

Комплексная электрометрическая диагностика магистральных газопроводов с использованием аппаратуры “ERA-MAX” и “ERA-TEST”



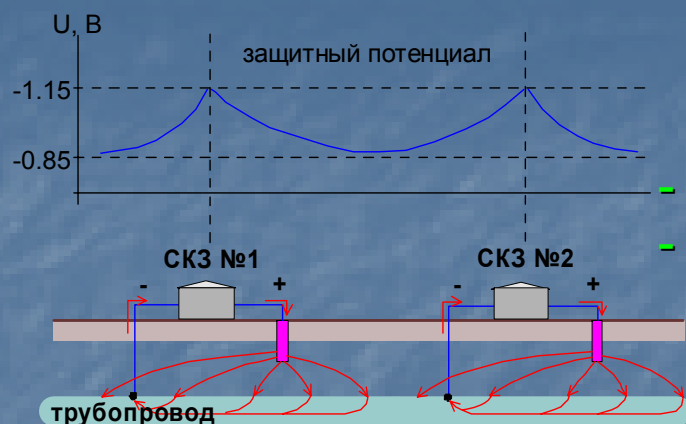
А.И.Яблучанский, В.М.Лейба, А.Ю.Татарский, А.Д.Кривой



ОАО “Гипроспецгаз”



Защита магистрального газопровода от коррозии



- с помощью изоляционных покрытий (пассивная защита)
- средствами электрохимической защиты (активная защита)

Одна из важнейших задач отрасли - оценка состояния изоляционного покрытия МГ

Основные способы диагностики МГ :
внутритрубная дефектоскопия (ВТД)
электрометрические обследования (ЭО)

Основной нормативный документ: Регламент
электрометрической диагностики линейной части
магистральных газопроводов
СТО РД Газпром 39-1.10-088-2004

В соответствии с Регламентом, Комплексное электрометрическое обследование проводится, с периодичностью один раз в 5-10 лет



Цели и задачи комплексного электрометрического обследования



	Система ЭХЗ	Защитное покрытие	Труба
Цели	Определение эффективности системы ЭХЗ	Оценка состояния	Оценка коррозионного состояния
Основные задачи	Определение защищенности	Локализация дефектов, интегральная оценка состояния изоляционного покрытия	Определение участков Повышенной и Высокой Коррозионной Опасности
Результаты	Рекомендации по ремонту и оптимизации средств ЭХЗ	Рекомендации по ремонту	Рекомендации по оценке коррозионного состояния трубы в шурфах



Электрометрические работы на газопроводе при решении задач комплексного электрометрического обследования с использованием аппаратуры “ERA-MAX” и “ERA-TEST”

- определение фактического положения и глубины залегания газопровода;
- измерения защитных и поляризационных потенциалов;
- оценка влияния блуждающих токов;
- определение удельного электрического сопротивления грунтов по трассе газопровода;
- поиск мест локальных повреждений изоляционного покрытия;
- оценка общего состояния изоляционного покрытия по измерениям величины переменного тока протекающего в трубе бесконтактным методом;

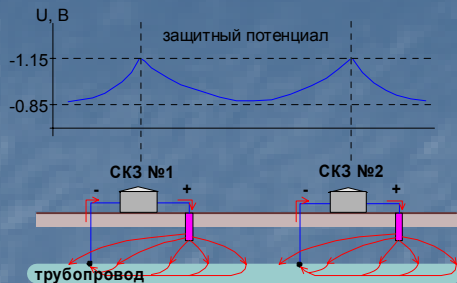


Определение фактического положения и глубины залегания газопровода



Проводится путем измерения горизонтальной составляющей магнитного поля, создаваемого в трубе током генератора частотой 625 Гц. Контакт генератора с трубой осуществляется в местах установки КИПов. Измерения производятся бесконтактно над поверхностью земли. Ось трубы отмечается максимальной аномалией магнитного поля.

