



ОСОБЕННОСТИ ОТЕЧЕСТВЕННОЙ НОРМАТИВНОЙ БАЗЫ, РЕГЛАМЕНТИРУЮЩЕЙ КАТОДНУЮ ЗАЩИТУ ТЕПЛОВЫХ СЕТЕЙ ОТ НАРУЖНОЙ КОРРОЗИИ В ГРУНТЕ

В.Г. Киселев, Е.Н. Рузич

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого,
г. Санкт-Петербург, Россия

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2308-1598>, kis_vg@mail.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5580-8440>, rouzith@mail.ru

Резюме: В работе проведён сравнительный анализ основных нормативных документов, регламентирующих проектирование систем катодной защиты подземных металлических сооружений от коррозии на базе как отечественных, так и зарубежных материалов. При этом в качестве основных параметров для оценки приняты следующие характеристики системы катодной защиты: «критерии необходимости использования систем катодной защиты», «величины, характеризующие защищённость подземных металлических сооружений от коррозии при наличии их электрохимической защиты», «плотность защитного тока» и «величина защитного тока». В результате проведённого анализа установлена необходимость совершенствования отечественной системы проектирования установок катодной защиты по всем приведённым характеристикам и прежде всего в направлении снижения величин защитного тока, величины плотности защитного тока и критериев, определяющих необходимость использования систем катодной защиты.

Ключевые слова: коррозия, почвенная коррозия, электрохимическая коррозия, защита от коррозии, электрохимическая защита от коррозии, катодная защита от коррозии, защита от наружной коррозии, защита от коррозии теплосетей.

DOI:10.30724/1998-9903-2019-21-1-2-77-86.

Для цитирования: Киселев В.Г., Рузич Е.Н. Особенности отечественной нормативной базы, регламентирующей катодную защиту тепловых сетей от наружной коррозии в грунте // Известия высших учебных заведений. ПРОБЛЕМЫ ЭНЕРГЕТИКИ. 2019. Т. 21. № 1-2. С. 77-86. DOI:10.30724/1998-9903-2019-21-1-2-77-86.

FEATURES OF DOMESTIC REGULATORY FRAMEWORK GOVERNING CATHODIC PROTECTION OF HEATING NETWORKS AGAINST EXTERNAL CORROSION IN THE GROUND

V.G. Kiselev, E.N. Ruzich

Peter the Great Saint-Petersburg Polytechnic University, St.Petersburg, Russia

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2308-1598>, kis_vg@mail.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5580-8440>, rouzith@mail.ru

Abstract: Paper provides comparative analysis of basic regulations governing design of systems of cathodic protection of underground metal structures against corrosion based on both Russian and

international materials. The following basic parameters for evaluation of cathodic protection system performance are accepted: "need for applying cathodic protection systems", "values characterizing security of underground metal structures against corrosion in the presence of electrochemical protection", "density of protective current" and "magnitude of protective current". Carried out analysis identified the need to improve Russian system of cathodic protection systems design for all listed characteristics and above all in the direction of reducing the quantities of protective current and its density.

Key words: corrosion, soil corrosion, galvanic corrosion, protection against corrosion, electrochemical corrosion protection, cathodic protection against corrosion, protection against external corrosion, corrosion protection of heating systems.

For citation: V.G. Kiselev, E.N. Ruzich. Features of domestic regulatory framework governing cathodic protection of heating networks against external corrosion in the ground. Proceedings of the higher educational institutions. ENERGY SECTOR PROBLEMS 2019. vol. 21. № 1-2. pp.77-86. DOI:10.30724/1998-9903-2019-21-1-2-77-86.

