

Алимбаев Б.А., Мананбаев Б.Ж., Джанузакова 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 «эх», 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/
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.