были проанализированы некоторые причины, приводящие к ускоренной коррозии стальных оцинкованных труб в системах горячего водоснабжения. К ним относятся: качество воды, высокая температура, неравномерность распределения цинкового покрытия по внутренней поверхности трубы, наличие кислорода и углекислого газа в воде, поступающей в систему ГВС, утечки тока. Отмечено влияние особенностей конструкции запорной арматуры и нарушения требований технического регламента по эксплуатации.

Однако в некоторых случаях традиционно рассматриваемые причины не дают ответа, почему скорость коррозии становится аномально высокой, в то время как

условия эксплуатации являются практически идентичными? При этом жилые дома находятся в пределах одного населённого пункта, то есть отсутствуют отличия в качестве воды, материалах, оборудовании, но коррозионные процессы протекают с разной скоростью.

Причины ускоренной коррозии стальных оцинкованных труб в системах ГВС: качество воды, высокая температура, неравномерность распределения цинкового покрытия по внутренней поверхности трубы, наличие кислорода и углекислого газа в воде, поступающей в систему ГВС, утечки тока

Срок службы систем водоснабжения, смонтированных из стальных оцинкованных труб, до капитального ремонта или полной замены, может быть ориентировочно определён по нормам ВСН 53-86(р) [5], в которых сформулированы принципы оценки физического износа инженерных систем в жилых зданиях. На рис. 1 приведён график, показывающий примерный срок службы различных элементов системы горячего водоснабжения.

Рецензия эксперта на статью получена 07.08.2019 [Expert review on the article received on August 7, 2019].

УДК 628.144+620.193. Научная специальность: 05.23.04.

Ускоренная коррозия оцинкованных трубопроводов в системах ГВС

Валентин А. Чухин, к.т.н., доцент, учебный мастер; Алексей П. Андрианов, к.т.н., доцент, кафедра водоснабжения и водоотведения, Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет (НИУ МГСУ)

Статья посвящена анализу возможных причин аномально быстрой коррозии стальных оцинкованных труб в системах горячего водоснабжения (ГВС). Проведённые обследования систем водоснабжения нескольких жилых домов позволяют сделать выводы, что причина ускоренной коррозии оцинкованных труб в системах ГВС заключается в ошибках, допущенных при проектировании и проведении монтажных работ, а также в отсутствии достаточной скорости движения горячей воды в трубах в режимах водопотребления и циркуляции, что приводит к накоплению шлама и развитию коррозионных процессов.

Ключевые слова: системы водоснабжения, горячее водоснабжение, коррозия, оцинкованные стальные трубы, цинковое покрытие.

UDC 628.144+620.193. The number of scientific specialty: 05.23.04.

Accelerated corrosion of galvanized piping in domestic hot water systems

Valentin A. Chukhin, PhD, Associate Professor, training master; Alexey P. Andrianov, PhD, Associate Professor, the Department of Water Supply and Sewerage, National Research University Moscow State University of Civil Engineering (NRU MGSU)

The paper is devoted to the analysis of the possible causes of abnormally rapid corrosion of galvanized steel pipes in hot water supply systems. Surveys of water supply systems in several residential buildings allow us to conclude that the reasons for accelerated corrosion of galvanized pipes in hot water systems are: the mistakes made in the design and installation work, as well as in the absence of sufficient flow velocity in pipes in water consumption and circulation modes, which leads to the accumulation of sludge and the development of corrosion processes.

Key words: water supply systems, hot water supply, corrosion, galvanized steel pipes, zinc coating.

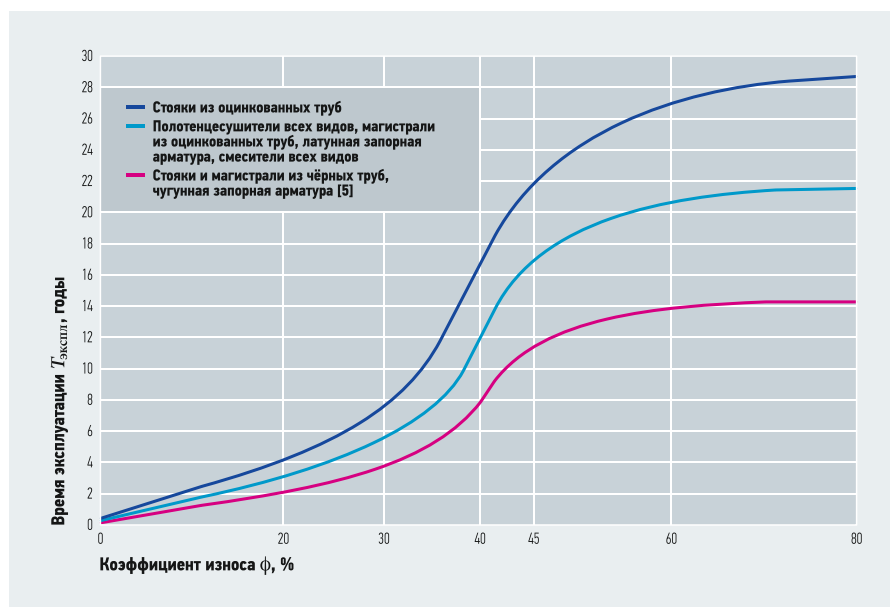


Рис. 1. Физический износ элементов системы внутреннего горячего водоснабжения в зависимости от срока эксплуатации

