

УДК 697.341

## ВЛИЯНИЕ ОТЛОЖЕНИЙ И КОРРОЗИИ ВНУТРИ ТРУБОПРОВОДА НА РАБОТУ ТЕПЛОВОЙ СЕТИ

**Кабаргин Сергей Валерьевич**, магистрант, направление подготовки 08.04.01 Строительство, Оренбургский государственный университет, Оренбург  
e-mail: 89225577825a@gmail.com

Научный руководитель: **Закируллин Рустам Сабирович**, доктор технических наук, доцент, заведующий кафедрой теплогазоснабжения, вентиляции и гидромеханики, Оренбургский государственный университет, Оренбург  
e-mail: rustam.zakirullin@gmail.com

**Аннотация.** Данная статья рассматривает актуальную проблему коррозии и отложений на внутренних стенках трубопровода тепловой сети. Целью статьи является подготовка материала к ВКР «Исследование влияния толщины отложений на внутренней поверхности трубопровода на эффективность работы тепловой сети». Используемый подход – теоретический. Методом исследования является анализ научной и методической литературы, статей в специальных периодических изданиях, нормативных актов Российской Федерации по теме исследования. Основные полученные результаты – определенные в ходе анализа проблемы, вызванные отложениями на внутренней поверхности трубопровода и влияющие на эффективность работы тепловой сети. Для достижения указанной цели, необходимо разобраться в теоретических аспектах теплоснабжения, причинах образования отложений, их отрицательном влиянии и методами борьбы с ними.

**Ключевые слова:** система теплоснабжения, отложения, накипь, «зарастание» трубопроводов, уменьшение расхода теплоносителя, коррозия.

**Для цитирования:** Кабаргин С. В. Влияние отложений и коррозии внутри трубопровода на работу тепловой сети // Шаг в науку. – 2024. – № 1. – С. 48–52.

## INFLUENCE OF DEPOSITS AND CORROSION INSIDE THE PIPELINE ON THE OPERATION OF THE HEATING NETWORK

**Kabargin Sergey Valeryevich**, postgraduate student, training program 08.04.01 Construction, Orenburg State University, Orenburg  
e-mail: 89225577825a@gmail.com

Research advisor: **Zakirullin Rustam Sabirovich**, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Heat and Gas Supply, Ventilation and Hydromechanics, Orenburg State University, Orenburg  
e-mail: rustam.zakirullin@gmail.com

**Abstract.** This article examines the current problem of corrosion and deposits on the internal walls of a heating network pipeline. The purpose of the article is to prepare material for the research project «Study of the influence of the thickness of deposits on the internal surface of the pipeline on the efficiency of the heating network». The approach used is theoretical. The research method is the analysis of scientific and methodological literature, articles in special periodicals, regulations of the Russian Federation on the topic of research. The main results obtained are the problems identified during the analysis, caused by deposits on the internal surface of the pipeline and affecting the efficiency of the heating network. To achieve this goal, it is necessary to understand the theoretical aspects of heat supply, the reasons for the formation of deposits, their negative impact and methods of combating them

**Key words:** heat supply system, deposits, scale, «overgrowth» of pipelines, reduction of coolant consumption, corrosion.

**Cite as:** Kabargin, S. V. (2024) [Influence of deposits and corrosion inside the pipeline on the operation of the heating network]. *Shag v nauku* [Step into science]. Vol. 1, pp. 48–52.



Основной недостаток систем с открытой тепловой сетью – повышенная стоимость химической водоочистки. В последние годы для решения проблемы внутренней коррозии тепловых сетей предпринимаются меры по стабилизации питательной воды тепловых электростанций с помощью реагентов. В качестве эффективных реагентов выбраны органофосфонаты, поликарбоксилаты и бензотриазолы. Однако проблема повышенного повреждения магистральных тепловых сетей из-за внутренней коррозии все еще существует. Коррозионное повреждение магистралей тепловых сетей является одной из основных причин снижения надежности систем теплоснабжения. По некоторым данным, ее доля по стране составляет около 30% [3].

