

НАУЧНАЯ СТАТЬЯ / RESEARCH PAPER

УДК 628.355

DOI: 10.22227/1997-0935.2023.10.1617-1626

Алгоритм проведения обследований систем холодного и горячего водоснабжения жилых зданий

Николай Алексеевич Макиша, Валентин Александрович Чухин

Национальный исследовательский Московский государственный строительный
университет (НИУ МГСУ); г. Москва, Россия

АННОТАЦИЯ

Введение. В настоящее время существует большое разнообразие методов диагностики и мониторинга состояния трубопроводных систем с разным набором оборудования для решения широкого круга задач. Однако эти методы не используют для систем внутреннего водоснабжения из-за ограничений по диаметрам труб и малой доступности коммуникаций.

Материалы и методы. Для оценки коррозионной активности воды и определения возможности выделения карбоната кальция можно применять индексы Ланжелье, Ризнера, Сноинка-Джексона и др. При проведении наблюдения за системами водоснабжения с признаками коррозии с помощью электронного микроскопа обнаружено, что в составе коррозионного осадка содержится большое количество цинка и в некоторых случаях меди. Суть предложенного способа заключается в том, что предварительно подготовленный стальной индикаторный образец, вырезанный из трубы без покрытия, помещали в емкость под струю холодной или горячей воды в исследуемой системе водоснабжения, выполненной из стальных оцинкованных труб (в том числе включающую содержащую медь арматуру и теплообменники), выдерживали образец под струей 3–4 ч до образования на поверхности прочно прикрепленных продуктов коррозии (осадка).

Результаты. Свищи были обнаружены на горизонтальных участках, поворотах, в местах сварки трубопроводов. При параллельной прокладке труб в горизонтальной плоскости для присоединения к стоякам необходимо обходить находящиеся рядом трубы, это приводит к появлению U-образных или П-образных обводов горизонтально проложенных труб. Наиболее очевидной причиной anomalно быстрой коррозии в горизонтально расположенных трубопроводах с U-образной схемой присоединения стояков является низкая скорость движения воды. При низкой скорости воды в трубах с изменением направления движения воды с горизонтального на вертикальное и вниз на горизонтальном участке магистрального трубопровода будет накапливаться воздух, в то время как на горизонтальном участке, идущем к стояку, накапливается осадок.

Выводы. Опыт обследования систем водоснабжения зданий показывает, что в первую очередь следует выполнять оценку влияния качества воды на коррозию трубопроводов по индексам стабильности, которые в ряде случаев могут дать ответ на возможность возникновения anomalно быстрой коррозии.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: обследование внутренних систем водоснабжения, anomalно быстрая коррозия, качество питьевой воды, оцинкованные трубы, индикаторы коррозии, электронная микроскопия, энергодисперсионная рентгеновская спектроскопия

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ: Макиша Н.А., Чухин В.А. Алгоритм проведения обследований систем холодного и горячего водоснабжения жилых зданий // Вестник МГСУ. 2023. Т. 18. Вып. 10. С. 1617–1626. DOI: 10.22227/1997-0935.2023.10.1617-1626

Автор, ответственный за переписку: Николай Алексеевич Макиша, MakishaNA@mgsu.ru.

Survey algorithm for cold and hot water supply systems of residential buildings

Nikolay A. Makisha, Valentin A. Chukhin

Moscow State University of Civil Engineering (National Research University) (MGSU);
Moscow, Russian Federation

ABSTRACT

Introduction. Currently, there is a wide variety of methods for monitoring the condition of pipeline systems which require a different set of equipment. However, these methods are not applied for internal water supply systems due to restrictions on pipe diameters and complicated availability of communications

Materials and methods. To assess the corrosion activity of water and determine the possibility of calcium carbonate release, various indices can be used: Langelier, Risner, Snow-Jackson, etc. When monitoring water supply systems with signs of corrosion using an electron microscope, it was found that the composition of the corrosive sediment contains a large amount of zinc, and, in some cases, copper. The essence of the proposed method is that a preliminary prepared steel indicator sample cut from an uncoated pipe was placed in a container under a stream of cold or hot water in the investigated

water supply system made of galvanized steel pipes (including copper-containing fittings and heat exchangers), the sample was kept under the stream for 3–4 hours until the formation of surfaces of firmly attached corrosion products (sediment).

Results. Fistulas were found on horizontal sections, on turns, in places where pipelines are welded. When laying pipes in parallel in a horizontal plane, it is necessary to bypass the pipes located next to the risers, which leads to the appearance of U-shaped or U-shaped contours of horizontally laid pipes. The most obvious reason for abnormally rapid corrosion in horizontally arranged pipelines with a U-shaped connection scheme of risers is the low speed of water movement. At low velocity of water flow in pipes with a change in the direction of water movement from horizontal to vertical and down, air will accumulate on the horizontal section of the main pipeline, while sediment will accumulate on the horizontal section going to the riser.

Conclusions. The experience of the survey of water supply systems of buildings shows that, first of all, it is necessary to assess the impact of water quality on corrosion of pipelines according to stability indices, which in some cases can provide an answer to the possibility of abnormally rapid corrosion.