Из графика следует, что стальные оцинкованные трубы и полотенцесушители должны обеспечивать нормальное функционирование системы ГВС в течение не менее 14–18 лет, чугунные задвижки — десять лет. Учитывая, что коррозия является основной причиной физического износа труб, то под аномально быстрой следует понимать коррозию, которая начинается практически с момента ввода системы в эксплуатацию и приводит к выходу из строя отдельных элементов системы. Первоначальными признаками начавшейся коррозии, как правило, являются жалобы населения на появление «ржавой» воды из кранов, а в дальнейшем, через два-три года, появляются подтеки и свищи на стояках и подводках к приборам и полотенцесушителям.

В течение 2018–2019 годов авторами настоящей статьи было проведено обследование систем горячего водоснабжения в нескольких жилых домах. Обследование проводилось непосредственно на объектах путём визуального осмотра систем водоснабжения, взятия и анализа проб воды, изучения фрагментов труб со следами коррозии, определения параметров работы системы водоснабжения и их сравнения с проектными решениями. Оценка качества воды, изучение фрагментов труб и индикаторов коррозии проводились в лаборатории кафедры водоснабжения и водоотведения Московского государственного строительного университета с использованием современного аналитического оборудования, в том числе и электронной микроскопии. Были рассмотрены принятые схемы водоснабжения, расчётные расходы, диаметры труб, схемы подключения приборов и полотенцесушителей. Исследования были проведены по инициативе управляющих компаний,

которые, имея опыт эксплуатации большого количества зданий, могут отличить аномальное поведение системы от физического износа. На основе проведённых исследований был сделан анализ возможных причин ускоренной коррозии, который показал на наличие связи конструктивных и технологических параметров систем ГВС с началом и дальнейшим развитием коррозионных процессов.

На рис. 2а схематически показан общий вид централизованной системы ГВС, включающий водонагреватель, насосы, магистральные трубопроводы (подающий и циркуляционный), стояки, санитарно-технические приборы и полотенцесушители [6]. По мнению автора [6], схема, приведённая на рис. 2а (вариант 1), отличается сложностью в монтаже, так как образует множество циркуляционных колец, затрудняющих распределение воды по приборам, и поэтому в настоящее время системы горячего водоснабжения выполняются по схемам вариантов 2 и 3, причём вариант 2 является наиболее предпочтительным, так как обеспечивает лучший прогрев полотенцесушителей [6], а также позволяет объединять водоразборные стояки в группы (секционные узлы) и обслуживать их одним циркуляционным стояком [7].

Детальное изображение полотенцесушителей, показанных на рис. 2а (вариант 2 и 3), приведено на рис. 2б. Такие полотенцесушители имели большое распространение в жилых домах массовой застройки 1950–1970-х годов. Недостатком данной конструкции является невозможность регулирования теплоотдачи и замены полотенцесушителя без отключения стояка. Справедливости ради следует отметить, что такая конструкция полотенцесушителя является оптимальной с точки зрения гидравлических характеристик и устойчивости к коррозионным процессам.

В настоящее время конструкции и дизайн полотенцесушителей значительно изменились. Появилась возможность отключения и регулирования теплоотдачи, а также изменилась схема подключения полотенцесушителей к стоякам горячего водоснабжения, которая стала практически аналогичной схемам подключения отопительных приборов. Так, в соответствии с требованиями СП 30.13330.2016 (пункты 5.3.3.3 и 5.3.3.4), полотенцесушители рекомендуется подключать к подающим трубопроводам системы ГВС с установкой отключающей арматуры и замыкающего участка, а при обосновании — к циркуляционным трубопроводам системы горячего водоснабжения [8].

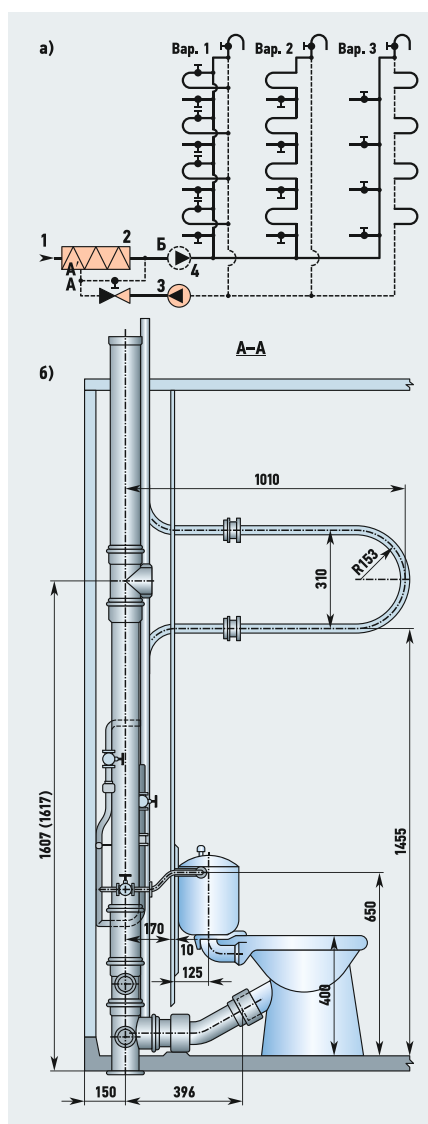


Рис. 2. Элементарная схема системы ГВС с парными стояками (а) и подающий стояк с полотенцесушителем (б) (1 — водопровод; 2 — теплообменник; 3 и 4 — циркуляционный насос, расположенный до и после теплообменника [6], соответственно; примечание: насос 3 применяют в циркуляционной схеме, а насос 4 — в циркуляционно-повысительной)

На рис. 3 показаны примеры установки полотенцесушителей на подающем стояке горячего водоснабжения с замыкающим участком (участком трубы между двумя ответвлениями к прибору).

