

**Г.И. ТИТОВ**  
**Н.А. НОВОПАШИНА**  
**В.Г. ТИТОВ**

## ПРИЧИНЫ ПОВРЕЖДАЕМОСТИ ТЕПЛОВЫХ СЕТЕЙ

CAUSES OF HEAT NETWORKS DAMAGEABILITY

*Рассмотрены факторы, снижающие надежность работы тепловых сетей: это наружная коррозия, внутренняя коррозия и прочие причины. Представлено изменение количества повреждений тепловой сети от наружной и внутренней коррозии в зависимости от диаметра трубопровода. Показано, что кривая, характеризующая изменение количества повреждений тепловой сети от наружной коррозии, с достаточной степенью точности подчиняется нормальному закону распределения. Даны рекомендации по увеличению срока службы трубопроводов тепловых сетей и повышению срока их безаварийной эксплуатации.*

**Ключевые слова:** надежность, наружная коррозия, внутренняя коррозия, срок эксплуатации, прокладка тепловых сетей, показатель pH

*Factors reduced the reliability of the heat supply networks is proposed to generalize to more substantive reasons. These are: external corrosion, internal corrosion and other reasons. The change of amount of heat damage to the outside network and internal corrosion, depending on the pipe diameter is introduced. The curve characterizing changes in the amount of heat damage to the network from external corrosion reliably obeys a normal distribution law. Recommendations to increase the service life of the heat pipe network are given.*

**Keywords:** reliability, external corrosion, internal corrosion, service life, the laying of heating networks, pH index

В настоящее время большое внимание уделяется проблемам экономии топливно-энергетических ресурсов и экологической безопасности [1–5]. Основной технической политикой является целесообразность строительства и технического перевооружения систем теплоснабжения [6–8]. Особая роль при эксплуатации тепловых сетей отводится надежности их работы и возможности прогнозирования их технического состояния [9–12].

Более 40 % всего топлива России используется на нужды теплоснабжения. Из них иногда более половины безвозвратно теряется, в том числе из-за аварий и отказов в тепловых сетях [13–17].

Тепловые сети – это наиболее слабое звено в общей системе теплоснабжения: источник тепла – тепловые сети – абонент.

Системы теплоснабжения требуют больших капитальных затрат, окупаемость которых возможна через 10–12 лет и более, что в сегодняшних экономических условиях мало привлекательно для инвесторов.

В настоящее время централизованные источники тепла выработали свой ресурс более чем на 70 %, а состояние тепловых сетей таково, что тепловые потери при транспортировке теплоносителя доходят до 20 % (при норме не более 5 %), а его утечки – 18–20 %

(при норме 0,25 % от объема теплоносителя в системе). Повреждаемость тепловых сетей уже превышает два повреждения на 1 км трассы, что увеличивает и без того большие эксплуатационные затраты. Анализ современного состояния тепловых сетей показывает, что резервы надежности теплоснабжения зависят от конструктивных особенностей тепловых сетей, их протяженности и качества эксплуатации.

На надежность тепловой сети влияют также факторы окружающей среды: коррозионная активность грунта и грунтовых вод, качество подготовки воды на источнике и т. д. В табл. 1 представлены наиболее существенные причины, снижающие надежность тепловых сетей.

Кроме факторов, снижающих надежность тепловых сетей и указанных в табл. 1, необходимо отдельно выделить длительность (срок) эксплуатации тепловых сетей, которая зависит от механических повреждений; износа строительных конструкций; некачественного монтажа тепловой сети; ошибок эксплуатации.

Влияние вышеуказанных факторов на надежность работы тепловых сетей показано на рис. 1 на примере Самарских тепловых сетей.

Рассмотрим подробно причины, влияющие на надежность работы тепловых сетей.

Таблица 1

Факторы, снижающие надежность тепловых сетей

Коррозия									Прочие факторы		
наружная						внутренняя					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Способ прокладки и конструкция тепловых сетей	Материал применяемых труб и арматуры	Гидроизоляция и защитные покрытия	Конструкция и материалы тепловой изоляции	Коррозионная активность грунта и грунтовых вод	Воздействие блуждающих токов	Качество подготовки воды на источнике	Температура теплоносителя	Качество эксплуатации тепловых сетей	Воздействие механических усилий	Износ тепловых сетей	Отсутствие резервирования

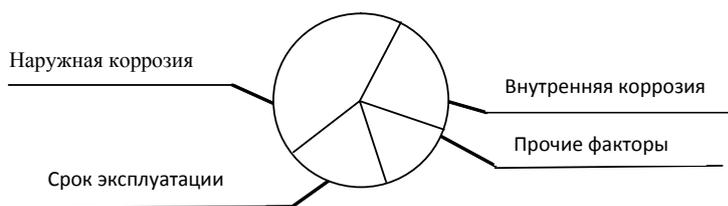


Рис. 1. Причины повреждений в Самарских тепловых сетях

**Коррозия.** В наружных тепловых сетях используются только стальные трубы. От котельных, работающих по температурному графику до 80 °С, можно применять предварительно изолированные трубопроводы из сшитого полиэтилена и полипропилена (весьма ограниченного диаметра). Трубопровод подвергается воздействию внутренних и внешних растягивающих усилий и напряжений. В зависимости от температуры и величины показателя рН нарушение целостности трубопроводов от растягивающих напряжений можно ожидать в сварных швах на стыках трубопроводов.

