

ОЦЕНКА КОРРОЗИОННОЙ АКТИВНОСТИ ГРУНТОВ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ И ЭКСПЛУАТАЦИИ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЙ ЗАЩИТЫ

канд. техн. наук, доц. А. Г. КУЛЬБЕЙ, В. В. БЕРДАШКЕВИЧ

*Полоцкий государственный университет имени Евфросинии Полоцкой,
Новополоцк, Беларусь*

Аннотация. В статье рассмотрены вопросы оценки коррозионной активности грунтов при проектировании и эксплуатации систем электрохимической защиты подземных металлических сооружений. Показано, что традиционная расчетная оценка грунтовых условий, выполняемая на стадии проектирования, не всегда отражает фактические условия эксплуатации объектов. Проанализировано влияние изменения свойств грунта на параметры анодных заземлений и режимы работы катодных станций. Обоснована необходимость актуализации параметров грунтовой среды при эксплуатации объектов и применения автоматизированных подходов к их оценке.

Ключевые слова: электрохимическая защита, коррозионная активность грунтов, удельное электрическое сопротивление, анодное заземление, надежность, мониторинг.

Введение. Системы электрохимической защиты (ЭХЗ) являются одним из основных средств обеспечения долговечности и надежности подземных металлических сооружений, в том числе магистральных и распределительных трубопроводов. Эффективность их работы в значительной степени определяется условиями взаимодействия защищаемого объекта с грунтовой средой [1–3].

При проектировании систем ЭХЗ оценка коррозионной активности грунтов выполняется на основании данных инженерно-геологических изысканий и результатов измерений удельного электрического сопротивления. Полученные значения используются для выбора типа и параметров анодных заземлений, определения сопротивления растеканию и расчета защитных токов [1, 2].

Однако эксплуатационная практика показывает, что грунтовая среда является динамической системой, свойства которой могут существенно изменяться во времени. Сезонные колебания влажности, изменение уровня грунтовых вод, уплотнение грунта и техногенное воздействие приводят к отклонению фактических параметров грунта от расчетных [3]. В результате снижается эффективность ЭХЗ, возрастает энергопотребление и ускоряется износ анодных заземлений.

В связи с этим актуальной является задача анализа коррозионной активности грунтов с учетом условий эксплуатации систем ЭХЗ и разработки подходов к актуализации расчетных параметров грунтовой среды.

1. Расчетная оценка коррозионной активности грунтов в системах ЭХЗ. Коррозионная активность грунтов определяется совокупностью физических и электрохимических характеристик, основное значение среди которых имеет удельное электрическое сопротивление. Данный параметр используется в нормативных методиках проектирования систем ЭХЗ и служит основой для классификации грунтов по степени коррозионной опасности [1–3].

При проектировании анодных заземлений удельное сопротивление грунта учитывается при расчете сопротивления растеканию. Для одиночного вертикального анода сопротивление растеканию может быть определено по выражению [4]:

$$R_{p1} = \frac{\rho_r}{2\pi \cdot l_3} \cdot \ln \frac{2l_3}{d_3}$$

где ρ_r — удельное электрическое сопротивление грунта, Ом·м;

l_3 — длина анода, м;

d_3 — диаметр анода, м.

Для групповых и протяженных анодных заземлений расчет выполняется с учетом взаимного влияния отдельных элементов, а также геометрических особенностей размещения заземлителей [4]. Полученное значение сопротивления растеканию определяет величину защитного тока и энергетические показатели системы ЭХЗ.

Согласно требованиям нормативных документов, грунты с низким удельным сопротивлением относятся к коррозионно-активным и требуют повышенных значений защитного тока [2, 3]. Вместе с тем следует отметить, что в пределах одной площадки возможно существенное пространственное изменение электрических характеристик грунта, обусловленное его неоднородным строением.

2. Влияние изменения грунтовых условий на эффективность систем ЭХЗ. В процессе эксплуатации подземных сооружений свойства грунта изменяются под воздействием природных и техногенных факторов. Наиболее существенное влияние оказывают сезонные изменения влажности, колебания уровня грунтовых вод, процессы промерзания и оттаивания, а также изменение плотности грунта в зоне размещения анодных заземлений [3].