Замыкающие участки могут быть двух типов: осевые и смещённые. Осевой замыкающий участок размещают на одной оси с основным стояком. При этом замыкающий участок и стояк выполняют из трубы одного и того же диаметра, от которой отведены патрубки для питания полотенцесушителя. Схема осевого замыкающего участка показана на рис. 3а.

Участок трубы, сдвинутый относительно оси стояка в сторону полотенцесушителя, называют смещённым. Схема со

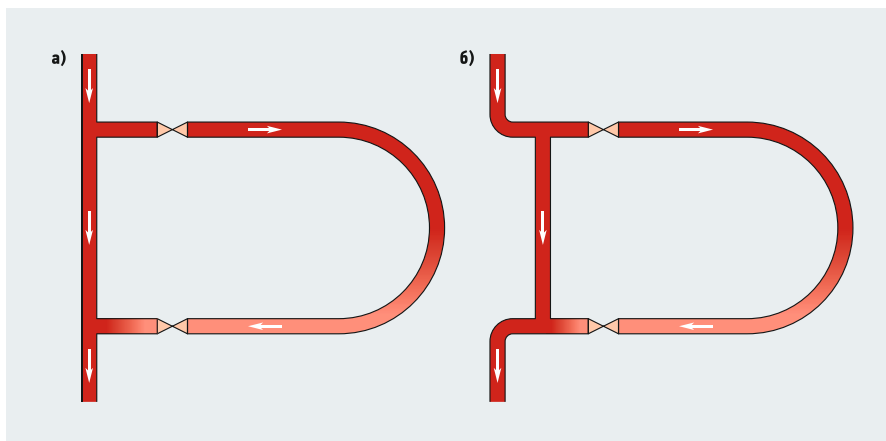


Рис. 3. Схемы подключения полотенцесушителей (а — с осевым замыкающим участком, б — со смещённым замыкающим участком)



Коррозия поражает все виды трубопроводов, включая газовые

смещённым замыкающим участком показана на рис. 3б. Смещённый замыкающий участок обеспечивает лучшее, чем осевой, затекание теплоносителя в отопительный прибор (каким в данном случае является полотенцесушитель), при этом гидравлическое сопротивление системы незначительно увеличивается. Более подробное описание вариантов подключения отопительных приборов к системе теплоснабжения можно найти в [9].

Монтаж систем ГВС в жилых домах, в которых были проведены обследования, выполнен в соответствии со схемами, изображёнными на рис. 2 и 3. Некоторые характеристики этих зданий приведены в табл. 1. Здания расположены в различных округах города Москвы.

В доме №1 после реконструкции системы ГВС, проведённой в 2015 году, сложилась аварийная ситуация, связанная с протечками горячей воды в местах подключения к стоякам полотенцесушителей. Количество протечек в 2019 году

достигло двух за неделю. Особенно аварийными оказались стояки в квартирах с двумя санузлами. На рис. 4а показана схема подключения двух полотенцесушителей к одному стояку, а также смонтированные по этой схеме и вырезанные при проведении ремонтных работ, перемычки (осевые замыкающие участки, рис. 4б и 4в).

Анализ представленной на рис. 4 конструкции в совокупности с результатом свидетельствует, что здесь при проектировании и монтаже были нарушены требования СП 30.13330. Первое требование, по степени его влияния на процесс коррозии, относится к регламенту выполнения сварочных работ, а второе касается скоростного режима течения воды в рассматриваемом узле. Как следует из рис. 4а, подключение полотенцесушителя выполнено по схеме с осевым замыкающим участком. Причём замыкающий участок имеет меньший диаметр, чем стояк на два промежуточных сортамента (32 и 15 мм, соответственно, рис. 4б). По замыслу автора проекта, такое решение должно было обеспечить лучшие условия для затекания горячей воды в полотенцесушители.

