



ОТКРЫТОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО «ГАЗПРОМ»

ЗАЩИТА ОТ КОРРОЗИИ

РЕКОМЕНДАЦИИ ОРГАНИЗАЦИИ

**КРИТЕРИИ ЗАЩИЩЕННОСТИ ОТ КОРРОЗИИ
ДЛЯ УЧАСТКОВ ГАЗОПРОВОДОВ,
ПРОЛОЖЕННЫХ В ВЫСОКООМНЫХ
(СКАЛЬНЫХ, ПЕСЧАНЫХ,
МНОГОЛЕТНЕМЕРЗЛЫХ) ГРУНТАХ**

Р Газпром 9.2-005-2009

ИЗДАНИЕ ОФИЦИАЛЬНОЕ

Москва 2010

Либ. № 2014

ОТКРЫТОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО «ГАЗПРОМ»



РЕКОМЕНДАЦИИ ОРГАНИЗАЦИИ

**КРИТЕРИИ ЗАЩИЩЕННОСТИ ОТ КОРРОЗИИ
ДЛЯ УЧАСТКОВ ГАЗОПРОВОДОВ, ПРОЛОЖЕННЫХ
В ВЫСОКООМНЫХ (СКАЛЬНЫХ, ПЕСЧАНЫХ,
МНОГОЛЕТНЕМЕРЗЛЫХ) ГРУНТАХ**

Р Газпром 9.2-005-2009



Издание официальное

ОТКРЫТОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО «ГАЗПРОМ»

Общество с ограниченной ответственностью
«Научно-исследовательский институт природных газов
и газовых технологий — Газпром ВНИИГАЗ»

Общество с ограниченной ответственностью «Газпром экспо»

Москва 2010



Предисловие

1 РАЗРАБОТАНЫ

Обществом с ограниченной ответственностью «Научно-исследовательский институт природных газов и газовых технологий – Газпром ВНИИГАЗ»

2 ВНЕСЕНЫ

Отделом защиты от коррозии Департамента по транспортировке, подземному хранению и использованию газа ОАО «Газпром»

3 УТВЕРЖДЕНЫ

начальником Департамента по транспортировке, подземному хранению и использованию газа 18 февраля 2009 года

4 ВВЕДЕНЫ ВПЕРВЫЕ

5 СРОК ДЕЙСТВИЯ

3 года

© ОАО «Газпром», 2009

© Разработка ООО «Газпром ВНИИГАЗ», 2009

© Оформление ООО «Газпром экспо», 2010

Распространение настоящих рекомендаций осуществляется в соответствии с действующим законодательством и с соблюдением правил, установленных ОАО «Газпром»

Содержание

1 Область применения	1
2 Нормативные ссылки	1
3 Термины, определения и сокращения	2
4 Общие положения	3
5 Особенности эксплуатации магистральных газопроводов, проложенных в высокоомных грунтах	4
6 Критерии электрохимической защиты (защитный потенциал и плотность тока катодной поляризации в зависимости от удельного сопротивления грунта) от коррозии участков газопроводов, проложенных в высокоомных грунтах	5
7 Порядок применения критериев защищенности при расчете параметров электрохимической защиты в высокоомных грунтах	6
8 Оценка защищенности от коррозии газопроводов на основе критериев защищенности	9
Приложение А (справочное) Пример расчета параметров электрохимической защиты участка газопровода, проложенного в высокоомном грунте	10
Приложение Б (справочное) Примеры оценки защищенности от коррозии газопроводов на основе критериев защищенности	13
Библиография	14

Введение

Цель работы – обоснование критериев защищенности от коррозии участков газопроводов, проложенных в высокоомных (скальных, песчаных, многолетнемерзлых) грунтах, что позволит реализовать дифференцированный подход к параметрам электрохимической защиты газопроводов.

Настоящие рекомендации разработаны в соответствии с Перечнем приоритетных научно-технических проблем ОАО «Газпром» на 2002–2006 гг., утвержденным Председателем Правления ОАО «Газпром» А.Б. Миллером (АМ-2121 от 15.04.2002 г.), п. 6.5 «Разработка методов, материалов, технологий и оборудования для противокоррозионной защиты магистральных газопроводов, газовых промыслов, перерабатывающих заводов и морских трубопроводов и других объектов Единой системы газоснабжения. Создание отраслевой системы коррозионного мониторинга, включая нормативно-техническую документацию».