Измерение поляризационного потенциала (“ERA-TEST”)



Основные методы измерения: отключения, **экстраполяции**
методика с использованием вспомогательного электрода (ГОСТ 9.602-89)

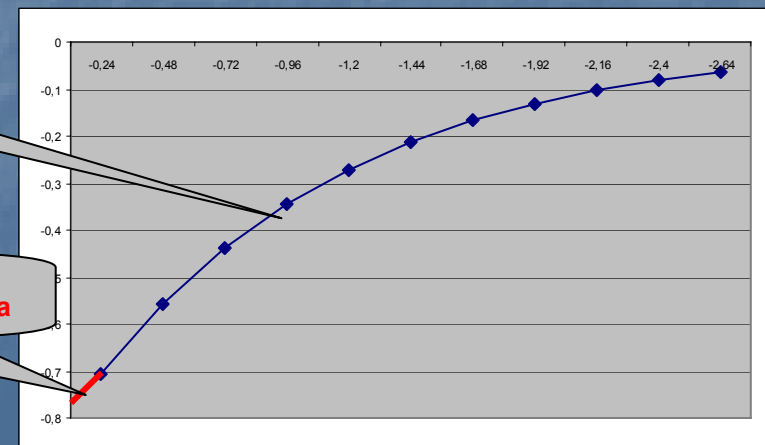
измеритель коммутирует цепь трубопровод - вспомогательный электрод, производя заряд вспомогательного электрода, а затем разрывает эту цепь и производит измерение кривой спада поляризационного потенциала на вспомогательном электроде, относительно электрода сравнения, поляризационный потенциал вычисляется по экстраполяции измеренной кривой спада потенциала в точку окончания заряда

Время измерения кривой спада поляризационного потенциала: 16 мс
Квантование кривой спада поляризационного потенциала: 24 мкс