**Наружная коррозия.** Наружную коррозию можно разделить на два основных вида в зависимости от способа прокладки (воздушная или подземная).

При воздушной прокладке на величину коррозии влияют состав антикоррозийного покрытия трубопроводов, выбор типа и толщины покровного слоя изоляции, качество ее монтажа и надлежащее выполнение требований эксплуатации трубопроводов и арматуры.

При подземной прокладке трубопроводов возникает коррозия блуждающими токами, которая на один-два порядка превышает почвенную коррозию. Периодическое подтапливание и посыпка соли против гололеда приводят к ускоренному коррозионному воздействию и появлению большого количества свищей на трубопроводах, расположенных вблизи оживленных магистралей.

**Внутренняя коррозия.** Внутренняя коррозия тепловых сетей вызывается наличием растворенных в воде газов (кислорода и углекислого газа) при подпитке тепловой сети. Количество углекислого газа

определяет значение показателя рН, величину которого можно рассчитать теоретически в зависимости от соотношения подпиточной воды и расхода теплоносителя в тепловой сети. Для нормальной работы тепловой сети показатель рН должен быть 8,3–9. Снижение этого показателя может привести к интенсивному возникновению угольной коррозии.

В некоторых случаях, когда теплоснабжение осуществляется от индивидуальных источников тепла, например при использовании трансзвуковых струйно-форсуночных аппаратов (ТСА), вместе с паром в сетевую воду попадает растворенный углекислый газ. При этом показатель рН снижается, что приводит к образованию внутренней коррозии и возникновению в верхних точках тепловой сети газовых пробок. В процессе эксплуатации тепловых сетей усиленная внутренняя коррозия трубопроводов происходит в верхних точках трубопроводов (в П-образных компенсаторах при воздушной прокладке и в пунктах установки регуливающей арматуры на насосных станциях). Это объясняется издержками эксплуатации, так как расходы теплоносителя сокращаются в режиме горячего водоснабжения и, как правило, эксплуатационный персонал не сбрасывает воздух из трубопроводов.

На рис. 2 приведены статические данные зависимости количества повреждений тепловых сетей от внешней и внутренней коррозии  $n$  на 100 м<sup>2</sup> поверхности трубопровода (шт./100 м<sup>2</sup>) для трубопроводов разных диаметров  $d_y$  шт./100 м.

Зависимость количества повреждений тепловой сети от наружной коррозии и диаметра трубо-

провода представляет собой практически симметричную кривую со смещением относительно оси ординат (кривая *a*), которая с достаточной степенью точности подчиняется нормальному закону распределения. В этом случае плотность распределения вероятности имеет вид

$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-m)^2}{2\sigma^2}},$$

где  $\sigma$  – характеристика рассеивания;  $m$  – величина смещения центра рассеивания от начала координат (характеризует положение распределения на оси абсцисс);  $x$  – условный диаметр трубопровода  $D_y$ .

По мере удаления от точки  $m$  в ту или другую сторону уменьшается плотность распределения  $n$ . При увеличении диаметра  $D_y$  более 450 мм и уменьшении его менее 150 мм количество повреждений тепловых сетей от внешней и внутренней коррозии асимптотически приближается к минимальной величине 0,2 шт./100 м<sup>2</sup>.

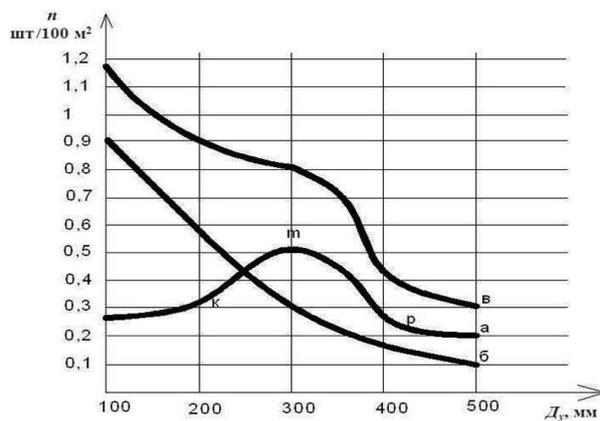


Рис. 2. Количество повреждений теплопроводов от наружной и внутренней коррозии: а – зависимость количества отказов на 100 м<sup>2</sup> поверхности трубопроводов от наружной коррозии; б – зависимость количества отказов на 100 м<sup>2</sup> поверхности трубопроводов от внутренней коррозии; в – зависимость суммарного количества отказов на 100 м<sup>2</sup> поверхности трубопроводов от наружной и внутренней коррозии

Как видно из приведенного графика, максимальное значение характеристики рассеивания для тепловой сети города Самары соответствует диаметру 300 мм.

