

*Алимбаев Б.А., Мананбаев Б.Ж., Джанузаква Р.Д.*

**ОСОБЕННОСТИ РАЗВИТИЯ КОРРОЗИИ В КРИВОЛИНЕЙНЫХ УЧАСТКАХ СТАЛЬНЫХ ТРУБ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ**

*Alimbaev B.A., Manapbaev B.Zh., Dzhanuzakova R.D.*

**FEATURES OF DEVELOPMENT OF CORROSION IN CURVILINEAR SITES OF STEEL PIPES OF HYDRAULIC ENGINEERING CONSTRUCTIONS**

УДК 624.013:620.193.01

*Рассматриваются пути развития коррозии в стальных трубах. Обосновывается первостепенность развития коррозии на криволинейных участках труб.*

*Ключевые слова:* коррозия, труба, трещина, гидроксид железа, криволинейный участок, прямолинейный участок.

*Ways of development of corrosion in steel pipes are considered. The preimportance of development of corrosion on curvilinear sites of pipes locates.*

Коррозия элементов стальных конструкций существенно снижает долговечность и влияет на сроки службы конструкций гидротехнических сооружений.

В истории строительства и эксплуатации металлических конструкций гидротехнических сооружений имеются случаи аварий и отказов из-за коррозионных повреждений. Так, в 1949 г. на одной из станций Арменэнерго произошла крупная авария из-за коррозионных поражений: на расстоянии 60 м от здания ГЭС, у анкерной опоры № 2, где напор равен 163 м, разорвался напорный трубопровод диаметром 2 м [1].

Одной из самых значительных аварий из-за коррозии, было коррозионное разрушение трубопроводов отопительной сети г. Варшавы общей длиной в несколько десятков километров [2]. Процесс коррозии был ускорен действием теплоизоляции труб, выполненной из асфальтового порошка. Замена труб, поврежденных коррозией, стоимость которых была очень высока, привела также к длительным перерывам в эксплуатации сети.

Проблема коррозии является одной из основных в нефтегазовой отрасли. Ежегодно на нефтепромысловых трубопроводах России происходит около 50-70 тыс. отказов [3], из которых 90% являются следствием коррозионных повреждений. На ежегодную замену нефтепромысловых сетей расходуется 7-8 тыс. км труб или 400-500 тыс. тонн стали.

По информации «Гринпис», картина выглядит еще более ужасающе: 30-50 тыс. аварий в год, которые приводят к разливу 10-20 млн. тонн нефти. При этом около 90 % аварий происходит по причине коррозионного поражения материала труб.

По материалам ОАО «Башнефть», «Татнефть» и отдельных нефтегазодобывающих управлений

Западной Сибири [4] коррозия является причиной разрушения более 50% промышленных трубопроводов, а доля внутренней коррозии трубопроводов составляет 32%. В целом по нефтегазовой отрасли причинами отказов промышленных трубопроводных сетей являются [5]: внутренняя коррозия - 91%; наружная коррозия - 3,9%; строительные дефекты - 2,8%; нарушение правил эксплуатации - 0,8%; прочие - 1,5%.

Из вышеуказанных фактов видно, что проблема коррозии очень актуальна и является одним из основных факторов, из-за которой происходят крупные катастрофы и аварии на трубопроводах в различных отраслях.

Борьба с коррозией стальных труб, применяемых на различных объектах промышленности, заключается в нанесении изоляционных покрытий как внутрь труб, так и снаружи. При этом не уделяется внимание на особенности развития коррозии на криволинейных участках стальных труб.

Наши многолетние наблюдения [6] за развитием коррозии показали, что на криволинейных участках стальных труб различного назначения развитие коррозии происходит более интенсивнее, чем на прямолинейных участках.

Нами установлен механизм развития коррозии в элементах стальных конструкций в водной среде [7]. Эти исследования показали, что на прямолинейных участках ионы  $H^+$  и  $OH^-$ , притягиваясь под действием Лоренцевых сил на полюсы реоменов, начинают химический процесс коррозии в трещинах стальных элементов гидротехнических сооружений.

Имеющиеся трещины с внешней стороны покрываются оксидной пленкой, образуя гидроксид железа  $Fe(OH)_3$ . В дальнейшем происходит частичная дегидратация гидроксида железа. Трещины, наполненные продуктами коррозии на прямолинейных участках меньше подвержены механическим воздействиям от транспортируемой жидкости. Поэтому здесь скорость развития коррозии меньше, чем в криволинейных участках стальных труб. В криволинейных участках стальных труб на подвижные частицы (газы, нефтепродукты, вода или другие жидкости), имеющие определенную массу, действует центробежные силы [8], равные:

$$F = \frac{m \cdot v^2}{R}, \quad (1)$$

где  $m$  – масса частиц;  $v$  – скорость движения частиц;  $R$  – радиус искривления.

Эти частицы, действуя механически, открывают закрытые первичными продуктами коррозии трещины стальных труб и способствуют дальнейшему развитию коррозии в них.