Первое нарушение связано с игнорированием пункта 4.6 СП 73.13330.2016, в котором записано следующее требование: «Применение сварных соединений трубопроводов из оцинкованной стали не допускается», а в пункте 5.1.2 имеется разъяснение порядка проведения работ по соединению стальных оцинкованных



Технические характеристики обследованных зданий

табл. 1

Номер	Этажность / кол-во секций	Кол-во квартир (кол-во комнат)	Схема ГВС по рис. 2	Год ввода в эксплуатацию	Примечание
1	22/1	97 (1–5)	Вар. 2	2006	Две зоны
2	17/3	70 (свободная планировка)	Вар. 1	2010	Две зоны, десять квартир не заселены
3	5/3	60 (1–3)	Вар. 2	1958	Одна зона

Замыкающие участки могут быть двух типов: осевые и смещённые. Осевой замыкающий участок размещают на одной оси с основным стояком. При этом замыкающий участок и стояк выполняют из трубы одного и того же диаметра, от которой отведены патрубки для питания полотенцесушителя

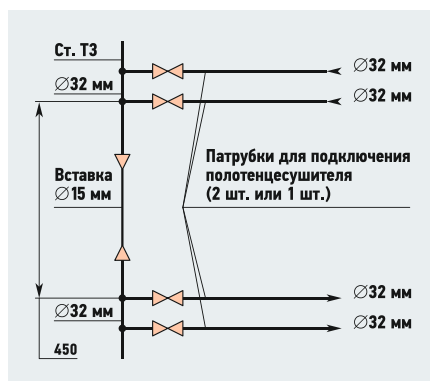


Рис. 4а. Система ГВС дома №1 (подключение двух полотенцесушителей к одному стояку)

труб: «Оцинкованные трубы, узлы и детали следует соединять на резьбе с применением оцинкованных соединительных частей или неоцинкованных из ковкого чугуна, на накидных гайках, на фланцах (к арматуре и оборудованию), на пресс-фитингах или на фитингах с пазовыми соединениями, специально предназначенных для использования в трубопроводных системах» [10].

Известно, что при использовании сварки для соединения оцинкованных труб цинковое покрытие «сгорает», и трубы в местах сварки подвергаются коррозии так же, как и стальные без покрытия. При проведении сварочных работ «в сварном шве не должно быть трещин, раковин, пор, подрезов, незаваренных кратеров, а также пережогов и подтёков наплавленного металла. Отверстия в трубах диаметром до 40 мм для приварки патрубков необходимо выполнять, как правило, путём сверления, фрезерования или вырубки на прессе. Диаметр отверстия должен быть равен внутреннему диаметру патрубка с допускаемыми отклонениями ± 1 мм» [10].

Как видно из фото 4б, в и г, соединения на сварке были выполнены без учёта приведённых выше требований, особенно в местах перехода от диаметра 15 мм к диаметру 32 мм, где между трубами имеются полости, в которых отсутствует циркуляция воды.

Одним из распространённых видов повреждения сталей является щелевая коррозия, протекающая в условиях недостатка кислорода и незначительной скорости отведения растворённых продуктов коррозии. Щелевая коррозия возникает в тех местах, где между элементами конструкции образуется небольшой зазор. Геометрия зазора — решающий фактор начала развития щелевой коррозии. Зазор должен быть достаточно большим для проникновения воды, но не настолько большим, чтобы растворённый металл мог свободно вымываться из зазора течением или конвекцией жидкости [3]. Электрохимическая коррозия сопровождается возникновением гальванических пар с образованием анодных и катодных участков.

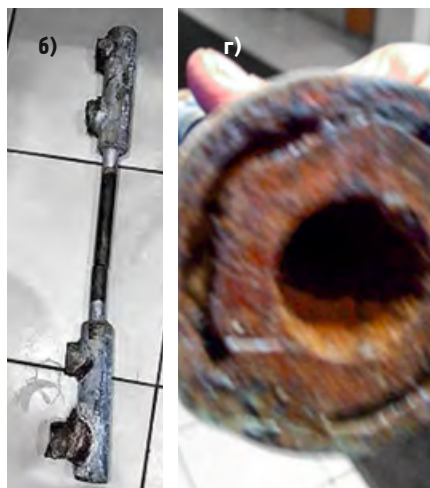


Рис. 4б–г. Вырезанные участки трубы из стояка ГВС со следами интенсивной коррозии

В зазоре формируется анод, а сталь вне зазора становится катодом. Коррозионные реакции в анодной зоне вызывают изменение кислотности среды (со временем кислотность в этой области возрастает, и, соответственно, увеличивается скорость коррозии) [3]. На фото 4в показано, что половина сечения трубы Ду32 заполнена продуктами коррозии трубы.

Второе нарушение норм касается скоростного режима воды в водопроводных трубах. В пункте 5.6.6 СП 30.13330 записано: «При расчёте диаметров рекомендуемая скорость движения воды в трубопроводах — 1,2 м/с. Максимальная скорость движения воды в трубопроводах внутренних сетей не должна превышать 1,5 м/с. Для трубопроводов объединённых хозяйственно-противопожарных и производственно-противопожарных систем при пожаротушении скорость движения воды в трубопроводах не должна превышать 3 м/с. Минимальная скорость воды в трубопроводах 0,2 м/с». Как будет показано, минимальная скорость движения воды играет важную роль в развитии коррозии.

Одним из распространённых видов повреждения сталей является щелевая коррозия, протекающая в условиях недостатка кислорода и незначительной скорости отведения растворённых продуктов коррозии

Расчёты показывают, что при диаметре трубы 32 мм и скорости 1 м/с расход в стояке составит 0,95 л/с. При этом расходе скорость движения воды в суженном сечении трубы (в замыкающем участке) с диаметром 15 мм при отключённых полотенцесушителях составит 5,5 м/с, что почти в четыре раза превышает допустимую. Кроме того, потери напора на этом участке возрастут с 0,26 м на 1 п.м. длины трубы при скорости 1 м/с до 7,6 м на 1 п.м. при скорости 5,5 м/с.