$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \cdot$$

Эта кривая имеет две точки перегиба ( $k$  и  $p$ ), в которых величина  $f(x)$  составляет

$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}e} \cdot$$

Статистические данные повреждаемости тепловых сетей на 100 м<sup>2</sup> внутренней поверхности, вызванных внутренней коррозией (кривая *б*), показывают, что трубопроводы диаметром 100-150 мм подвергаются внутренней коррозии в большей степени, чем трубопроводы диаметром 200 мм и более. Количество повреждений из-за внутренней коррозии на 100 м<sup>2</sup> уменьшается от 0,9 до 0,1. С достаточной степенью точности эту кривую можно заменить прямой, имеющей точку перелома при значении диаметра трубопровода примерно 300 мм при значении количества отказов 0,28.

При сложении значений отказов кривой *a* и значений отказов кривой *б* получаем суммарное значение отказов от коррозии для практически любого диаметра трубопровода тепловой сети (кривая *в*).

Как видно из графика (рис. 2), наиболее часто наблюдаются отказы трубопроводов в основном внутриквартальных сетей диаметром 100–150 мм. Объяснить это можно тем, что толщина стенок трубопроводов минимальна, а гидравлический режим меняется довольно часто из-за неполадок в работе внутримановых сетей. Скорость течения воды в тепловой сети составляет не более 3 м/с независимо от диаметра трубопровода, поэтому через сечение трубопровода большего диаметра проходит больший объем воды. В трубопроводах малого диаметра (100-150 мм) толщина пристенного ламинарного слоя и толщина турбулентного потока теплоносителя меньше, поэтому растворенный в воде углекислый газ в большей степени влияет на углекислотную коррозию.

*Прочие причины.* Уменьшение толщины стенки трубопровода в местах установки скользящих опор приводит к уменьшению механической прочности трубопровода и к разрушению трубопровода от вертикальных нагрузок.

Образование конденсата на внутренней поверхности строительных конструкций и технологических узлов, вызванное минимальным заглублением от поверхности земли, приводит к разрушению целостности каналов, камер и трубопроводов тепловой сети.

*Срок эксплуатации.* Нормативный срок эксплуатации трубопроводов тепловых сетей составляет 30 лет. Максимальный рост повреждаемости элементов тепловой сети наблюдается после 20 лет работы тепловой сети в результате старения строительных конструкций, нарушения тепловой изоляции и гидроизоляционного слоя, а также механических повреждений. Как показал опыт эксплуатации, любые нарушения конструкции трубопроводов можно своевременно обнаружить и предотвратить при воздушной прокладке тепловой сети. При подземной прокладке обнаружить это довольно трудно.