Для предотвращения коррозии в тепловых сетях можно использовать различные методы, такие как регулярный контроль состояния труб и профилактические мероприятия, а также защита металлов специальными покрытиями и использование антикоррозионных добавок в охлаждающую воду.

Также важно анализировать причины коррозии и находить способы их устранения. Например, контроль качества поступающей воды, регулярная очистка системы от отложений и загрязнений, использование специальных ингибиторов коррозии могут помочь предотвратить дальнейшее развитие проблемы [8].

Системы с открытыми тепловыми сетями характеризуются еще одной проблемой – образование накипи в тепловом оборудовании, чрезмерным ростом и «зарастанием» системы из-за различных отложений, присутствующих в сетевой воде, и продуктах коррозии:

- накипь, образующаяся из-за отложения минеральных солей, таких как кальций и магний, из воды при нагревании;
- коррозионные отложения, образующиеся из-за продуктов коррозии металлов в системе теплоснабжения;
- биологические отложения, вызванные различными организмами, которые могут размножаться в системе теплоснабжения.

Для решения проблем эксплуатации открытой системы отопления необходимо провести более глубокие исследования механизмов коррозии в открытых системах отопления, собрать больше данных о состоянии труб и продуктах коррозии, разработать модель влияния структуры расхода воды на процессы в системе. Также необходимо количественно определить вероятность попадания воздуха и необработанной воды. Решение этих задач поможет улучшить условия эксплуатации открытой системы отопления и повысить ее надежность [4].

Из различных частей теплосети города Набережные Челны были взяты образцы труб и шлама, охва-

тывающие различные характеристики системы, такие как магистральные трубопроводы подачи и возврата, городская теплосеть и распределение. Выбранные образцы будут проанализированы на химический состав и структуру. Изучение внешнего вида и потерь при прокаливании также поможет определить состояние трубопроводов и шлама, а толщина и равномерность распределения по поверхности дадут представление о степени износа материалов [1–3].

Структура твердого осадка и отложений проверяется методом инфракрасной спектроскопии. Химический состав анализируется с использованием стандартных методов [6].

Осадки оксидов железа встречаются по большей части в магистральных трубах с большим объемом воды, а солевые осадки, в основном карбонаты, сульфаты, гидроксиды и ионы жесткости, – в подающих и обратных трубах с малым объемом воды. Также встречаются различные силикатные отложения, органические вещества, глина и песок. Углеродные остатки указывают на возможные продукты жизнедеятельности анаэробных бактерий, живущих в нагретой воде. Осадки, прилипающие к внутренним поверхностям труб системы отопления, представляют собой оксиды железа, содержащие нерастворимые или малорастворимые в воде компоненты [5].

В магистральных подающих и обратных трубопроводах с высоким расходом воды (80–100 м/мин) преобладают отложения оксида железа – продукты коррозии стали. Толщина отложений составляет от 1 до 4 мм., карбонатные и иные отложения здесь практически не встречаются. В обратном трубопроводе, по сравнению с подающим, относительное содержание фракций шлама и глины меньше, но в то же время доля отложений оксида железа увеличивается. В наиболее дальней точке теплосети состав отложений на подаче и «обратке» примерно идентичен [2].

На участках трубопроводов с низкой скоростью потока воды наблюдается высокое содержание солевых отложений, таких как карбонаты, сульфаты, гидроксиды и ионы жесткости. Толщина отложений достигает нескольких миллиметров, и они имеют плотную структуру. Использование фосфонатов в ТЭС для предотвращения отложений не приводит к желаемому результату. Кроме того, на некоторых участках трубопроводной системы образуются твердые гляцевые отложения силикатов, которые неравномерно осаждаются и не защищают от коррозии железа с водородной депполяризацией [7].