KEYWORDS: inspection of internal water supply systems, abnormally fast corrosion, drinking water quality, galvanized pipes, corrosion indicators, electron microscopy, energy dispersive X-ray spectroscopy

FOR CITATION: Makisha N.A., Chukhin V.A. Survey algorithm for cold and hot water supply systems of residential buildings. *Vestnik MGSU* [Monthly Journal on Construction and Architecture]. 2023; 18(10):1617-1626. DOI: 10.22227/1997-0935.2023.10.1617-1626 (rus.).

Corresponding author: Nikolay A. Makisha, MakishaNA@mgsu.ru.

ВВЕДЕНИЕ

Цель диагностики состояния трубопроводов внутренних систем хозяйственно-питьевого водопровода — обеспечение их длительной безаварийной эксплуатации и, соответственно, бесперебойная подача воды потребителям [1, 2]. В связи с этим основной задачей технической диагностики систем, особенно в случае их частого отказа на раннем этапе эксплуатации, является выявление потенциально опасных участков трубопроводов, определение степени их поражения и необходимых мер для проведения восстановительных работ^{1, 2}.

Обследование систем водоснабжения проводилось на различных объектах, расположенных в Москве и Московской области, в Рязани и других населенных пунктах Российской Федерации путем визуального осмотра систем водоснабжения, анализа проб воды из систем холодного (ХВС) и горячего водоснабжения (ГВС), изучения фрагментов труб со следами коррозии, определения параметров работы системы водоснабжения и их сравнения с проектными решениями. Анализы воды, изучение фрагментов труб осуществлялись как в лаборатории кафедры водоснабжения и водоотведения НИУ МГСУ с применением современного аналитического оборудования, в том числе электронной микроскопии, так и в специализированных лабораториях.

В работах [3, 4] проанализированы некоторые причины, приводящие к ускоренной коррозии стальных оцинкованных труб в системах ГВС. 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. Отмечены влияния особенностей конструкции запорной арматуры

и нарушения требований технического регламента по эксплуатации.

В настоящее время существует большое разнообразие методов диагностики и мониторинга состояния трубопроводных систем с разным набором оборудования для решения широкого круга задач [5–7]. Однако эти методы не используют для систем внутреннего водоснабжения из-за ограничений по диаметрам труб и малой доступности коммуникаций. На практике наиболее простым способом контроля за коррозией трубопроводов внутренних систем ХВС и ГВС служит отбор проб воды и измерение в них концентрации элементов, входящих в материал труб и поступающих в воду в результате коррозии. Для стальных оцинкованных труб такие элементы — железо и цинк. Недостаток указанного способа заключается в незначительном увеличении концентрации измеряемого элемента в пробе воды, сопоставимом с погрешностью измерения концентрации этого элемента методами химического анализа. Тем не менее по совокупности некоторых показателей можно установить, может ли вода быть причиной появления аномально быстрой коррозии.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Оценки коррозионной активности воды

С целью оценки коррозионной активности воды и определения возможности выделения карбоната кальция можно использовать различные индексы: Ланжелье, Ризнера, Сноинка-Джексона и др. [8]. Для расчета индексов необходимы следующие показатели: pH, измеренный при температуре 25 °С; солесодержание, мг/л; температура воды, °С; жесткость (Ca^{2+}) по карбонату кальция, мг/л, и щелочность, мг/л. В приведенном примере применялись индексы Ланжелье и Ризнера [9].

В табл. 1 представлены показатели качества воды для одного из обследованных авторами настоящего исследования объектов, которые свидетельствуют, что холодная вода, поступающая с систему ГВС, хотя и соответствует требованиям

¹ ГОСТ 31937–2011. Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния.

² ВСН 53–86(р). Правила оценки физического износа жилых зданий.

СанПиН 1.2.3685–21³ к питьевой воде, обладает чрезвычайно высокой коррозионной способностью, что подтверждается повышенным содержанием железа в циркуляционном контуре (1,0 мг/л).

Использование индикаторов коррозии

При проведении наблюдения за системами водоснабжения с признаками коррозии с помощью электронного микроскопа [3] обнаружено, что в составе коррозионного осадка содержится большое

количество цинка и в некоторых случаях меди. Приведенные выше наблюдения были положены в основу разработки нового способа идентификации коррозии [10]. Суть предложенного способа⁴ заключается в том, что предварительно подготовленный стальной индикаторный образец, вырезанный из трубы без покрытия, помещали в емкость под струю холодной или горячей воды в исследуемой системе водоснабжения, выполненной из стальных

³ СанПиН 1.2.3685–21. Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания.

⁴ Патент RU № 2666574 С1. Способ идентификации коррозии стальных оцинкованных труб в системах водоснабжения / Чухин В.А., Андриянов А.П.; опубл. 11.09.2018.