Введение

При проектировании или санации трубопроводов и других подземных металлических сооружений (ПМС) различного типа и последующей их эксплуатации существенную роль играет их коррозионная стойкость и цена [1]. В силу этого коррозия относится к технико-экономическим проблемам, так как связана, с одной стороны, с возможными потерями основных и оборотных фондов, а с другой – с техническими мероприятиями, направленными на снижение скорости разрушения металла [2-4]. Этот факт, в частности на законодательном уровне, отражает пункт 1.4 ГОСТ 9.602–89¹: «При разработке проекта строительства подземных металлических сооружений одновременно должен разрабатываться проект их защиты от коррозии». В совокупности с пунктом 1.11 того же нормативного документа, который сформулирован следующим образом: «Средства защиты подземных металлических сооружений от коррозии выбирают исходя из вида сооружения, условий прокладки, данных об опасности коррозии и требуемого срока службы сооружения на основании технико-экономического обоснования...». Последний пункт, к сожалению, был отменён законодателем в 1995 году. Таким образом, как ГОСТ 51164–98², так и ГОСТ 9.602–2005³ (эти нормативные документы действуют и в настоящее время), демонстрируют единый подход к вопросу об осуществлении антикоррозионных мероприятий. Они (антикоррозионные мероприятия) необходимы в том или ином виде, определяемом нормативными документами, а выбор наиболее эффективного варианта не требуется. Более того, действующие инструкции, в частности «Типовая инструкция по защите трубопроводов тепловых сетей от наружной коррозии»⁴ и «Инструкция по защите городских подземных трубопроводов от коррозии»⁵, созданные на базе советского нормативного акта «Инструкция по защите городских подземных трубопроводов от коррозии», воспроизводят ту же устаревшую идеологию антикоррозионной защиты.

¹ [ГОСТ 9.602 – 89. Единая система защиты от коррозии и старения. Сооружения подземные. Общие требования к защите от коррозии. Москва: Издательство стандартов, 2006. 66 с.]

² [ГОСТ 51164–98. Трубопроводы стальные магистральные. Общие требования к защите от коррозии. Москва: Издательство стандартов, 1998. 45 с.]

³ [ГОСТ 9.602 – 2005. Единая система защиты от коррозии и старения. Сооружения подземные. Общие требования к защите от коррозии. Москва :«Стандартинформ», 2006. 59 с.]

⁴ [РД 154–34.0–20.518 – 2003 Типовая инструкция по защите трубопроводов тепловых сетей от наружной коррозии. М.:Издательство «Новости теплоснабжения», 2003. 114 с.]

⁵ [РД 153–39.4–091 – 01 Инструкция по защите городских подземных трубопроводов от коррозии. СПб.: Издательство ДЕАН, 2002. 175 с.]

Попытке определения основных направлений модернизации данных нормативных документов в отношении приближения их к условиям сегодняшнего времени, прежде всего в области совершенствования катодной защиты от коррозии, и посвящена данная статья.

Основные направления совершенствования системы катодной защиты тепловых сетей

В настоящий момент защита теплотрасс от коррозии осуществляется на основании РД 153–34.0–20.518–2003 («Типовая инструкция по защите трубопроводов тепловых сетей от наружной коррозии»). Критически рассмотрим основные положения данного нормативного документа, прежде всего в отношении экономической эффективности принимаемых технических решений при реализации катодной защиты тепловых сетей или совместной катодной защиты коммуникаций различного назначения, которая тесно связана с величиной защитного тока. Для сужения данной очень широкой области исследования ограничимся рассмотрением сетей бесканальной прокладки. В этом случае одним из центральных моментов, определяющих общий объём работ по их катодной защите, являются критерии (признаки) опасности наружной коррозии подземных трубопроводов тепловых сетей, требования к их электрохимической защите (ЭХЗ) и величина защитного тока. Остановимся на анализе данных положений несколько подробнее в следующих разделах данной статьи.

Критерии необходимости катодной защиты вновь сооружаемых и реконструируемых трубопроводов тепловых сетей бесканальной прокладки

В соответствии с п. 3.1 Инструкции РД 153–34.0–20.518–2003 «Для трубопроводов тепловых сетей бесканальной прокладки критериями опасности коррозии являются:

- высокая коррозионная агрессивность грунта;
- опасное влияние блуждающего постоянного тока;
- опасное влияние переменного тока».