Разработка рекомендаций проводилась по договору от 30 января 2008 г. № 0691-07-1, этап 1 «Разработка Р Газпром «Критерии защищенности от коррозии для участков газопроводов, проложенных в высокоомных (скальных, песчаных, многолетнемерзлых) грунтах».

Рекомендации предназначены для предварительной проверки на практике не устоявшихся, еще не ставших типовыми в ОАО «Газпром» организационно-методических положений в области защиты от коррозии.

Рекомендации разработаны специалистами Общества с ограниченной ответственностью «Научно-исследовательский институт природных газов и газовых технологий – Газпром ВНИИГАЗ» Д.Н. Запечаловым, Д.С. Сиротой, А.Н. Улихиным, Т.И. Маняхиной с участием специалистов Открытого акционерного общества «Газпром» Н.Г. Петрова и М.Л. Долганова.

РЕКОМЕНДАЦИИ ОТКРЫТОГО АКЦИОНЕРНОГО ОБЩЕСТВА «ГАЗПРОМ»

**КРИТЕРИИ ЗАЩИЩЕННОСТИ ОТ КОРРОЗИИ ДЛЯ УЧАСТКОВ
ГАЗОПРОВОДОВ, ПРОЛОЖЕННЫХ В ВЫСОКООМНЫХ
(СКАЛЬНЫХ, ПЕСЧАНЫХ, МНОГОЛЕТНЕМЕРЗЛЫХ) ГРУНТАХ**

Дата введения — 2010-05-18

Срок действия — 3 года

1 Область применения

1.1 Настоящие рекомендации определяют критерии защищенности от подземной коррозии для участков газопроводов ОАО «Газпром», проложенных в высокоомных (скальных, песчаных, многолетнемерзлых) грунтах.

1.2 Рекомендации предназначены для применения структурными подразделениями, газотранспортными, проектными и научно-исследовательскими дочерними обществами и организациями ОАО «Газпром» при проектировании и эксплуатации систем электрохимической защиты газопроводов, выполнении работ по диагностике коррозионного состояния магистральных газопроводов.

1.3 Данные рекомендации распространяются на участки газопроводов, проложенные в скальных, песчаных и вечноммерзлых талых грунтах, имеющих удельное электрическое сопротивление больше 100 Ом·м* при отсутствии микробиологической коррозии и негативного влияния блуждающих токов от источников переменного и постоянного тока.

2 Нормативные ссылки

В настоящих рекомендациях использованы нормативные ссылки на следующие стандарты:

ГОСТ Р 51164-98 Трубопроводы стальные магистральные. Общие требования к защите от коррозии

* Для грунтов, имеющих удельное сопротивление меньше 100 Ом·м следует руководствоваться ГОСТ Р 51164-98.

СТО Газпром 2-3.5-047-2006 Документы нормативные для проектирования, строительства и эксплуатации объектов ОАО «Газпром». Инструкция по расчету и проектированию электрохимической защиты от коррозии магистральных газопроводов

Примечание – При пользовании настоящими рекомендациями целесообразно проверить действие ссылочных стандартов по соответствующим указателям, составленным на 1 января текущего года, и информационным указателям, опубликованным в текущем году. Если ссылочный документ заменен (изменен), то при пользовании настоящими рекомендациями следует руководствоваться замененным (измененным) документом. Если ссылочный документ отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, применяется в части, не затрагивающей эту ссылку.

3 Термины, определения и сокращения

В настоящих рекомендациях применены термины в соответствии с ГОСТ 25100, а также следующие термины с соответствующими определениями:

3.1 анодное заземление: Элемент системы катодной защиты, осуществляющий контакт положительного полюса преобразователя установки катодной защиты с грунтом для создания защитного тока.

3.2 высокоомный грунт: Грунт с удельным сопротивлением более 100 Ом·м.

3.3 глубинное анодное заземление: Анодное заземление, вертикально устанавливаемое в грунт в специально пробуренные скважины, глубина заложения которого превышает 5 м.

3.4 защитный потенциал: Потенциал сооружения при его катодной поляризации, обеспечивающий заданное торможение коррозионного процесса.

3.5 катодная защита: Электрохимическая защита, основанная на смещении потенциала объекта защиты в область отрицательных значений.

3.6 катодная поляризация: Смещение потенциала сооружения от потенциала свободной коррозии (стационарного) в более отрицательную сторону.

