

54

К.Л. Шамшетдинов,
ДООО «ЦКБН» ОАО «Газпром»

Исследование применимости двухслойных протяженных анодных заземлителей

Исследование применимости двухслойных протяженных анодных заземлителей направлено на определение области применения указанной конструкции для защиты трубопроводов, расположенных в грунтах различного удельного электрического сопротивления.

Протяженные анодные заземления представляют собой металлическую жилу, поверх которой нанесено покрытие из диэлектрика (каучук, резина, различного типа полиолефины), которому искусственно придана высокая электропроводность. Покрытие является рабочим элементом, через поверхность которого стекает защитный ток непосредственно в грунт. Покрытие изготавливают однослойным и двухслойным. Однослойное покрытие обладает электропроводностью от 0,3 до 1 Ом·м по всей толщине слоя; двухслойное покрытие имеет первый слой (слой, непосредственно прилегающий к жиле) сопротивлением до 3000, а второй – от 0,3 до 1 Ом·м. Область применения протяженных анодов, согласно нормативным документам, весьма широка, поскольку они обладают определенными преимуществами перед локальными.

При осуществлении электрохимической защиты протяженный анод стараются положить в одну траншею с защищаемым трубопроводом в целях минимизации затрат на строительство (все равно траншея ужé вырыта!). Однако нет причин, кроме технологических и землеотводных, не укладывать протяженный анод и на больших расстояниях параллельно трубопроводу или под углом к нему, что в некоторых нередких случаях может оказаться экономически и технически эффективнее. Слой с повышенным сопротивлением в первую очередь нужен для осуществле-

ния равномерности стекания тока по длине анода. Существует также мнение, что вместе с этим должна увеличиться и длина защитной зоны трубопровода, по причине уменьшения коэффициента затухания тока по длине протяженного анода.

ХАРАКТЕР РАСПРОСТРАНЕНИЯ ТОКА ПО ПРОТЯЖЕННОМУ ОБЪЕКТУ, В НАШЕМ СЛУЧАЕ – ПО АНОДУ, ОБУСЛОВЛЕН МНОГИМИ ФАКТОРАМИ, В ОСНОВНОМ СЛЕДУЮЩИМИ:

- сопротивлением слоя покрытия $R_{п}$,
- сопротивлением грунта $\rho_{г}$,
- продольным сопротивлением токопроводящей жилы $R_{ж}$,
- диаметром и глубиной укладки.

Все указанные факторы теоретически реализуются известным экспоненциальным законом распределения линейной плотности тока $J(x)$ по электрической линии бесконечной длины):

$$J(x) = J \cdot e^{-\alpha x} = \frac{1}{\alpha} \cdot I \cdot e^{-\alpha x}, \quad (1)$$

где α – постоянная распространения тока, 1/м,
 I – сила продольного тока по заземлителю, А,
 J – плотность тока в начале линии, А/м.
 Для протяженного анода это плотность тока в точке подачи тока в заземлитель. Обычно в начале линии наблюдается ее максимум.

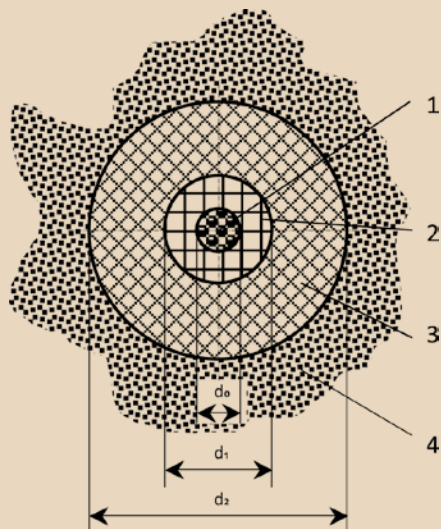


Рис. 1. Поперечный разрез протяженного анодного заземлителя

- 1 Токпроводящая металлическая жила с удельным электрическим сопротивлением $\rho_{ж}$,
- 2 Слой с высоким сопротивлением ρ_1 ,
- 3 Слой с низким сопротивлением ρ_2 ,
- 4 Грунт с сопротивлением ρ_r , окружающий анодный заземлитель

x – расстояние от места определения плотности тока до точки подачи тока в анодный заземлитель, м.

Известно, что чем меньше постоянная распространения, тем меньше затуха-

*) В инженерных расчетах на длине более $4/a$.