Пункт 3.2 той же инструкции расшифровывает способ определения показателя «высокая коррозионная агрессивность грунта»: «Коррозионная агрессивность грунта по отношению к углеродистым и низколегированным сталям, из которых изготавливаются тепловые сети, характеризуется двумя показателями:

- удельным электрическим сопротивлением грунта ($\rho_{\text{ЭС}}$), определяемым в полевых условиях;
- $\rho_{\text{ЭС}}$ грунта, определённым в лабораторных условиях.

Если один из показателей свидетельствует о высокой агрессивности грунта (смотри таблицу), то грунт считается агрессивным и определение второго показателя не требуется».

В свою очередь, пункты 3.3 и 3.4 расшифровывают способы определения показателей «опасное влияние блуждающего постоянного тока» и «опасное влияние переменного тока».

Таблица

Коррозионная агрессивность грунта по отношению к углеродистым и низколегированным сталям

Коррозионная агрессивность грунта	Удельное электрическое сопротивление грунта, Ом·м
Низкая	Свыше 50
Средняя	От 20 до 50
Высокая	Менее 20

Логическим продолжением данной темы в отношении катодной защиты тепловых сетей является раздел 7 Инструкции РД 153–34.0–20.518–2003. В пункте 7.1.1 данного раздела, конкретизирующем требования к ЭХЗ трубопроводов тепловых сетей бесканальной прокладки говорится следующее: «Катодная поляризация трубопроводов тепловых сетей бесканальной прокладки обязательна:

- при прокладке в грунтах с высокой коррозионной агрессивностью (защита от почвенной коррозии);

- при наличии опасного влияния постоянных блуждающих токов и переменных токов (для вновь сооружаемых трубопроводов – при наличии постоянных блуждающих токов в земле)».

Корректная оценка «жёсткости» приведённых критериев, определяющих необходимость использования ЭХЗ для защиты тепловых сетей от коррозии, возможна с использованием некоторой базы сравнения. Воспользуемся для этой цели нормативными документами и рядом других технических материалов, регулирующими процессы катодной защиты от коррозии ФРГ, например справочником [5], в разделе 3.1.5 которого под названием «Оценка коррозионной опасности» рассмотрены основные критерии целесообразности катодной защиты для защиты ПМС от коррозии. В этом случае, в соответствии с [5], для оценки коррозионной опасности необходимо использовать следующие величины:

- удельное сопротивление и однородность грунта;
- потенциал объект/грунт и возможное влияние блуждающих токов;
- сопротивление растекания подземных металлических сооружений.

Однако, как показывает следующий абзац данного текста, рассмотрение этих показателей осуществляется интегрально с учётом их роли в коррозионном процессе. Законодатель в этом случае пишет: «Каждому отдельному результату измерения ставится в соответствие некоторое характеристическое число. В случае, если сумма данных характеристических чисел составляет 18 или более, то необходима реализация катодной защиты».

Кроме учёта «веса» каждого показателя данная система имеет ещё целый ряд особенностей. Так, в разделе 3.1.5.1 «Удельное сопротивление грунта и его однородность» справочника [5], наряду с аналогом отечественной нормы по определению удельного сопротивления грунта, появляется метод оценки неоднородности грунта по его электрическому сопротивлению. При этом следует отметить, что показатель, характеризующий необходимость катодной защиты через измерение удельного электрического сопротивления грунта, в немецком варианте значительно отличается от соответствующей отечественной нормы. Так, например, в соответствии с пунктом 3.2 Инструкции РД 153–34.0–20.518–2003 коррозионная агрессивность грунта по отношению к углеродистым и низколегированным сталям признаётся высокой при удельном электрическом сопротивлении грунта менее 20 Ом·м. Аналогичное требование нормативной документации ФРГ требует для электрического сопротивления грунта величины менее 100 Ом·м.

Всё это, взятое вместе, указывает на значительное ужесточение данной нормы в немецкой нормативной документации по сравнению с отечественными аналогичными критериями, что автоматически приводит к более широкому распространению систем катодной защиты подземных металлических коммуникаций от коррозии в ФРГ.