3.7 коррозия металла: Разрушение металла, происходящее в результате химического или электрохимического воздействия внешней среды.

3.8 максимальный защитный потенциал: Максимально допустимый по абсолютной величине потенциал, обеспечивающий защиту сооружения от коррозии, но не оказывающий отрицательного влияния на характеристики защитного покрытия и металла сооружения.

3.9 многолетнемерзлый грунт (грунт вечноммерзлый): Грунт, находящийся в мерзлом состоянии постоянно в течение трех и более лет.

[ГОСТ 25100-95, приложение А]

3.10 медно-сульфатный электрод сравнения; МСЭ: Электрод сравнения, в котором медный электрод помещен в насыщенный раствор сернокислой меди.

3.11 минимальный защитный потенциал: Минимальное значение по абсолютной величине потенциала, при котором обеспечивается требуемый уровень защиты от коррозии.

3.12 песчаный грунт: Несвязный минеральный грунт, в котором масса частиц размером меньше 2 мм составляет более 50 %.

[ГОСТ 25100-95, приложение А]

3.13 поляризационный потенциал: Потенциал сооружения без омической составляющей.

3.14 потенциал свободной коррозии (стационарный потенциал): Потенциал коррозии в отсутствие наложенного электрического тока.

3.15 скальный грунт: Грунт, состоящий из кристаллитов одного или нескольких минералов, имеющих жесткие структурные связи кристаллизационного типа.

[ГОСТ 25100-95, приложение А]

3.16 установка катодной защиты; УКЗ: Комплекс устройств, состоящий из источника электроснабжения, преобразователя катодной защиты, дренажной линии, анодного заземления и контрольно-измерительного пункта.

3.17 электрод сравнения: Электрод с устойчивым и воспроизводимым потенциалом, который может быть использован для измерения других электродных потенциалов.

4 Общие положения

4.1 Настоящие рекомендации целесообразно использовать структурным подразделениям и дочерним обществам ОАО «Газпром» при разработке базовых и перспективных программ противокоррозионной защиты магистральных газопроводов и оборудования объектов ОАО «Газпром», контроле проектирования систем электрохимической защиты газопроводов, выполнении работ по диагностике коррозионного состояния магистральных газопроводов подрядными организациями, мероприятий по противокоррозионной защите объектов ОАО «Газпром».

4.2 Участки подземных газопроводов ОАО «Газпром», проложенные в высокоомных грунтах, подлежат электрохимической защите.

4.3 Газопроводы, температура стенок которых в период эксплуатации ниже минус 5 °С, не подлежат электрохимической защите в случае отсутствия негативного влияния блуждающих токов от источников переменного и постоянного тока.

4.4 Средства электрохимической защиты должны обеспечивать необходимый уровень защиты, соответствующий степени коррозионной агрессивности грунтов (удельному сопро-

тивлению и другим физико-химическим параметрам), температуре газопровода и влиянию блуждающих токов. При этом система электрохимической защиты должна обеспечивать регламентируемую величину поляризации на всем протяжении газопровода.

4.5 Определение участков газопроводов, в пределах которых могут применяться разработанные критерии защищенности, осуществляется организациями, включенными в Реестр организаций, выполняющих работы по проведению электрометрических обследований магистральных газопроводов ОАО «Газпром».

5 Особенности эксплуатации магистральных газопроводов, проложенных в высокоомных грунтах

5.1 Высокоомные грунты с удельным электрическим сопротивлением более 100 Ом·м имеют низкую степень коррозионной опасности и характеризуются низким содержанием растворенных солей и значениями водородного показателя pH, близкими к 7.

5.2 Удельное сопротивление грунтов меняется в течение года в связи с сезонными колебаниями температуры и влажности. Минимальное годовое удельное сопротивление грунта на участке газопровода определяют по формуле

$$\rho_{\min} = \rho_{\text{ср}} \eta_{\min}, \quad (5.1)$$

где $\rho_{\min}$ – минимальное годовое удельное сопротивление грунта, Ом·м;

$\rho_{\text{ср}}$ – среднее удельное сопротивление грунта, Ом·м, измеренное у трубопровода в трех точках по глубине заложения;

$\eta_{\min}$ – коэффициент, определяемый в соответствии с таблицей 5.1.