Извлеченные из вырезанных труб образцы показывают серьезные повреждения от коррозии. В основном это язвенная коррозия смешанного типа. По теории, основным источником кислорода является под-

питочная вода. Расход составляет примерно 2,4 тыс. кг в час в зимний период и 1,4 тыс. кг в час в летний период. Скорость коррозии железа при содержании кислорода в подпиточной воде 50 мкг/л будет составлять: зимой – 231 г/ч; летом – 145 г/ч. Однако это не объясняет наблюдаемую скорость коррозии, которая от 10 до 100 раз больше. Главные источники кислорода, попадающего в сетевую воду – это аварийная подпитка системы «сырой» водой, не регулируемое

количество кислорода в процессе вакуумной вентиляции, забор воздуха или неочищенная «сырая» вода в системе теплоснабжения в местах с давлением ниже атмосферного. На рисунке 1 представлены данные о процентном содержании кислорода в водопроводной воде, где пик кислорода сначала возникает в «обратной» воде, после чего поступает на станцию, откуда и возвращается в ослабленном виде.



Рис. 1. Содержание кислорода в прямой и обратной воде в точке диспетчерского пункта 1 (ДП-1) теплосети.

Рисунок 1. Содержание кислорода в подающей и обратной воде на точке диспетчерского пункта  
 Источник: заимствовано из [5]

Еще одна причина интенсивного развития коррозионных процессов – антикоррозионный реагент и режим его дозирования.

На рисунке 2 представлены данные по содержанию минеральных солей-ингибиторов (ИОМС) в прямой подаче и обратной воде системы отопления. В летние месяцы (с мая по август) уровень ИОМС в сетевой воде (химически очищенной воде – ХОВ), горячей воде (ГВС), прямой питательной воде и обратной воде были практически одинаковыми, со стандартизованными уровнями в диапазоне от 1 до 2 мг/л. Существовала значительная разница в уровнях ИОМС в сетевой воде (ХОВ). Наблюдались значительные различия. Содержание ИОМС в сетевой воде было в 1,5–2 раза ниже, чем в воде подпитки, а в «обратной» воде содержание ИОМС было ниже, чем в «прямой» воде. Такое снижение может быть связано с работой верхних водогрейных котлов (ВГК). Согласно программе снабжения тепловых сетей, зимой в «обратные» магистрали коммунального водоснабжения подается дополнительная вода. Кроме того, в систему отопления

подается вода после подогрева. Некоторые конструктивные недостатки приводят к локальному перегреву котловой воды, что в сочетании с медленным потоком воды приведет к «деактивации» ИОМС. Это может быть прямое термическое разложение или образование нерастворимых комплексов с ионами жесткости в сетевой воде. Продукт «деактивации» накапливается в системе отопления, и концентрация ИОМС в «обратной» воде снижается. Эффект «деактивации» свидетельствует о неэффективности активной добавки, которая не предотвращает процессы отставания и коррозии в тепловой сети. Характер, состав и структура отложений также указывают на наличие водородной деполяризующей коррозии железа [1].

Результаты анализов, проведенных в данной работе, показали, что образцы, взятые из обрезков труб, свидетельствуют о наличии серьезных коррозионных повреждений, в основном называемых гнойной коррозией. Предполагается, что это было вызвано попаданием кислорода в сетевую воду во время аварийного пополнения системы отопления «сырой водой».

Для решения проблемы коррозии необходимо принять меры по предотвращению попадания кислорода в сетевую воду. Это может включать в себя установку дополнительных фильтров для очистки воды, а также

проведение регулярной проверки и обслуживания системы теплоснабжения. Такие меры помогут уменьшить скорость коррозии и продлить срок службы трубопроводов.