Аналогичная ситуация наблюдается при анализе влияния постоянных блуждающих токов на подземные тепловые сети бесканальной прокладки. Действительно, пункт 3.3. раздела 3 «Критерии (признаки) опасности наружной коррозии подземных трубопроводов тепловых сетей» Инструкции РД 153–34.0–20.518–2003 звучит следующим образом: «Возможность опасного влияния блуждающего постоянного тока на действующие подземные стальные трубопроводы тепловых сетей определяются по наличию изменяющегося по знаку и по величине смещения потенциала трубопровода по отношению к его стационарному потенциалу (знакопеременная зона) или по наличию только положительного смещения потенциала, изменяющегося по величине (анодная зона). Для вновь сооружаемых теплопроводов оно определяется по наличию блуждающих токов в земле». Ему приблизительно соответствует раздел 3.1.5.2 «Потенциал объект/грунт и

возможное влияние блуждающих токов» справочника [5]. Однако в последнем случае в качестве предварительного условия для измерения потенциалов требуется устранение контактов рассматриваемого объекта, обладающих малым электрическим сопротивлением, с другими заземлёнными объектами. Очевидно, что данное обстоятельство имеет своим следствием, с одной стороны, резкое снижение потребления тока установками катодной защиты, а с другой – способствует более равномерному распределению защитного потенциала на защищаемом сооружении. Тем самым резко снижается вероятность наличия недостаточного защитного потенциала ПМС. Дополнительным положительным эффектом данного мероприятия является снижение величины постоянных блуждающих токов в зоне расположения установки катодной защиты.

Следует отметить, в этом же направлении работает и комплекс мероприятий, представленный в разделе 3.1.5.3 «Сопротивление растекания» справочника [5], который рассматривает низкое сопротивление растекания защищаемого объекта, которое, как правило, обусловлено дефектами изоляционного покрытия, в качестве фактора, работающего в сторону принятия решения о необходимости катодной защиты ПМС.

В отношении необходимости катодной защиты при наличии переменных блуждающих токов законодателем разработан пункт 3.4 раздела 3 «Критерии (признаки) опасности наружной коррозии подземных трубопроводов тепловых сетей» Инструкции РД 153–34.0–20.518–2003, который сформулирован следующим образом: «Возможность опасного влияния переменного тока на стальные подземные трубопроводы тепловых сетей определяется по смещению среднего значения потенциала трубопровода в отрицательную сторону не менее, чем на 10 мВ, по отношению к стационарному потенциалу, либо по наличию переменного тока плотностью более 1 мА/см² (10 А/м²) на вспомогательном электроде. Аналогичная норма имеется и в нормативной документации ФРГ, которая, в частности, приведена в справочнике [5, стр. 187–190].

Резюмируя сказанное, можно утверждать, что параметр «критерии необходимости использования систем катодной защиты», используемый в отечественной нормативной документации, значительно менее «жёсткий», чем, например, аналогичный параметр, используемый в немецкой технической литературе, что, несомненно, приводит к более широкому распространению систем катодной защиты в ФРГ, по сравнению с РФ.

Требования к ЭХЗ трубопроводов тепловых сетей бесканальной прокладки

В соответствии с пунктом 7.1.2 Типовой инструкции по защите тепловых сетей от наружной коррозии «При защите от почвенной коррозии катодная поляризация трубопроводов тепловых сетей бесканальной прокладки должна осуществляться таким образом, чтобы значения разности потенциалов между трубопроводом и МЭС находились в пределах от –1,1 до –2,5 В...».