Табл. 1. Результаты анализа водопроводной воды

Table 1. Results of water samples analysis

Наименование показателя, единица измерений Name of the indicator, unit of measurement	Норматив Standard	Номер пробы и место отбора Sample number and sampling location			Нормативный документ (НД) на методы исследования Normative document (ND) on research methods
		№ 1 ХВС, ввод No. 1 HVS, input	№ 2 ГВС, Т3 No. 2 DHW, T3	№ 3 ГВС, Т4 No. 3 DHW, T4	
Водородный показатель, pH, ед. Hydrogen index, pH, units	6–9	6,58	6,69	7,95	ФР.1.31.2005.01774 FR.1.31.2005.01774
Жесткость, ммоль-экв/л Hardness, mmol-eq/l	< 7	1,4	1,40	1,85	ГОСТ 31954–2012 ⁵ GOST 31954–2012
Кальций, ммоль-экв/л, (мг/л) Calcium, mmol-eq/l, (mg/l)	< 7 (140)	1,06 (21,2)	1,06 (21,2)	1,5 (30)	ГОСТ Р 57165–2016 ⁶ GOST R 57165–2016
Щелочность, ммоль-экв/л Alkalinity, mmol-eq/l	Не нормируется Not standardized	1,16	1,30	1,45	ГОСТ 31957–2012 ⁷ GOST 3195–2012
Цветность, град. Color, deg.	≤ 20	< 1	5,2	15	ГОСТ 31868–2012 ⁸ GOST 31868–2012
Мутность, ед. ЕМФ, мг/л Turbidity, units EMF, mg/l	≤ 2,6 (1,5)	Менее 1 Less than 1	2,1	10,7	ПНД Ф 14.1:2:3:4.213–05 ⁹ PND F 14.1:2:3:4.213–05
Железо общее, мг/л Total iron, mg/l	≤ 0,3	< 0,05	0,29	1,0	ГОСТ Р 57165–2016 ⁹ GOST R 57165–2016
Хлориды, мг/л Chlorides, mg/l	350	4,0	3,7	4,7	–
Солесодержание, мг/л Salt content, mg/l	≤ 1000	125	135	150	–
Индекс Ланжель* при t = 10 °С Langelier index* at t = 10 °С	–	–1,93	Тенденция к коррозии (–1) / Corrosion tendency (–1) Очень высокая коррозия (–2) / Very high corrosion (–2)		
Индекс Ризнера* при t = 10 °С Risner index* at t = 10 °С	–	10,44	Чрезвычайно высокая коррозия (+10) Extremely high corrosion (+10)		

Примечание: * — первые проявления аномально быстрой коррозии начали выявляться на объекте через 6 лет с начала эксплуатации.

Note: * — the first manifestations of abnormally rapid corrosion began to appear at the facility 6 years from the beginning operation.

⁵ ГОСТ 31954–2012. Вода питьевая. Методы определения жесткости.

⁶ ГОСТ Р 57165–2016. Вода. Определение содержания элементов методом атомно-эмиссионной спектроскопии с индуктивно связанной плазмой.

⁷ ГОСТ 31957–2012. Вода. Методы определения щелочности и массовой концентрации карбонатов и гидрокарбонатов.

⁸ ГОСТ 31868–2012. Вода. Методы определения цветности.

⁹ ПНД Ф 14.1:2:3:4.213–05. Методика измерений мутности проб питьевых, природных поверхностных, природных подземных и сточных вод турбидиметрическим методом по каолину и по формазину.

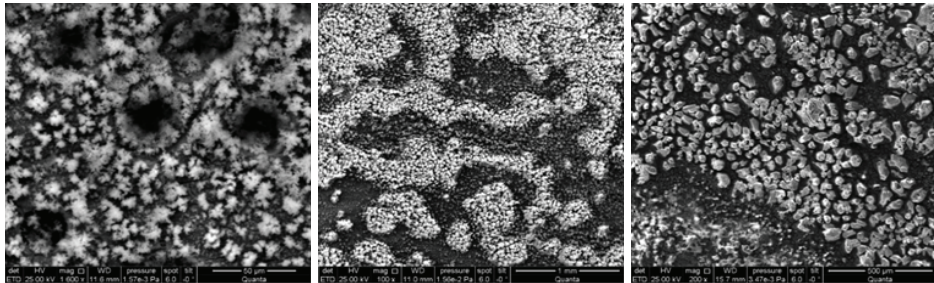


Рис. 1. Микрофотографии осадка на поверхности индикаторных образцов

Fig. 1. Microphotography of sediment on pipe sample surface

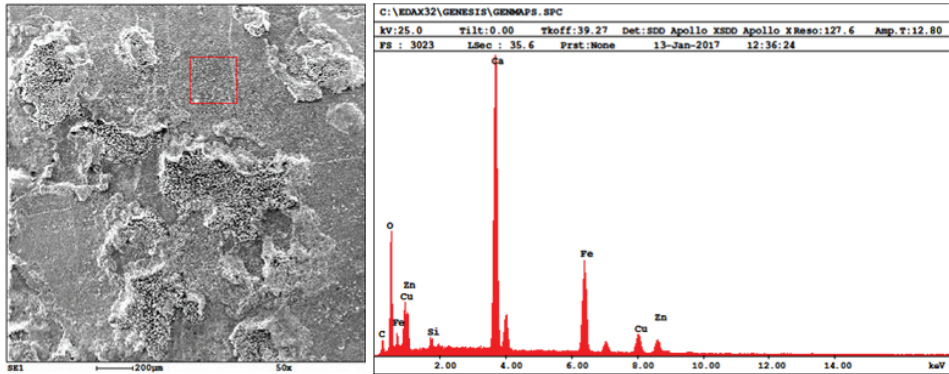


Рис. 2. Спектрограмма осадка на поверхности индикатора коррозии

Fig. 2. Spectrogram of sediment on pipe sample surface

Табл. 2. Состав осадка на поверхности индикатора коррозии

Table 2. Sediment contents on pipe sample surface

Элементы / Elements	C	O	Si	Ca	Fe	Cu	Zn
Доля по массе, % / Share by weight, %	6,24	32,94	1,19	26,66	19,09	7,62	6,27
Доля по атомной массе, % / Share by atomic mass, %	13,52	53,57	1,10	17,31	8,89	3,12	2,49

