

УДК 620.197.5

ВЫБОР МАТЕРИАЛА И УСЛОВИЙ РАБОТЫ АНОДНЫХ ЗАЗЕМЛИТЕЛЕЙ*Антонян А. В., Мишууров В. И.*

Донской государственной технической
университет, Ростов-на-Дону, Российская
Федерация

vimishurov@gmail.comartur-nokia3250@mail.ru

Сравнительная оценка эффективности работы анодного заземления может быть дана при проведении комплексных лабораторных испытаний, в ходе которых необходимо определить скорость растворения анодного материала, получить анодные вольт-амперные характеристики, сопоставить распределение защитных характеристик вдоль защищаемой конструкции в зависимости от материала анода и плотности внешнего тока. Важной характеристикой, определяющей эффективную работу анодов, является переходное сопротивление границы «электрод-грунт», которое зависит от природы продуктов анодных процессов. В ходе модельных испытаний показана связь между поляризационным сопротивлением анодов и длиной защитной зоны.

Ключевые слова: магистральный трубопровод, подземная коррозия, катодная защиты, анодный заземлитель.

Введение. Одним из эффективных способов транспортировки нефтяного и газового сырья является организация магистральных трубопроводов, прокладка которых нередко осуществляется в грунте. Физико-химические особенности подобной среды способствуют развитию коррозионных процессов на поверхности стальных труб. Для защиты металлических объектов от коррозии их покрывают различного рода изоляционными материалами [1]. Однако эксплуатация магистральных линий может осуществляться в течение длительного периода (25–30 лет) [2], и любые изоляционные материалы будут подвергаться старению и разрушению. Локальное нарушение изолирующей оболочки приводит к неравномерной коррозии защищаемого металла. В этой связи необходимы дополнительные меры по борьбе с коррозией. В нефтегазовой отрасли для магистральных трубопроводов обязательной является организация противокоррозионной защиты с помощью наложенного постоянного тока (катодная защита) [3, 4]. Применение электрозащиты подземных сооружений почти полностью устраняет коррозионное разрушение [2].

Одним из основных элементов катодной защиты является анодный заземлитель (АЗ). Правильный выбор анодного заземлителя и его расположения, по отношению к защищаемому

UDC 620.197.5

CHOICE OF MATERIAL AND OPERATING CONDITIONS OF IMPRESSED CURRENT ANODE*Antonyan A.V., Mishurov V.I.*

Don State Technical University, Rostov-on-Don,
Russian Federation

vimishurov@gmail.comartur-nokia3250@mail.ru

A comparative evaluation of the efficiency of the impressed current anode protection in general can be given in complex laboratory tests, during which it is necessary to determine the dissolution rate of the anode material, to obtain anodic volt-ampere characteristics, to compare the distribution of protective characteristics along the protected construction, depending on the anode material and the external current density. The intermediate resistance of electrode-soil interface is an important characteristic that determine the effective work of anodes and it is depended on the nature of the anodic processes products. In the course of model tests, the relationship between the polarization resistance of the anodes and the protective zone length is shown.

Keywords: trunk pipeline, underground corrosion, cathodic protection, impressed current anode.

объекту, позволяет обеспечить эффективность катодной защиты, тем самым гарантируя долговечность и работоспособность защищаемой металлической конструкции. Для обеспечения достаточной длительной и бесперебойной работы установки катодной защиты аноды должны быть изготовлены из материалов, стойких к окислению в условиях эксплуатации. В настоящее время номенклатура используемых материалов и конструкций анодных заземлителей непрерывно расширяется [5–8], в связи с чем необходимо создание комплексной методики оценки качества новых анодных заземлителей и их эксплуатационных характеристик.

В работе проведены лабораторные и полевые испытания анодных заземлителей, выполненных из различных материалов, а именно: ферросилид (ФС), графитопласт (ГП), низкоуглеродистая сталь (Ст3).

Методика эксперимента. Лабораторные испытания проводились на макетной установке, имитирующей реальные условия эксплуатации подземного трубопровода (рис. 1). В качестве защищаемого объекта выступала стальная труба, покрытая битумным лаком. Вблизи поверхности анодного заземлителя и вдоль трубы располагали электролитические ключи для размещения в них хлор-серебряного электрода сравнения. Для обеспечения электропроводности среды грунт пропитывался 0,1 М раствором сульфата натрия до насыщения.

