

Открытое акционерное общество «Газпром»
ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ
«НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ ПРИРОДНЫХ ГАЗОВ
И ГАЗОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ – ВНИИГАЗ»
(ООО «ВНИИГАЗ»)

УТВЕРЖДАЮ

Генеральный директор ООО «ВНИИГАЗ»



Р.О. САМСОНОВ

2006г.

**МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПРИМЕНЕНИЮ КОМПЛЕКСА
БИТА-1 ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ЭЛЕКТРОМЕТРИЧЕСКИХ ОБСЛЕДОВАНИЙ
ПОДЗЕМНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ**

Директор Центра «Надежность и
ресурс объектов ЕСГ»

В.В. Харионовский

Начальник лаборатории
электрохимической защиты
ООО «ВНИИГАЗ»

Ф.К. Фатрахманов

пос. Развилка
Ленинский р-н, Московская обл.
2006

СОДЕРЖАНИЕ

1 Технические характеристики комплекса БИТА-1	5
2. Методические рекомендации по применению комплекса БИТА-1 при проведении электрометрических обследований переходов под автомобильными и железными дорогами.....	6
3 Методические рекомендации по оценке площади дефекта изоляции трубопровода при работе с комплексом БИТА-1.....	10
4. Методические рекомендации по интегральной оценке изоляционного покрытия трубопроводов с применением комплекса БИТА-1	13
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	18

НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ

В настоящем отчете использованы ссылки на следующие стандарты и нормативные документы:

ГОСТ 9.602-89*— Сооружения подземные. Общие требования к защите от коррозии.

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

ВРД 39-1.10-006-2000* Правила технической эксплуатации магистральных газопроводов.

СНиП 2.05.06-85* - Магистральные трубопроводы.

ВРД 39-1.10-026-2001 – Методика оценки фактического положения и состояния подземных трубопроводов.

СТО Газпром 2-3.5-047-2006 – Инструкция по расчету и проектированию электрохимической защиты от коррозии магистральных газопроводов.

Регламент электрометрической диагностики линейной части МГ СТО РД Газпром 39-1.10-088-2004.

Руководство по эксплуатации систем противокоррозионной защиты трубопроводов. ВНИИГАЗ, 2004г.

Руководство по эксплуатации систем коррозионного мониторинга магистральных трубопроводов. ВНИИГАЗ, 2004г.

Инструкция по электрометрическому обследованию переходов под авто- и железными дорогами, Москва 2002.

ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ

В настоящем отчете применяются следующие сокращения:

УКЗ – установка катодной защиты;

СКЗ – станция катодной защиты;

АЗ – анодное заземление

ГАЗ – глубинное анодное заземление

КИП – контрольно-измерительный пункт;

МСЭ – медно-сульфатный электрод сравнения неполяризующийся;

ИП – изоляционное покрытие;

$\rho_{\text{гр}}$ – удельное сопротивление грунта;

ГСС – генератор специальных сигналов БИТА-1;

ПСС – приемник специальных сигналов БИТА-1.

$R_{\text{из}}$ - интегральная величина сопротивления изоляционного покрытия, Ом·м².

1 Технические характеристики комплекса БИТА-1

Комплекс БИТА-1 предназначен для обнаружения пространственного положения трубопровода, измерения глубины залегания, величины и направления тока инфранизкой частоты (близкого к постоянному току) в трубопроводе и локализации дефектов изоляции. БИТА-1 предназначен для использования в районах с умеренным и холодным климатом и сохраняет работоспособность при воздействии внешних факторов:

- температуре окружающей среды от минус 20 до плюс 50°C;
- относительной влажности до 98% при температуре 20°C.

В состав комплекса БИТА-1 входят:

- генератор специальных сигналов (ГСС);
- приемник специальных сигналов (ПСС) с «лапой»;
- измерительная рамка (А-рамка).

ГСС обеспечивает четыре режима работы:

- режим сверхнизкой частоты (СНЧ $\downarrow$) для определения направления тока в трубопроводе на частотах (4 Гц, 8 Гц, 128 Гц);
- режим сверхнизкой частоты (СНЧ) для определения тока в трубопроводе без направления тока на частотах (4 Гц, 128 Гц) для увеличения дальности распространения сигнала от ГСС ;
- режим низкой частоты (НЧ $\downarrow$) для определения направления тока в трубопроводе на частотах (4 Гц, 8 Гц, 640 Гц);
- режим низкой частоты (НЧ) для определения тока в трубопроводе без направления тока на частотах (4 Гц, 640 Гц) для увеличения дальности распространения сигнала от ГСС.

Максимальная величина 4 герцовой составляющей выходного тока генератора не менее 3 А с возможностью ступенчатой регулировки 0,1А-0,3А-0,6А-1,0А-2,0А-3,0А.

