

УДК 338.001.36

ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ РЕКОНСТРУКЦИИ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЙ ЗАЩИТЫ МАГИСТРАЛЬНЫХ ГАЗОПРОВОДОВ ОТ СТРЕСС-КОРРОЗИИ

А.Ф. Бархатов, Д.В. Федин, А.А. Вазим

Томский политехнический университет
E-mail: barhatov@sibmail.com; dvf_87@mail.ru

Проанализированы недостатки современной катодной защиты магистральных газопроводов. Установлено, что наиболее экономически эффективным способом борьбы со стресс-коррозионными трещинами на магистральных газопроводах является реконструкция систем электрохимической защиты, путем увеличения числа станций катодной защиты. Рассчитана экономическая эффективность проведения работ по реконструкции системы электрохимической защиты на примере магистрального газопровода «Ямбург-Елец 1».

Ключевые слова:

Затраты, экономическая эффективность, эксплуатация трубопроводов, технико-экономическое обоснование, стресс-коррозия, катодная защита.

Key words:

Expenses, economic efficiency, operation of pipeline, feasibility report, stress-corrosion, cathodic protection.

Введение

Снижение уровня аварийности на газопроводах позволяет повысить экономическую эффективность обеспечения потребителей углеводородным сырьем. Масштабность этой задачи можно оценить исходя из протяженности магистральных газопроводов в России, которая в настоящее время достигает 150 тыс. км [1]. Оценивая причины аварий на них по видам, можно отметить, что доля аварий в результате развития стресс-коррозионных трещин в 2004 г. достигала значения 41,93 % от общего количества [2]. В 2009 г. аварийность достигла 68,3 % [1] в среднем по РФ. В основном стресс-коррозионные трещины (рис. 1) встречаются на трубопроводах северного направления (Ямало-Ненецкий, Ханты-Мансийский автономные округа), которые транспортируют природный газ с северных месторождений РФ. Давление транспортируемого газа в них поддерживается порядка 8 МПа. Для сравнения: давление в газопроводах Томской области составляет 4 МПа, проявления стресс-коррозионных разрушений для них не характерны. Также стресс-коррозионные трещины не развиваются на магистральных нефтепроводах по причине низкого давления транспортируемого продукта (порядка 4 МПа) [3, 4].

В настоящий момент по результатам внутритрубной диагностики на газотранспортном предприятии ООО «Газпром трансгаз Югорск» наблю-

дается высокая плотность дефектов стресс-коррозии [3, 4]. Данное предприятие было выбрано для анализа, поскольку имеет протяженную сеть трубопроводов – 18 % от общей протяженности трубопроводов ОАО «Газпром». Кроме того, ООО «Газпром трансгаз Югорск» осуществляет транспортировку ежедневно до 1,5 млрд м³ газа на территории Ямало-Ненецкого, Ханты-Мансийского автономных округов Тюменской области, а также Свердловской области [5]. По экспертным оценкам специалистов ООО «Газпром трансгаз Югорск» на магистральном газопроводе «Ямбург-Елец 1» количество стресс-коррозионных трещин достигло уровня четырех случаев на один км. Примерно такая же ситуация наблюдается на проложенных в одном коридоре с «Ямбург-Елец 1» трубопроводах «Уренгой-Ужгород» и «Уренгой-Центр 2». В целом по стране именно газопроводы, проложенные в северном направлении, обеспечивают большей удельный вес стресс-коррозионных разрушений среди общего числа отказов. В рамках данной статьи укажем, что стресс-коррозия – это растрескивание катодно-защищаемых трубопроводов с нарушенной изоляцией [6].

В результате развития стресс-коррозионных трещин трубопровод становится не пригодным для дальнейшей эксплуатации, потому что он является «бомбой замедленного действия», и в любой момент может произойти авария (рис. 2), ущерб



Рис. 1. Стресс-коррозионные трещины на внешней поверхности трубопровода



Рис. 2. Аварийные разрушения на магистральном газопроводе «Ямбург-Елец 1» по причине стресс-коррозии

от которой будет исчисляться сотнями миллионов рублей. В ООО «Газпром трансгаз Югорск» требуется проводить вырезки дефектных участков газопровода во избежание аварийных ситуаций, что приводит к потерям, связанными с коммерческими убытками, а именно простоем трубопровода, убытки от потерь транспортируемого продукта (сравливание газа на ремонтируемом участке), эксплуатационные затраты на устранение дефектов (затраты на материалы, затраты на оплату труда, отчисления на социальные нужды, амортизация). Суммарные затраты на проведение одной вырезки трубопровода составляют 9,7 млн р (расчет приведен ниже).