Таблица 1. Продольное сопротивление медной жилы и сопротивление растеканию тока в грунт протяженного анодного заземлителя диаметром 36 мм при глубине укладки 2 м, в Ом·м

Площадь поперечного сечения жилы $S_{ж}$, мм ²	Сопротивление медной жилы при температуре 20 °С $R_{ж}$, Ом/м	Удельное электросопротивление грунта ρ_r , Ом·м			
		1	10	50	500
6	0,00300	1,82	22,18	124,75	1443
10	0,00175	1,92	23,11	129,35	1488
16	0,00106	2,00	23,98	133,55	1530
25	0,00070	2,07	24,69	137,06	1564
35	0,00050	2,13	25,26	139,91	1593

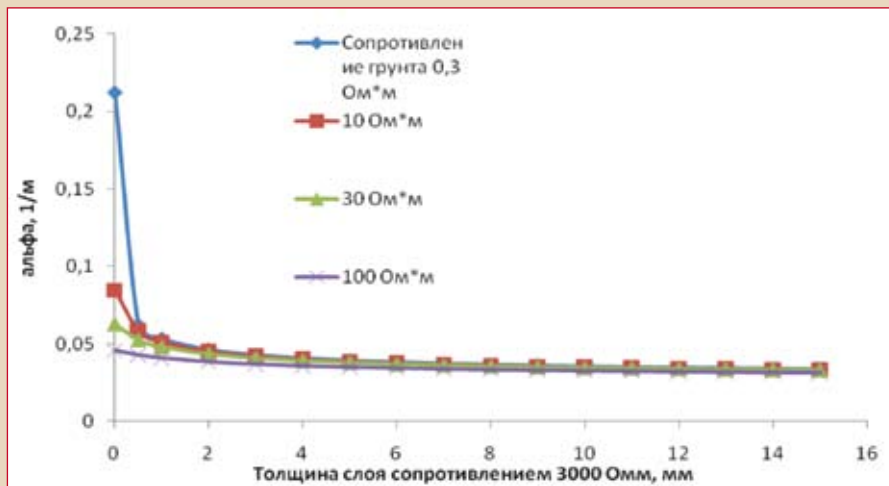


Рис. 2. Изменение постоянных распространения в зависимости от толщины слоя с повышенным сопротивлением и удельного электрического сопротивления грунта



ЗАЩИТА ОТ КОРРОЗИИ КАК ВИД ИСКУССТВА



- Анодные заземлители «Менделеевец»
- Приборы и оборудование для диагностики
- Услуги по диагностике трубопроводов

www.химсервис.com

г. Новомосковск
ул. Свободы, 9
+7 (48762) 2-14-77
e-mail: adm@ch-s.ru

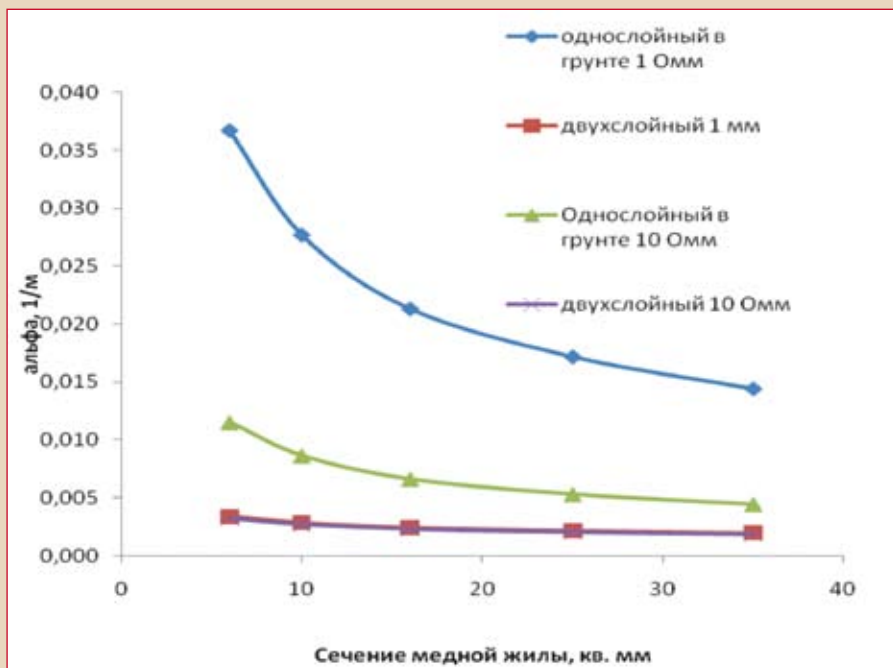


Рис. 3. Зависимость постоянной распространения протяженного анода диаметром 36 мм от сечения медной жилы и сопротивления грунта 1 и 10 Ом·м

ние по длине и выше равномерность плотности тока протяженного анода. Снижать постоянную распространения анода можно либо уменьшением продольного сопротивления (увеличение толщины или диаметра жилы протяженного анода), либо увеличением сопротивления покрытия и сопротивления растеканию. Третья величина (сопротивление растеканию) хотя и является значительным влияющим фактором, практически неуправляема, для каждого протяженного объекта (участка трассы)

своя, в расчетах принимается неизменяемой. Собственные же конструктивные параметры анодного заземления, такие как форма заземлителя (цилиндрический, плоский либо крестообразный), длина поверхностного либо глубинного анодного заземления и др., в расчетных моделях трубопровода не участвуют. Это прямо или косвенно подтверждает тезис об отсутствии влияния самой конструкции анодного заземлителя, в том числе и материала, из которого состоит заземлитель, на длину защитной зоны.