ПСС обеспечивает запоминание и хранение 500 измерений для каждого из 14 массивов с возможностью последующей передачи информации в ЭВМ для просмотра результатов измерений в табличном и графическом виде и их последующей обработки.

Каждый массив измерений содержит следующие данные:

- порядковый номер измерения (формируется автоматически);
- номер массива участка трубопровода (вносится оператором);
- глубина залегания трубопровода;
- величина регистрируемого тока;

- направление тока при использовании ГСС;
- градиент переменного напряжения при использовании А-рамки;
- дата измерений.

ПСС в комплекте с А-рамкой обеспечивает следующие функции:

- измеряет градиент переменного напряжения в грунте от ГСС и от установки катодной защиты (УКЗ);
- сохраняет результаты измерений в памяти БИТА-1.

2. Методические рекомендации по применению комплекса БИТА-1 при проведении электрометрических обследований переходов под автомобильными и железными дорогами.

На переходах газопроводов под авто- и железными дорогами, оснащенных защитным патроном, могут возникнуть следующие характерные неисправности:

- нарушение соосности трубы и патрона;
- прогнивание реечной футеровки и проседание трубы на элементы ее крепления;
- разрыв сварного соединения частей патрона и оседание их на трубу;
- полная просадка патрона в рыхлых грунтах;
- замыкание трубы вытяжной свечи патрона с трубой газопровода в результате разрушения изолирующих прокладок.

Перечисленные неисправности способны привести к возникновению электрического контакта между трубой и патроном. Это приводит к снижению эффективности действия катодной защиты, возникновению неконтролируемых коррозионных процессов на трубе (при наличии в межтрубном пространстве электролита) и может усилить действие других факторов, отрицательно влияющих на коррозионное состояние перехода. Наличие электрического контакта между трубой и патроном определяют с применением известных методов [1], однако для ремонта перехода большую пользу окажет определение места нахождения контакта.

Физическая основа метода заключается в следующем: при наличии электрического контакта, ток генератора, подключенного к патрону и трубе, протекает по цепи «патрон - место электрического контакта - труба». Поэтому ПСС БИТА-1 будет фиксировать наличие тока над участком патрона от точки подключения ГСС до места электрического контакта и отсутствие тока над участком патрона после этого места. Место контакта определяется по резкому изменению величины тока, фиксируемому ПСС.

2.1 Порядок проведения обследования переходов.

2.1.1 Перед проведением обследования на местности анализируют проектную и эксплуатационную документацию перехода, схему защиты газопровода и патрона и определяют следующие данные:

- места привязки перехода на газопроводе (км);
- диаметр трубы;
- диаметр патрона;
- длина патрона;
- наименование дороги.

2.1.2 Перед проведением электрических измерений на переходе выполняют следующие подготовительные работы:

- определяют наличие КИП [2], наличие в нем выводов от трубы и патрона, проверку их маркировки и работоспособности;
- отключают протекторы (если они имеются);

2.1.3 Для определения наличия контакта между трубой и патроном проводят комплекс электрометрических работ согласно [3].

В случае выявления электрического контакта между трубой и патроном приступают к определению места контакта с использованием комплекса БИТА-1.

2.1.4 Определение места контакта между трубой и патроном с использованием комплекса БИТА-1:

2.1.4.1 Подключение ГСС к трубе и патрону:

- все измерения выполняют согласно [4];
- подключают ГСС согласно рисунку 1;
- подсоединяют «+» кабеля-соединителя (клемма-зажим красного цвета) к патрону через КИП или к свече;
- подсоединяют « - » кабеля-соединителя (клемма-зажим черного цвета) к трубопроводу через КИП;
- подключают генератор к источнику переменного напряжения 230 В;