оцинкованных труб (в том числе включающую содержащие медь арматуру и теплообменники), выдерживали образец под струей 3–4 ч до образования на поверхности прочно прикрепленных продуктов коррозии (осадка). После этого индикаторный образец извлекали из емкости, высушивали и определяли состояние системы водоснабжения по результатам измерения элементного состава осадка на электронном сканирующем микроскопе с использованием метода энергодисперсионной рентгеновской спектроскопии. Затем сравнивали результаты с фоновыми значениями, которые были определены после подготовки образцов. Заключение об интенсивности коррозии делали при превышении показателя по содержанию цинка в осадке на поверхности образца [11]. Испытания данного метода на различных объектах продемонстрировали хорошую корреляцию получаемых результатов количественного анализа осадка с реальным состоянием трубопроводов и степенью их коррозионного повреждения.

На рис. 1 представлены микрофотографии структуры осадка, образующегося на поверхности индикаторов в процессе коррозии. На рис. 2 показана спектрограмма осадка, а в табл. 2 приведен его химический

состав. Определение химического состава осадка на внутренней поверхности трубы выполнено с помощью сканирующего электронного микроскопа Quanta 250 FEI и энергодисперсионной спектроскопии EDAX.

По результатам анализа сделан вывод, что в системе ГВС протекает интенсивная коррозия, причем не только оцинкованных труб, но и теплообменника, на что указывает наличие меди в составе осадка. Содержание цинка в осадке до 1,5 % свидетельствует о незначительной коррозии системы ГВС, от 2 до 3 % — об умеренной коррозии, свыше 4 % — об интенсивной коррозии.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Влияние на коррозию конструктивных параметров

Коррозия магистральных трубопроводов

На рис. 3 приведен фрагмент плана подвала с сетями ХВС и ГВС с указанием мест, где в течение четырех месяцев произошло 5 прорывов стальных оцинкованных трубопроводов системы ГВС с образованием свищей. Следует отметить, что все свищи образовались на трубопроводах Т3.1, подающих

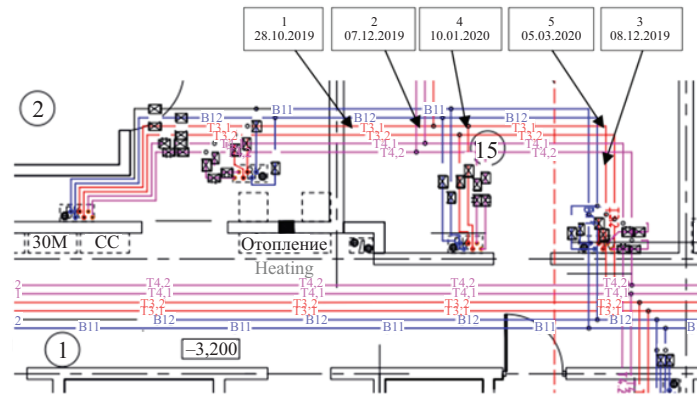


Рис. 3. Фрагмент плана подвала с магистральными трубопроводами систем холодного и горячего водоснабжения
Fig. 3. Fragment of the basement plan with main pipelines of cold and hot water supply systems



Рис. 4. Фотографии аварийных участков: *a* — присоединение стояков к магистральным трубопроводам в подвале; *b–d* — участки труб со свищами

Fig. 4. Photos of emergency sections: *a* — connection of risers to main pipelines in the basement; *b–d* — sections of pipes with fistulas

горячую воду в стояки первой зоны. Свищи образовались на участке трубопровода, проложенного параллельно основным магистралям.

Свищи были обнаружены на горизонтальных участках, поворотах, в местах сварки трубопроводов. На рис. 4 представлены фотографии с трубопроводами под потолком подвала на обследованном объекте. При параллельной прокладке труб в горизонтальной плоскости для присоединения к стоякам необходимо обходить находящиеся рядом трубы, что приводит к появлению U-образных или П-образных обводов горизонтально проложенных труб.

Наиболее очевидной причиной аномально быстрой коррозии в горизонтально расположенных трубо-

проводах с U-образной схемой присоединения стояков является низкая скорость движения воды. При низкой скорости воды в трубах с изменением направления движения воды с горизонтального на вертикальное и вниз (рис. 4, *c*) на горизонтальном участке магистрального трубопровода будет накапливаться воздух, в то время как на горизонтальном участке, идущем к стояку (рис. 4, *a*), будет накапливаться осадок. И в том, и в другом случае риск возникновения коррозии более высокий. В первом случае из-за разной концентрации кислорода, что приводит к появлению катода на внутреннем хорошо аэрированном участке поверхности горизонтальной трубы и, соответственно, анода на поверхности вертикального участка, с более низкой концентра-