Таким образом, потери напора возрастают более чем в 30 раз на каждом участке и, если полотенцесушители выключены, то пользователи на вышерасположенных этажах не будут получать воду в достаточном количестве.

Следует добавить, что решение об уменьшении диаметра перемычки, тем более сразу на два сортамента, противоречит требованиям как СП 30.13330, так и СП 60.13330 [11], в котором отсутствуют рекомендации по изменению диаметра стояка в месте присоединения отопительных приборов.

В литературе имеются указания по изменению диаметра участка трубопровода, но при этом накладываются определённые ограничения. Так, в [9] записано, что «при наполнении и подпитке системы деаэрированной водой в горизонтальной однотрубной системе возможно применение обвязки приборов с замыкающим участком постоянной длины, включающим диафрагму, — так называемой “редуцирующей вставкой”».

В данном же случае мы имеем как минимум две диафрагмы, которые работают как кавитаторы, что приводит к появлению свищей непосредственно на перемычке (рис. 5). Высокая скорость движения воды обеспечивает диффузию кислорода к стенкам трубы, поэтому практически вся внутренняя поверхность перемычки становится катодом. Если на поверхности трубы имеются локальные нарушения цинкового покрытия или включения более электроотрицательные, чем цинк, то в этом месте образуется анод. Большая площадь катода и маленькая — анода приводят к интенсивному локальному разрушению трубы.

Сантехнические приборы, установленные в квартирах жилого дома №2, присоединены к стоякам по схеме, показанной на рис. 2, вариант 1. В большинстве квартир (примерно 90%) установлены электрические полотенцесушители, в 10% квартир — водяные, а подающие и циркуляционные трубопроводы перед санитарными приборами закольцованы, так как подводы к приборам имеют большую длину. В период с 2014 года и по настоящее время от жильцов дома поступают жалобы на появление «ржавой» воды из кранов системы ГВС. Наибольшее количество жалоб поступает от жителей



:: Рис. 5. Фрагмент замыкающего участка Ду15 со свищем диаметром 4 мм

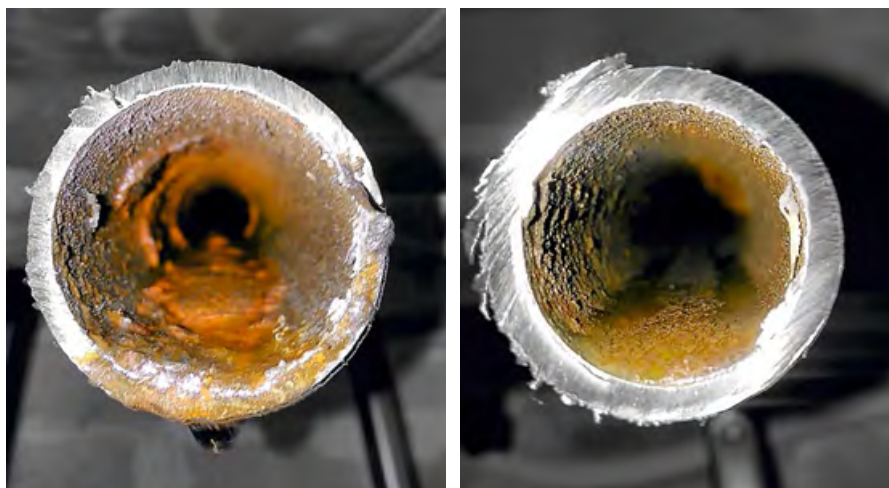


Появление осадка в трубах связано с коррозией запорной арматуры, изготовленной из углеродистой стали, а также коррозией сварных стыков и чугунных неоцинкованных фитингов

первых этажей первой и второй зоны во всех трёх секциях.

Обследование участков трубопроводов показало, что большинство случаев коррозии с образованием свищей приходится на концевые участки сети в незаселённых квартирах или при длительном отсутствии водопотребления. Первоначально, до заселения квартиры, подающий и циркуляционный трубопровод были обычно закольцованы. Эти участки располагаются горизонтально под потолком.

При обследовании было высказано предположение, что причиной коррозии стальных трубопроводов являются продукты коррозии, поступающие к потребителю с потоком воды. Первоначальное появление осадка в трубах может быть связано с коррозией запорной арматуры (из углеродистой стали), а также коррозией сварных стыков и чугунных неоцинкованных фитингов. Накопление шлама в трубах ГВС происходит из-за недостаточной скорости движения горячей воды вследствие незначительного водопотребления, длительных перерывов в водопотреблении и наличия на этажах незаселённых квартир. Примером наличия подвижного и неподвижного осадков в системе ГВС жилого дома №2 служит фото 6 (сделано при проведении отделочных работ в незаселённой квартире).



