

Условия прочности выполнены с большим запасом согласно ГОСТ Р 55990 [2]. На этом расчет на прочность нефтесборного трубопровода из стали 13ХФА для транспорта образцов необработанной и обработанной нефти можно считать завершенным. Можно сделать вывод о том, что трубопровод будет обеспечивать более высокий уровень прочности и надежности.

Литература

1. ГОСТ Р 58367–2019 Обустройство месторождений нефти на суше. Технологическое проектирование.
2. ГОСТ Р 55990-2014 Месторождения нефтяные и газонефтяные. Промысловые трубопроводы. Нормы проектирования.

АНАЛИЗ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ УЧАСТКА ТРУБОПРОВОДА С ДЕФЕКТОМ ТИПА ТРЕЩИНА

Овчаренко Д.М.

Научный руководитель - доцент Н.В. Чухарева

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

На сегодняшний день для большей части трубопроводов характерно снижение значения остаточного ресурса и уменьшение значений показателей надежности вследствие износа материала трубы, например, по причине коррозионного растрескивания под напряжением (SCC – stress-corrosion cracking). Коррозионное растрескивание обычно возникает на внешней поверхности и растет как в глубину, так и вдоль поверхности трубопровода с образованием микротрещин по причине достижения эквивалентным напряжением предела прочности [1]. Цепная реакция по развитию макротрещин сопровождается изменением напряженного состояния с возможным образованием сквозных трещин. Для исключения нарушения работоспособности объектов трубопроводного транспорта необходим своевременный мониторинг на основе системы технического диагностирования с последующим анализом влияния полученных данных на напряженно-деформированное состояние (НДС) трубопровода. В данной статье приведен литературный анализ причин возникновения и развития SCC и возможность моделирования коррозионного растрескивания под напряжением для поддержания целостности трубопровода.

При эксплуатации систем трубопроводного транспорта нефти и газа возможно появление дефектов в металле и отклонение геометрической формы, к которым, помимо дефектов геометрии трубы, металлургических дефектов, механических повреждений и коррозии (рис.1), относят трещины и их зоны, включая стресс-коррозию [4].

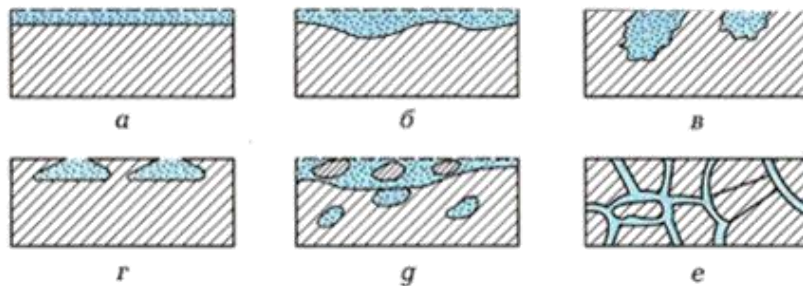


Рис.1 Виды коррозионных разрушений [4]:

а – сплошная равномерная; б – сплошная неравномерная; в – язвенная; г – подповерхностная; д – избирательная; е – межкристаллитная

Согласно ГОСТ 55999-2014 [2] стресс-коррозия определяется образованием и развитием трещин на поверхности трубопровода, причиной чему служат длительные механические напряжения и агрессивная коррозионная среда.

Коррозионное растрескивание под напряжением – дефект, при котором рост трещины зависит от нескольких факторов, таких как напряжение и его интенсивность, свойства окружающей среды, скорость деформации [2].

Рассмотрим модель трещин в связанной среде [6], из которой следует: с увеличением интенсивности напряжения потенциал на вершине увеличивается, но не изменяется в устье трещины; – в случае концентрации кислорода – обратная зависимость; – скорость роста трещин не зависит от pH и температуры, они влияют на разность потенциалов между вершиной трещины и внешней средой. На рис.2 приведена схема развития стресс-коррозионного растрескивания.

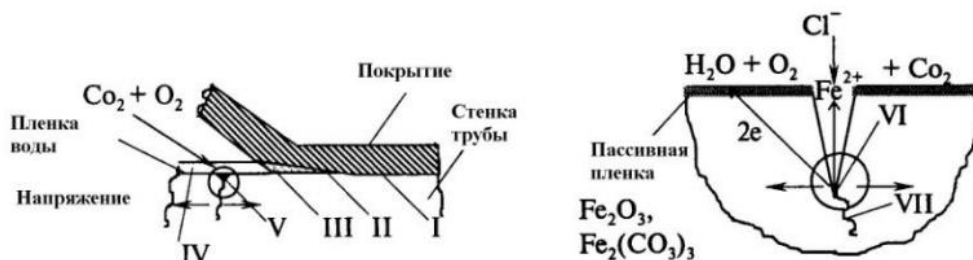


Рис.2 Развитие стресс-коррозии на стенке трубопровода под растрескиванием [5]

Использование трубопровода с трещинным повреждением возможно развитие усталостного разрушения металла с достижением предела прочности, что приводит к аварийной ситуации на объектах трубопроводного транспорта с нарушением работоспособности и возможным ростом опасности отказов.