цией кислорода. Первоначально коррозия протекает с разрушением цинкового покрытия на аноде, затем начинается коррозия стальной основы. Иллюстрацией приведенного объяснения может служить фотография на рис. 4, с. По данным, приведенным в статье [12], увеличение скорости потока от 0,19 до 0,45 м/с снижает скорость коррозии в 2,8 раза. Это связано с тем, что при скорости воды в трубах более 0,5 м/с пузырьки воздуха двигаются равномерно по всему сечению трубы, не задерживаясь и не создавая градиента концентрации кислорода по длине трубопровода. Когда скорость превышает 1 м/с, пузыри разбиваются на очень мелкие пузырьки. Получается подобие эмульсии из воды и воздуха. Пузыри воздуха в системе водоснабжения начинают разрушаться при скорости движения жидкости от 0,25 м/с. Если она ниже, пробки могут застаиваться в одних местах довольно долго¹⁰ [13]. Во втором случае осадок может инициировать развитие подшламовой коррозии.

Обеспечение скоростного режима в системе внутреннего водопровода — одно из требований норма-

тивных документов. В п. 5.6.6 СП 30.13330.2016¹¹ записано: «При расчете 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. Минимальная скорость воды в трубопроводах 0,2 м/с». Однако из последней редакции СП 30.13330.2020¹² (п. 8.26) требование о минимальной скорости движения воды было необоснованно удалено.

Коррозия стояков

Одним из наиболее подверженных коррозии элементов системы ГВС являются полотенцесушители, располагаемые на подающих стояках. Полотенцесушители даже в системах с благоприятной гидравликой имеют нормативный срок службы значительно ниже, чем трубопроводы. На рис. 5 приведены фотографии стояков в месте присоединения к полотенцесушителю (рис. 5, а) и фрагменты этих стояков со следами интенсивной коррозии (рис. 5, с). На рис. 5, b показана схема из рабочего

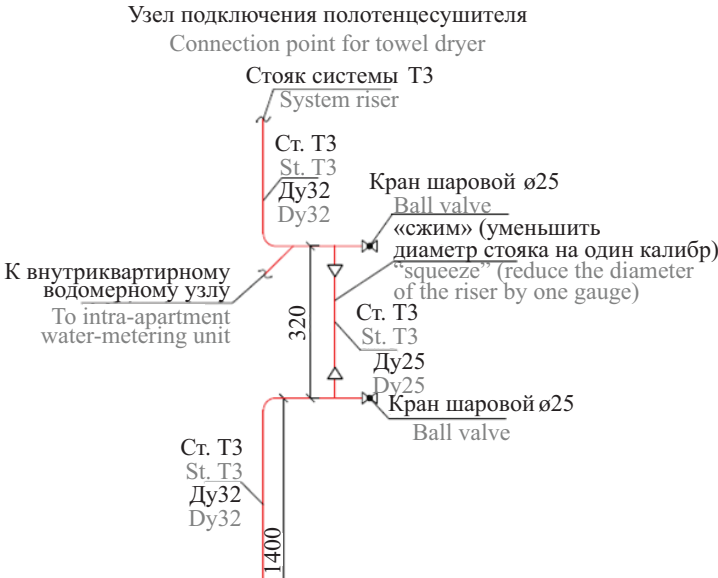
¹⁰ Воздух в системе горячего водоснабжения дома и трубах, его удаление и сброс. URL: <https://ventkam.ru/interesnye-statii/vozduh-v-sisteme-goryachego-vodosnabzheniya-doma-i-trubah-ego-udalenie-i-sbros>

¹¹ СП 30.13330.2016. СНиП 2.04.01–85*. Внутренний водопровод и канализация зданий.

¹² СП 30.13330.2020. СНиП 2.04.01–85*. Внутренний водопровод и канализация зданий.



а



б



с

Рис. 5. Фотографии фрагментов стояков с наличием интенсивной коррозии

Fig. 5. Photos of fragments of risers with the presence of intense corrosion

проекта, по которой должны быть смонтированы полотенцесушители на данном объекте.

В статье [14] были рассмотрены причины, приводящие к выходу из строя полотенцесушителей. На фотографии (рис. 5, с) видно, что труба в месте перехода с диаметра 32 на 25 мм изогнута, что свидетельствует об отсутствии компенсаторов на стояке или о защемлении труб в перекрытии. В данном случае отклонение от проектного решения вызвало аварийную ситуацию. Кроме того, выполнение перемычки с изменением диаметра на один сортамент было произведено при сварке. При этом шесть стыков на расстоянии менее 0,5 м привели к практически полному уничтожению цинкового покрытия, что в дальнейшем послужило развитию ускоренной коррозии и появлению свищей.

Влияние на коррозию гидравлического режима работы системы ГВС

Коррозия труб в новой системе водоснабжения начинается в момент заполнения водой. Коррозии подвергаются как цинковое покрытие, так и участки стальных труб и шаровых кранов без защитного покрытия. В результате в водопроводной воде появляется осадок [15]. Высокая скорость движения воды препятствует выпадению осадка, и продукты коррозии выносятся из системы во время использования воды потребителями [16]. Как было показано выше, низкая скорость движения воды является активатором коррозии. Низкая скорость движения воды в системе ГВС, как правило, характерна для периода заселения дома. Проведенные обследования показали, что во всех обследованных домах количество незастроенных квартир составляло от 80 до 50 %. Другая причина наличия низких скоростей — низкий расход воды в режиме циркуляции [17]. Это особенно характерно для систем, имеющих большую протяженность и большое количество стояков [18].