Таблица 5.1 – Зависимость коэффициента от времени измерения удельного сопротивления грунта

Месяц измерения	Значение $\eta_{\min}$	Месяц измерения	Значение $\eta_{\min}$
Январь	0,69	Июль	1,00
Февраль	0,63	Август	0,89
Март	0,57	Сентябрь	0,97
Апрель	0,69	Октябрь	0,86
Май	0,74	Ноябрь	0,74
Июнь	0,89	Декабрь	0,77

6 Критерии электрохимической защиты (защитный потенциал и плотность тока катодной поляризации в зависимости от удельного сопротивления грунта) от коррозии участков газопроводов, проложенных в высокоомных грунтах

6.1 Подземные газопроводы подлежат комплексной защите от коррозии в соответствии с ГОСТ Р 51164:

- защитными покрытиями вне зависимости от коррозионных условий;
- средствами электрохимической защиты.

6.2 Электрохимическая защита должна обеспечивать в течение всего срока эксплуатации непрерывную по времени катодную поляризацию газопровода на всем его протяжении и его поверхности таким образом, чтобы значения поляризационных потенциалов или плотности тока катодной поляризации на газопроводе были (по абсолютной величине) не меньше регламентируемого значения.

6.3 Значения поляризационных потенциалов и плотности тока катодной поляризации в зависимости от условий эксплуатации участков газопроводов, проложенных в высокоомных грунтах, приведены в таблице 6.1.

Таблица 6.1 – Критерии электрохимической защиты от коррозии

Условия прокладки и эксплуатации газопровода	Защитный поляризационный потенциал относительно МСЭ, В	Плотность тока катодной поляризации, мкА/см ²
Грунты с удельным электрическим сопротивлением от 100 до 1000 Ом·м при температуре транспортируемого продукта менее 40 °С	- 0,75	10
Грунты с удельным электрическим сопротивлением более 1000 Ом·м при температуре транспортируемого продукта менее 40 °С	- 0,65	10

6.4. При потенциале и плотности натекающего тока, представленных (по абсолютной величине) в таблице 6.1, газопровод считается защищенным.

6.5 Для газопроводов с температурой транспортируемого продукта от 5 °С до минус 5 °С защитный поляризационный потенциал составляет минус 0,65 В относительно МСЭ.

6.6 Величина максимально допустимого поляризационного потенциала не должна быть отрицательнее минус 1,2 В относительно МСЭ.

6.7 Для промышленных газопроводов, имеющих сопротивление изоляции менее 200 Ом·м², допускается применять в качестве критериев защиты катодное смещение поляризационного потенциала на 100 мВ.

7 Порядок применения критериев защищенности при расчете параметров электрохимической защиты в высокоомных грунтах

7.1 Определяют количество установок и электрические параметры преобразователей катодной защиты; количество, тип и удаление от защищаемых объектов анодных заземлителей, а также выбирают месторасположение УКЗ.

7.2 Основными параметрами УКЗ являются проектируемые сила тока и длина защитной зоны, создаваемой этой установкой.

7.3 Расчет параметров УКЗ сводится к определению количества и мощности катодных станций на газопроводе. Количество УКЗ определяется длиной защитной зоны, создаваемой этими катодными станциями. Мощность катодных станций зависит в основном от силы требуемого защитного тока и сопротивления анодного заземления.

7.4. Исходные данные для расчета параметров электрохимической защиты участка газопровода, проложенного в высокоомном грунте:

- длина участка газопровода L , м;
- диаметр трубы D_T , м;
- толщина стенки трубы δ_T , м;
- марка стали трубы;
- глубина укладки газопровода H_T , м;
- проектируемый срок службы системы ЭХЗ, лет;
- тип грунта;
- среднее минимальное годовое удельное электрическое сопротивление грунта ρ_T , Ом·м, в соответствии с 5.2;
- тип защитного покрытия газопровода.

7.5 Расчет электрических характеристик участка газопровода на проектируемый период эксплуатации ЭХЗ

7.5.1 Удельное продольное сопротивление газопровода R_T , Ом/м, вычисляют по формуле

$$R_T = \frac{\rho_T}{\pi \cdot (D_T - \delta_T) \cdot \delta_T}, \quad (7.1)$$

где ρ_m – удельное электрическое сопротивление материала трубы, Ом·м.