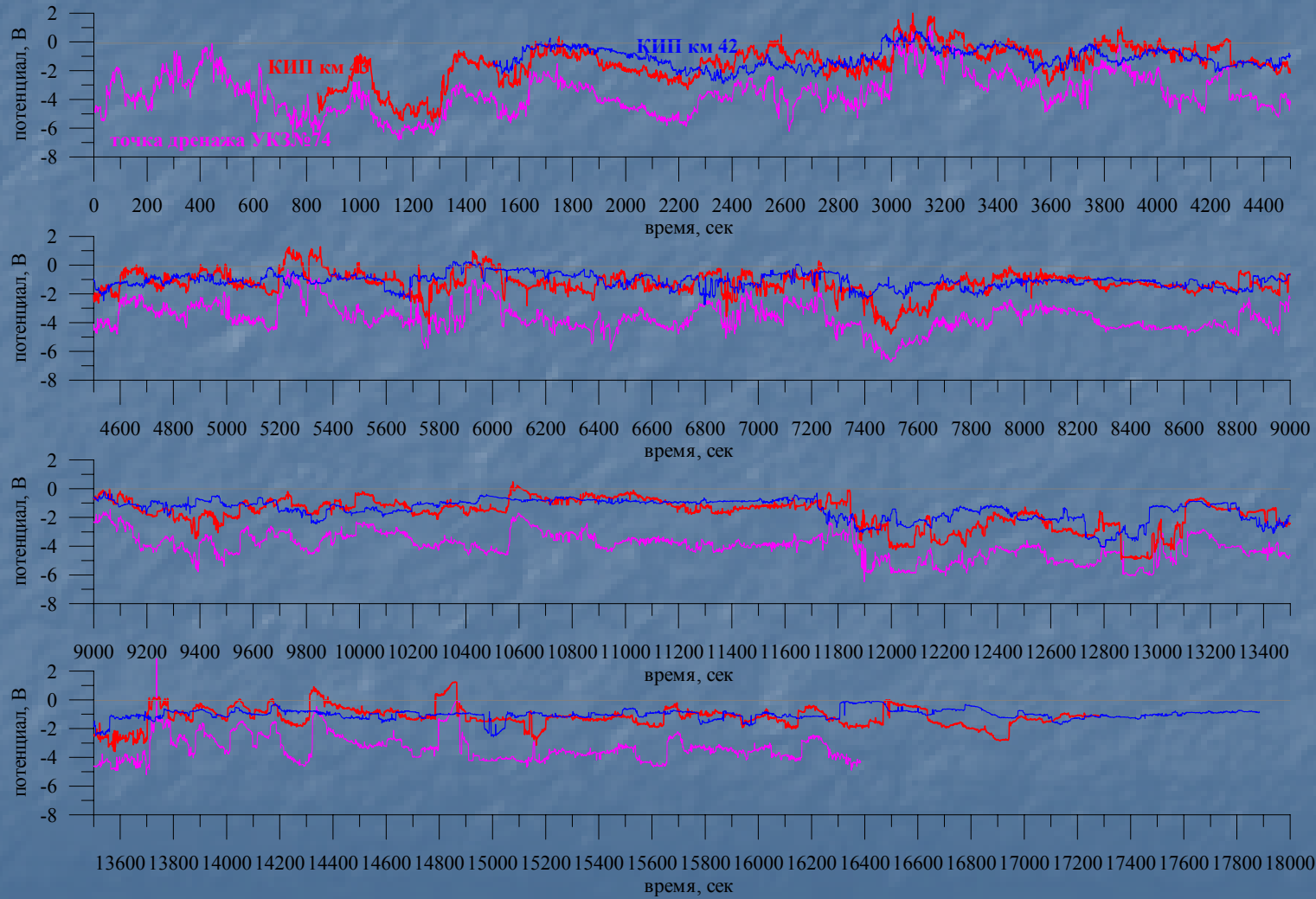


Кривая спада поляризационного потенциала

Экстраполированное (вычисленное) значение поляризационного потенциала



Оценка влияния блуждающих токов

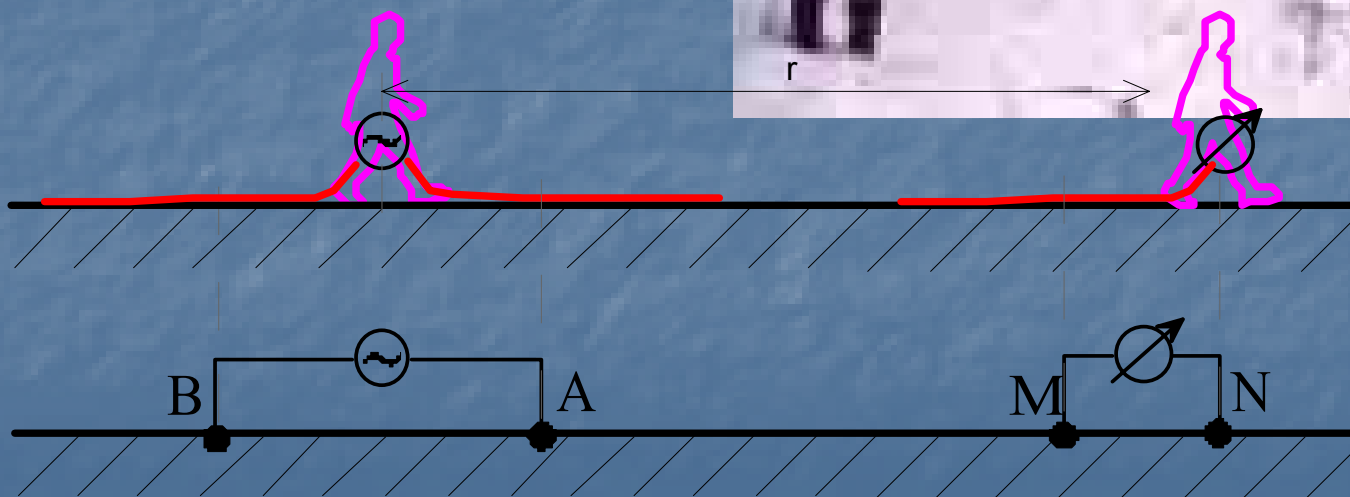




Измерение удельных электрических сопротивлений грунтов

Значения УЭС характеризуют коррозионную агрессивность грунтов по отношению к стали, используются при определении сопротивления изоляционного покрытия

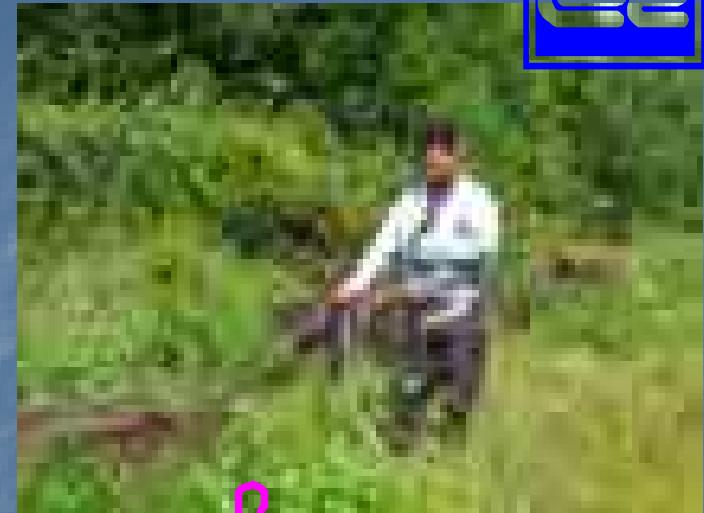
Бесконтактная и эквивалентная ей заземленная установка для измерения УЭС