Коммерческие убытки от простоя трубопровода «Ямбург-Елец 1» составляют 2,02 млн р в ценах 2011 г. и определяются по формуле вида:

$$Z_1 = Q_1 T C_1,$$

где Q_1 – производительность трубопровода, 90 млн м³/сут; T – время простоя трубопровода, 2 сут; C_1 – тариф на транспортировку газа, 11,23 р тыс. м³/100 км [7].

Убытки от потерь транспортируемого продукта составят 7,43 млн р в ценах 2011 г.:

$$Z_2 = Q_2 C_2,$$

где Q_2 – объем сравливаемого газа, 2700 тыс. м³ ($D_{вн} = 1394$ мм, $P_{ср} = 5,9$ МПа, $L=30$ км); C_2 – стоимость 2753 р тыс. м³ газа (г. Югорск) [8].

Все виды затрат по вырезке дефектного участка сведены в табл. 1.

Таблица 1. Затраты по вырезке дефектного участка

Состав затрат	Сумма затрат, тыс. р
1. Материальные затраты	38
2. Затраты на оплату труда	94
3. Отчисления на социальные нужды	24
4. Амортизационные отчисления	19,8
Итого основные расходы	175,8
5. Прочие расходы (40 % от основных)	70,32
Всего затраты на ремонт	246,12
Коммерческие убытки от простоя трубопровода	2020
Убытки от потерь транспортируемого продукта	7430
Итого: затраты на все мероприятия	9696,12

Таким образом, коммерческие убытки от простоя трубопровода составляют 2,02 млн р, убытки от потерь транспортируемого продукта 7,43 млн р, эксплуатационные затраты 0,246 млн р. Суммарные затраты на ремонт магистрального газопровода «Ямбург-Елец 1» на участке 1144...1150 км составляют 9,7 млн р в ценах 2011 г.

Определение причин высокой плотности стресс-коррозионных трещин требует анализа имеющихся работ, проведенных в данном направлении ранее. Так, исследованиями, проведенными на кафедре транспорта и хранения нефти и газа Томского политехнического университета, установлено [1], что стимулятором образования стресс-коррозионных трещин является неправильно выбранный режим катодной защиты. В результате это приводит к образованию аварийных ситуаций по причине развития стресс-коррозионных трещин.

По экспертным оценкам специалистов ОАО «Газпром» на рассматриваемом участке трубопровода «Ямбург-Елец 1» 1144...1150 км, значение электрического потенциала превышают разрешенные действующим ГОСТ Р 51164–98 на 60 %¹, что по проведенным исследованиям [1] позволяет прогнозировать ускоренное развитие стресс-коррозии. Несоответствие максимальному нормативному значению защитного потенциала по ГОСТ Р 51164–98 [9] объясняется тем, что станции катодной защиты располагаются на расстоянии более 10 км, а также произошло нарушение целостности изоляции. Чтобы компенсировать повышенное «растекание» защитного тока и достичь требуемого уровня по ГОСТу, эксплуатирующая организация повысила выходные значения потенциала на станции катодной защиты (СКЗ). Однако данное мероприятие привело к увеличению расхода электроэнергии и тому, что зона вблизи СКЗ стала эксплуатироваться под завышенным защитным током. Это является дополнительным стимулом для зарождения и развития стресс-коррозии.

¹ Измерения, проводились относительно медно-сульфатного электрода сравнения с поляризационной составляющей, показали значения –1,3...1,5 В по м.э.с.

Восстановить целостность изоляционного покрытия магистрального газопровода возможно путем переизоляции, при этом необходимо остановить трубопровод на двое суток, причем затраты от простоя составят 2,02 млн р плюс затраты на переизоляцию одного км трубопровода 0,5 млн р. Суммарные затраты на переизоляцию магистрального газопровода «Ямбург-Елец 1» на участке 1144...1150 км составляют 5,02 млн р в ценах 2011 г.

Решение проблемы снижения стресс-коррозионной повреждаемости магистральных газопроводов можно осуществить двумя способами. Способ понижения силы тока подаваемого с СКЗ (рис. 3). Данное мероприятие позволило бы понизить электрический потенциал на проблемном участке до необходимого уровня. Однако такое решение способствует образованию дефектов типа потери металла по причине электрохимической коррозии из-за провала защитного потенциала между СКЗ и в результате эксплуатирующей организации также будет необходимо проводить дорогостоящие вырезки, но уже не по причине развития стресс-коррозии, а по причине развития электрохимической коррозии.