Повышение влажности грунта, как правило, приводит к снижению удельного электрического сопротивления и увеличению коррозионной активности. В таких условиях возрастает требуемый защитный ток, что увеличивает нагрузку на катодные станции и ускоряет износ анодных заземлений.

При высыхании или уплотнении грунта наблюдается обратная ситуация – рост сопротивления растеканию, что может привести к недостижению нормативных значений защитного потенциала и снижению эффективности ЭХЗ [1, 2]. Особенно опасны такие изменения в зонах перехода различных типов грунтов, где параметры защиты могут существенно различаться на смежных участках сооружения.

Эксплуатационные данные показывают, что системы ЭХЗ, спроектированные на основе усредненных или устаревших значений грунтовых параметров, требуют корректировки режимов работы уже в первые годы эксплуатации. Это подтверждает необходимость учета динамического характера грунтовой среды при оценке эффективности электрохимической защиты.

3. Актуализация параметров грунтов с использованием интеллектуальных методов анализа данных. Традиционные методы оценки коррозионной активности грунтов основаны на периодических измерениях удельного электрического сопротивления и обследовании зоны размещения анодных заземлений. Несмотря на соответствие нормативным требованиям, такие методы обладают ограниченной оперативностью и не всегда позволяют своевременно учитывать изменения грунтовых условий в процессе эксплуатации подземных сооружений [1–3].

В условиях эксплуатации возрастает потребность в актуализации параметров грунтовой среды на основе анализа совокупности диагностических признаков. К таким признакам относятся параметры режимов работы катодных станций, значения защитных потенциалов, показатели

энергопотребления, а также результаты контрольных измерений, выполняемых в процессе технического обслуживания систем электрохимической защиты.

Перспективным направлением является применение методов искусственного интеллекта для автоматизированной обработки указанных данных и классификации грунтов по степени коррозионной активности. Использование интеллектуальных алгоритмов позволяет выявлять скрытые зависимости между параметрами работы систем ЭХЗ и фактическими свойствами грунтовой среды, что затруднительно при применении традиционных расчетных подходов.

Интеграция расчетных зависимостей, используемых при проектировании систем электрохимической защиты, с результатами интеллектуального анализа эксплуатационных данных создает предпосылки для формирования адаптивных систем мониторинга. Такие системы позволяют оперативно уточнять параметры грунтов и корректировать режимы работы ЭХЗ, повышая надежность защиты и снижая эксплуатационные затраты.

Заключение. В работе выполнен анализ коррозионной активности грунтов как одного из ключевых факторов, определяющих эффективность систем электрохимической защиты. Показано, что расчетная оценка грунтовых условий, выполняемая на стадии проектирования, не всегда отражает фактические условия эксплуатации объектов.

Установлено, что изменение свойств грунта во времени оказывает существенное влияние на параметры анодных заземлений, режимы работы катодных станций и уровень защитных потенциалов. В связи с этим учет коррозионной активности грунтов и ее актуализация являются необходимыми условиями повышения надежности систем ЭХЗ и снижения эксплуатационных затрат.

Полученные результаты могут быть использованы при разработке интеллектуальных систем мониторинга, основанных на анализе эксплуатационных данных и автоматизированной оценке коррозионной активности грунтов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Нормы проектирования электрохимической защиты магистральных трубопроводов и сооружений НПС : РД-91.020.00-КТН-149-06. – М., 2006. – 58 с.
2. Защита от коррозии. Проектирование электрохимической защиты подземных сооружений : СТО Газпром 9.2-003-2020. – Введ. 2020-07-01. – М. : ПАО «Газпром», 2020. – 115 с.
3. Единая система защиты от коррозии и старения. Сооружения подземные. Общие требования к защите от коррозии : ГОСТ 9.602-2016. – Введ. 2017-07-01. – М. : Стандартинформ, 2017. – 24 с.
4. Заземлители и заземляющие устройства различного назначения : ГОСТ Р 58344-2019. – Введ. 2020-03-01. – М. : Стандартинформ, 2020. – 49 с.