Проведем оценку опасности дефектов магистрального трубопровода. В работе [3] представлен алгоритм математического моделирования стресс-коррозионной трещины. С использованием этого алгоритма проведем расчет коэффициента запаса прочности с использованием САЕ-системы ПК Ansys.

Таблица 1

Исходные данные для расчета задачи

Диаметр D_n , мм	Толщина стенки δ , мм	Марка стали	Глубина дефекта, d	Длина дефекта, L , м	Ширина, b , мм	$\sigma_{тек}$, МПа	$\sigma_{пред}$, МПа
720	8	09Г2С	$0,85 \times \delta$	0,35	1	260	130

Запас прочности (n) – отношение предельного напряжения $\sigma_{пред}$ к наибольшему расчетному напряжению σ_{max} , возникающему в трубопроводе при эксплуатационной нагрузке:

$$n = \frac{\sigma_{пред}}{\sigma_{max}} = \frac{130}{227,7} = 0,6$$

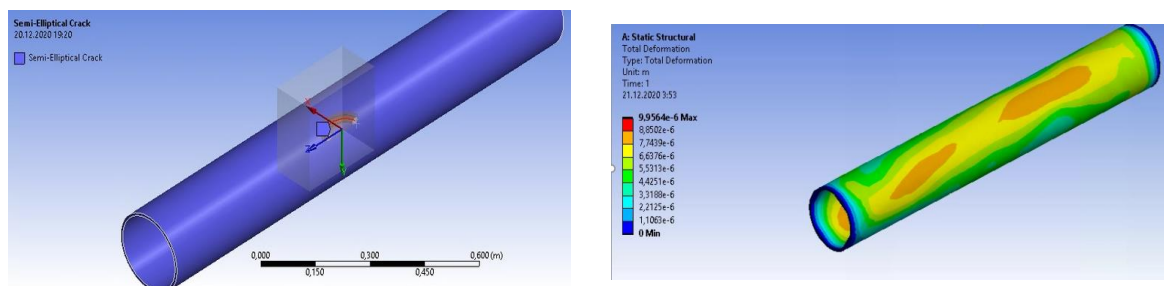


Рис.3 Полуэллиптическая трещина

В нашем случае, полученное максимальное значение выше предельного, коэффициент запаса прочности меньше единицы, наблюдается нарушение прочности в месте образования трещины. Согласно полученным результатам, напряжение по Мизесу и эквивалентная деформация имеют максимальные значения в месте образования трещины. Значит, эксплуатация трубопровода с дефектом типа трещина невозможна, поскольку это может привести к нарушению его работоспособности.

Литература

1. Анализ утечек газа и причин стресс-коррозионных разрушений на подземных трубопроводах / В.С. Седак, С.В. Нестеренко / ООО «Техэкс-Газ», г. Харьков / URL: <https://khg.kname.edu.ua/index.php/khg/article/view/4184/4162>.
2. ГОСТ Р 55999-2014 Внутритрубное техническое диагностирование газопроводов.
3. Математическое моделирование стресс-коррозионной трещины с использованием САЕ-систем / Семенов Л.А. / Интернет-журнал «НАУКОВЕДЕНИЕ», Том 7, №2 (март - апрель 2015) / URL: <https://naukovedenie.ru/PDF/36TVN215.pdf>.
4. Mechanisms of Stress Corrosion Cracking / Bernadett SpisákSzabolcs SzávaiSzabolcs Szávai / MultiScience - XXXIII. microCAD International Multidisciplinary Scientific Conference / January 2019 / URL: https://www.researchgate.net/publication/342138640_Mechanisms_of_Stress_Corrosion_Cracking.
5. Stress Corrosion Cracking Damages / Alireza Khalifeh / October 2019 / URL: https://www.researchgate.net/publication/336348988_Stress_Corrosion_Cracking_Damages.
6. Stress Corrosion Cracking (SCC) is a threat to Pipeline Integrity Management? / Conference: Corrosion & Prevention 2020 / Muhammad Hussain, Tieling Zhang, Shagufta Khan, Naveed Hassan / October 2020 / URL: https://www.researchgate.net/publication/344781593_Stress_Corrosion_Cracking_SCC_is_a_threat_to_Pipeline_Integrity_Management.