

## К РАСЧЕТУ ОСТАТОЧНОГО РЕСУРСА ТРУБ ТЕПЛОВЫХ СЕТЕЙ И СЕТЕЙ ГОРЯЧЕГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ

<sup>1</sup>Азаров В.Н., <sup>2</sup>Гевлич С.О., <sup>3</sup>Васильев Е.Г., <sup>2</sup>Васильев К.А., <sup>2</sup>Мирзонов М.В.,  
<sup>4</sup>Сидякин П.А., <sup>4</sup>Нестерчук А.В., <sup>4</sup>Алехина И.С.

<sup>1</sup>ФГБОУ ВПО «Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет», Волгоград, Россия (400074, Волгоград, ул. Академическая, 1), e-mail: kaf\_bgdvt@mail.ru

<sup>2</sup>ООО «Экспертиза», Волгоград, Россия (400007, Россия, Волгоград, пр. Ленина, 94а), e-mail: primexpertiza@mail.ru

<sup>3</sup>Нижне-Волжское управление Ростехнадзора, Волгоград, Россия (400074 Волгоград, ул. Огарева, 15), e-mail: office@nvolgosnadzor.ru

<sup>4</sup>ФГАОУ ВПО «Северо-Кавказский федеральный университет», Пятигорск, Россия (357500, Пятигорск, ул. 40 лет Октября, 56), e-mail: sidyakin\_74@mail.ru

---

С 1 января 2007 г. тепловые сети стали объектом надзора. Соответственно с этого момента на эти объекты стали распространяться все требования Ростехнадзора в части порядка эксплуатации, проектирования, экспертизы промышленной безопасности и т.п. В настоящее время, в связи с изменениями федерального законодательства в области промышленной безопасности эти объекты отнесены к III классу опасности. Техническое диагностирование и экспертиза промышленной безопасности подающих труб тепловых сетей и сетей ГВС показывает, что доминирующий повреждающий механизм перехода в предельное состояние – язвенная коррозия. Предложена методика оценки остаточного ресурса трубопроводов на основании расчета прочности объекта в сечении, содержащем концентратор напряжений, представляющий коррозионную язву. Приведен конкретный пример расчета остаточного ресурса действующего трубопровода подачи тепла. Показано, что учет язвенной коррозии снижает оценочный остаточный ресурс более чем в два раза по сравнению со стандартной методикой расчета по результатам утонения стенки по механизму общей коррозии.

---

Ключевые слова: техническое диагностирование, коррозия, язвенная коррозия, свищ, трубопроводы тепловых сетей и ГВС.

## TO CALCULATING THE RESIDUAL RESOURCE OF TUBES FOR HEAT NETWORKS AND HOT WATER NETWORKS

<sup>1</sup>Azarov V.N., <sup>2</sup>Gevlich S.O., <sup>3</sup>Vasiliev E.G., <sup>2</sup>Vasiliev K.A., <sup>3</sup>Mirzonov M.V., <sup>4</sup>Sidyakin P.A.,  
<sup>4</sup>Nesterchuk A.V., <sup>4</sup>Aljohina I.S.

<sup>1</sup>Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering (VSUACE), 1 Akademicheskaya Street, 400074, Volgograd, Russia, e-mail: kaf\_bgdvt@mail.ru

<sup>2</sup>ООО «Jekspertiza», 94a Lenin prospect, 400007, Volgograd, Russia, e-mail: primexpertiza@mail.ru

<sup>3</sup>The lower Volga Department of Rostekhnadzor, 15 Ogareva Street, 400074, Volgograd, Russia, e-mail: office@nvol/gosnadzor.ru

<sup>4</sup>North-Caucasus Federal University, Pjatigorsk, Russia, (357500, Pjatigorsk, str. 40 let Oktjabrja 56), e-mail: sidyakin\_74@mail.ru

---

From January 1, 2007, thermal networks have become the object of supervision. Accordingly, from this moment on, these objects became subject to all requirements of Rostekhnadzor in the order of exploitation, design, industrial safety expertise, etc. In the present time, due to changes in Federal legislation in the field of industrial safety, these objects are referred to III class of hazard. Technical diagnosis and examination of industrial safety heat networks and HWN (hot water network) tubes shows that the dominant mechanism of the damage limit state is the ulcer corrosion. The technique of evaluation of residual resource of pipelines based on calculation of the strength of the object in the section, containing the hub stresses that represents as corrosive ulcer. The concrete example of the calculation of the residual resource of heat supply pipeline is provided. It is shown that the evaluation of ulcerous corrosion reduces the estimated residual resource of more than doubled in comparison with the standard methodology based on thinning the walls on the mechanism of general corrosion.

---

Keywords: technical diagnosis, corrosion, corrosion, fistula, pipelines of heat networks and HWN.

