

УДК 621.311

**А.В. Гришкова, В.Б. Гаврилов**

Пермский национальный исследовательский  
политехнический университет

**К ВОПРОСУ О ВЛИЯНИИ  
ВОДНО-ХИМИЧЕСКОГО РЕЖИМА СИСТЕМ  
ЦЕНТРАЛИЗОВАННОГО ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ  
НА РАБОТУ СИСТЕМ ОТОПЛЕНИЯ  
И ГОРЯЧЕГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ**

Рассматривается вопрос о влиянии качества сетевой воды систем централизованного теплоснабжения на состояние алюминиевых нагревательных приборов систем отопления и латунных фитингов систем отопления и горячего водоснабжения. Изложены результаты исследований поврежденных элементов систем отопления и горячего водоснабжения.

**Ключевые слова:** централизованное теплоснабжение, водно-химический режим, щелочность сетевой воды, коррозия латуни в системах отопления и горячего водоснабжения, обесцинкование латуни.

Решение задачи совместимости требований водно-химического режима тепловых сетей и теплопотребляющих установок (систем отопления и горячего водоснабжения) уже давно является одной из важнейших проблем современных систем централизованного теплоснабжения. Этому вопросу посвящены работы многих ученых с целью координации требований нормативных документов в области химводоподготовки [1–3]. Однако до сегодняшнего дня в процессе работы теплопотребляющих установок встречается ряд затруднений, которые являются следствием нескольких факторов, одним из которых является именно водно-химический режим систем теплоснабжения.

Возникновение таких проблем связано с использованием цветных металлов. В современных системах отопления зданий часто используются алюминиевые нагревательные приборы, основным недостатком которых является возможность их разрушения не только из-за повышенного давления в тепловой сети при зависимой схеме присоединения системы отопления, но и из-за свойств теплоносителя, поступающего в систему отопления. Последнее становится особенно актуальным в связи с тем, что на российском рынке появилось огромное количество низкокачественных приборов, которые продаются под известными марками в крупных торговых сетях. Следует отметить, что и качественные литые

алюминиевые приборы становятся уязвимыми при повышении щелочности сетей воды, что связано с химическим разрушением оксидной пленки внутренней поверхности нагревательных приборов. Разрушение защитного слоя на внутренней поверхности прибора происходит тем быстрее, чем выше рН теплоносителя.

Рекомендуемые значения рН при использовании алюминиевых нагревательных приборов находятся в диапазоне 7–8, что несколько ниже, чем для других типов приборов. Значения показателя щелочности для подпиточной и сетевой воды систем теплоснабжения в соответствии с требованиями<sup>1</sup> по п. 4.3.39 и п. 4.3.40 представлены в табл. 1 и составляют 8,3–9,5. Такое положение вызывает усиленную коррозию алюминиевых приборов даже хорошего качества изготовления и практически моментальное разрушение (за 2–3 недели) приборов низкого качества, что подтверждается данными обследования и результатами проведения экспертиз разрушенных алюминиевых приборов в системах отопления.

Таблица 1

Значение рН подпиточной и сетевой воды  
для систем теплоснабжения

Тип системы	Значения рН
Открытая	8,3–9,0*
Закрытая	8,3–9,5*

\* Верхний предел значения рН допускается только при глубоком умягчении воды, нижний – с разрешения АО-энерго может корректироваться в зависимости от интенсивности коррозионных явлений в оборудовании и трубопроводах систем теплоснабжения. Для закрытых систем теплоснабжения с разрешения АО-энерго верхний предел значения рН допускается не более 10,5 при одновременном уменьшении значения карбонатного индекса до 0,1 (мг-экв/дм<sup>3</sup>)<sup>2</sup>, нижний предел может корректироваться в зависимости от коррозионных явлений в оборудовании и трубопроводах систем теплоснабжения.

Таким образом, можно сделать вывод, что при неизменности существующих норм по качеству воды в тепловых сетях при использовании алюминиевых нагревательных приборов с целью увеличения их срока службы следует отдавать предпочтение независимому присоединению систем отопления к тепловым сетям. В этом случае значительно

---

<sup>1</sup> РД 34.20.501–95. Правила технической эксплуатации электрических станций и сетей Российской Федерации. – 15-е изд., перераб. и доп.