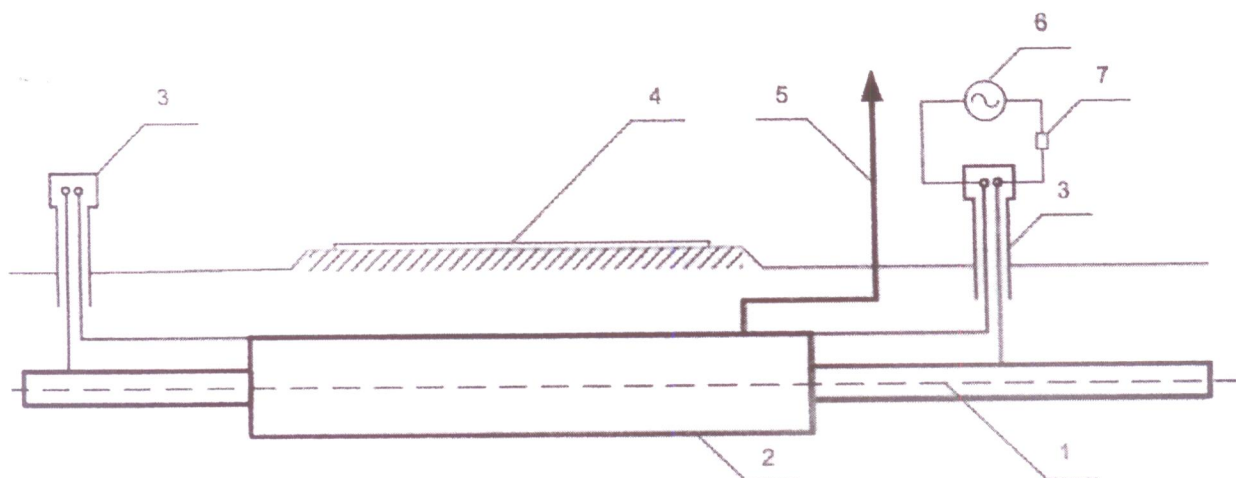


Рисунок 1. Схема подключения ГСС на переходе для определения места контакта между трубой и патроном: 1 – труба газопровода; 2 – защитный чехол (патрон); 3 – контрольно-измерительный пункт; 4 – полотно дороги; 5 – вытяжная свеча; 6 – генератор специальных сигналов (ГСС); 7 – сопротивление 1 Ом.

2.1.4.2 Включение ГСС:

- до включения ГСС устанавливают переключатель «выбор тока» в положение «0,1А»;
- переключатель «выбор частоты» устанавливают в положение «НЧ $\updownarrow$ »;
- тумблером «вкл]выкл» включают ГСС;
- после включения ГСС убеждаются, что зажегся индикатор «нормальный режим»;
- выводят ГСС на максимальный режим по току.

2.1.4.3 Включение ПСС в комплекте с «лапой»:

- пристегивают «лапу» и включают ПСС
- перемещают указатель частот под символ выбора частоты в положение «640 Гц»;

2.1.5 Проведение измерений:

- измерения начинают от КИП со стороны, противоположной месту установки генератора (ГСС) по направлению к месту подключения генератора с шагом 1 м по 3 измерения в каждой точке, с записью результатов в память ПСС;
- при определении оси трубопровода (патрона) сначала используют поиск по минимуму, затем по максимуму сигнала выбранной частоты;
- при проведении измерений контролируют следующие параметры: проекцию оси и глубину залегания трубопровода, величину и направление тока;
- при расположении «лапы» ПСС над местом контакта происходит резкое увеличение величины силы тока (данную точку отметить на местности);

- записанные в память ПСС данные передают в ЭВМ и строят графики изменения силы тока вдоль перехода;

- измерения повторяют при подключенном генераторе с противоположной стороны перехода.

Если место изменения величины тока при второй серии измерений совпадает с местом, определенным в первой серии измерений, то переход имеет один контакт между трубой и патроном.

При наличии одного контакта между трубой и патроном график зависимости силы тока вдоль трубы и патрона должен иметь вид как на рисунке 2.

Приведенным методом возможно определение только двух «крайних» контактов между трубой и патроном. В этом случае место контакта, определенное в первой серии измерений не совпадает с местом контакта во второй серии измерений (с обратной стороны перехода после переустановки ГСС).