Оценка влияния на коррозию утечек тока

По утверждению авторов работы [19], в которой приведены результаты обследования систем отопления и горячего водоснабжения на объектах различного назначения в г. Москве, где наблюдалась коррозия трубопроводов и оборудования, одной из причин ускоренной коррозии трубопроводов в зданиях стали протекающие по ним токи промышленной частоты, связанные с нарушениями эксплуатации систем электроснабжения этих зданий.

В ходе проведенных измерений было зафиксировано, что по трубопроводам протекают переменные токи промышленной частоты 0,1–18,2 А.

Проверка системы водоснабжения на наличие токов утечки

В феврале 2020 г. в присутствии сотрудников управляющей компании в жилом доме, включающем четыре корпуса, проведены измерения токов, протекающих по проводам заземления трубопроводов ХВС в месте их присоединения к заземляющему контуру в помещениях насосной каждого корпуса. Измерения выполнялись прибором M266C, оснащенный токовыми клещами, позволяющими охватить трубы с условным диаметром до 32 мм. Результаты замеров приведены в табл. 3.

При проведении замеров на металлических участках стояков систем В1, Т3 и Т4 наличие токов утечки не обнаружено. Замеры осуществлялись в шахте, где размещались коллекторы этих систем. Технической возможности выявить источник тока при обследовании не было. Поскольку на стояках ГВС наличие токов утечки не зафиксировано, а в двух корпусах получены нулевые значения, версия о влиянии токов утечки на коррозию труб в качестве основной не рассматривалась.

Согласно расчетам [20], питтинги глубиной в 3 мм (эквивалентно толщине стенки трубы) и поверхностью 0,1 см² вызывают ток 23 мкА в течение одного года. В то же время разрушение труб с цинковым покрытием может длиться 1–3 года, поэтому влияние утечек тока необходимо рассматривать как одну из возможных причин ускоренной коррозии.

Мониторинг коррозии систем ГВС

Многочисленные обращения от управляющих компаний с просьбой о проведении обследования начали поступать в НИУ МГСУ после публикации статей о коррозии систем ГВС. Именно управляющие компании первыми получают информацию о неблагоприятной ситуации с инженерными системами здания. В тех случаях, когда управляющие компании не реагируют на обращения, жители имеют возможность обратиться в органы исполнительной власти и решить конкретные проблемы через интернет. В Москве таким интернет-порталом является «Наш город», в Московской области — «Добродел». Но эти интернет-сервисы не имеют возможности проводить обследования. Этот факт свидетельствует о том, что в организационной структуре строительной отрасли отсутствует орган, отвечающий за своевременное реагирование на жалобы населения на появление ржавой воды. Таким органом мог бы стать центр технической диагностики, наподобие Центра технической диагностики АО «Мосводоканал», контролирующей состояние наружных сетей и сооружений водопровода и кана-

Табл. 3. Результаты измерения силы переменного тока в системе заземления холодного водопровода

Table 3. Results of measuring the AC power in the grounding system of cold water supply

Показатель / Index	Номер корпуса / Case number			
	1	2	3	4
Сила тока, А Current strength, A	0,1	0	0	0,24/0,69*

Примечание: * — измерения проводились в месте присоединения заземляющего провода к щитку.

Note: * — measurements were carried out at the attachment point connection of the grounding wire to the shield.

лизации в г. Москве и обладающий техническими возможностями и компетенциями для выполнения обследований.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ И ОБСУЖДЕНИЕ

Опыт обследования систем водоснабжения зданий показывает, что в первую очередь следует проводить оценку влияния качества воды на коррозию трубопроводов по индексам стабильности, которые в ряде случаев могут дать ответ на возможность возникновения аномально быстрой коррозии.

Следующим фактором, который необходимо учитывать при подготовке заключения, является нарушение

или отклонение от норм проектирования и эксплуатации. Сюда относится в большей степени неравномерное распределение воздуха по длине трубопровода, вызванное наличием участков, на которых из-за низкой скорости движения воды происходит расслоение потоков воды и воздуха, содержащего кислород, приводящее к возникновению разности потенциалов на различных участках труб, а также чрезмерное применение сварки на небольших участках трубопровода.