Аналогичные требования выдвигаются тем же нормативным документом и при катодной защите от наружной коррозии, вызываемой переменным блуждающим током (пункт 7.1.5 Инструкции РД 153–34.0–20.518–2003). Близкая по смыслу ситуация получается и при использовании той же Инструкции для определения требований к ЭХЗ трубопроводов тепловых сетей бесканальной прокладки при наличии постоянных блуждающих токов. В этом случае, в соответствии с п. 7.1.3, «При защите трубопроводов от коррозии под воздействием постоянных блуждающих токов катодная поляризация должна осуществляться таким образом, чтобы обеспечивалось отсутствие на трубопроводах анодных и знакопеременных зон». Во всех этих случаях измерение потенциалов производят с их омической составляющей. Следовательно можно утверждать, что в отечественной практике используется достаточно архаичный критерий оценки степени катодной защищённости ПМС, включающий совместное измерение поляризационного и омического потенциалов, что, как мы увидим в дальнейшем, весьма отрицательно сказывается на точности определения величины защитного тока подземных металлических сооружений.

В свою очередь, требования к ЭХЗ, определяемые нормативными документами ФРГ, в частности DIN 30676 «Планирование и применение катодной защиты для защиты наружных поверхностей от коррозии»⁶, значительно более жёсткие и требуют использования понятия «поляризационный потенциал».

Действительно, в пункте 3.1 DIN 30676 указано: «Защитным потенциалом называется граничное значение потенциала U_s , при котором скорость коррозии становится технически пренебрежимо малой настолько, что в этом случае коррозионные повреждения становятся невозможными. Следовательно, критерий для защиты от коррозии можно записать следующим образом:

$$U \leq U_s. \quad (1)»$$

где U — потенциал (без омической составляющей), который имеет рассматриваемое подземное металлическое сооружение.

В дальнейшем в пункте 3.1 DIN 30676 в табл. 1 приводятся конкретные значения защитных потенциалов U_s , которые хорошо согласуются с ГОСТ 9.602–2005 и, кроме того, в примечании к пункту 3.1 DIN 30676 указывается необходимость ограничения защитного потенциала и с отрицательной стороны, которая обусловлена необходимостью сохранения защитного покрытия трубопровода.

Таким образом, можно констатировать, что требования к ЭХЗ трубопроводов подземной прокладки, предъявляемые нормативной документацией ФРГ, являются значительно более «жёсткими» по сравнению с отечественными нормами, используемыми для определения эффективности катодной защиты тепловых сетей. Данное обстоятельство, несомненно, способствует повышенной коррозионной устойчивости подземных трубопроводов в ФРГ по сравнению с отечественными подземными тепловыми сетями.

Определение величины защитного тока для трубопроводов тепловых сетей бесканальной прокладки

Определение величины защитного тока для трубопроводов тепловых сетей бесканальной прокладки начнём с анализа приложения М Инструкции РД 153–34.0–20.518–2003, которое имеет название: «Рекомендации по определению расчётным методом параметров ЭХЗ вновь сооружаемых и реконструируемых тепловых сетей канальной и бесканальной прокладок при совместной защите подземных сооружений различного назначения». Пункт 6 данного приложения гласит: «Средняя плотность тока, необходимая для защиты трубопроводов, определяется по формуле

$$i = 30 - (100b + 128c + 3e + 0,6f + 5\rho) \cdot 10^{-3} \text{ мА/м}^2, \quad (\text{М.9})$$

где ρ – удельное электрическое сопротивление грунта, Ом·м».

В свою очередь, величины b , c , e , f , входящие в уравнение (М.9), определяются в соответствии с пунктами 4 и 5 приложения М следующим образом:

1. Приложение М, пункт 4. «Доля площади поверхности каждого из трубопроводов общей массы подземных сооружений, %, определяется по формулам:

трубопроводов тепловых сетей

$$c = \frac{S_{men}}{\sum S}, \quad (\text{М.3})$$

водопроводов

$$b = \frac{S_b}{\sum S}, \quad (\text{М.4})$$

газопроводов

⁶ [DIN 30676: Planung und Anwendung des kathodischen Korrosionsschutzes für den Außenchutz, BeuthVerlag, Berlin, 1983.]

$$g = \frac{S_g}{\sum S}. \quad (\text{М.5})$$

2. Приложение М, пункт 5: «Площадь поверхности каждого из сооружений, приходящаяся на единицу поверхности территории (зоны защиты), м²/га, определяется по формулам:

трубопроводов тепловых сетей

$$f = \frac{S_{men}}{S_{тер}}, \quad (\text{М. 6})$$

водопроводов

$$e = \frac{S_b}{S_{тер}}, \quad (\text{М. 8})$$

газопроводов

$$d = \frac{S_g}{S_{тер}}. \quad (\text{М. 7})$$

где S_{men} — площадь территории, занимаемой защищаемыми сооружениями, га».