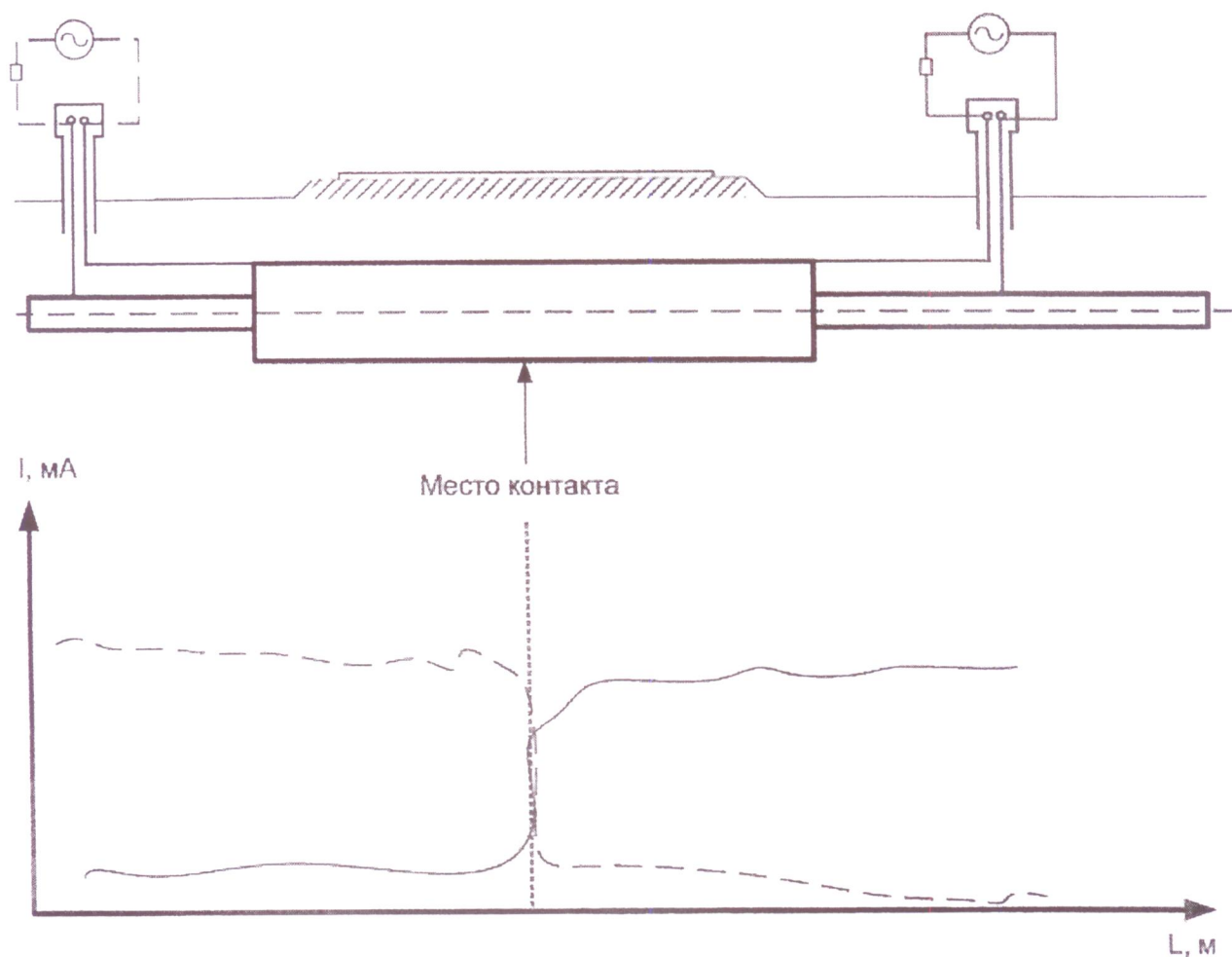


Рисунок 2. Локализация места контакта между трубой и патроном по изменению силы тока, регистрируемым ПСС.

3 Методические рекомендации по оценке площади дефекта изоляции трубопровода при работе с комплексом БИТА-1

В процессе электрометрических обследований газопроводов выявляются дефекты изоляционного покрытия трубопроводов. В некоторых случаях возникает необходимость оценки площади обнаруженного дефекта изоляции. Оценку площади дефекта изоляции осуществляют с использованием А – рамки (измерение градиента потенциала) комплекса БИТА-1.

Физическая основа метода состоит в том, что поперечный градиент потенциала, измеренный на поверхности земли, пропорционален площади дефекта изоляции и величине наложенного переменного тока в трубопроводе. Эта зависимость может быть определена путем подключения к трубе имитаторов дефекта изоляции с известной площадью и проведения измерений поперечных градиентов. Площадь дефекта изоляции определяют с помощью графика или расчетом.

3.1 Порядок проведения измерений по оценке площади дефекта изоляционного покрытия трубопровода

3.1.1 Локализацию дефектов изоляционного покрытия трубопровода проводят согласно [4].

3.1.2 После нахождения дефекта в изоляционном покрытии трубопровода приступают к оценке площади дефекта.

3.1.3 С помощью А-рамки измеряют величину (U_x) поперечного градиента потенциала над дефектом;

3.1.4 Протягивают провод, подключенный к трубопроводу через ближайший КИП;

3.1.5 Имитаторы дефектов определенной площади S_1 и S_2 подсоединяют ко второму концу провода катушки через переключатель;

3.1.6 Над местом обнаруженного дефекта, в шпур, пробуренный ручным буром, укладывают и засыпают грунтом имитаторы дефектов изоляционного покрытия (рисунок 3). Для упрощения измерений, имитаторы могут быть изготовлены в виде изолированного штыря с известными площадями оголения металла, который забивают в грунт над осью трубы;

3.1.7 Подключают к трубопроводу имитатор дефекта меньшего размера с площадью S_2 ;

3.1.8 Измеряют величину поперечного градиента U_2 и результат записывают;

3.1.9 Подключают имитатор дефекта площадью S_1 и отключают первый, измеряют поперечный градиент U_1 и результат записывают.