7.5.2 Переходное сопротивление газопровода R'_n , Ом·м, вычисляют по формуле

$$R'_n = \frac{\rho_T}{2\pi} \ln \frac{0,4\pi R'_n}{D_T H_T R_T}, \quad (7.2)$$

7.5.3 Постоянную распространения тока вдоль газопровода α , 1/м, вычисляют по формуле

$$\alpha = \sqrt{\frac{R_r}{R_n}}. \quad (7.3)$$

7.5.4 Характеристическое сопротивление газопровода Z , Ом, вычисляют по формуле

$$Z = \sqrt{R_r R_n}. \quad (7.4)$$

7.5.5 Входное сопротивление газопровода $Z_{вх}$, Ом, вычисляют по формуле

$$Z_{вх} = \frac{1}{2} \sqrt{R_r \cdot R_n}. \quad (7.5)$$

7.6 Расчет параметров катодной защиты газопроводов

7.6.1 Исходные данные:

- длина анодного провода к анодному заземлению y , м;
- длина спусков провода с опор преобразователя катодной защиты к газопроводу y_c , м;
- сечение провода дренажной линии $S_{пр}$, м²;
- диаметр электрода заземлителя d_z , м;
- глубина (до середины заземлителя) заложения электрода заземлителя h , м.

7.6.2 Длину защитной зоны L_z , м, вычисляют по формуле

$$L_z = \frac{2}{\alpha(t)} \ln \frac{U_{тзо}}{U_{тзм}}, \quad (7.6)$$

где k — коэффициент, учитывающий взаимовлияние соседних УКЗ в соответствии с СТО Газпром 2-3.5-047;

$U_{тзо}$ — разность максимального защитного потенциала и естественного потенциала в точке дренажа, В;

$U_{тзм}$ — разность минимального защитного потенциала и естественного потенциала в конце защитной зоны, В.

7.6.3 Разность потенциалов $U_{тзо}$, В, вычисляют по формуле

$$U_{тзо} = |U_o| - |U_e|, \quad (7.7)$$

где U_o — максимальный защитный потенциал, В;

U_e — естественный потенциал газопровода, В.

7.6.4 Разность потенциалов $U_{тзм}$, В, вычисляют по формуле

$$U_{тзм} = |U_m| - |U_e|, \quad (7.8)$$

где U_m — минимальный защитный потенциал, В.

7.6.5 Количество установок катодной защиты N , шт., необходимое для защиты газопровода длиной L , м, вычисляют по формуле

$$N = \frac{L}{L_3}. \quad (7.9)$$

7.6.6 Силу тока I , А, катодной установки вычисляют на начальный и конечный период эксплуатации по формуле

$$I = \frac{2 \cdot U_{\text{тзо}}}{Z_{\text{вт}}(t)}. \quad (7.10)$$

7.6.7 Сопротивление дренажной линии, соединяющей катодную станцию с газопроводом и анодным заземлением, $R_{\text{л}}$, Ом, вычисляют по формуле

$$R_{\text{л}} = \rho_{\text{м}} \cdot \frac{y + y_{\text{с}}}{S_{\text{пр}}}, \quad (7.11)$$

где $\rho_{\text{м}}$ — удельное электрическое сопротивление провода, Ом·м.

7.6.8 Переходное сопротивление анодного заземления R_3 , Ом, для протяженного анодного заземления может быть вычислено по формуле

$$R_3 = \frac{\rho_{\text{г}}}{\pi \cdot l_3} \cdot \ln \frac{l_3}{\sqrt{d_3 \cdot h}}, \quad (7.12)$$

где l_3 — длина электрода заземлителя равна длине защитной зоны L_3 .

7.6.9 Напряжение на выходе преобразователя V , В, вычисляют по формуле

$$V = I \cdot [Z_{\text{вх}}(t) + R_{\text{л}} + R_3]. \quad (7.13)$$

7.6.10 Мощность преобразователя W , Вт, вычисляют по формуле

$$W = I \cdot V. \quad (7.14)$$

7.7 Выбор типа преобразователя катодной защиты выполняют в соответствии с результатами расчета силы тока, напряжения на выходе УКЗ и мощности.

7.8 Пример расчета параметров электрохимической защиты участка газопровода, проложенного в высокоомном грунте, приведен в приложении А.

8 Оценка защищенности от коррозии газопроводов на основе критериев защищенности

8.1 Оценку защищенности от коррозии участков газопроводов следует проводить путем измерения поляризационного потенциала и плотности тока катодной поляризации.

