

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ ТРАНСПОРТИРОВКИ И ХРАНЕНИЯ НЕФТИ И ГАЗА

АНАЛИЗ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ТРУБОПРОВОДА ПРИ НАЛИЧИИ ДЕФЕКТА ТИПА КОРРОЗИИ РУЧЕЙКОВОЙ РАЗЛИЧНОЙ ГЛУБИНЫ

Р.К. Айтенов, В.В. Сидельников

Научный руководитель – доцент А.В. Веревкин

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Введение. Целью работы является определение напряженно-деформированного состояния труб стальных диаметром (Dy) 426 мм, толщиной стенки (δ) 9 мм, изготовленных из стали марки 09Г2С с внутренним давлением 5 МПа [3], без коррозионных дефектов и с наличием ручейковой коррозии на нижней образующей трубы. Глубина распространения коррозии различна и принимает значения от 0,5 до 5 мм. Также в работе была поставлена задача определения зависимости значения напряжения от глубины коррозии и нахождения критического значения этой глубины. Расчетная часть работы выполнена в программном пакете Ansys.

Следует отметить, что сегодня протяженность промышленных трубопроводов в России, которые в большей степени подвержены именно ручейковой коррозии, чем трубопроводы магистральные, составляет десятки тысяч километров. Аварии на таких трубопроводах случаются постоянно, и 90 % из них, вследствие высокой агрессивности транспортируемой среды, – результат коррозионных повреждений. Актуальность темы исследования определяется в первую очередь тем, что большую долю таких аварий занимают аварии, связанные с коррозией ручейковой [6]. А в результате этих аварий происходят соответственно остановки транспортировки продукта, загрязнение окружающей среды, снижение уровня добычи нефти, увеличение затрат на капитальный ремонт трубопроводов. Поэтому борьба с ручейковой коррозией является одной из главных проблем во время эксплуатации промышленных трубопроводов.

Согласно [2, 4], ширина такого типа коррозии может достигать значений от 40 до 60 мм, а глубина дефектов может быть равной вплоть до 3,5 мм.

Численный эксперимент. В качестве объектов исследования были выбраны трубы стальные прямошовные сварные ГОСТ 10704-91 с толщиной стенки 9 мм, изготовленные из стали марки 09Г2С с пределом прочности, равным 490 МПа.

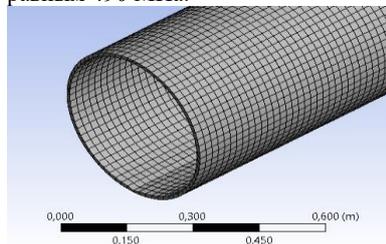


Рис. 1 Конечно-элементная модель исследуемого объекта

В работе была произведена серия численных экспериментов в программном пакете Ansys с целью выяснения влияния глубины ручейковой коррозии на напряженно-деформированное состояние трубы. В качестве образцов были выбраны модели труб с наружным диаметром 426 мм без коррозионного дефекта, а также с наличием ручейковой коррозии глубиной 0,5; 1; 1,5; 2; 2,5; 3; 4 и 5 мм. В работе при создании модели было сделано предположение, что геометрия коррозионного дефекта остается неизменной на всей протяженности трубы. Нагрузки, создаваемые окружающим грунтом, учтены не были. Для каждой модели было задано внутреннее давление, равное 5 МПа.

Исходная область определения функции разбивается с помощью сетки, в общем случае равномерной, на отдельные подобласти – конечные элементы (рис. 1). Искомая непрерывная функция аппроксимируется

кусочно-непрерывной, определенной на множестве конечных элементов [1]. Аппроксимация может задаваться произвольным образом, но для расчета в программном пакете Ansys используются полиномы, которые подбираются так, чтобы обеспечить непрерывность искомой функции в узлах на границах элементов [1]. Результаты расчетов максимального напряжения для каждой трубы приведены в таблице и на рисунках 3,а–3,и.

Таблица 1

Результаты расчета максимального напряжения

Глубина дефекта, мм	Напряжение по Мизесу, МПа/10 ⁸
0	1,187
0,5	1,447
1	1,71
1,5	2,145
2	2,587
2,5	3,246
3	3,471
4	5,24
5	8,499

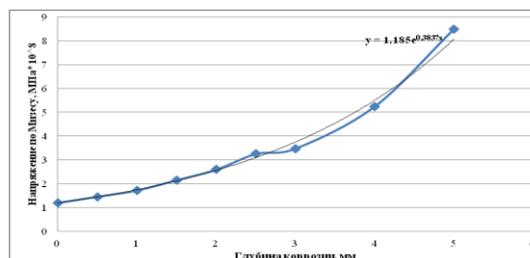


Рис. 2 Результаты измерения напряжения в трубопроводах с различной глубиной коррозионного дефекта

По полученным данным в результате моделирования был построен график зависимости максимального расчетного напряжения по критерию Мизеса от глубины коррозионного дефекта. Результаты расчетов представлены на рис. 2.

На рисунках 3,а–3,и изображено распределение эквивалентных напряжений по критерию Мизеса. Здесь наиболее опасный участок выделен красным цветом, участок с минимальным напряжением – синим.