3.2 Определение площади дефекта

3.2.1 Площадь дефекта определяют по формуле:

$$S_x = S_1 + \frac{(S_2 - S_1) \cdot (U_x - U_1)}{(U_2 - U_1)}$$

3.2.2 Площадь дефекта можно определить с помощью графика. Для этого строят график зависимости градиента потенциала от площади имитаторов дефектов (рисунок 4);

3.2.3 С помощью построенного графика, по величине градиента потенциала над дефектом (U_x) в изоляционном покрытии определяют площадь дефекта трубопровода.

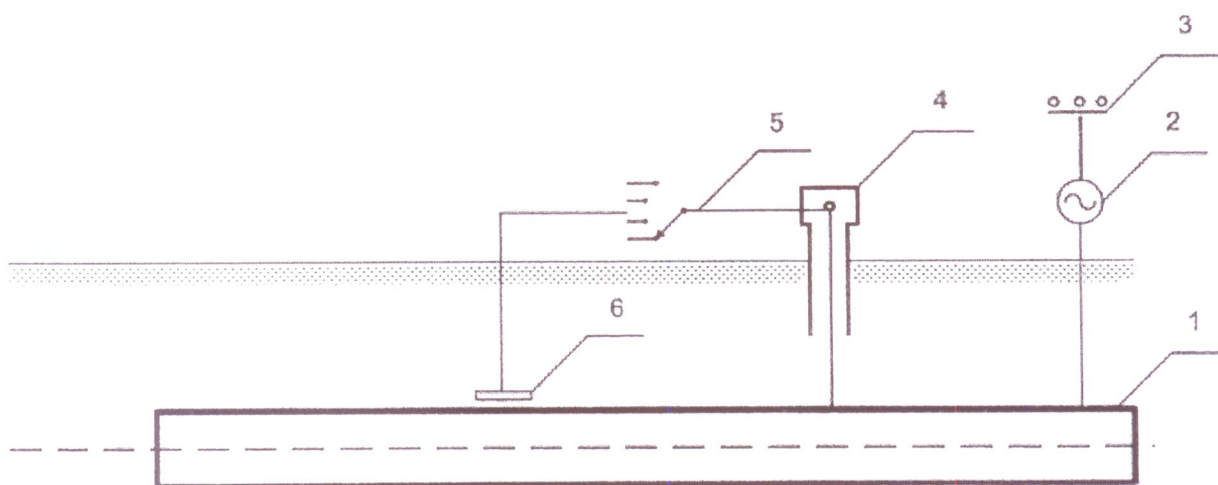


Рисунок 3. Схема подключения имитаторов дефектов изоляционного покрытия. 1 – трубопровод; 2 – ГСС; 3 – АЗ УКЗ; 4 – КИП; 5 – переключатель; 6 – имитаторы дефектов.