В свою очередь, в соответствии с пунктом 3 приложения М «Суммарная площадь поверхности всех совместно защищаемых трубопроводов, в том числе вновь сооружаемых (или реконструируемых трубопроводов тепловых сетей бесканальной прокладки), электрически связанных между собой, равна

$$\sum S = S_{men} + S_g + S_b. \quad (\text{М.2})$$

Тот же пункт конкретизирует отдельные величины, входящие в уравнение (М.2): «поверхность трубопроводов тепловых сетей бесканальной прокладки суммируется с поверхностью водопроводов, поэтому здесь и ниже величина S_{men} относится к действующим трубопроводам тепловых сетей канальной прокладки».

Анализ формулы (М.9, пункт 6) и пунктов 3, 4 и 5 приложения М Инструкции РД 153–34.0–20.518–2003, конкретизирующих содержание пункта 6, позволяет сделать следующие выводы:

1. В силу того, что в инструкции не представлены физически обоснованные принципы, послужившие основой для вывода формулы (М.9), то и творческое её применение, основанное, например, на критериях «приведённые затраты» или «достижение защитного потенциала», становится практически невозможным.

2. В соответствии с формулой (М.9) плотность защитного тока является функцией удельного сопротивления грунта, что прямо противоречит справочнику [5, стр. 93] и физическому смыслу протекающего электрохимического процесса при использовании понятия «поляризационный потенциал» в качестве критерия наличия электрохимической защиты ПМС. Действительно, в этом случае с ростом удельного сопротивления грунта и, например, при наличии дефектов изоляции одинаковой величины, в соответствии с [5, стр. 213], следует говорить о необходимости повышения мощности преобразователя за счёт повышения его выходного напряжения при сохранении защитного тока, а не о падении величины защитного тока. Однако, как мы отмечали ранее, в рассматриваемой Инструкции (РД 153–34.0–20.518–2003) в качестве характеристики защищённости ПМС от коррозии используют критерий «поляризационный потенциал с омической составляющей», что делает формулу (М.9) формально пригодной для применения. В то же время необходимо отметить, что при росте удельного сопротивления грунта, при прочих равных условиях, будет наблюдаться падение защитного поляризационного потенциала ПМС и, следовательно, снижение их уровня защищённости от коррозии.

3. В инструкции используется усреднённое значение удельного электрического сопротивления грунта (пункт 7.8.4), однако способ его вычисления отсутствует.

4. В соответствии с формулой (М.9) плотность защитного тока является функцией площади участка земли, на которой он расположен, а также соотношения различных типов трубопроводов. Данное утверждение просто противоречит физическому смыслу процесса катодной поляризации, что, в частности, подтверждается экспериментом по определению плотности защитного тока [5, стр. 82].

Особого внимания заслуживает пункт 7 приложения М рассматриваемой Инструкции, который формулируется следующим образом: «Если значение средней плотности защитного тока, полученное по формуле (М.9), менее 10 мА/м^2 , то в дальнейших расчётах следует принимать $i = 10 \text{ мА/м}^2$ ». В данном случае Законодатель, несмотря на наличие современных видов изоляции ПМС [5, стр. 82], намеренно ограничивает возможное снижение плотности защитного тока, тем самым стимулируя повышенные расходы на создание системы катодной защиты.

