

ИССЛЕДОВАНИЕ КРИТЕРИЕВ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЙ ЗАЩИТЫ В ОТСЛАИВАНИИ ИЗОЛЯЦИОННОГО ПОКРЫТИЯ ГАЗОПРОВОДА

Р. В. Агулей (филiaal ООО «Газпром ВНИИГАЗ» – «Севернiлпугаз»)
 Ю. В. Александров (ООО «Газпром трансгаз Ухта»)

Перемещение подземного трубопровода относительно окружающего его грунта, а также воздействие давления со стороны последнего являются основными причинами возникновения отслаивания покрытия. Длительное воздействие катодной поляризации может также приводить к отслаиванию покрытия от трубопровода – «катодному отслаиванию». С отслаиванием покрытия связана наиболее массовая разновидность коррозии газопроводов – «подпленочная коррозия», а также коррозионное растрескивание под напряжением.

В настоящее время проблема «подпленочной коррозии» остается актуальной, до сих пор не ясна роль катодной защиты в месте отслоения изоляции. Одни специалисты считают, что защита катодным током обеспечивается посредством протекания через покрытие (по сути через переходное сопротивление изоляции) или через среду, которая проникает под отслоившееся покрытие; другие авторы утверждают, что катодная защита не оказывает никакого влияния; третьи полагают, что катодная защита является источником образования коррозионных гальванических пар, т.е. ее действие под покрытием исключительно отрицательное [1–3].

Цель настоящей работы – исследовать эффективность действия катодного тока в модели отслаивания покрытия.

Для достижения поставленной цели была разработана методика стеновых испытаний трубных образцов в условиях катодной поляризации.

Имитатором поверхности трубы под отслоившимся покрытием служил цилиндрический образец, который с торцов герметизировался заглушками (рис. 1). На поверхности образца искусственно создавалась гетерогенность поверхности в виде фрезерованных канавок и гальванических пар, созданных зачеканиванием разнородных металлов в поверхность образца.

Стальной образец помещался в полимерную оболочку, которая выполнялась из полиэтиленовой трубы (рис. 2). Заглушки (2) предназначены для изоляции внутренней полости оболочки от внешней среды и размещения стального образца строго определенным образом, при этом создается расстояние между внутренней поверхностью оболочки и внешней поверхностью стального образца, составляющее около 5 мм.

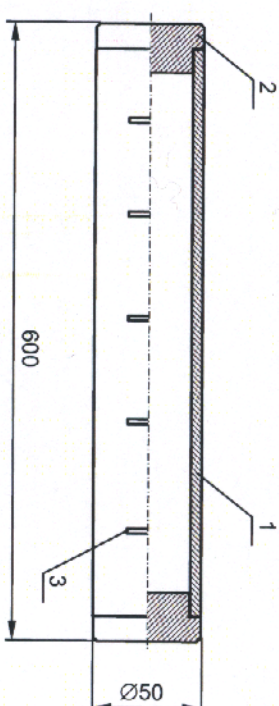


Рис. 1. Чертеж стального образца: 1 – образец; 2 – стальные заглушки; 3 – имитатор гетерогенности поверхности

В оболочке предусмотрено место (3) затекания электрического тока катодной защиты в полость оболочки. В это отверстие (3) устанавливается полупроницаемая мембрана: непроницаемую для химически активного раствора и грунтовой воды и пропускающую электрический ток по насыщенным капиллярам.

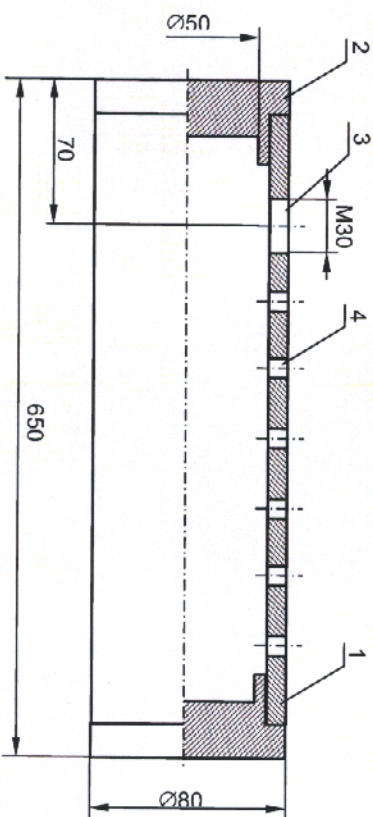


Рис. 2. Эскиз полимерной оболочки: 1 – полимерная оболочка; 2 – заглушка; 3 – имитатор сквозного дефекта; 4 – отверстия для размещения электродов сравнения

С целью установки элементов системы измерения поляризационного потенциала на поверхности стального образца в оболочке выполнены 12 резьбовых отверстий (4): 6 – на стороне размещения имитатора сквозного дефекта, 6 – на противоположной.