Рассмотрим другой способ, который мог бы обеспечить защиту проблемного участка газопровода. Способ установки дополнительной СКЗ

(рис. 4) обеспечит распределение электрического потенциала в пределах нормативного коридора значений, а значит и обеспечит должную защиту участка трубопровода в соответствии с ГОСТ Р 51164–98, при этом не требуется производить остановку магистрального газопровода. При этом в отличие от способа понижения силы тока подаваемого с СКЗ, защитная разность потенциалов не выходит за значения указанные в нормативных документах [9]. Выполнение последнего условия исключает активное развитие электрохимической коррозии на поверхности трубопровода.

Расчет затрат по установке дополнительной СКЗ будем вести по тем же статьям, что и при вырезке дефектного участка.

Таблица 2. Затраты по установке дополнительной СКЗ

Состав затрат	Сумма затрат, тыс. р
1. Материальные затраты	245
2. Затраты на оплату труда	19
3. Отчисления на социальные нужды	5
4. Амортизационные отчисления	5
Итого основные расходы	274
5. Прочие расходы	10
Всего затраты на реконструкцию ЭХЗ	285

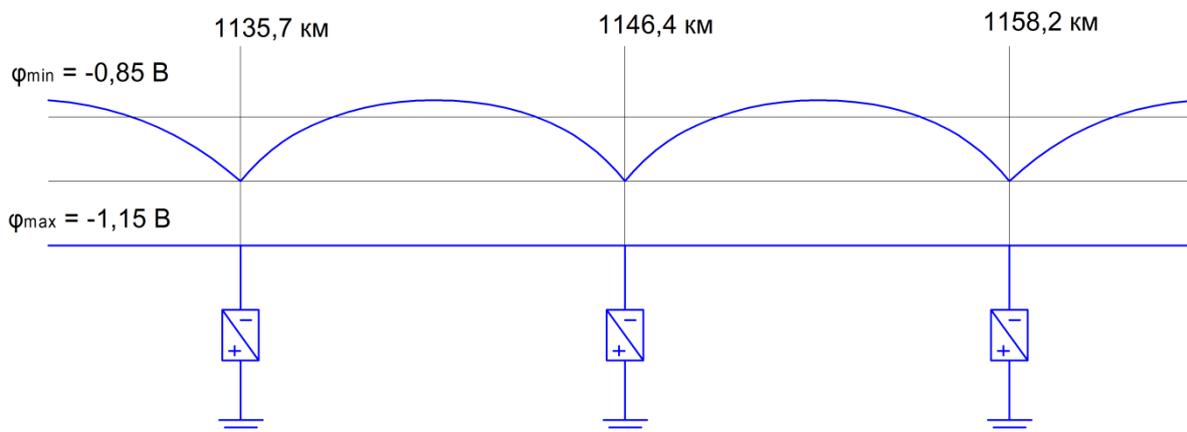


Рис. 3. «Провал» защитного потенциала при снижении значения подаваемого со станции катодной защиты тока на магистральном газопроводе «Ямбург-Елец 1»

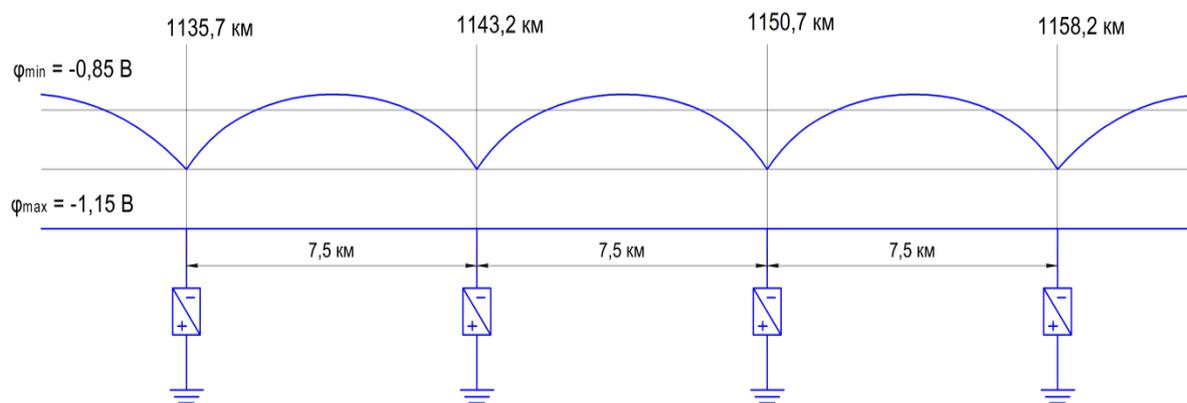


Рис. 4. Использование дополнительной станции катодной защиты на магистральном газопроводе «Ямбург-Елец 1»

Затраты по установке дополнительной СКЗ на магистральном газопроводе «Ямбург-Елец 1» на участке 1144...1150 км составляют 285 тыс. р в ценах 2011 г.