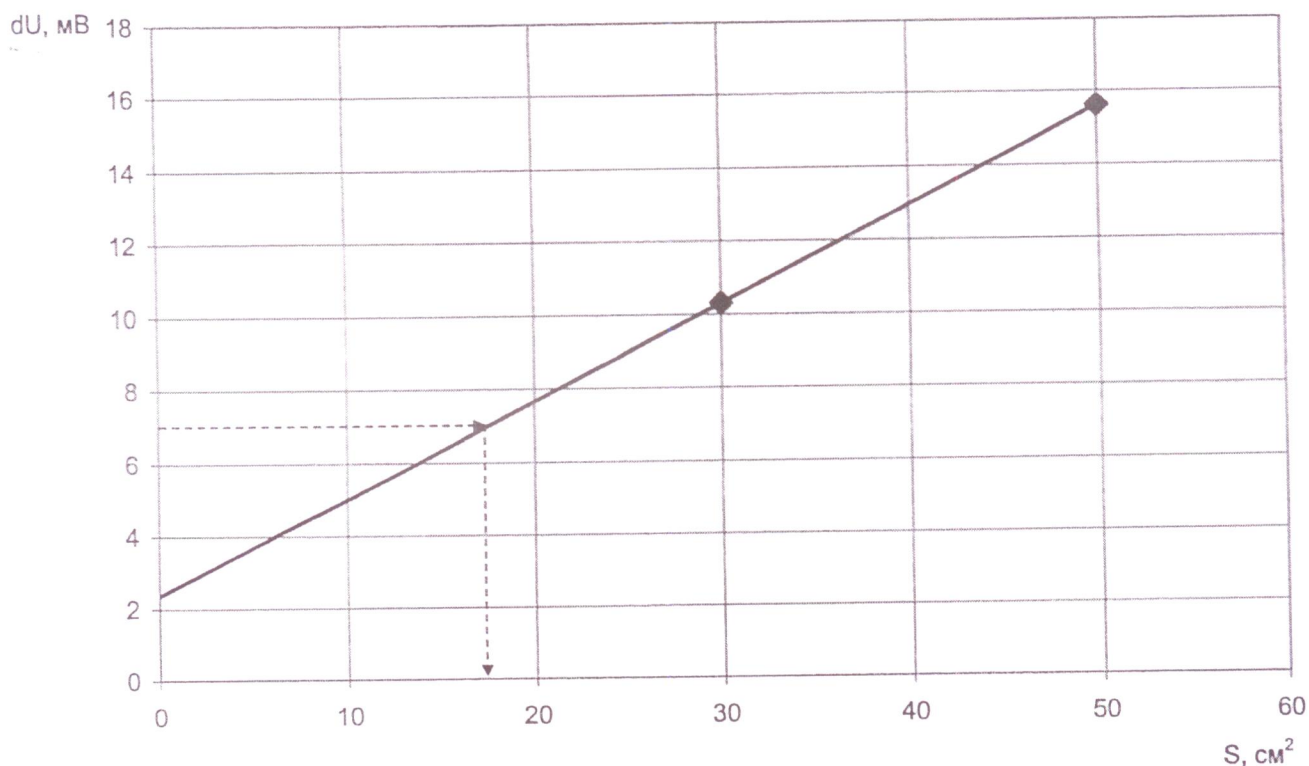


Рисунок 4. График оценки площади дефекта с использованием имитаторов дефектов изоляционного покрытия трубопровода.

3.3 Пример оценки площади дефекта изоляционного покрытия:

Локализован дефект изоляции, размер которого требуется определить.

Величина измеренного поперечного градиента потенциала над дефектом составила $U_x = 7$ мВ.

Величина измеренного поперечного градиента потенциала, при подключении имитатора дефекта площадью $S_2 = 30$ см² составила $U_2 = 10,3$ мВ;

Величина измеренного поперечного градиента потенциала, при подключении имитатора дефекта площадью $S_1 = 50$ см² составила $U_1 = 15,6$ мВ;

Строят график градиента потенциала от площади, используя полученные значения;

По величине градиента, равной 7 мВ, оценивают площадь дефекта: $S_x = 18$ см².

Расчет по формуле п.3.2.1 дает: $S_x = 17,56$ см².

4. Методические рекомендации по интегральной оценке изоляционного покрытия трубопроводов с применением комплекса БИТА-1

Применение комплекса БИТА-1 позволяет использовать бесконтактный метод измерения тока в трубопроводе для интегральной оценки состояния изоляционного покрытия по величине электрического сопротивления изоляции трубопровода.

Физический смысл метода оценки состояния изоляционного покрытия заключается в том, что затухание тока между точками измерений пропорционально интегральной площади дефектов изоляционного покрытия на участке, подлежащем оценке.

Интегральную оценку качества изоляционного покрытия предпочтительно осуществлять на участках протяженностью 1-2 км или от одной до другой УКЗ. Дальность распространения сигнала определяется частотой текущего тока в трубопроводе, качеством изоляции и диаметром трубопровода, удельным сопротивлением грунта.

Затухание токов α , протекающих по трубопроводу между точками измерений, вычисляется по формуле:

$$\alpha = 2000 \times \lg(i_1 / i_2) / L_{1-2} \text{ (мБ/м)}, \quad (1)$$

где: i_1 и i_2 - токи, измеренные в точке 1 и в точке 2, мА; L_{1-2} - расстояние между точками измерений этих токов, м; $\lg(i_1/i_2)$ - десятичный логарифм отношения измеренных токов.

Генератор специальных сигналов в любом из режимов работы задает ток с частотой 4 Гц, распространяющийся на большее расстояние по сравнению с токами других частот. Ток частоты 4 Гц регистрируется приемником специальных сигналов в точке измерения. По изменению величины тока в первой и последней точке измерения проводят интегральную оценку качества изоляции.

Возможно проведение измерений на участке трубопровода с произвольно выбранным шагом между точками измерения. Полученные значения токов в каждой точке измерения записывают и строят график, и, используя метод наименьших квадратов, сглаживают его экспоненциальной кривой, по которой определяют коэффициент затухания. Полученный график используют в интегральной оценке изоляционного покрытия.

По величине затухания тока α по номограмме для частоты сигнала 4 Гц (рисунок 5) определенного диаметра трубопровода находят интегральную величину сопротивления изоляционного покрытия $R_{из}$.