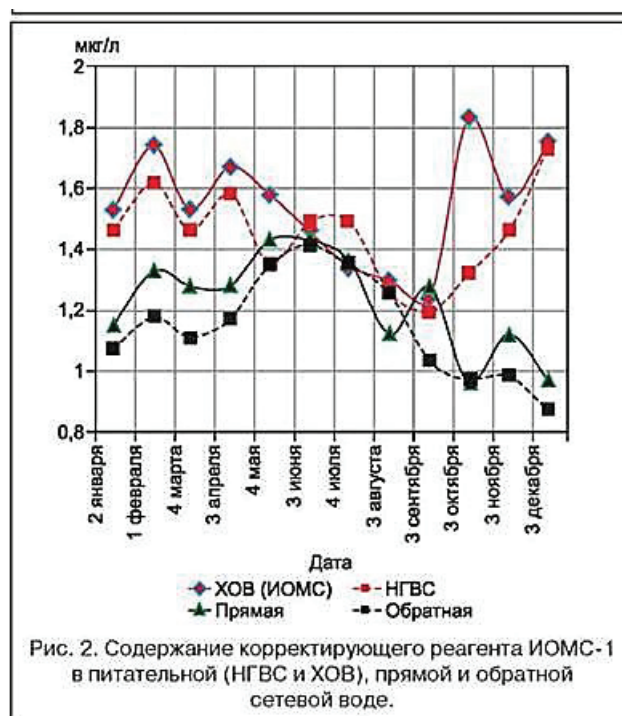


Рис. 2. Содержание корректирующего реагента ИОМС-1 в питательной (НГВС и ХОВ), прямой и обратной сетевой воде.

Рисунок 2. Содержание корректирующего реагента ИОМС в питательной (НГВС и ХОВ), подающей и обратной сетевой воде

Источник: заимствовано из [5]

Во время исследования было замечено, что введенные силикаты откладывались в трубопроводах неравномерно и не предотвращали коррозию, а под силикатным слоем также наблюдалась коррозия железа.

Полученные данные будут использованы в выпускной квалификационной работе на тему «Исследование влияния толщины отложений на внутренней поверхности трубопровода на эффективность работы тепловой сети».

### Литература

1. Анализ состояния трубопроводов открытой теплосети в системе ТЭС-теплосеть на примере Набережно-челнинская теплосетевая компания – Набережно-челнинская ТЭЦ / Н. Д. Чичирова [и др.] // Труды Академэнерго. – 2011. – № 1. – С. 41–54.
2. Исследование зависимости температуры теплоносителя от длины трубопроводов системы отопления / Д. Н. Тютюнов [и др.] // Известия Юго-Западного государственного университета. – 2013. – № 3 (48). – С. 167–171.
3. Исследование состава и структуры отложений с внутренней поверхности трубопроводов теплосети города Набережные Челны / Н. Д. Чичирова [и др.] // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. – 2011. – № 3–4. – С. 60–65.
4. К вопросу количественного определения материальных потоков системы ТЭС – открытая тепловая сеть / А. И. Ляпин [и др.] // Радиотехника, электротехника и энергетика: тезисы докладов XIV межд. науч.-техн. конф. студ. и асп., Москва, 28-29 фев. 2008 г. Том 3. – М.: МЭИ (ТУ), 2008. – С. 131–132.

5. Обследование состояния внутренней поверхности трубопроводов теплосети города Набережные Челны / Н. Д. Чичирова [и др.] // Диспетчеризация в электроэнергетике: проблемы и перспективы: сб. мат. док. VI открытой молод. науч.-практ. конф., Казань, 16-17 нояб. 2011 г. – Казань: КГЭУ, 2011. – С. 29–32.

6. Определение структуры и состава отложений в системе оборотного охлаждения ТЭС методами химического анализа и инфракрасной спектроскопии / Н. Д. Чичирова [и др.] // Труды IX межд. симп. «Энергоресурсоэффективность и энергосбережение»: сб. мат. док. Казань: АртПечатьСервис, 2008. Ч. 2. С. 143–149.

7. Яковлев Б. В. Повышение эффективности систем теплофикации и теплоснабжения. – М.: Новости теплоснабжения, 2008. – 448 с.

8. Edwards R. (2013) Aqueous corrosion of steel. Corrosion Engineering Solutions Ltd, Jun. 21 Available at: <http://corrosionengineering.co.uk/knowledge-library/aqueous-corrosion/index.php> (accessed 10.05.2023) (In Eng.).

Статья поступила в редакцию: 25.05.2023; принята в печать: 06.03.2024.

Автор прочитал и одобрил окончательный вариант рукописи.