8.2 Измерение поляризационного потенциала и плотности тока катодной поляризации рекомендуется проводить с применением зонд-модульной технологии в соответствии с Руководством [1].

8.3 Примеры оценки защищенности от коррозии газопроводов на основе критериев защищенности приведены в приложении Б.

Приложение А
(справочное)

**Пример расчета параметров электрохимической защиты участка газопровода,
проложенного в высокоомном грунте**

А.1 Пример расчета параметров электрохимической защиты участка газопровода, проложенного в высокоомном грунте.

А.2 Исходные данные для расчета параметров электрохимической защиты участка газопровода, проложенного в высокоомном грунте:

- длина участка газопровода $L = 40000$ м;
- диаметр трубы $D_T = 1,42$ м;
- толщина стенки трубы $\delta_T = 0,014$ м;
- марка стали трубы 17Г2СФ;
- глубина укладки газопровода $H_T = 1$ м;
- проектируемый срок эксплуатации системы ЭХЗ газопровода – 30 лет;
- грунт песчаный;
- среднее удельное электрическое сопротивление грунта $\rho_r = 300$ Ом·м (среднее минимальное годовое удельное сопротивление грунта в соответствии с 5.2);
- тип защитного покрытия газопровода – трехслойное усиленное;
- удельное электрическое сопротивление материала трубы $\rho_m = 2,45 \cdot 10^{-7}$ Ом·м в соответствии с СТО Газпром 2-3.5-047 (таблица 6.2);

А.3 Продольное сопротивление газопровода R_T , Ом/м, по формуле (7.1):

$$R_T = \frac{2,45 \cdot 10^{-7}}{3,14 \cdot (1,42 - 0,014) \cdot 0,014} = \frac{2,45 \cdot 10^{-7}}{0,062} = 3,95 \cdot 10^{-6} \text{ Ом} \cdot \text{м}.$$

А.4 Переходное сопротивление газопровода R_{II}' , Ом·м, по формуле (7.2):

$$R_{II}' = \frac{300}{2 \cdot 3,14} \ln \frac{0,4 \cdot 3,14 \cdot R_{II}'}{1,42 \cdot 1 \cdot 3,95 \cdot 10^{-6}} = 10150 \text{ Ом} \cdot \text{м}.$$

А.5 Постоянная распространения тока вдоль газопровода α , 1/м, по формуле (7.3):

$$\alpha = \sqrt{\frac{3,95 \cdot 10^{-6}}{10150}} = \sqrt{3,89 \cdot 10^{-10}} = 1,97 \cdot 10^{-5} \text{ 1/м}.$$

А.6 Характеристическое сопротивление газопровода Z , Ом, по формуле (7.4):

$$Z = \sqrt{3,95 \cdot 10^{-6} \cdot 10150} = 0,2 \text{ Ом}.$$

А.7 Входное сопротивление газопровода $Z_{вт}$, по формуле (7.5):

$$Z_{вт} = \frac{0,2}{2} = 0,1 \text{ Ом.}$$

А.8 Исходные данные для расчета параметров катодной защиты газопроводов и анодного заземления:

- длина анодного провода к анодному заземлению $\gamma = 400 \text{ м}$;
- длина спусков провода с опор преобразователя катодной защиты к газопроводу $\gamma_c = 5 \text{ м}$;
- сечение провода дренажной линии $S_{пр} = 10^{-5} \text{ м}^2$;
- диаметр электрода заземлителя $d_z = 0,05 \text{ м}$;
- глубина (до середины заземлителя) заложения электрода заземлителя $h = 1,5 \text{ м}$;
- коэффициент, учитывающий взаимовлияние соседних УКЗ $k = 2$ (для УКЗ, работающей рядом с соседними);
- минимальный защитный потенциал $U_m = -0,75 \text{ В}$, из таблицы 6.1;
- естественный потенциал газопровода $U_c = -0,55 \text{ В}$, в соответствии с СТО Газпром 2-3.5-047;
- максимальный защитный потенциал $U_o = -1,2 \text{ В}$, в соответствии с СТО Газпром 2-3.5-047;
- удельное электрическое сопротивление провода $\rho_m = 1,8 \cdot 10^{-8} \text{ Ом} \cdot \text{м}$ для меди, в соответствии с СТО Газпром 2-3.5-047;
- длина электрода заземлителя l_z равна длине защитной зоны L_z .