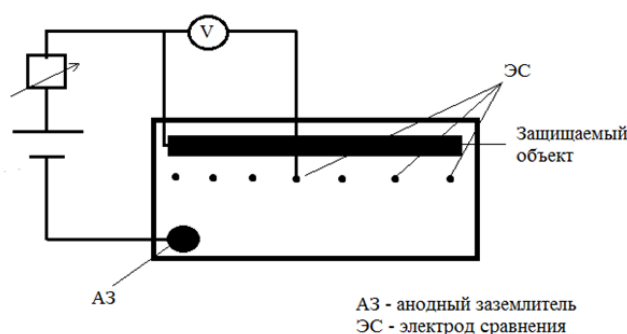


Рис. 1. Схема лабораторного макета для проведения коррозионно-электрохимических испытаний

Полевые испытания проведены на полигонной установке электрохимзащиты. В состав установки входит станция катодной защиты «Тверца 900», участок изолированного трубопровода, расположенного на глубине 1,2 м, скважины с анодными заземлителями в коксовой засыпке. Вдоль трубопровода в увлажненном грунте размещены медно-порошковые электроды сравнения.

Результаты и обсуждение. В соответствии с существующими отраслевыми нормативами [3, 4], основным критерием оценки эффективности анодного заземления является его долговечность в условиях эксплуатации. Скорость растворения материала j , кг/(А·год), оценивали по электрогравиметрическим измерениям при пропускании заданного анодного тока. В ряду ФС-ГП-Ст3 наблюдается рост скорости растворения анодного материала, причем скорость растворения стальных электродов превышает остальные показатели на 1–2 порядка.

Эффективность катодной защиты во многом определяется электрическими и электрохимическими характеристиками АЗ. В качестве наиболее важных можно выделить переходное сопротивление «АЗ-грунт», которое может быть рассчитано на основе вольтамперных характеристик отдельных электродов (рис. 2). Кривые имеют сложную форму и содержат участки отрицательных и положительных поляризационных сопротивлений.

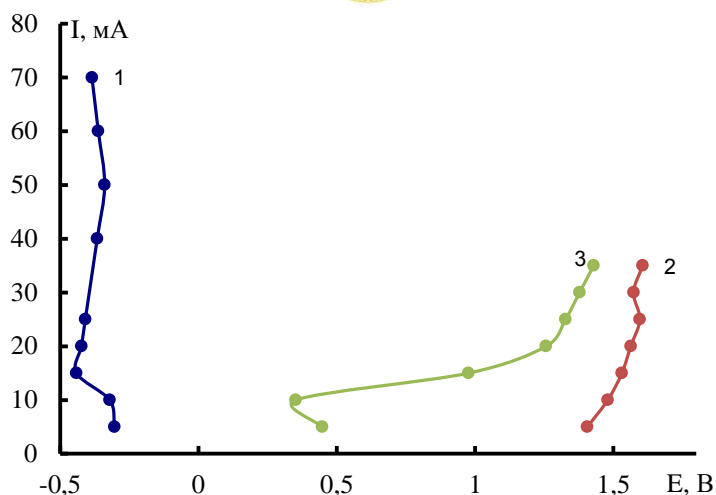


Рис. 2. Вольтамперные характеристики макетов заземлителей:
1 — Ст3; 2 — ГП; 3 — ФС

Для стали отрицательные поляризационные сопротивления появляются при малых плотностях тока и связаны с процессами активного растворения, приводящими к росту поверхности электрода. По мере накопления продуктов растворения, ионов Fe^{2+} происходит их окисление и гидролиз с образованием ржавчины, в результате при более высоких плотностях тока поляризационное сопротивление становится положительным. Для ферросида начальный участок отрицательного поляризационного сопротивления соответствует активному растворению, которое быстро сменяется пассивацией, сопровождающейся возрастанием сопротивления, после чего на запассивированной поверхности начинаются процесс выделения кислорода, характеризующийся меньшим поляризационным сопротивлением. На графитовом электроде участок отрицательных поляризационных сопротивлений появляется при больших плотностях тока, что соответствует пропитке и частичному механическому износу электрода, в результате чего увеличивается его поверхность.

С учетом полученных данных можно оценить удельное (по площади) поляризационное сопротивление, R_p , Ом, являющееся переходным сопротивлением «АЗ-грунт». Пересчет полученного значения на площадь реального заземлителя позволяет оценить вклад скачка потенциала ΔU , В, на границе «АЗ-грунт» в общее напряжение установки катодной защиты. Рассчитанные значения приведены в таблице 1.