В свою очередь, величины защитного тока, определяемые нормативными документами ФРГ, в частности DIN 30676 «Планирование и применение катодной защиты для защиты наружных поверхностей от коррозии», получаются значительно меньшими, чем это предусмотрено отечественными нормативными документами. Проиллюстрируем данный тезис цитатой из пункта 5.3.11 «Определение величины защитного тока» DIN 30676: «...Новые объекты защиты, проложенные в грунте, имеют с битумной изоляцией среднюю плотность защитного тока, равную 30 мА/м^2 , а с полиэтиленовой изоляцией, – соответственно 3 мА/м^2 ...». Простое сравнение приведённых плотностей защитного тока с пунктом 7 приложения М Инструкции РД 153–34.0–20.518–2003, показывает, что даже минимальные значения защитного тока могут отличаться от соответствующих средних величин приблизительно в тысячу раз. Непосредственным следствием данного обстоятельства являются завышенные значения защитного тока в системах катодной защиты. Так, например, при проектировании установок катодной защиты в соответствии п. 13 приложения П Инструкции по защите городских подземных трубопроводов от коррозии РД 153–39.4–091–01 принимается, что «... значение тока одной катодной станции можно ориентировочно принять 25 А ». Аналогичные величины, характерные для установок катодной защиты, в ФРГ составляют обычно менее 10 А при значительно большей площади защищаемой поверхности подземного трубопровода [5, стр. 162]. Явно завышенные значения защитных токов в отечественной практике катодной защиты вызвали потребность в анализе данного явления и разработке мероприятий по их сокращению, что вызвало целый цикл работ, в частности, посвящённых данной проблеме [6–10].

Обсуждение результатов и выводы

В работе проведён сравнительный анализ основных нормативных документов, регламентирующих проектирование систем катодной защиты подземных металлических сооружений от коррозии, на примере тепловых сетей с использованием базы как отечественных, так и зарубежных материалов. При этом в качестве основных параметров для оценки приняты следующие характеристики системы катодной защиты: «критерии необходимости использования систем катодной защиты», «величины, характеризующие защищённость подземных металлических сооружений от коррозии при наличии их электрохимической защиты», «плотность защитного тока» и «величина защитного тока». В результате проведённого анализа сделаны следующие выводы:

1. Параметр «критерии необходимости использования систем катодной защиты» значительно менее «жёсткий», чем, например, аналогичный параметр, используемый в немецкой нормативной документации, что приводит к более широкому распространению систем катодной защиты в ФРГ, по сравнению с отечественной практикой.

2. Параметр «величины, характеризующие защищённость подземных металлических сооружений от коррозии при наличии их электрохимической защиты», используемый в нормативной документации ФРГ, предполагает измерение поляризационных потенциалов. В отечественной практике в этом случае измеряют поляризационный потенциал с омической составляющей, что делает данные измерения менее корректными, особенно при высоком удельном сопротивлении грунта.

3. Параметры «плотность защитного тока» и «величина защитного тока», рассчитанные с использованием отечественной нормативной документации, значительно превосходят аналогичные параметры, полученные с использованием нормативной документации ФРГ. Данное обстоятельство, как показано в данной работе, в значительной степени обусловлено использованием в немецкой практике проектирования катодной защиты подготовительных мероприятий, включающих, прежде всего, обеспечение высокой продольной проводимости защищаемого сооружения, высокое качество изоляции и отсутствие контактов с другими заземлёнными металлическими сооружениями.