А.9 Разность максимального защитного потенциала и естественного потенциала в точке дренажа, $U_{тзо}$, по формуле (7.7):

$$U_{тзо} = |U_o| - |U_c| = 1,2 - 0,55 = 0,65 \text{ В.}$$

А.10 Разность минимального защитного потенциала и естественного потенциала в точке дренажа $U_{тзм}$, по формуле (7.8):

$$U_{тзм} = |U_m| - |U_c| = 0,75 - 0,55 = 0,2 \text{ В.}$$

А.11 Длина защитной зоны L_z , м, по формуле (7.6):

$$L_z = \frac{2}{1,56 \cdot 10^{-5}} \ln \frac{0,65}{2 \cdot 0,2} = 6,3 \cdot 10^4 \text{ м.}$$

А.12 Количество установок катодной защиты N , шт., необходимое для защиты газопровода длиной L , м, по формуле (7.9):

$$N = \frac{40000}{63000} \approx 1 \text{ УКЗ.}$$

А.13 Сила тока I , А, катодной установки по формуле (7.10):

$$I = \frac{2 \cdot 0,65}{0,1} = 13 \text{ А.}$$

А.14 Сопротивление дренажной линии, соединяющей катодную станцию с газопроводом и анодным заземлением $R_{\text{л}}$, Ом, по формуле (7.11):

$$R_{\text{л}} = 1,8 \cdot 10^{-8} \frac{400 + 5}{10^{-5}} = 0,729 \text{ Ом.}$$

А.15 Переходное сопротивление анодного заземления R_3 , Ом, для протяженного анодного заземления по формуле (7.12):

$$\begin{aligned} R_3 &= \frac{300}{3,14 \cdot 26000} \ln \frac{26000}{\sqrt{0,05 \cdot 1,5}} = 0,00367 \ln \frac{26000}{0,274} = \\ &= 0,00367 \cdot 11,46 = 0,042 \text{ Ом.} \end{aligned}$$

А.16 Напряжение на выходе преобразователя V , В, по формуле (7.13):

$$V = 13[0,1 + 0,729 + 0,042] = 11,3 \text{ В.}$$

А.17 Мощность преобразователя W , Вт, по формуле (7.14):

$$W = 11,3 \cdot 13 = 147 \text{ Вт.}$$

Приложение Б
(справочное)

**Примеры оценки защищенности от коррозии газопроводов
на основе критериев защищенности**

Б.1 В результате измерения поляризационного потенциала и плотности тока, натекающего на вспомогательный электрод, на участке газопровода, проложенного в песчаном грунте с минимальным годовым удельным сопротивлением 120 Ом·м, установлены величины поляризационного потенциала минус 0,76 В и плотность тока 11 мкА/см². В соответствии с таблицей 6.1 газопровод является защищенным от коррозии.

Б.2 В результате измерения поляризационного потенциала и плотности тока, натекающего на вспомогательный электрод, на участке газопровода, проложенного в песчаном грунте с минимальным годовым удельным сопротивлением 1200 Ом·м, установлены величины поляризационного потенциала минус 0,68 В и плотность тока 7 мкА/см². В соответствии с таблицей 6.1 газопровод является не защищенным от коррозии.

Б.3 В результате измерения поляризационного потенциала и плотности тока, натекающего на вспомогательный электрод, на участке газопровода, проложенного в песчаном грунте с минимальным годовым удельным сопротивлением 300 Ом·м, установлены величины поляризационного потенциала минус 0,70 В и плотность тока 2 мкА/см². В соответствии с таблицей 6.1 газопровод является не защищенным от коррозии.

Библиография

- [1] Руководство по эксплуатации систем противокоррозионной защиты трубопроводов
(утверждено ОАО «Газпром» 23 февраля 2004 г.)

ОКС 75.200

Ключевые слова: критерий защищенности, электрохимическая защита, газопровод, высокоомный грунт, скальный грунт, песчаный грунт, многолетнемерзлый грунт

Корректурa *О.Я. Проскуриной*
Компьютерная верстка *А.И. Шалобановой*

Подписано в печать 18.03.2010 г.
Формат 60х84/8. Гарнитура «Ньютон». Тираж 150 экз.
Уч.-изд. л. 2,0. Заказ 341.

ООО «Газпром экспо» 117630, Москва, ул. Обручева, д. 27, корп. 2.
Тел.: (495) 719-64-75, (499) 580-47-42.

Отпечатано в ООО «Полиграфия Дизайн»