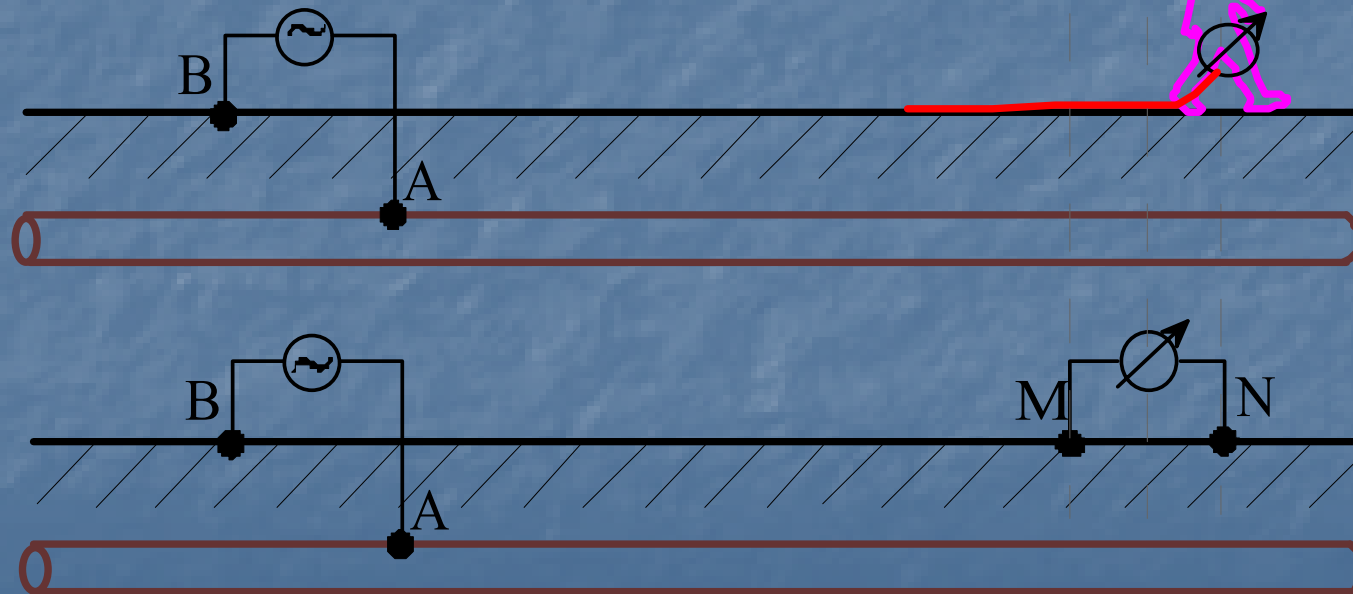


Выявление локальных повреждений изоляции

Метод основан на измерении падения напряжения на поверхности земли между двумя электродами, создаваемого током в земле, стекающим с трубы в местах повреждений