Для измерения поляризационного потенциала под поверхностью обложки используется система, изображенная на рис. 3. Измерения проводятся стандартным хлорсеребряным электродом сравнения (1), который последовательно помещается в измерительные ячейки (4). Ячейки с помощью солевых мостиков (5) соединены с капиллярами (6), которые устанавливаются в резьбовые сквозные отверстия, выполненные в обложке (9). Для соединения стальной обрза с источником тока используется контактный провод (3). Вольтметр подключается к коммутационному блоку (2), к которому в свою очередь подводится ток от источника питания. Капилляры диаметром 0,1 мм выполнены из оргстекла.

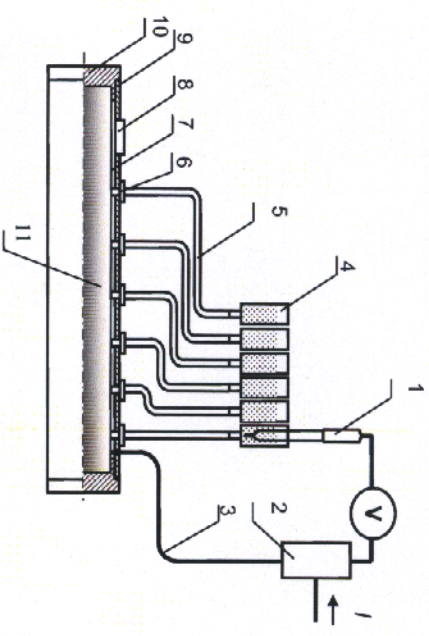


Рис. 3. Схема измерения поляризационного потенциала под поверхностью полимерной обложки: 1 – электрод сравнения; 2 – коммутационный блок; 3 – питающий провод; 4 – измерительная ячейка; 5 – солевой мостик; 6 – капилляр; 7 – коррозионно-активная среда; 8 – пробка; 9 – полимерная обложка; 10 – крышка; 11 – стальной образец

В полость установки заливался 3%-ный водный раствор KCl , сама установка помещалась в водный 1%-ный раствор $NaCl$. Для имитирования действия тока катодной защиты регулируемым источником постоянного тока выполнялась катодная поляризация стального образца относительно внешней среды (раствор $NaCl$), в которую был погружен стальной анод.

Оценка степени защищенности стального образца под покрытием осуществлялась получением потенциальных кривых. Потенци-

альные кривые представляют собой графические зависимости потенциала на поверхности стального образца в точках, удаленных на различные расстояния от зоны дефекта и различных параметров подаваемого тока.

Эксперимент заключался в пошаговом увеличении катодного тока и снятии кривых, при этом стабилизация потенциала происходила в течение 25–30 мин.

Напряжение поляризации пошагово увеличивали. Для каждого значения подаваемого напряжения во всех измерительных точках определялся потенциал, и на основании полученных данных выявлялись зависимости потенциала от подаваемого тока, напряжения и расстояния от измерительной точки до дефекта. На основании полученных результатов построены графики, иллюстрирующие распределение поляризационного потенциала в модели дефекта отслаивания (рис. 4).

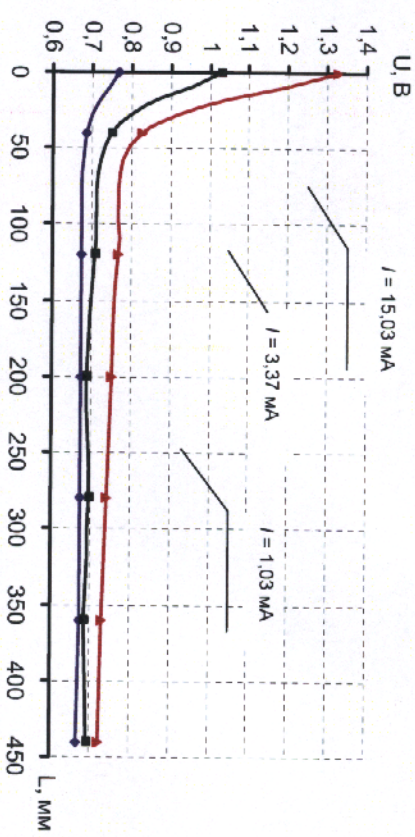


Рис. 4. Поляризационный потенциал на поверхности стального образца, при различных значениях силы катодного тока

Таким образом установлено, что в любой точке рост поляризационного потенциала характеризуется линейной функцией вида $y = k \times x + n$ (рис. 5), где параметр n показывает значение собственного потенциала стального образца, а множитель k определяет степень влияния силы катодного тока на изменение поляризационного потенциала.