Проведенные обследования свидетельствуют о том, что наличие токов утечки может быть одной, но не единственной, причиной возникновения аномально быстрой коррозии.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Чухин В.А., Андрианов А.П. Анализ причин коррозии оцинкованных труб в системах ГВС // Сантехника. Отопление. Кондиционирование. 2018. № 1. С. 54–58.
2. Liu S., Wu H., Zhao Q., Liang Z. Corrosion failure analysis of the heat exchanger in a hot water heating boiler // Engineering Failure Analysis. 2022. Vol. 142. P. 106847. DOI: 10.1016/j.engfailanal.2022.106847
3. Song X., Zhang G., Zhou Y., Li W. Behaviors and mechanisms of microbially-induced corrosion in metal-based water supply pipelines : a review // Science of The Total Environment. 2023. Vol. 895. P. 165034. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2023.165034
4. Li K., Sun L., Cao W., Chen S., Chen Z., Wang Y., Li W. Pitting corrosion of 304 stainless steel in secondary water supply system // Corrosion Communications, 2022. Vol. 7. Pp. 43–50. DOI: 10.1016/j.corcom.2021.11.010
5. Кюберис Э.А., Васильев А.Л. Повышение надежности сетей водоснабжения как фактор стабильного развития городов // Приволжский научный журнал. 2017. № 4 (44). С. 60–67.
6. Андрианов А.П., Макиша Н.А., Чухин В.А. Коррозия запорной арматуры в системах ГВС // Сантехника. Отопление. Кондиционирование. 2018. № 6. С. 30–34.
7. Отставнов А.А., Харьков В.А. К проблеме рейтингования напорных труб для внутренних трубопроводов // Сантехника. Отопление. Кондиционирование. 2013. № 8 (140). С. 12–19.
8. Baloitcha G.M.P., Mayabi A.O., Home P.G. Evaluation of water quality and potential scaling of corrosion in the water supply using water quality and stability indices: A case study of Juja water distribution network, Kenya // Heliyon. 2022. Vol. 8. Issue 3. P. e09141. DOI: 10.1016/j.heliyon.2022.e09141
9. Orlikowski J., Zielinski A., Darowicki K., Krakowiak S., Zakowski K., Slepki P. et al. Research on causes of corrosion in the municipal water supply system // Case Studies in Construction Materials. 2016. Vol. 4. Pp. 108–115. DOI: 10.1016/j.cscm.2016.03.001
10. Фрог Б.Н., Первов А.Г. Водоподготовка. М. : Изд-во АСВ, 2015. 512 с.
11. Васильев Е., Азаров В., Гевлич Д., Гевлич С., Васильев К., Мирзонов М. Трубы и язвы // Энергонадзор. 2015. № 8 (72). С. 24–25.
12. Польшин В.И. Цинк для защиты от коррозии // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. 2021. № 2 (265). С. 35–40.
13. Андрианов А.П., Чухин В.А. Идентификация коррозии оцинкованных труб в системе водоснабжения // Водоснабжение и санитарная техника. 2019. № 9. С. 39–44.
14. Ryl J., Wysocka J., Darowicki K. Determination of causes of accelerated local corrosion of austenitic steels in water supply systems // Construction and Building Materials. 2014. Vol. 64. Pp. 246–252. DOI: 10.1016/j.conbuildmat.2014.04.058
15. Григорьев О., Петухов В., Соколов В. Неисправности систем электроснабжения зданий ускоряют коррозию трубопроводов // Новости электротехники. 2003. № 2 (22). URL: <http://news.elteh.ru/arh/2003/22/18.php>
16. Prestat M. Corrosion of structural components of proton exchange membrane water electrolyzer anodes : a review // Journal of Power Sources. 2023. Vol. 556. Issue 232469. DOI: 10.1016/j.jpowsour.2022.232469.
17. Азаров В.Н., Гевлич С.О., Васильев Е.Г., Васильев К.А., Мирзонов М.В., Сидякин П.А. и др. К расчету остаточного ресурса труб тепловых сетей и сетей горячего водоснабжения // Современные проблемы науки и образования. 2014. № 6. С. 176.
18. Проскуркин Е.В., Геловани В.А., Сонк А.Н., Петров И.В., Ярема И.П., Сухомлин Д.А. Цинковые покрытия — основные современные системы защиты труб от коррозии // Сталь. 2018. № 6. С. 32–37.
19. Люзина Г.В., Стариков А.Н. Коррозия трубопровода горячей воды // Новый университет. Серия: Технические науки. 2015. № 5–6 (39–40). С. 57–59. DOI: 10.15350/2221-9552.2015.5-6

20. Чухин В.А., Андрианов А.П. Ускоренная коррозия оцинкованных трубопроводов в системах ГВС // Сантехника. Отопление. Кондиционирование. 2019. № 7 (211). С. 22–30.

Поступила в редакцию 26 июня 2023 г.

Принята в доработанном виде 31 июля 2023 г.

Одобрена для публикации 31 июля 2023 г.

ОБ АВТОРАХ: **Николай Алексеевич Макиша** — кандидат технических наук, доцент, директор научно-образовательного центра «Водоснабжение и водоотведение»; **Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет (НИУ МГСУ)**; 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26; РИНЦ ID: 644678, Scopus: 55841479500, ResearcherID: I-1562-2015, ORCID: 0000-0003-2567-4450; makishana@mgsu.ru;

Валентин Александрович Чухин — кандидат технических наук, доцент, учебный мастер кафедры водоснабжения и водоотведения; **Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет (НИУ МГСУ)**; 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26; РИНЦ ID: 17961, Scopus: 57194340218, ORCID: 0000-0003-4616-2489; sigma85@yandex.ru.