Литература

1. Плудек В.Р. Защита от коррозии на стадии проектирования / перевод с англ. М.: Мир, 1980. 438 с.
2. X. Chen, X.G. Li, C.W. Du, Y.F. Cheng. Effect of cathodic protection on corrosion of pipeline steel under disbonded coating // Corrosion Science. 2017. Vol. 51. P. 2242–2245.
3. S. Qian, Y.F. Cheng. Accelerated corrosion of pipeline steel and reduced cathodic protection effectiveness under direct current interference // Construction and Building Materials. 2017. Vol. 148. P. 675–685.
4. L.Y. Xu, Y.F. Cheng. Experimental and numerical studies of effectiveness of cathodic protection at corrosion defects on pipelines // Corrosion Science. 2014. Vol. 78. P. 162–171.
5. Ulrich Bette, Wolfgang Vesper. Taschenbuch für den kathodischen Korrosionsschutz // Vulkan-Verlag Essen. 2005. P. 367.
6. Киселев В.Г. Снижение потребления тока установками катодной защиты от коррозии // Научно-технические ведомости СПбГПУ. 2013. №4–1 (183). С. 93–99.
7. Киселев В.Г. Влияние удельного электрического сопротивления грунта на выбор вида катодной защиты подземных трубопроводов // Научно-технические ведомости СПбГПУ. 2015. №3 (226). С. 17–26.
8. Kiselev V.G. Influence of the electric double-layer capacitance at the rate of corrosion at the phase interface / V.G Kiselev., V.V. Sergeev., E.N. Rouzich // Corr. Rev. 2017. Vol. 35, Iss. 1. P. 47–51.
9. Мурадов А.В., Исмаилова Г.Г., Хасанов А.А. Совместная защита двух подземных сооружений // Нефть, газ и бизнес. 2012. №4. С. 44–46.
10. Мурадов А.В., Исмаилова Г.Г., Хасанов А.А. Некоторые особенности реализации совместной электрической защиты // Нефть, газ и бизнес. 2014. №4. С. 61–63.

Авторы публикации

Киселев Владимир Геннадьевич – д-р техн. наук, профессор кафедры «Атомная и тепловая энергетика» Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого. E-mail: kis_vg@mail.ru.

Рузич Евгений Николаевич – аспирант Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого. E-mail: rouzith@mail.ru.

References

1. V.R. Pludek. Design and corrosion control. M.: Mir, 1980. 438 p.
2. X. Chen, X.G. Li, C.W. Du, Y.F. Cheng. Effect of cathodic protection on corrosion of pipeline steel under disbonded coating // Corrosion Science. 2017. Vol. 51. P. 2242–2245.

3. S. Qian, Y.F. Cheng. Accelerated corrosion of pipeline steel and reduced cathodic protection effectiveness under direct current interference // Construction and Building Materials. 2017. Vol.148. P. 675–685.
4. L.Y. Xu, Y.F. Cheng. Experimental and numerical studies of effectiveness of cathodic protection at corrosion defects on pipelines // Corrosion Science. 2014. Vol. 78. P. 162–171.
5. UlrichBette, WolfgangVesper. Taschenbuch für den kathodischen Korrosionsschutz // Vulkan-Verlag Essen. 2005. S. 367.
6. Kiselev V.G. Basic principles of design of cathodic protection of underground metal structures // Nauchno-tehnicheskiye vedomosti SPbGPU. 2013. № 4-1 (183). S. 93–99.
7. Kiselev V.G. Influence of the specific electric soil resistance on the selection of the form of cathode protection of underground conduits // Nauchno-tehnicheskie vedomosti SPbGPU. 2015. №3 (226). S. 17–26.
8. Kiselev V.G. Influence of the electric double-layer capacitance at the rate of corrosion at the phase interface / V.G Kiselev, V.V. Sergeev, E.N. Rouzich // Corr. Rev. 2017. Vol. 35, Iss. 1. P. 47–51.
9. Muradov A.V. Ismaylova G.G., Khasanov A.A. Joint protection of two underground structures // Neft, gazibiznes. 2012. № 4. S. 44–46.
10. Muradov A.V., Ismaylova G.G., Khasanov A.A. Some features of realization of joint electric protection // Neft, gazibiznes. 2014. № 4. S. 61–63.

Authors of the publication

Vladimir G. Kiselev — Peter the Great St.Petersburg Polytechnic University (SPbPU), St.Petersburg, Russia.

Evgenij N. Ruzich — Peter the Great St.Petersburg Polytechnic University (SPbPU), St.Petersburg, Russia.

Поступила в редакцию

16 ноября 2018 г.