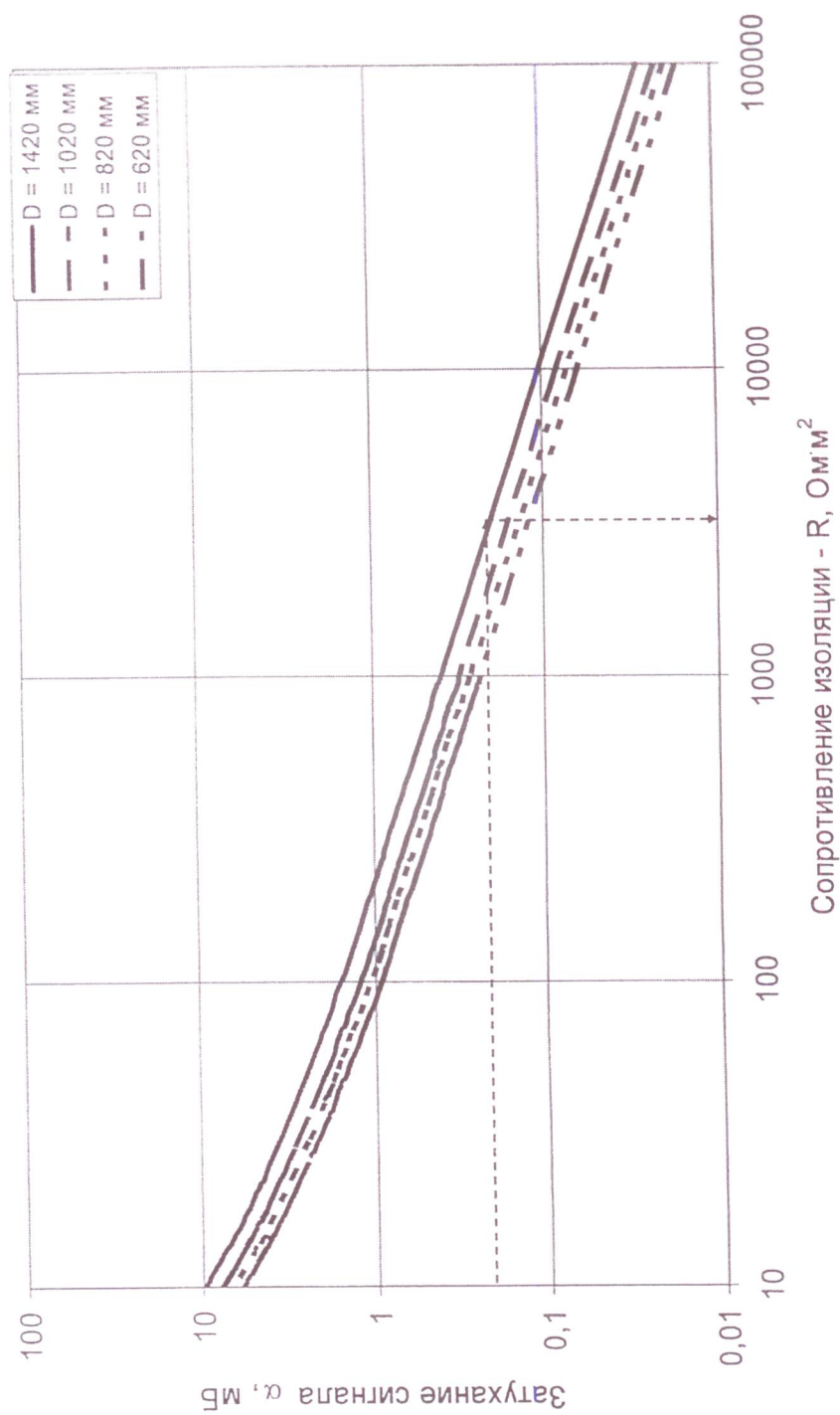


Рисунок 5. Номограмма для определения сопротивления изоляции по затуханию

сигнала с частотой $F = 4$ Гц для $D_y = 620; 820; 1020; 1420$ мм

Зная год введения трубопровода в эксплуатацию и сопротивление изоляции, найденное по номограмме, по графику (рисунок 6 [2]) оценивают состояние изоляции. Если найденное значение выше (или ниже) соответствующих линий на графике, то это свидетельствует о соответствии (или несоответствии) качества изоляционного покрытия трубопровода на обследуемом участке требованиям ГОСТ.