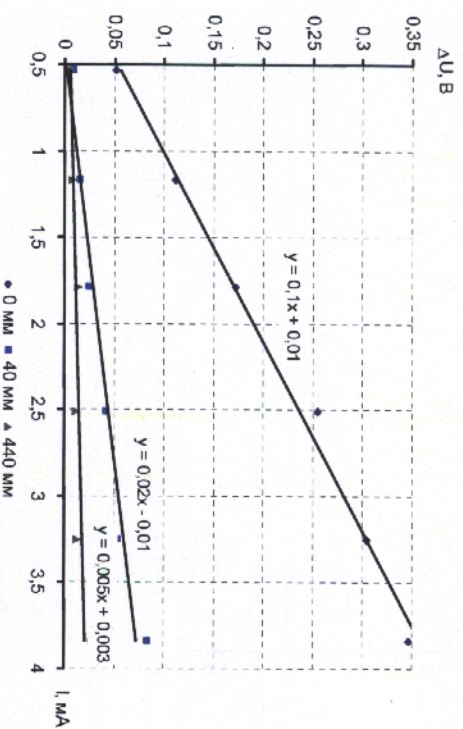


Рис. 5. Зависимость поляризационного потенциала в точках, удаленных на различное расстояние от сквозного дефекта, от силы катодного тока

Получив группу уравнений, можно определить зависимость множителя k от расстояния между дефектом и точкой измерения. На рис. 6 представлена логарифмическая зависимость коэффициента k от расстояния до дефекта.

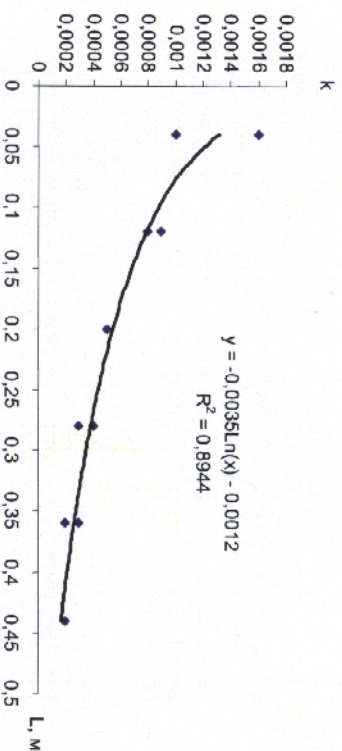


Рис. 6. Зависимость коэффициента k от расстояния между точкой измерения и точкой наложения тока

В результате достигли общего вида зависимости k от L : $k = a \times \ln(L) + b$. В ходе дальнейших экспериментов оказалось, что коэффициенты a и b имеют линейную зависимость от сопротивления среды (рис. 7)

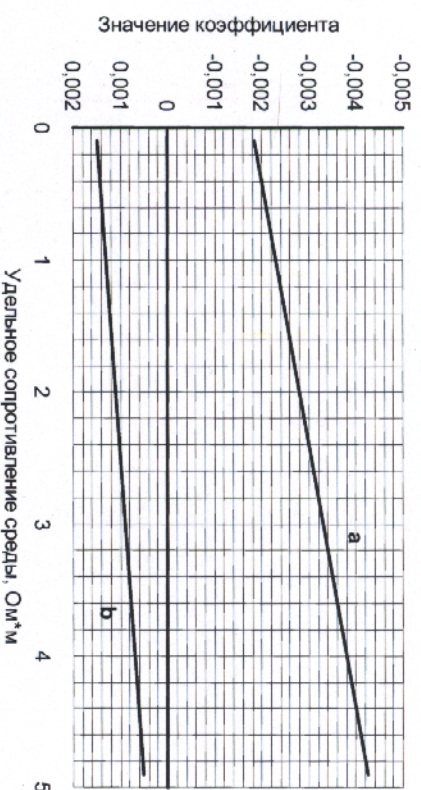


Рис. 7. Определение коэффициентов a и b в уравнении для определения значения поляризационного потенциала под покрытием

В итоге получили уравнения двумя неизвестными для сред с разным удельным сопротивлением. Основными параметрами, определяющими значение потенциала под поверхностью изоляционного покрытия, можно считать силу подаваемого тока I и размер дефекта изоляции.

На основании полученных данных можно сделать вывод, что закон распределения поляризационного потенциала под поверхностью изоляционного покрытия имеет вид:

$$U_H = (a \cdot \ln(L) + b)I + U_{cp},$$

где a и b – коэффициенты, определяемые экспериментально, для конкретных условий (рис. 7); L – расстояние между сквозным дефектом в изоляционном покрытии и точкой в зоне дефекта, м; I – сила подаваемого тока, мА; U_{cp} – собственный потенциал стальной конструкции, В.

Таким образом, приведенные результаты свидетельствуют о низкой эффективности действия катодной защиты на металл, находящийся под отслоением изоляционного покрытия. Установлено, что эффективность защиты зависит от расположения места измерения относительно точки затекания среды (и, соответственно, катодного тока), геометрических размеров отслаивания изоляции, сопротивления среды. Для защиты металла в смоделированных условиях необходимо обеспечить наложение тока под покрытие, например, наложением на постоянный катодный ток переменной составляющей.