Для доказательства нами произведены замеры толщин стенок стальных труб как на прямолинейных участках, та и на криволинейных участках.

Измерение толщин стенок стальных труб производили ультразвуковым толщиномером УТ-301 по ГОСТ 28702-90. При измерении использован принцип «эхо», т.е. искатель и приемник совмещены в одном щупе. Возбужденные ультразвуковые сигналы доходят до внутренней поверхности труб и отражаются приемником, зная скорость распространения и время прохождения ультразвука на металле, определили толщину стенок. Результаты замеров приведены в табл. 1.

Таблица 1

**Результаты замеров толщин стенок стальных труб, подверженных внутренней коррозии**

№ точки замера	Величина замера, мм				Среднее значение 3-х замеров	Толщина стенки с учетом погрешности измерения, мм	Проектная толщина стенки, мм	Отбраковочный размер, мм	Примечание
<i>Криволинейные участки</i>									
1	5,4	5,4	5,4	5,4	5,3	10	-	-	
2	5,4	5,4	5,4	5,4	5,3	10	-	-	
3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,2	10	-	-	
4	7,0	7,0	7,0	7,0	6,9	10	-	-	
5	4,1	4,1	4,1	4,1	4,0	10	-	-	
6	5,4	5,4	5,4	5,4	5,3	10	-	-	
7	6,0	6,0	6,0	6,0	5,9	10	-	-	
8	5,6	5,6	5,6	5,6	5,5	10	-	-	
9	5,5	5,5	5,5	5,5	5,4	10	-	-	
10	5,6	5,6	5,6	5,6	5,5	10	-	-	
11	5,3	5,3	5,3	5,3	5,2	10	-	-	
<i>Прямолинейные участки</i>									
1	8,4	8,4	8,4	8,4	8,3	10	-	-	
2	8,5	8,5	8,5	8,5	8,4	10	-	-	
3	8,3	8,3	8,3	8,3	8,2	10	-	-	
4	8,3	8,3	8,3	8,3	8,2	10	-	-	
5	8,5	8,5	8,5	8,5	8,4	10	-	-	

По результатам замеров установили скорость развития коррозии в криволинейных участках стальных труб. Всего произведено 11 замеров, средняя толщина стенок на замеренных участках составляет – 5,409 мм.

**Средняя скорость развития коррозии в криволинейных участках равна:**

$$\frac{10 - 5,409}{30} = 0,15 \text{ мм/год}, \quad (2)$$

где 10 – проектная толщина стенки трубы; 30 – срок службы трубы.

Максимальная скорость развития коррозии в криволинейных участках:

$$\frac{10 - 4,0}{30} = 0,2 \text{ мм/год}.$$

Минимальная скорость развития коррозии в криволинейных участках:

$$\frac{10 - 6,9}{30} = 0,103 \text{ мм/год}.$$

Что касается прямолинейных участков: было произведено 5 замеров, средняя толщина стенок на замеренных участках составляет – 8,3 мм.

**Средняя скорость развития коррозии в прямолинейных участках равна:**

$$\frac{10 - 8,3}{30} = 0,056 \text{ мм/год}.$$

Сопоставление результатов замера стенок труб показало, что в криволинейных участках стальных труб коррозия развивается в 2,67 раза быстрее, чем в прямолинейных участках, что доказывает ранее приведенные нами суждения.

**Литература:**

1. Авакян Л.Г. Из опыта эксплуатации высоконапорных трубопроводов // Гидротехническое строительство, 1955, №6. – С. 17-20.
2. Аугустин Я., Шледзевский Е. Авария стальных конструкций (пер. с польск.). – М.: Стройиздат, 1978. – 173 с.
3. Сваровская Н.А. Подготовка, транспорт и хранение скважинной продукции.– Томск: Изд-во ТПУ, 2004. – 268с.
4. Мустафин Ф.М., Быков Л.И., Гумеров А.Г. и др. Промысловые трубопроводы и оборудование. – М.: Недра, 2004. – 662 с.
5. [http://сайт\\_нефти\\_и\\_газа.pф/tag/vnutrennyaya-korroziya/](http://сайт_нефти_и_газа.pф/tag/vnutrennyaya-korroziya/)
6. Алимбаев Б.А., Манапбаев Б.Ж. Развитие коррозии в элементах металлических конструкций в водной среде. – Тараз: Тараз университеті, 2012. – 136 с.
7. Алимбаев Б.А., Манапбаев Б.Ж. Об одном механизме развития коррозии в водной среде // MATERIAŁY VIII MIĘDZYNARODOWEJ NAUKOWI-PRAKTYCZNEJ KONFERENCJI «EUROPEJSKA NAUKA XXI POWIEKA – 2012». – Praha: «Nauka i studia», 2012.
8. Савельев И.В. Курс общей физики / Механика. Молекулярная физика. – М.: Наука, 1987. – Т.1. – 432 с.

**Рецензент: д.т.н., профессор Агаманова О.В.**