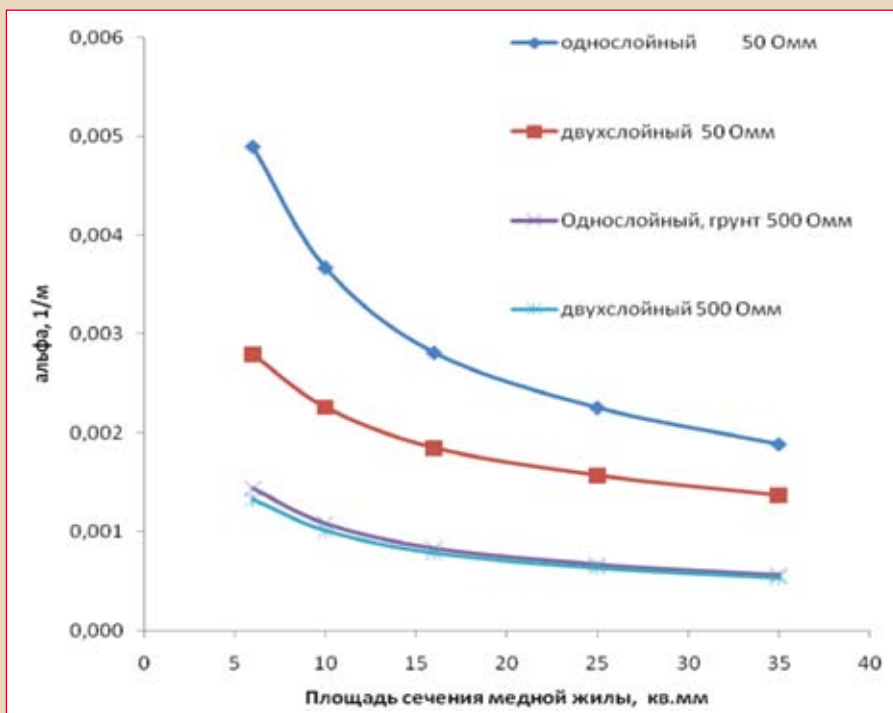


Рис. 4. Зависимость постоянной распространения протяженного анода диаметром 36 мм от сечения медной жилы и сопротивления грунта 50 и 500 Ом·м

Протяженный анод рассматривается как часть нагрузки на катодный преобразователь, которая равна сумме электрических сопротивлений собственно анода и сопротивления растеканию. Исследование применимости двухслойных протяженных анодных заземлителей проведено на основе математических моделей, изложенных в ГОСТ Р 51164. На рисунке 1 приведен поперечный разрез двухслойного анодного заземлителя.

Электрическое сопротивление активного покрытия протяженного анода представляет собой сумму сопротивления двух кольцевых оболочек – внутренней и внешней.

Рассмотрим распределение электрических параметров по длине анодного протяженного заземления при работе его на точечный бесконечно далеко расположенный заземлитель. Бесконечно далекое расположение позволяет не учитывать влияние точечного заземлителя на искомое распределение.

Для определения количественных характеристик распределения примем также диаметр протяженного анода равным 0,036 м. Для анодного заземления постоянная распространения равна:

$$\alpha = \sqrt{\frac{R_{ж}}{R_{п} + R_{р}}}, \quad (2)$$

где $R_{ж} = \rho_{ж}/S_{ж}$ – продольное сопротивление токопроводящей жилы, Ом/м, $R_{п}$ – сопротивление активного покрытия, Ом·м, $R_{р}$ – сопротивление растеканию, Ом·м.

Продольное сопротивление медной жилы для различных площадей поперечного сечения провода и сопротивление растеканию тока в грунт протяженного анодного заземлителя (диаметром 36 мм при глубине укладки 2 м) приведены в таблице 1.

На рисунке 2 показано изменение постоянной распространения в зависимости от толщины слоя с повышенным сопротивлением и удельного электрического сопротивления грунта.

Графики показывают, что первый слой наиболее значимо влияет на снижение постоянной распространения в пределах толщины слоя до 1 мм в грунтах с удельным сопротивлением немного более 10 Ом·м. Дальнейшее увеличение толщины слоя или применение его в анодах для грунтов более 10 Ом м не приводит к выигрышному эффекту.