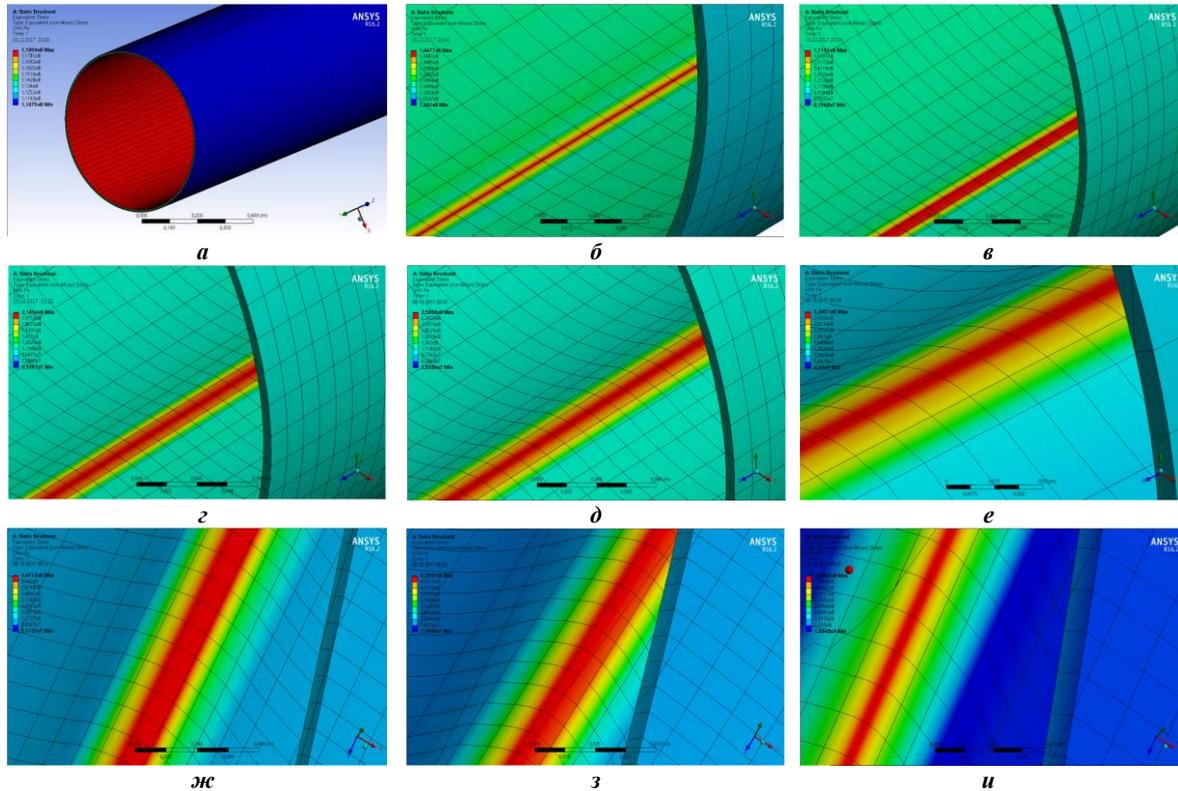


Рис. 3 Напряженно-деформированное состояние участка трубы: а – без дефекта, б – глубина коррозии 0,5 мм, в – 1 мм, г – 1,5 мм, д – 2 мм, е – 2,5 мм, ж – 3 мм, з – 4 мм, и – 5 мм

Опираясь на данные о распределении напряжений, представленные на рисунках 3,б–3,и, можно заключить, что максимальные значения напряжения принимают в нижней части трубы с наименьшей толщиной стенки.

Выводы. На основании полученных результатов можно сделать некоторые выводы, а также определить, какая глубина коррозии является в данном случае критической:

- таким образом, можно сказать, что напряжение в металле в зависимости от глубины коррозии растет по экспоненте, до значения, равного пределу прочности, после чего зависимость меняется. Однако, данные экспериментов, где максимальное напряжение оказалось больше предела прочности стали 09Г2С (490 МПа), нельзя считать корректными, так как в действительности такая труба бы разрушилась;
- наибольшие значения напряжения принимает в области наличия коррозии, а точнее в том месте, где глубина ее максимальна, то есть в ее центре;
- критическим значением глубины коррозии в данном случае можно считать значение 3 мм, когда достигается предел прочности стали.

Литература

1. Галлагер Р. Метод конечных элементов. Основы. – 1984.
2. Гоник А.А. О локальной внутренней коррозии нефтегазопроводов на месторождениях Западной Сибири и возможности ее устранения. // Защита металлов. – 2005. – том 41. – № 5. – С. 523 – 527.
3. Информационный отчет за декабрь 2010. «Проведение работ по мониторингу коррозии технологических трубопроводов на Лугинской газоконденсатной станции».
4. Инюшин И.В., Лейфрид А.В., Валеев А.С., Ривкин П.Р. Коррозия внутренней поверхности нефтесборных промысловых трубопроводов // Транспорт и подготовка газа. – 2002. – № 3. – С.85 – 86.
5. Рябов А.А. Трубопроводный транспорт – 2011: диагностика, эксплуатация и реконструкция. // Безопасность труда в промышленности.
6. Большая Энциклопедия Нефти и Газа: [Электронный ресурс] // Ручейковая коррозия. 2014. URL: <http://www.ngpedia.ru/id113006p1.html> (дата обращения: 26.12.17).