С 1 января 2007 г. тепловые сети стали объектом надзора. Соответственно с этого момента на них стали распространяться все требования Ростехнадзора в части порядка

эксплуатации, проектирования, экспертизы промышленной безопасности и т.п. [3]. В настоящее время, в связи с изменениями федерального законодательства в области промышленной безопасности [4] эти объекты отнесены к III классу опасности. Несмотря на некоторое «ослабление» надзор за объектами теплоэнергетики является важным элементом обеспечения безопасности жизнедеятельности, учитывая климатические особенности нашей страны.

Ранее в работе [1], подробно рассмотрены проблемы оценки технического состояния труб тепловых сетей (ТС) и сетей ГВС на примере г. Волгограда. Был сделан вывод о преимущественном влиянии язвенной коррозии на доминирующий повреждающий механизм перехода труб в предельное состояние (ДПМ). Существующие методики оценки остаточного ресурса на основании потери прочности в результате общей коррозии (коррозионного утонения стенки) должны быть скорректированы с появлением такого концентратора напряжений как язва переменной глубины.

### **РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ**

В настоящей работе приводится методика оценки остаточного ресурса в случае ДПМ по типу язвенной коррозии.

На рисунках 1-3 показаны типичные примеры сквозных свищей труб ТС, образовавшихся на месте формирования коррозионных язв.

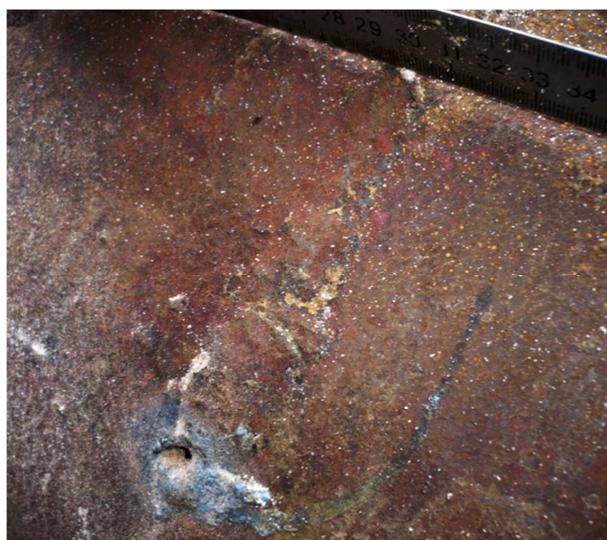


Рис. 1. Коррозионная язва – свищ на сварном кольцевом шве



Рис. 2. Язвенное поле «разросшееся» по длине на дне трубы. Видны донные отложения



Рис. 3. Одиночная сквозная язва на донном язвенном поле

Проводя оценку влияния язвенной коррозии на прочность труб, мы предполагали, что язвы расположены отдельно (расстояние между смежными язвами не менее двух толщин стенки объекта). Если это условие не учитывать, то следует рассматривать «макроязву», которая образуется при слиянии нескольких язв различного размера, находящихся вблизи друг друга. Формализация дефекта – язва показана на рисунке 4.

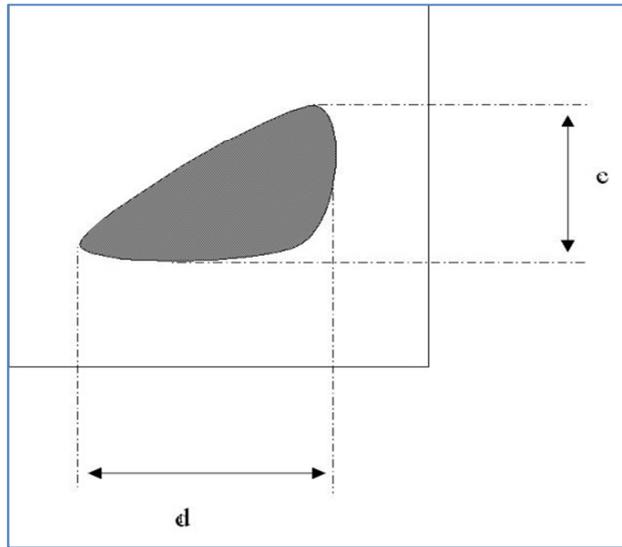


Рис. 4. Формализация дефекта

Основные уравнения (алгоритм расчета) [2]:

1. Номинальное напряжение – напряжение в стенке от рабочего давления:

$$\sigma_n = \frac{P(D + s)}{2\varphi s}, \quad (1)$$

где:  $P$  – рабочее давление, МПа;  $D$  – диаметр трубы м;  $s$  – толщина стенки, м;  $\varphi$  – коэффициент прочности сварного шва.

2. Максимальное напряжение в вершине дефекта:

$$\sigma_{max} = \alpha_\sigma \sigma_{нетто}, \quad (2)$$

где:  $\sigma_{нетто} = \sigma_n s / (s - a)$  – напряжение в нетто-сечении (сечение, где находится язва);  $\alpha_\sigma$  – коэффициент концентрации напряжений.