На рисунках 3 и 4 показано изменение постоянной распространения протяженного анода в зависимости от сечения медной жилы и удельного электрического грунта.

Учитывая, что смещение потенциала анода в точке дренажа не ограничено какими-либо требованиями, аналогичными требованиями по ограничению смещения потенциала на трубопроводе, но источник катодного тока имеет ограничение по напряжению и току (100 А при 50 В либо 50 А при 100 В) и потери энергии на анодном заземлении являются именно вынужденными, определим их значение в двухслойном заземлителе по отношению к потерям в однослойном. Для этого проанализируем энергетику работы двухслойного ПГА в грунте с удельным сопротивлением, например, 50 Ом·м. Для этого примем линейную плотность тока для ПГА диаметром 36 мм равной 50 мА/м. Мощность, теряемая в аноде, рассчитывается по известной формуле:

$$P = \sum J_i^2 \cdot R_{\text{н}} = J_1^2 \cdot \frac{\rho_1}{2\pi} \cdot \ln \frac{d_1 + J_2^2 \cdot \frac{\rho_2}{2\pi} \cdot \ln \frac{d_2}{d_1}}, \text{ Вт/м. (3)}$$

В таблице 2 приведены результаты расчета мощности, теряемой в двухслойном аноде.

Из таблицы следует, что двухслойное анодное заземление, например длиной один километр, для своей работы потребует 600 Вт мощности только на преодоление током слоя с высоким сопротивлением, не считая потерь на сопротивление растеканию.

Таблица 2. Сравнительная таблица мощностей, теряемых на однослойном и двухслойном протяженном аноде

Параметры	Тип протяженного анода	
	Однослойный	Двухслойный
Диаметр, мм	36	36
Диаметр медной жилы, мм	3	3
Внешний диаметр первого слоя, мм	36	5
Удельное сопротивление материала, первого слоя, Ом·м	0	3000
Удельное сопротивление материала второго слоя, Ом·м	1	1
Плотность тока на внешней поверхности анода, мА/м	50	50
Плотность тока на внутренней поверхности слоя, мА/м	50	50
Сопротивление внешнего слоя, Ом·м	0,4	0,31
Сопротивление внутреннего слоя, Ом·м	0	244
Мощность, теряемая в первом слое, мВт/м	0	609,754
Мощность, теряемая во втором слое, Вт/м	0,989	0,785
Суммарная мощность (округленно), мВт/м	1	610

ВЫВОДЫ

1. Преимущество двухслойного протяженного анода наиболее эффективно может реализоваться в морских средах и грунтах с удельным электрическим сопротивлением до 10 Ом·м.
2. В средах с удельным сопротивлением в диапазоне от 10 до 30 Ом·м применение протяженных анодов с двухслойным покрытием должно

иметь убедительное технико-экономическое обоснование, сравнительный анализ на период проектирования.

3. В грунтах с сопротивлением выше 30 Ом·м применение двухслойных анодов не требуется.
4. Увеличение сечения жилы в ряде случаев приводит к адекватному снижению постоянной распространения.



Ведущая российская научно-производственная компания предлагает к использованию протяженные гибкие заземлители из электропроводной резины – современные средства электрохимической защиты от подземной коррозии: газопроводов, нефтепроводов, теплотрасс, продуктопроводов, резервуаров долгосрочного хранения ГСМ, любых иных металлических сооружений любой формы и металлоемкости.

МИНАДАГС



Система менеджмента качества соответствует требованиям ГОСТ Р ИСО 9001-2001 (ИСО 9001:2000)

Свидетельства на товарные знаки "ЭР" и "ПАР", рег. № 225481, № 225482, № 345471, № 345472

Патент РФ № 2236483, Патент РФ № 2291226 на электроды анодного заземления

Методика "Способы защиты подземных металлических сооружений от коррозии протяженными гибкими анодами (ПГА)"

ДЛЯ ВАС МЫ ГОТОВЫ ПРОВЕСТИ:

- диагностику текущего состояния металлических конструкций;
- подбор необходимых средств ЭХЗ;
- расчет и проектирование системы ЭХЗ;
- поставку электродов анодного заземления и шеф-монтаж;
- консультации по всем вопросам производства и применения протяженных гибких анодов ПАР и ЭР.

ООО «МИНАДАГС»

E-mail: info@minadags.ru

www.minadags.ru

Малая Пироговская ул., 1, МИТХТ, Москва, 119435, Т./ф.(499) 246 27 41

шоссе Энтузиастов, 5, ВНИИ КП, оф. 1204, Москва, 111024, Т./ф. (495) 225 87 76