:: Рис. 6. Примеры подвижного и неподвижного осадков в трубах системы ГВС (а — подвижный осадок в большей мере локализуется в лотковой части трубы Ду = 1"; б — неподвижный осадок, вызванный коррозией цинкового покрытия и стальной основы трубы Ду = 3/4", осадок практически равномерно распределён по внутренней поверхности трубы)

Отложения в трубах делятся на две категории: подвижные осадки, локализованные в лотковой части труб, и отложения, прочно закреплённые на стенках трубопроводов. Часть железа при коррозии формирует неподвижный осадок, а другая часть железа поступает в сеть. Следует также отметить, что осадок, содержащий железо, при определённых условиях может растворяться и вызывать вторичное загрязнение воды. В работе [12] было показано, что наибольшее выделение железа из отложений происходит при отсутствии движения воды в трубах.

При анализе водопотребления было установлено, что фактические диаметры магистральных трубопроводов и квартирных вводов на один-два сортамента превышают расчётные. Максимальный фактический расход холодной воды в доме составляет около 6 м³/ч или 1,67 л/с. При фактическом соотношении расходов (65% — холодная вода, а 35% — горячая вода) часть холодной воды (3,92 м³/ч или 1,09 л/с) идёт непосредственно в сеть, а другая часть (2,08 м³/ч или 0,58 л/с) — на водонагреватели. При этом расход в каждом из трёх стояков ГВС диаметром 2 1/2" составит примерно по 0,7 м³/ч (0,19 л/с). С учётом циркуляционного расхода (около 6 м³/ч на всю систему) получим расход около 0,7 л/с. Максимальный расчётный секундный расход в стояках с учётом циркуляции составляет 1,3 л/с. Максимальный расчётный расход горячей воды для одной квартиры составил 0,29 л/с, с учётом циркуляции — 0,34 л/с. Этот расход подаётся по трубопроводу диаметром 32 мм.

Таким образом, при максимальных расходах скорость движения воды в подающих трубопроводах составляет от



:: Рис. 7. Фрагмент оцинкованной трубы Ду20, изъятый из системы ГВС (а — сторона с продуктами коррозии; б — поверхность трубы после травления 10%-м раствором лимонной кислоты)

0,26 до 0,62 м/с в магистральных и не более 0,4 м/с в стояках и вводах в квартиры. Такая скорость обладает слабой транспортирующей способностью и при наличии в воде тяжёлых взвешенных частиц они будут выпадать в лотковой части трубы.

Литературные данные, напрямую подтверждающие зависимость скорости коррозии оцинкованных труб от скорости движения воды, отсутствуют. Однако известно, что скорость коррозии металлических труб значительно увеличивается,

если поверхность металла покрыта слоем рыхлого осадка. В этом случае свищи появляются в местах, где происходит накопление осадка и возникает подшламовая коррозия оцинкованных труб.

На рис. 7 приведён фрагмент трубы, покрытый слоем осадка. При внешнем осмотре фрагмента было обнаружено, что внутренняя сторона трубы покрыта осадком тёмно-коричневого цвета, плотно прилегающим к поверхности. На поверхности имеются углубления, образовавшиеся в результате коррозии как слоя цинка, так и непосредственно самой стальной основы трубы.

Известно, что скорость коррозии металлических труб значительно увеличивается, если поверхность металла покрыта слоем рыхлого осадка. В этом случае свищи появляется в местах, где происходит накопление осадка и возникает подшламовая коррозия оцинкованных труб

Коррозия имеет локальный язвенный характер; язвы имеют круглую форму и глубину 1–1,5 мм, однако не доходят до внешней поверхности трубы (рис. 7а и 7б). Коррозия труб с нарушенным цинковым покрытием протекает при повышенной температуре в четыре-пять раз быстрее, чем оцинкованных и заканчивается образованием свищей.

В работе [13] описывается методика выявления участков сети, в которых



в течение эксплуатации накапливаются загрязнения, способные при изменении гидродинамических условий вновь захватываться потоком воды и поступать к потребителю, вызывая их жалобы. Суть метода Resuspension Potential Method (RPM) заключается в том, что наличие загрязнений в сети определяют путём увеличения скорости движения воды на 0,35 м/с в течение 15 минут по сравнению с обычно наблюдаемым значением на данном участке сети.



Например, для взвесей органического происхождения было установлено, что их осаждение в трубах из поливинилхлорида диаметром 100 мм происходит при скорости движения воды менее 0,07 м/с. При скорости потока от 0,07 до 0,25 м/с происходит взмучивание осевшего осадка, а при скоростях от 0,25 до 0,6 м/с взвешенные частицы практически полностью увлекаются потоком воды

В табл. 2 приведены значения минимального расхода воды в трубах, которые соответствуют скорости движения воды не менее 0,25 м/с. Эти значения должны,

Методика была разработана на основе наблюдения за поведением взвешенных частиц в трубах наружных водопроводных сетей при различных скоростях движения воды. Так, для взвесей органического происхождения было установлено, что их осаждение в трубах из ПВХ диаметром 100 мм происходит при скорости движения воды менее 0,07 м/с. При скорости потока от 0,07 до 0,25 м/с происходит взмучивание осевшего осадка, а при скоростях от 0,25 до 0,6 м/с взвешенные частицы практически полностью увлекаются потоком воды. Результаты этих исследований могут быть использованы при проведении профилактических промывок систем ГВС.

Таким образом, необходимость соблюдения требования о минимальном значении скорости имеет вполне логическое обоснование, и эта скорость должна обеспечиваться как в режиме водопотребления, так и в режиме циркуляции.