уменьшается контакт нагревательных приборов с сетевой водой ввиду сокращения подпитки для локального контура системы отопления. Вместе с тем необходимо уделять особое внимание выбору поставщиков нагревательных приборов и требованию сертификатов на монтируемые приборы.

Особенности водно-химического режима работы систем теплоснабжения отражаются также и на фитингах, используемых при монтаже современных систем отопления. Применение фитингов из латуни при использовании металлопластиковых трубопроводов выдвигает ряд дополнительных требований как к самим фитингам, так и к качеству воды, что особенно относится к открытым системам теплоснабжения.

Известно, что процесс коррозии латуни, ее обесцинкование, усиливается при эксплуатации латунных деталей при повышении температуры среды.

Обесцинкование – это избирательная коррозия медно-цинковых сплавов или латуней с содержанием цинка более 20 %. Ускорителем этого процесса является повышенное содержание хлоридов, концентрация которых в сетевой воде значительно колеблется в течение года, а ПДК составляет 350 мг/л. Такая высокая допустимая концентрация хлоридов в сетевой воде позволяет использовать при водоподготовке методы умягчения только для удаления накипеобразующих солей жесткости. При полученной относительно мягкой воде стандартные сплавы латуни (штамповочная латунь и т.п.) подвергаются этому виду коррозии (вымывание цинка или выщелачивание).

При равномерной поверхностной коррозии речь идет о послойном вымывании цинка, при местной коррозии (свищи) – вымывании цинка с образованием пробоин. В обоих случаях наиболее уязвимым является менее прочный цинк, а медь приобретает губчато-пористый вид. Внешние очертания детали при этом виде разрушения сохраняются, но снижается ее механическая прочность (рис. 1).

Выщелачивание цинка появляется в виде поверхностной коррозии или локально ограниченного нароста. Вначале медь и цинк переходят в раствор, и более благородная медь осаждается на поверхности, образуя губчатый пористый осадок. Таким образом, при выщелачивании цинка медь и цинк растворяются. Структура металла становится пористой. Губчатые медные наросты, не содержащие цинка, – нестойкие, неплотные и, как следствие, быстро разрушаются. Цинк остается в растворе или осаждается в виде солей на поверх-

ности. Относительная форма сохраняется, однако прочность быстро снижается. Выщелачивание цинка продвигается очень быстро и вскоре проникает в глубь материала. Это может привести к быстрому разрушению материала.

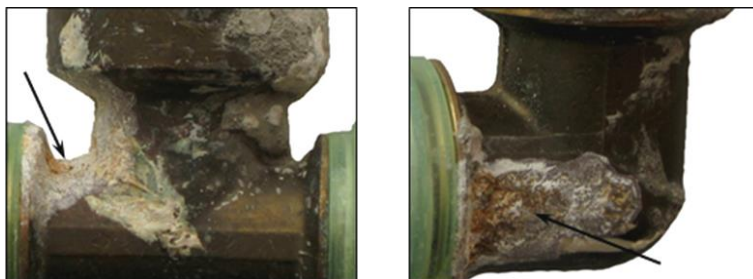


Рис. 1. Латунные тройник и уголок на металлопластиковом трубопроводе

Для исследования из системы горячего водоснабжения жилого дома были вырезаны фитинги, имеющие следы коррозии и находившиеся в эксплуатации менее 3 лет. Предварительно производился внешний осмотр фитингов, а затем визуальное изучение дефектов с помощью бинокулярного микроскопа МБС-2 с увеличением до 56. Для фотосъемки объектов использовалась цифровая камера Canon A 580 Power Shot.

Объекты исследования представляли собой водопроводные пресс-фитинги: *тройник* размером 110×75 мм, с диаметром штуцеров фитинга 32 мм, минимальной толщиной стенки 2,26 мм и внутренней присоединительной резьбой 1¼" и *угольник* размером 75×70 мм, с диаметром штуцера фитинга 32 мм, минимальной толщиной стенки 2,29 мм и наружной присоединительной резьбой 1¼" в сборе с частями металлопластиковой трубы диаметром 40 мм, стальными обжимными гильзами, диэлектрическими прокладками и уплотнительными кольцами.