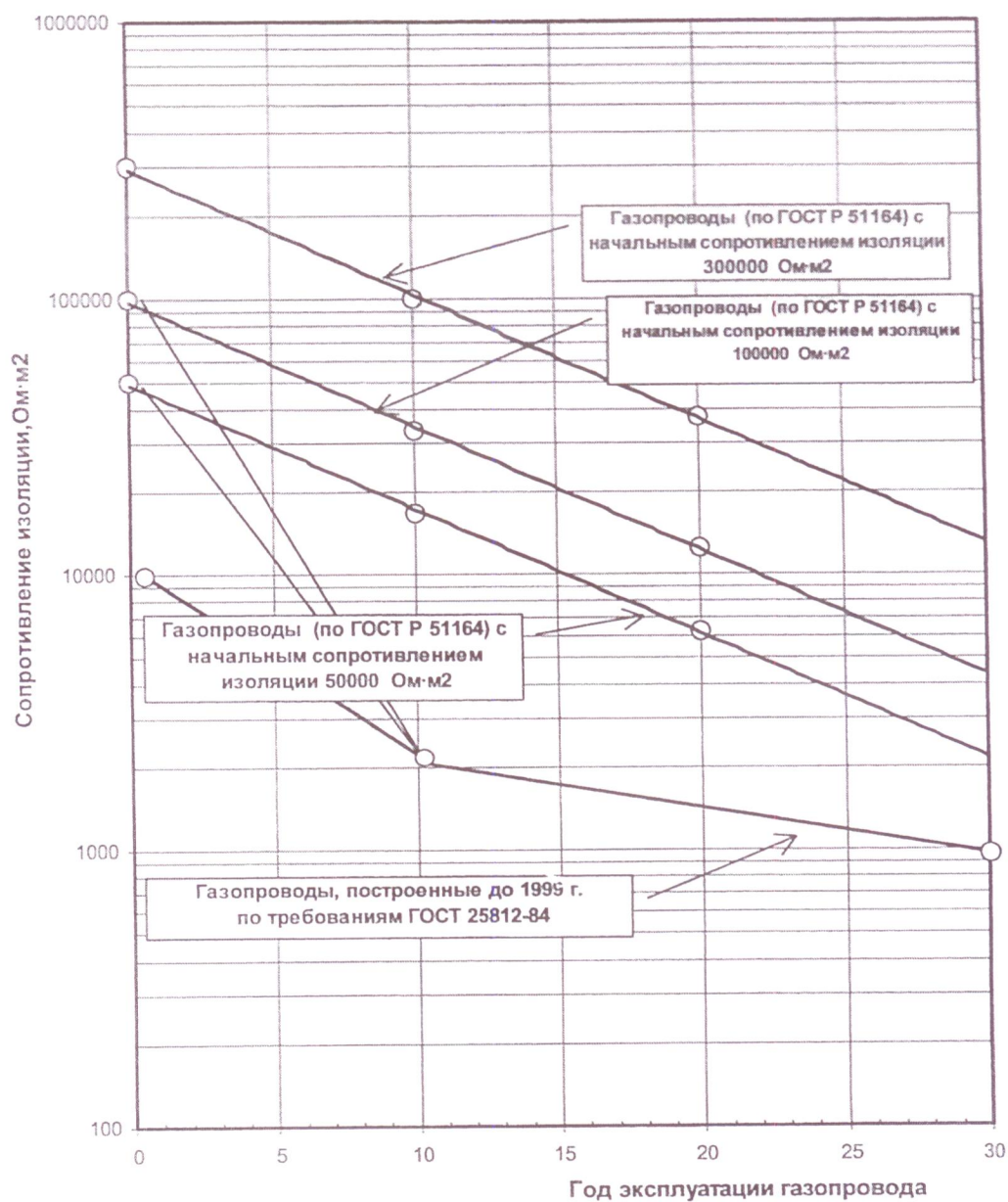


Рисунок 6. Требования ГОСТ [2] к сопротивлению изоляции магистральных трубопроводов в зависимости от срока эксплуатации

Пример интегральной оценки состояния изоляционного покрытия подземных трубопроводов:

Трубопровод 1975 г. Пленочная изоляция. Диаметр трубопровода 1420 мм. Токи в точках измерений $L_1 = 585$ м и $L_2 = 625$ м, ($L_{1.2} = L_2 - L_1 = 40$ м) равны соответственно 250,5 и 248 мА, находят величину затухания сигнала между этими точками:

$$\alpha_{1.2} = 2000 \lg (i_1/i_2)/L_{1.2} = 2000 \cdot \lg (250,5/248)/40 = 0,22 \text{ мБ/м},$$

Находят по номограмме для диаметра 1420 м для вычисленного значения величины затухания 0,22 мБ/м сопротивление изоляции. На данном интервале сопротивление изоляции составило 3000 Ом·м².

По графику (рисунок 6) сравнивают величину сопротивления с требованиями ГОСТ. Расчетное сопротивление ниже, следовательно, на обследуемом участке изоляционное покрытие в неудовлетворительном состоянии.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. **Руководство** по эксплуатации систем противокоррозионной защиты трубопроводов. ВНИИГАЗ, 2004г.
2. **ГОСТ Р 51164-98** – Трубопроводы стальные магистральные. Общие требования к защите от коррозии.
3. **Инструкция** по электрометрическому обследованию переходов под авто- и железными дорогами, Москва 2002.
4. **Руководство** по эксплуатации комплекса БИТА-1. ОАО «Гипрогазцентр».