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

REFERENCES

1. Chuhin V.A., Andrianov A.P. Accelerated corrosion of galvanized piping in domestic hot water systems. *Plumbing, Heating and Air Conditioning*. 2018; 1:54-58. (rus.).
2. Liu S., Wu H., Zhao Q., Liang Z. Corrosion failure analysis of the heat exchanger in a hot water heating boiler. *Engineering Failure Analysis*. 2022; 142:106847. DOI: 10.1016/j.engfailanal.2022.106847
3. Song X., Zhang G., Zhou Y., Li, W. Behaviors and mechanisms of microbially-induced corrosion in metal-based water supply pipelines : a review. *Science of The Total Environment*. 2023; 895:165034. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2023.165034
4. Li K., Sun L., Cao W., Chen S., Chen Z., Wang Y., Li W. Pitting corrosion of 304 stainless steel in secondary water supply system. *Corrosion Communications*, 2022; 7:43-50. DOI: 10.1016/j.corcom.2021.11.010
5. Kiuberis E.A., Vasiliev A.L. Increase in reliability of water supply systems as a factor of the sustainable development of cities. *The Privolzhsky Scientific Journal*. 2017; 4(44): 60-67. (rus.).
6. Andrianov A.P., Makisha N.A., Chuhin V.A. Corrosion of shut-off valves in hot water systems. *Plumbing, Heating and Air Conditioning*. 2018; 6:30-34. (rus.).
7. Otstavnov A.A., Harkin V.A. Rating of pressure pipes in internal water supply systems. *Plumbing, Heating and Air Conditioning*. 2013; 8(140):12-19. (rus.).
8. Baloitcha G.M.P., Mayabi A.O., Home P.G. Evaluation of water quality and potential scaling of corrosion in the water supply using water quality and stability indices: A case study of Juja water distribution network, Kenya. *Heliyon*. 2022; 8(3):e09141. DOI: 10.1016/j.heliyon.2022.e09141
9. Orlikowski J., Zielinski A., Darowicki K., Krakowiak S., Zakowski K., Slepiski P. et al. Research on causes of corrosion in the municipal water supply system. *Case Studies in Construction Materials*. 2016; 4:108-115. DOI: 10.1016/j.cscm.2016.03.001
10. Frog B.N., Pervov A.G. *Water treatment*. Moscow, ASV Publ., 2015; 512. (rus.).
11. Vasil'ev E., Azarov V., Gevlich D., Gevlich S., Vasil'ev K., Mirzonov M. Pipes and ulcers. *Energy control*. 2015; 8(72):24-25. (rus.).
12. Paulkin V.I. Zinc for corrosion protection. *Building materials, equipment, technologies of 21st century*. 2021; 2(265):35-40. (rus.).
13. Andrianov A.P., Chuhin V.A. Identification of corrosion of galvanized pipes in water supply systems. *Water supply and sanitary technique*. 2019; 9:39-44. (rus.).
14. Ryl J., Wysocka J., Darowicki K. Determination of causes of accelerated local corrosion of austenitic steels in water supply systems. *Construction and Building Materials*. 2014; 64:246-252. DOI: 10.1016/j.conbuildmat.2014.04.058
15. Grigor'ev O., Petuhov V., Sokolov V. Malfunctions of electric supply in buildings accelerates corrosion of pipelines. *News of electricity technics*. 2003; 2(22). (rus.).
16. Prestat M. Corrosion of structural components of proton exchange membrane water electrolyzer anodes : a review. *Journal of Power Sources*. 2023; 556(232469). DOI: 10.1016/j.jpowsour.2022.232469.
17. Azarov V.N., Gevlich S.O., Vasil'ev E.G., Vasil'ev K.A., Mirzonov M.V., Sidiakin P.A. et al. Resource calculation of heat and hot water pipes. *Issues of science and education*. 2014; 6:176. (rus.).
18. Proskurkin E.V., Gelovani V.A., Sonk A.N., Petrov I.V., Iarema I.P., Suhomlin D.A. Zinc coatings as a basic modern systems for corrosion protection. *Steel*. 2018; 6:32-37. (rus.).

19. Liuzina G.V., Starikov A.N. Corrosion of hot water pipe. *New university. Technical science series*. 2015; 5-6(39-40):57-59. DOI: 10.15350/2221-9552.2015.5-6 (rus.).

20. Chuhin V.A., Andrianov A.P. Accelerated corrosion of galvanized pipes in hot water systems. *Plumbing, Heating and Air Conditioning*. 2019; 7(211):22-30. (rus.).

Received June 26, 2023.

Adopted in revised form on July 31, 2023.

Approved for publication on July 31, 2023.

Bionotes: **Nikolay A. Makisha** — Candidate of Technical Science, Associate Professor, Director of research and education centre “Water supply and sewage”; **Moscow State University of Civil Engineering (National Research University) (MGSU)**; 26 Yaroslavskoe shosse, Moscow, 129337, Russian Federation; ID RSCI: 644678, Scopus: 55841479500, Researcher ID: I-1562-2015, ORCID: 0000-0003-2567-4450; makishana@mgsu.ru;

Valentin A. Chukhin — Candidate of Technical Science, Associate Professor, education master of the Department of Water supply and sewage; **Moscow State University of Civil Engineering (National Research University) (MGSU)**; 26 Yaroslavskoe shosse, Moscow, 129337, Russian Federation; ID RSCI: 17961, Scopus: 57194340218, ORCID: 0000-0003-4616-2489; sigma85@yandex.ru.

Contribution of the authors: all authors have made equivalent contributions to the publication.

The authors declare no conflict of interest.