На внутренней поверхности фитингов имелся ровный слой отложений светлого рыже-бурого цвета (рис. 2) и множественные образования слоистой структуры различной формы и размеров.

После удаления нароста и обработки уксусной кислотой и хлористым натрием поверхность фитинга приобретает красноватый цвет.

Для определения химического состава из пресс-фитингов был произведен отбор проб основного материала в виде стружки, изготовлены поперечные шлифы из зоны образования отложений и соскоб материала отложений.

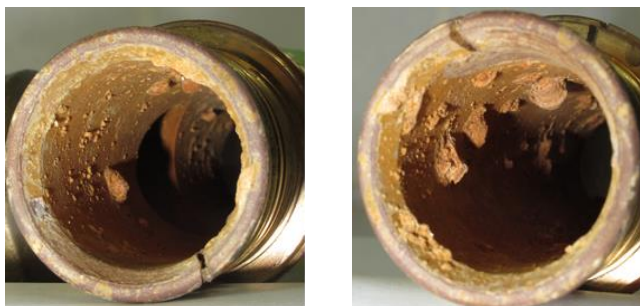


Рис. 2. Вид внутренней поверхности фитингов

Анализ химического состава основного материала проводился кулонометрическим методом с помощью газоанализатора, фотометрическим методом, методом световой спектроскопии и рентгеноспектральным методом на растровом электронном микроскопе РЭМ-100У/М с всеволновым дисперсионным анализатором спектра рентгеновского излучения ВДАР-1 при ускоряющем напряжении 30 кВ, токе пучка 130 мкА, с размером зоны возбуждения  $150 \times 150$  мкм в диапазоне химических элементов от натрия (Na11) до урана (U92).

Дополнительно, микрорентгеноспектральным методом с использованием растрового электронного микроскопа РЭМ-100У/М с всеволновым дисперсионным анализатором спектра рентгеновского излучения ВДАР-1 при ускоряющем напряжении 15 кВ, токе пучка 70 мкА, с размером зоны возбуждения  $1,5 \times 1,5$  мкм, на кристаллах-анализаторах: LIF, PET, RAP в диапазоне химических элементов от натрия (Na11) до урана (U92), определялся химический состав внутренней и наружной поверхности пресс-фитингов по толщине стенки деталей в местах отложений и непосредственно химический состав материала отложений. Результаты анализа химического состава приведены в табл. 2.

По результатам проведенного анализа отложений можно утверждать, что рыхлые отложения светло-серого цвета с включениями светло-коричневого цвета на наружной поверхности пресс-фитингов представляют собой неоднородную смесь продуктов коррозии медно-цинкового сплава (латуни) с солями жесткости и окислами железа.

В результате изучения материала пресс-фитингов на нетравленных микрошлифах в структуре деталей обнаружено слоистое строение и незначительная микропористость (рис. 3), характерные для изделий, изготовленных из медно-цинкового сплава (латуни) типа ЛЦ40СД. На

наружной поверхности деталей в местах образования отложений наблюдается зона (показано стрелками) толщиной до 10–15 мкм с равномерной плотной микроструктурой и несколько измельченным зерном, образовавшимся, наиболее вероятно, в результате обеднения поверхности деталей по цинку.