3. Определение коэффициента концентрации напряжений. Для одиночных язв выражение для коэффициента концентрации имеет вид:

$$\alpha_\sigma = 1 + 3,57 \frac{a}{d} \left[ \frac{(1,12 - 0,9a/c)}{1 - a/s(1 - 1,5a/c)} \right], \quad (3)$$

где:  $a$  (глубина),  $d$ ,  $c$ , – параметры дефекта (рисунок 4);  $s$  – толщина стенки.

4. Условие допустимости дефекта. Дефект (язва) считается неопасным, если выполняется следующее условие:

$$\sigma_{\max} \leq [\sigma], \quad (4)$$

где:  $[\sigma]$  – допускаемое напряжение.

Для примера сравним остаточный ресурс при общей коррозии и остаточный ресурс при язвенной коррозии для следующих рабочих параметров (таблица 1).

Таблица 1

Параметры для расчета остаточного ресурса при общей коррозии и остаточного ресурса при язвенной коррозии

№ п/п	Наименование параметра	Значение
1	Рабочее давление $P_{\max}$ , МПа	0,8
2	Номинальный диаметр $D$ , м	1,02
3	Номинальная толщина стенки $s$ , м	0,012
4	Фактическая толщина стенки с учетом статистического разброса $s_{\phi}$ , м	0,00853
5	Параметры язвы: $a_{\max}$ , м	0,0025
	$c$ , м	0,05
	$d$ , м	0,04
8	Номинальные (рабочие напряжения в стенке) $\sigma_n$ , МПа	60,29

Расчетная формула определения скорости равномерной коррозии:

$$v_{\text{корр}} = \frac{\delta_n - \delta_{\text{факт}}}{t}, \quad (5)$$

где:  $\delta_n$  - паспортная толщина трубопровода, мм;  $\delta_{\text{факт}}$  - среднефактическая фактическая толщина трубопровода, мм;  $t$  - время от момента начала эксплуатации до момента обследования, лет.

Расчетная формула определения остаточного ресурса:

$$t_{\text{ост}} = \frac{\delta_{\text{факт}} - \delta_{\text{отбрак}}}{v_{\text{корр}}}, \quad (6)$$

где:  $\delta_{\text{отбрак}}$  - отбраковочная толщина стенки трубопровода, мм.

На основании выполненных расчетов можно сделать следующие выводы:

1) Расчет, проделанный для общей коррозии, показал, что средняя скорость коррозии равна 0,22 мм/год, а остаточный ресурс равен 20-25 годам, условие (4) выполняется в течение этого расчетного срока.

2) Расчет ресурса из условия  $v_{\text{корр}} = 0,22$  мм/год и равномерного изменения геометрии язвы (равномерное увеличение  $a$ ,  $c$ ,  $d$ ) показывает, что ресурс ограничивается 9-10 годами, по истечению которых условие (4) не выполняется.

### **Выводы**

Появление язвы на фоне общего коррозионно-эрозионного износа значительно ускоряет переход труб в предельное состояние. Следовательно, для водяных труб, труб тепловых сетей доминирующим повреждающим механизмом является язвенная коррозия. существующая практика расчета ресурса из условия равномерного коррозионного утонения стенки должна быть скорректирована при обнаружении коррозионных язв.

Выявление зон язвенной коррозии представляет известные технологические трудности [5], т.к. чаще всего язвы находятся под слоем ржавчины и при визуальном осмотре не всегда выявляются. Однако, высокая степень их опасности предполагает, что в процессе ежегодных осмотров перед наступлением отопительного сезона, при техническом диагностировании, при экспертизе промышленной безопасности обязательно следует разрабатывать и проводить мероприятия по выявлению и оценке зон язвенной коррозии и степени их опасности, используя, к примеру, предлагаемую методику расчета ресурса.

### **Список литературы**

1. Гевлич С.О., Васильев Е.Г. О техническом состоянии труб тепловых сетей и сетей ГВС. «Технадзор», Екатеринбург. 2013, № 12, с.74-76.
2. Мурзаханов Г.Х., Быстрова Н.А. Методы оценки остаточного ресурса трубопроводов. - М: СертиНК, 2008 г. - 104 с.
3. ПБ 10-573-03. «Правила устройства и безопасной эксплуатации трубопроводов пара и горячей воды».
4. ФЗ-116. «О промышленной безопасности опасных производственных объектов». В ред. 2013 г.
5. Эльманович В.И., Гевлич С.О. Механизмы повреждения технологического оборудования химических, нефтехимических и нефтеперерабатывающих производств.- М.: Metallurgizdat, 2010. - 112 с.

### **Рецензенты:**

Першин И.М., д.т.н., профессор, заведующий кафедрой управления в технических и биомедицинских системах Института сервиса, туризма и дизайна (филиала) Северо-Кавказского федерального университета в г. Пятигорске, г. Пятигорск;

Малков А.В., д.т.н., профессор, директор ООО «Нарзан-гидгоресурсы», г. Кисловодск.