Таблица 1

Поляризационные сопротивления заземлителей и соответствующие им скачки потенциала

Материал анода	R_p , Ом	ΔU , В при $1,5 \text{ A/m}^2$
Ст3	2,9	0,1218
ГП	9,6	0,4032
ФС	11,4	0,4788

Полученные в лабораторных условиях распределения защитных характеристик вдоль защищаемого объекта согласуются с общими представлениями [2]. Количественная оценка может быть проведена при аппроксимации зависимости потенциала от расстояния до оси заземлителя. В качестве меры оценивания выбран угловой коэффициент, значение которого указывает на относительную протяженность защитной зоны — чем меньше значение этого параметра, тем большую длину защитной зоны можно ожидать в условиях реальной эксплуатации. Угловой коэффициент распределения потенциала зависит как от природы заземлителя, так и от величины

тока. Для всех исследованных материалов с ростом тока возрастает и неравномерность распределения потенциала, что связано в основном с масштабами и длиной защищаемой конструкции. Количественно природу заземлителя учитывает поляризационное сопротивление. С ростом поляризационного сопротивления возрастает неравномерность распределения потенциала, хотя эта зависимость не является монотонной.

Сравнивая различные материалы анодных заземлителей, можно отметить, что наиболее равномерное распределение потенциала, а значит, и длина защитной зоны наблюдается у стали и в меньшей степени у ферросилида и графита. При этом в диапазоне токов до 20 мА ($1,3 \text{ А/м}^2$) графит обеспечивает большее плечо защиты. В то же время при больших плотностях защитного тока большую длину обеспечит ферросилид.

В ходе полевых испытаний распределения потенциала по длине защищаемой конструкции показано, что природа материала заземлителя оказывает влияние на распределение потенциала по длине защищаемой конструкции. При этом воспроизводятся значения угловых коэффициентов, полученных в лабораторных условиях. Другими словами, предлагаемая модельная методика оценки эффективности работы установки катодной защиты и анодного заземлителя согласуется с результатами, получаемыми на реальных объектах.

Выводы. Проведенные исследования показывают, что для выбора критериев оценки материалов АЗ необходимо использовать не какой-то один параметр (чаще всего используют скорость растворения), а проводить оценку длины защитной зоны и переходного сопротивления в разных диапазонах плотностей тока.

В широком диапазоне плотностей защитного тока большое плечо защиты и минимальные энергозатраты обеспечит сталь (стальной лом). Однако срок службы такого материала будет очень мал, в связи с чем его можно рекомендовать для поверхностных заземлений, для которых затраты на установку не столь велики.

Для повышенных плотностей тока графит, по сравнению с другими материалами повышенной стойкости, будет обеспечивать минимальные энергозатраты на катодную защиту, но несколько меньшую длину защитной зоны, в связи с чем представляется обоснованным его применение в сухих и песчаных грунтах. Ферросилид в диапазоне малых плотностей защитного тока будет обеспечивать большую длину защитной зоны, чем графит.

Необходимо отметить, что комплексные лабораторные исследования материалов анодных заземлителей позволяют повысить достоверность проектирования электрохимической защиты.

Библиографический список

1. Ромейко, В. С. Защита трубопроводов от коррозии / В. С. Ромейко [и др.]. — Москва : «ВНИИМП», 1998. — 208 с.
2. Кузнецов, М. В. Противокоррозионная защита трубопроводов и резервуаров / М. В. Кузнецов [и др.]. — Москва : Недра, 1992. — 238 с.
3. СТО Газпром 9.2-003-20089 Защита от коррозии. Проектирование электрохимической защиты подземных сооружений. — Введ. 04.05.2006г. — Москва : «ВНИИГАЗ», 2009. — 43 с.
4. РД-91.020.00-КТН-234-10 Нормы проектирования электрохимической защиты магистральных трубопроводов и сооружений НПС. — Введ. 29.10.2010г. — М.: «НИИ ТНН», 2010. — 71 с.
5. Фатхуллин, А. А. Новые перспективные материалы для анодов катодной защиты от коррозии / А. А. Фатхуллин, И. Г. Гараев // Вестник Казанского технологического университета. — 2014. — № 8. — С. 296–299.



6. Ермаков, А. В. Разработка и испытания композиционных анодных заземлителей для электрохимической защиты от коррозии / А. В. Ермаков [и др.]. // Территория нефтегаз. — 2013. — № 11. — С. 30–37.

7. Католикова, Н. М. Ферросилид как материал анодных заземлителей в системах катодной защиты стальных подземных сооружений / Н. М. Католикова // Практика противокоррозионной защиты. — 2017. — № 1. — С. 6–13.

8. Притула, В. В. Анодные заземлители на титановой основе с покрытием из диоксида марганца / В. В. Притула, С. В. Сериков, С. П. Сидоренко // Трубопроводный транспорт: теория и практика. — 2014. — 3–4. — С. 29–33.