Таблица 2

Химический состав материала фитингов

Место измерения	Содержание химических элементов, мас. %											
	Cu	Pb	Sn	Ni	Si	Al	Fe	P	S	Ca	Cl	Zn
Основа (тройник)	осн.	0,90	0,07	0,28	0,08	0,12	0,23	0,01	–	–	–	39,7
Внутренняя поверхность	осн.	0,90	0,08	0,30	0,08	0,13	0,73	0,01	–	–	–	36,2
Наружная поверхность	осн.	0,90	0,07	0,30	0,09	0,13	0,26	0,01	–	–	–	29,4
Отложения*	1,0	–	–	0,1	1,1	0,9	10,1	0,3	4,4	8,9	6,2	>25,0
Основа объекта (уголок)	осн.	0,88	0,09	0,26	0,06	0,14	0,22	0,01	–	–	–	39,4
Внутренняя поверхность	осн.	0,89	0,09	0,28	0,07	0,14	0,69	0,01	–	–	–	36,7
Наружная поверхность	осн.	0,91	0,11	0,27	0,08	0,16	0,25	0,01	–	–	–	27,8
Отложения*	1,4	–	–	0,2	0,6	2,5	19,7	0,5	2,7	15,8	4,1	>23,0

\* Обнаружено наличие легких элементов: углерода (C<sub>6</sub>) и кислорода (O<sub>8</sub>).

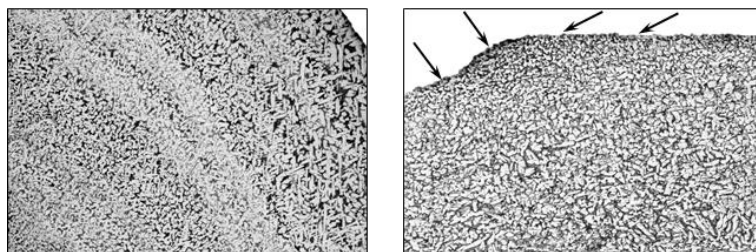


Рис. 3. Микрошлифы пресс-фитингов

На трубопроводах горячего водоснабжения такое явление коррозии латуни встречается гораздо чаще, чем в системах отопления. Объяснением этого явления служит то, что коррозия латуни с вымыванием цинка наблюдается преимущественно в трубопроводах с температурой теплоносителя около 70 °С и более, при наличии повышенного содержания в воде хлоридов, сульфатов, нитратов и уменьшением карбонатной жесткости. Перечисленные соли содержатся в системах

водоснабжения, так как удаление растворимых солей не предусматривается при обработке воды для целей водоснабжения.

Многочисленные факторы, такие как наличие осадений, трещины и поры в облицовке и доступ кислорода, способствуют выщелачиванию цинка. Поэтому более уязвимыми для возникновения аварийных ситуаций являются открытые системы теплоснабжения. Достаточно редко подобные процессы возникают в трубопроводах закрытых систем отопления и холодного водоснабжения. Правильно спроектированная и обслуживаемая отопительная система практически не содержит кислорода, и благодаря этому коррозионные процессы происходят в ней не активно.

В этом случае рекомендуется использование конструктивных элементов из устойчивой к выщелачиванию цинка латуни. Выщелачивание цинка можно эффективно предупредить уже на стадии проектирования системы водоснабжения. Базой для этого является подбор используемых материалов на основании предварительного анализа воды.

Согласно европейскому Постановлению о качестве питьевой воды<sup>2</sup> для хозяйственно-бытового и питьевого водопроводов используют особый сплав – DR (DZR) – латунь (Dezincification resistant) строго оговоренного количественного состава и определенного метода изготовления и термообработки, которые гарантируют его прочность, отсутствие внутренних напряжений еще на стадии отливки и стойкость к выщелачиванию цинка. Эти латуни, устойчивые к выщелачиванию, проходят испытания согласно DIN ISO 6509. Состав стойкой к вымыванию латуни соответствует следующим показателям: медь 61,5–64,5 %, свинец 1,5–2,2 %; мышьяк 0,15 %; алюминий 0,3–0,7 %; железо 0,3 %; марганец 0,15 %; никель 0,25 %; олово 0,4 %; цинк – остальное.

Фитинги из такого высококачественного сплава могут в течение десятилетий успешно эксплуатироваться в таких регионах с критическим качеством вод, как Скандинавские страны, Германия, Англия и др. Фасонные части из этого материала практически не подвержены коррозии.

В российском законодательстве требования коррозионной стойкости металлов оговариваются ГОСТ 9.005–72. Стойкость к обесцинкованию латуней для фитингов должна соответствовать одному из следующих требований:

– максимальная глубина обесцинкования должна быть не более 200 мкм;

---

<sup>2</sup> Европейское Постановление о качестве питьевой воды DIN 50930. – Ч. 6.