По результатам экономических расчетов было определено, что затраты на ремонт (вырезку дефектного участка) составляют 9,7 млн р. Такие затраты будет нести эксплуатирующая организация, если на поверхности трубопровода будут развиваться не допустимые для эксплуатации стресс-коррозионные трещины. В случае снижения выходного значения потенциала на СКЗ это будет приводить: *во-первых* к ускоренному развитию электрохимической коррозии и как следствие уменьшение толщины стенки трубопровода и в результате эксплуатирующей организации также придется проводить дорогостоящие вырезки (стоимость вырезки составляет 9,7 млн р), *во-вторых* это будет противоречить нормативным документам [9]. В свою очередь затраты по установке дополнительной СКЗ на участке 1144...1150 магистральном газопроводе «Ямбург-Елец 1» составляют 285 тыс. р. Можно сделать технически обоснованное предположение [1], что после реконструкции системы ЭХЗ дефекты типа стресс-коррозия на данном участке газопровода больше появляться не будут, а, следовательно, не будет необходимости в остановке работы трубопровода и его ремонте. Экономический эффект от предлагаемых мероприятий ра-

вен разнице предотвращения убытков и затрат на ремонт (по устранению дефектов) и затрат по установке дополнительной СКЗ. Экономический эффект составит 9,415 млн р в ценах 2011 г.

Выводы

Произведен экономический расчет мероприятий по борьбе со стресс-коррозионными трещинами магистральном газопроводе «Ямбург-Елец 1». Установлено, что наиболее экономически эффективным мероприятием борьбы со стресс-коррозионными трещинами является способ установки дополнительных станций катодной защиты. Внедрение дополнительной станции катодной защиты на магистральном газопроводе «Ямбург-Елец 1» на участке 1144...1150 км обойдется в 285 тыс. р в ценах 2011 г., что позволит газотранспортному предприятию отказаться от дорогостоящих вырезок (9,7 млн р) участков трубопроводов, подверженных стресс-коррозии. Экономический эффект составит 9,415 млн р или 1,57 млн р на один км.

Работа подготовлена при финансовой поддержке Федеральной целевой программы «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009–2013 гг. Наименование и регистрационный номер проекта: «Исследование физико-механических процессов взаимодействия породоразрушающего инструмента с обрабатываемой средой при бестраншейной прокладке трубопроводов методом наклонно-направленного бурения», ГК № П1404 от 03.09.2009.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Хижняков В.И. Новый критерий выбора режимов катодной защиты стальных трубопроводов // Практика противокоррозионной защиты. – 2009. – № 4. – С. 20–22.
2. Мазур И.И., Иванцов О.М. Безопасность трубопроводных систем. – М.: Недра, 2004. – 700 с.
3. Канайкин В.А., Варламов Д.П., Корзунин Г.С. Анализ стресс-коррозионной дефектности магистральных газопроводов по результатам внутритрубной дефектоскопии // Дефектоскопия. – 2009. – № 2. – С. 34–43.
4. Долгов И.А., Горчаков В.А., Сурков Ю.П. Оценка изменения стресс-коррозионной повреждаемости по результатам повторной внутритрубной дефектоскопии // Дефектоскопия. – 2007. – № 2. – С. 16–26.
5. Установлена причина аварий на магистральном газопроводе «Газпром трансгаз Югорск» // Интернет издание NewsProm.ru. 2010. URL: http://www.newsprom.ru/Proisshestviya/121699867303766/Ustanovlena_prichina_aviarij_na_magistralnom_gazoprovode_laquo_Gazprom_transgaz_Jugorsk_raquo.html (дата обращения: 30.12.2010).
6. Конакова М.А, Теплинский Ю.А. Коррозионное растрескивание под напряжением трубных сталей. – СПб.: Изд-во «СПб», 2004. – 358 с.
7. Приказ Федеральной службы по тарифам от 30 декабря 2010 № 497-э/2 // Федеральная служба по тарифам. 2010. URL: <http://www.fstrf.ru/docs/gas/89> (дата обращения: 12.02.2011).
8. Тарифы и розничные цены на природный газ, реализуемый населению Ханты-Мансийского АО, действующие с 1 января 2011 года // Новые тарифы на электроэнергию, цены на газ, тепло. 2010. URL: <http://www.newtariffs.ru/tarif/tarify-rozничные-tseny-na-prirodnyi-gaz-realizuemyi-naseleniyu-khanty-mansiiskogo-aodeistvu> (дата обращения: 12.02.2011).
9. Трубопроводы стальные магистральные. Общие требования к защите от коррозии под ред. ВНИИГАЗ. – М.: Московский печатник, 1998. – 46 с.

Поступила 17.01.2011 г.