**Вывод.** Все перечисленные причины повреждаемости тепловых сетей в разной степени влияют на срок безаварийной эксплуатации систем теплоснабжения. Для увеличения срока службы трубопроводов тепловой сети необходимо производить своевременную отбраковку отдельных ее участков путем проведения диагностики трубопроводов, тем более что современные приборы позволяют проводить диагностику в любое время года без нарушения работы системы теплоснабжения.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Соколов Е.Я. Теплофикация и тепловые сети: учебник для вузов. 7-е изд., стереотип. М.: Издательство МЭИ, 2011. 472 с.
2. Титов Г.И., Новопашина Н.А. Исследование надежности тепловых сетей // Региональная архитектура и строительство. 2011. №2. С.141.
3. Надежность систем энергетики: (сборник рекомендуемых терминов). М.: ИАЦ «Энергия», 2007. 86 с.
4. Надежность систем энергетики и их оборудования: в 4 т. Т.4. Надежность систем теплоснабжения: справочник / под ред. акад. Ю.Н. Руденко. Новосибирск: Наука, 2000. 351 с.
5. Надежность систем теплоснабжения / Е.В. Сеннова, А.В. Смирнов, А.А. Ионин и др. Новосибирск: Наука, 2000. 351с.
6. Новопашина Н.А., Блатов И.А. Применение аппаратов ТСА для систем теплоснабжения // Научное обозрение. 2014. №4. С. 146–149.
7. Новопашина Н.А., Титов Г.И. Проблемы и их решение при применении трансзвуковых аппаратов // Вестник СамГТУ Серия «Технические науки». 2011. №2(30). С. 200–205.
8. Абанина Т.И. Математика: справочник для студентов вузов, техникумов, колледжей. Ростов н/Д: Феникс, 2014. 376 с.
9. Бронштейн И.Н., Семендяев К.А. Справочник по математике для инженеров и учащихся втузов. М.: Наука, 1986. 544 с.
10. Ватузов Д.Н., Пуриг С.М., Филатова Е.Б., Тюрин Н.П. Выбор источника теплоснабжения зданий жилой застройки // Вестник СГАСУ. Градостроительство и архитектура. 2014. №4(17). С. 86–91. DOI:10.17673/Vestnik.2014.04.13.
11. Вытчиков Ю.С., Сапарёв М.Е. Исследование теплозащитных характеристик замкнутых воздушных прослоек в строительных ограждающих конструкциях с применением экранной теплоизоляции // Вестник СГАСУ. Градостроительство и архитектура. 2014. №1(14). С. 98–102. DOI:10.17673/Vestnik.2014.01.17.
12. Павлова Л.В. Качество и надежность теплозащиты зданий // Вестник СГАСУ. Градостроительство и архитектура. 2013. №4(12). С. 99–105. DOI:10.17673/Vestnik.2013.04.17.
13. Вытчиков Ю.С., Евсеев Л.Д., Чулков А.А. Повышение эффективности и долговечности тепловой изоляции трубопроводов систем теплоснабжения применением скорлуп из пенополиуретана // Вестник СГАСУ. Градостроительство и архитектура. 2013. №2. С. 90–93. DOI:10.17673/Vestnik.2013.02.15.
14. Стрелков А.К., Зотова И.Ю. Эксплуатационные (функциональные) характеристики квартирных регуляторов давления и энергосбережение // Вестник СГАСУ. Градостроительство и архитектура. 2013. №4. С. 80–82. DOI:10.17673/Vestnik.2013.04.22.
15. Вытчиков Ю.С., Сидорова А.В. Организация воздухообмена в современных энергоэффективных зданиях // Вестник СГАСУ. Градостроительство и архитектура. 2013. №4(10). С. 87–94. DOI:10.17673/Vestnik.2013.04.15.
16. Павлова Л.В. Качество и надежность теплозащиты зданий // Вестник СГАСУ. Градостроительство и архитектура. 2013. №4. С. 99–105. DOI:10.17673/Vestnik.2013.04.17.
17. Гальперин Е.М. О востребованности показателей надежности систем водоснабжения и водоотведения // Вестник СГАСУ. Градостроительство и архитектура. 2011. №1. С. 57–61. DOI:10.17673/Vestnik.2011.01.12.

Об авторах:

#### **ТИТОВ Геннадий Иванович**

профессор кафедры теплогазоснабжения и вентиляции Самарский государственный архитектурно-строительный университет  
443001, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 194,  
тел. 8(846)337-80-89

#### **НОВОПАШИНА Надежда Андреевна**

кандидат технических наук, доцент, заведующая кафедрой теплогазоснабжения и вентиляции Самарский государственный архитектурно-строительный университет  
443001, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 194,  
тел. 8(846)337-81-03  
E-mail: novopashina2010@yandex.ru

#### **ТИТОВ Вячеслав Геннадьевич**

аспирант кафедры теплогазоснабжения и вентиляции 443001, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 194,  
тел. 8(846)337-80-89

#### **TI TOV Gennadiy I.**

Professor of the Heat and Gas Supply and Ventilation Chair Samara State University of Architecture and Civil Engineering 443001, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya str., 194,  
tel. 8(846)337-80-89

#### **NOVOPASHINA Nadezhda A.**

PhD in Engineering Science, Associate Professor Heat and Gas Supply and Ventilation Chair Samara State University of Architecture and Civil Engineering 443001, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya str., 194,  
tel. 8(846)337-81-03  
E-mail: novopashina2010@yandex.ru

#### **TI TOV Vyacheslav G.**

Post-graduate student of the Heat and Gas Supply and Ventilation Chair Samara State University of Architecture and Civil Engineering 443001, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya str., 194,  
tel. 8(846)337-80-89

Для цитирования: Титов Г.И., Новопашина Н.А., Титов В.Г. Причины повреждаемости тепловых сетей // Вестник СГАСУ. Градостроительство и архитектура. 2016. №2(23). С. 19–22. DOI: 10.17673/Vestnik.2016.02.4.  
For citation: Titov G.I., Novopashina N.A., Titov V.G. Causes of heat networks damageability // Vestnik SGASU. Town Planning and Architecture. 2016. №2(23). Pp. 19–22. DOI: 10.17673/Vestnik.2016.02.4.