:: Минимальный расход воды в трубопроводах при скорости 0,25 м/с

табл. 2

Условный диаметр, мм	15	20	25	32	40
Расход, л/с	0,044	0,078	0,122	0,201	0,314



по нашему мнению, учитываться при определении циркуляционного расхода в случае использования стальных оцинкованных труб в системах горячего водоснабжения.

В качестве рекомендаций для первого дома, при условии сохранения в качестве материала для стояков стальных оцинкованных труб, следует рассмотреть вариант замены стояков с присоединением полотенцесушителей без использования сварных соединений и без уменьшения диаметра замыкающего участка. Рекомендации по системе горячего водоснабжения второго дома сводятся к замене труб на вводе в квартиры на полимерные с использованием меньших диаметров и обеспечению циркуляции воды в период отсутствия водоразбора.



В третьем доме в 1998 году провели замену стояков холодной и горячей воды с установкой полотенцесушителей по схеме 2б (рис. 2). Третий дом, указанный в табл. 1, может служить эталоном, так как, несмотря на срок эксплуатации 21 год и наличие сварных соединений, система ГВС находится в удовлетворительном состоянии. При этом полотенцесушители в квартирах присоединены в соответствии со схемой 2б, а стояки ГВС имеют диаметр $\frac{3}{4}$ ", что обеспечивает высокую скорость движения воды, своевременное удаление продуктов коррозии из системы и предотвращает накопление шлама в трубах. Единственным элементом, который следует заменить в этом доме, являются чугунные задвижки, гарантийный срок эксплуатации которых давно истёк.

Выводы

1. Причина ускоренной коррозии оцинкованных труб в системах горячего водоснабжения некоторых жилых домов заключается в ошибках, допущенных при проектировании и проведении монтажных работ, а также в отсутствии достаточной скорости движения горячей воды непосредственно в трубах в режимах водопотребления и циркуляции, что приводит к накоплению шлама и развитию коррозионных процессов.
2. Наиболее устойчивыми к воздействию коррозии при использовании стальных оцинкованных труб являются схемы систем горячего водоснабжения с присоединением полотенцесушителей к подающим стоякам без замыкающих участков и отключающей арматуры.



3. Опыт эксплуатации показывает, что сварные соединения не являются причиной, вызывающей аномально быструю коррозию систем ГВС, при условии соблюдения требований при сварке оцинкованных труб. Однако сварные швы являются источником продуктов коррозии и могут приводить к появлению «ржавой» воды и накоплению шлама при низких скоростях движения воды. Для увеличения срока эксплуатации систем ГВС, смонтированных из стальных оцинкованных труб, не следует также использовать чугунные задвижки, шаровые краны и фитинги без защитного покрытия.

4. При проектировании систем водоснабжения в квартирах со свободной планировкой и с подведением в квартиру подающего и циркуляционного трубопровода в период отсутствия эксплуатации следует предусматривать обеспечение циркуляции горячей воды с помощью перемычек, смонтированных по схеме на рис. 2а (вариант 1), со скоростью движения воды не менее 0,3–0,4 м/с.

5. В случае появления признаков коррозии необходимо прежде всего проверить, работает ли система с расчётным расходом. В любом случае, при наличии жалоб на появление ржавой воды, следует провести гидравлическую промывку системы ГВС с увеличенным расходом. •

1. Чухин В.А., Андрианов А.П. Анализ причин коррозии оцинкованных труб в системах ГВС // Журнал С.О.К., 2018. №1. С. 54–58.
2. Андрианов А.П., Макиша Н.А., Чухин В.А. Коррозия запорной арматуры в системах ГВС // Журнал С.О.К., 2018. №6. С. 30–34.
3. Зайцев А.Н., Суздальцева Е.Н. К вопросу о коррозии труб горячего водоснабжения из нержавеющей стали // Системные технологии, 2017. №23. С. 4–14.
4. Delaunois F., Tosar F., Vitry V. Corrosion behaviour and biocorrosion of galvanized steel water distribution systems. Bioelectrochemistry. 2014. Vol. 97. Pp. 110–119.
5. ВСН 53-86(р). Правила оценки физического износа жилых зданий.
6. Внутренние санитарно-технические устройства. Ч. 2: Водопровод и канализация. Справ. проектировщика. Изд. 4-е, перераб. и доп. / Под ред. И.Г. Старовойта и И.Ю. Шиллера. — М.: Стройиздат, 1990. 247 с.
7. Повышение эффективности работы систем горячего водоснабжения / Н.И. Чистяков, М.М. Грудзинский, В.И. Ливчак и др. — М.: Стройиздат, 1988. 314 с.
8. СП 30.13330.2016. Внутренний водопровод и канализация зданий. Актуал. ред. СНиП 2.04.01-85* (с Поправкой, с Изм. №1).
9. Сканава А.Н., Махов Л.М. Отопление. — М.: Изд-во АСВ, 2008. 576 с.
10. СП 73.13330.2016. Внутренние санитарно-технические системы зданий. СНиП 3.05.01-85 (с Изм. №1).
11. СП 60.13330.2012. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха. Актуал. ред. СНиП 41-01-2003.
12. Sarin P., Snoeyink V.L., Bebee J., Jim K.K., Beckett M.A., Kriven W.M., Clement J.A. Iron release from corroded iron pipes in drinking water distribution systems — effect of dissolved oxygen. Water Research. 2004. Vol. 38. Issue 5. Pp. 1259–1269.
13. Vreeburg J.H.G., Schippers D., Verberk J.Q.J.C., van Dijk J.C. Impact of particles on sediment accumulation in a drinking water distribution system. Water Research. 2008. Vol. 42. Issue 16. Pp. 4233–4242.