– средняя глубина обесцинкования должна быть не более 200 мкм при максимальной глубине не более 400 мкм.

Качество обычной латуни, получаемой в соответствии с этим документом, уже проверено десятилетиями применения латуни в системах отопления и горячего водоснабжения, хотя хлора в этих системах, в соответствии с санитарными требованиями, всегда было достаточно много.

В связи с ухудшением качества воды в системах теплоснабжения при использовании латунных фитингов в настоящее время большинство производителей озвучивает гарантийный срок их службы 7–9 лет, т.е. практически в 3 раза меньше срока службы самой системы. Имеются также проблемы с контрафактной латунью, которой на отечественном рынке стало довольно много. Поэтому ведущими изготовителями трубопроводов для внутренних инженерных систем рекомендуется закупать фитинги того же производителя, что и используемые трубопроводы. В проектах на внутренние санитарно-технические системы количество фитингов, как правило, рекомендуется определять самим монтажным организациям. Поэтому монтажные организации должны представлять риск использования материалов и оборудования, которые могут привести к снижению работоспособности или невозможности эксплуатации систем отопления и горячего водоснабжения и принимать ответственность за все последствия принятого решения на себя.

### **Библиографический список**

1. Щелоков Я.М. Качество воды в системах теплоснабжения // *Новости теплоснабжения*. – 2008. – № 2 (90).
2. Шищенко В.В. Анализ современных требований к качеству и количеству воды для систем централизованного теплоснабжения // *Новости теплоснабжения*. – 2007. – № 11 (87).
3. Андреев И.Н. Коррозия металлов и их защита. – Казань: Татар. книж. изд-во, 1979.

### **References**

1. Shchelokov Ia.M. Kachestvo vody v sistemakh teplosnabzheniia [Water quality in heat supply systems]. *Novosti teplosnabzheniia*, 2008, no. 2 (90).
2. Shishchenko V.V. Analiz sovremennykh trebovaniy k kachestvu i kolichestvu vody dlia sistem tsentralizovannogo teplosnabzheniia [The



analysis of modern demands to quality and quantity of water for district heating systems]. *Novosti teplosnabzheniia*, 2007, no. 11 (87).

3. Andreev I.N. Korroziia metallov i ikh zashchita [Metallic corrosion and their protection]. Kazan: Tatarskoe knizhnoe izdatel'stvo, 1979.

**A.V. Grishkova, V.B. Gavrilov**

**TO THE QUESTION ABOUT THE WATER-CHEMICAL  
REGIME INFLUENCE OF DISTRICT HEATING SYSTEMS  
FOR HEATING SYSTEMS AND HOT WATER  
SUPPLY OPERATION**

The impact of water quality in the network of district heating systems on the state of aluminum radiator heating systems and brass fittings systems of heating and hot water supply are discussed. Researches results of damaged elements from heating and hot water supply systems are described .

**Keywords:** district heating, water-chemical regime, the alkalinity of the water network, corrosion brass in heating and hot water supply systems, zinc loss of brass.

**Об авторах**

**Гришкова Алла Викторовна** (Пермь, Россия) – кандидат технических наук, доцент кафедры «Теплогазоснабжение, вентиляция и водоснабжение, водоотведение» ФГБОУ ВПО ПНИПУ (e-mail: tgv-kafedra@yandex.ru).

**Гаврилов Виктор Борисович** (Пермь, Россия) – кандидат технических наук, директор ООО НПК «Квант» (e-mail: tgv-kafedra@yandex.ru).

**About the authors**

**Grishkova Alla Viktorovna** (Perm, Russia) – Ph.D. in Technical Sciences, Associate Professor, Department of Heating, ventilation and water supply, sewerage, Perm National Research Polytechnic University (e-mail: tgv-kafedra@yandex.ru).

**Gavrilov Viktor Borisovich** (Perm, Russia) – Ph.D. in Technical Sciences, Director of SPK "Kvant" (e-mail: tgv-kafedra@yandex.ru).

Получено 30.12.2013