References — see page 93.

Accelerated corrosion of galvanized piping in domestic hot water systems.
Pp. 22–30.

Valentin A. Chukhin, PhD, Associate Professor, training master; **Alexey P. Andrianov**, PhD, Associate Professor, the Department of Water Supply and Sewerage, National Research University Moscow State University of Civil Engineering (NRU MGSU)

1. Chuhin V.A., Andrianov A.P. *Analiz prichin korrozii ocinkovannykh trub v sistemah GVS* [Analysis of the causes of corrosion of galvanized pipes in hot water systems]. *Zhurnal Santehnika, otoplenie, kondicionirovanie (S.O.K.)* [Journal of Plumbing. Heating. Ventilation]. 2018. No. 1. Pp. 54–58. [In Russian]
2. Andrianov A.P., Makisha N.A., Chuhin V.A. *Korrozija zapornoj armatury v sistemah GVS* [Corrosion of stop valves in hot water supply systems]. *Zhurnal Santehnika, otoplenie, kondicionirovanie (S.O.K.)* [Journal of Plumbing. Heating. Ventilation]. 2018. No. 6. Pp. 30–34. [In Russian]
3. Zajcev A.N., Suzdal'ceva E.N. *K voprosu o korrozii trub gorjachego vodosnabzhenija iz nerzhavejushhej stali* [On the issue of corrosion of stainless steel hot water pipes]. *Sistemnye tehnologii* ["System technologies" Magazine]. 2017. No. 23. Pp. 4–14. [In Russian]
4. Delaunoi F., Tosar F., Vitry V. Corrosion behaviour and biocorrosion of galvanized steel water distribution systems. *Bioelectrochemistry*. 2014. Vol. 97. Pp. 110–119.
5. VSN [Departmental Building Codes No.] 53-86(r). *Pravila ocenki fizicheskogo iznosa zhilykh zdaniy* [Rules for assessing the physical deterioration of residential buildings]. [In Russian]
6. *Vnutrennie sanitarno-tehnicheskie ustrojstva. Ch. 2. Vodoprovod i kanalizacija. Sprav. proektirovshhika* [Internal sanitary facilities. Part 2. Plumbing and sewage. Designer's Handbook]. 4th edition, rev. and exp. Edited by I.G. Staroverov and I.Ju. Shiller. Moscow. *Stroizdat* [Publishing House of literature on the construction and architecture of the USSR ("Stroiizdat" Publishers)]. 1990. 247 p. [In Russian]
7. Chistjakov N.I., Grudzinskij M.M., Livchak V.I. et al. *Povyshenie jeffektivnosti raboty sistem gorjachego vodosnabzhenija* [Improving the efficiency of hot water systems]. Moscow. *Stroizdat* [Publishing House of literature on the construction and architecture of the USSR ("Stroiizdat" Publishers)]. 1988. 314 p. [In Russian]
8. SP [The Code of Practice on Design and Construction (The Code of Practice) No.] 30.13330.2016. *Vnutrennij vodoprovod i kanalizacija zdaniy. Aktual. red. SNiP* [Internal water supply and sewerage buildings. Updated version of Building Norms & Regulations (National Codes and Standards of Russia) No.] 2.04.01–85* (s Popravkoj, s Izm. №1) [with the Amendment, with a Modification No. 1]. [In Russian]
9. Skanavi A.N., Mahov L.M. *Otoplenie* [Heating]. Moscow. *Izd-vo ASV* [Publishing House of the Association of Construction Universities]. 2008. 576 p. [In Russian]
10. SP [The Code of Practice on Design and Construction (The Code of Practice) No.] 73.13330.2016. *Vnutrennie sanitarno-tehnicheskie sistemy zdaniy. SNiP* [Updated version of Building Norms & Regulations (National Codes and Standards of Russia) No.] 3.05.01–85 (s Izm. №1) [with a Modification No. 1]. [In Russian]
11. SP [The Code of Practice on Design and Construction (The Code of Practice) No.] 60.13330.2012. *Otoplenie, ventiljacija i kondicionirovanie vozduha. Aktual. red. SNiP* [Updated version of Building Norms & Regulations (National Codes and Standards of Russia) No.] 41-01–2003. [In Russian]
12. Sarin P., Snoeyink V.L., Bebee J., Jim K.K., Beckett M.A., Kriven W.M., Clement J.A. Iron release from corroded iron pipes in drinking water distribution systems — effect of dissolved oxygen. *Water Research*. 2004. Vol. 38. Issue 5. Pp. 1259–1269.
13. Vreeburg J.H.G., Schippers D., Verberk J.Q.J.C., van Dijk J.C. Impact of particles on sediment accumulation in a drinking water distribution system. *Water Research*. 2008. Vol. 42. Issue 16. Pp. 4233–4242.