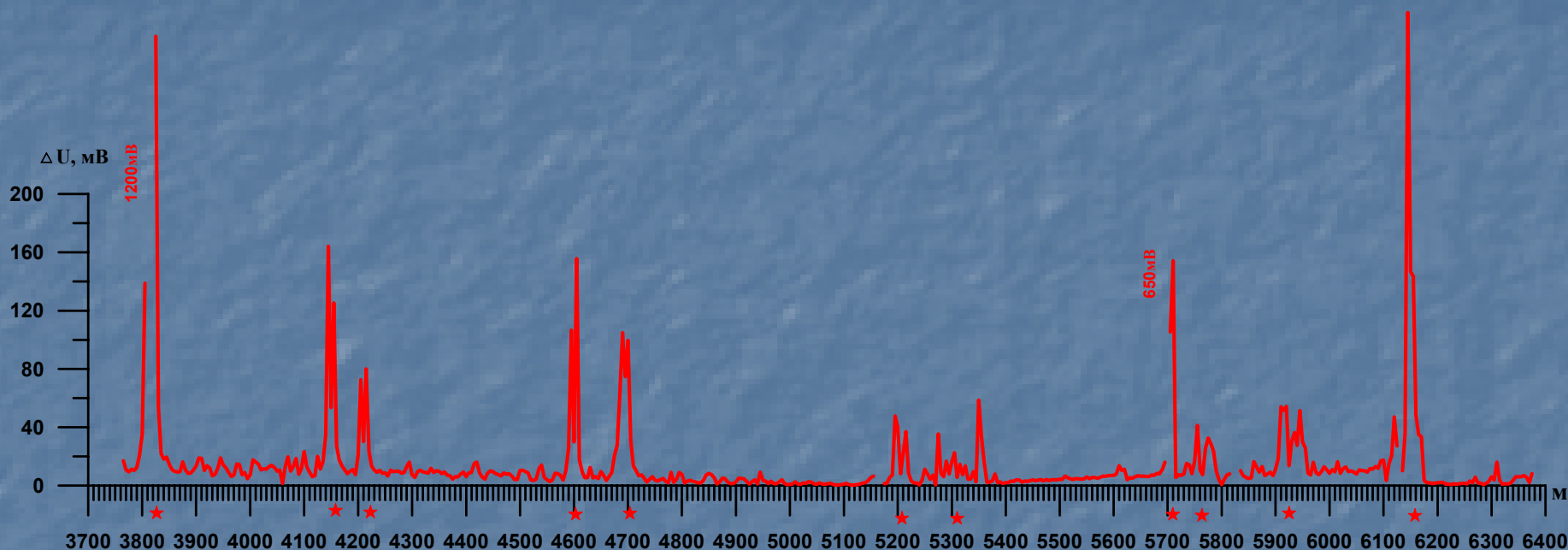


Бесконтактная и эквивалентная ей заземленная установка для поиска повреждений изоляции



незаземленная установка более технологична – измерения проводит один человек

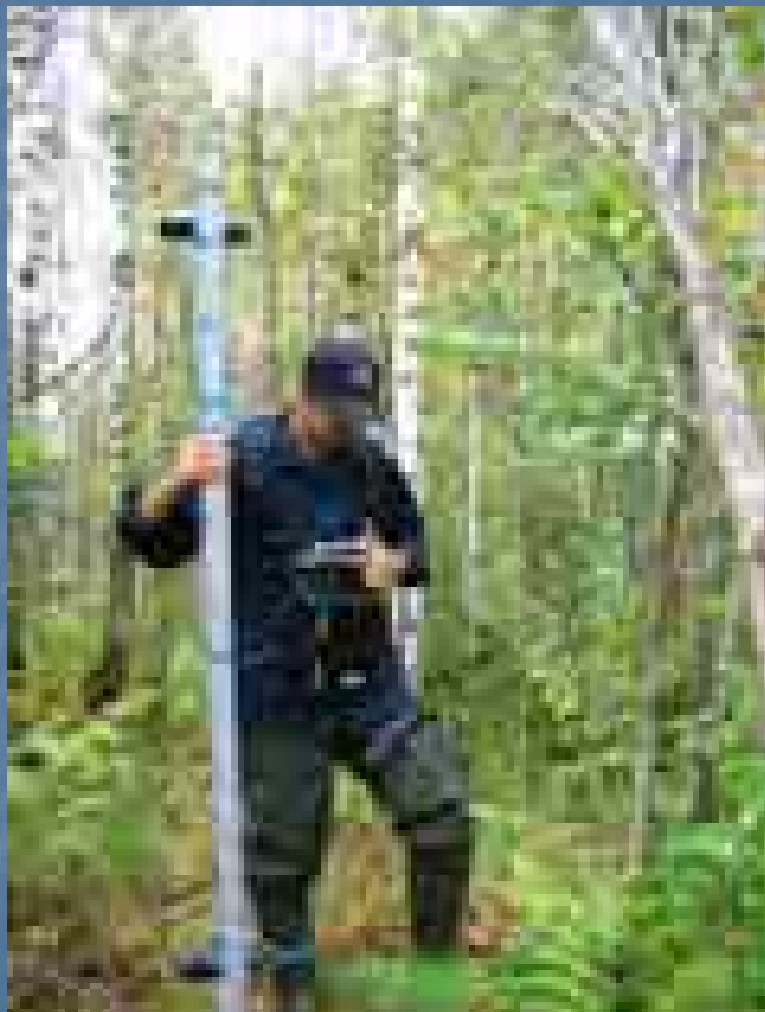
Применение установки с незаземленной приемной линией при обследовании изоляционного покрытия



— 1 ★ 2

1- кривая градиента потенциала, полученная с незаземленной установкой;
2- обнаруженные места повреждения изоляционного покрытия.

Интегральная количественная оценка состояния изоляции



Величина затухания тока в трубе позволяет сделать выводы о **переходном сопротивлении изоляции трубы** и оценить интегральную величину **площади сквозного дефекта** на единицу площади изоляционного покрытия

$$\alpha = 2000 \cdot \lg(A1 / A2) / L1-2 \quad [\text{мБ/м}], \text{ где}$$

$\lg(A1/A2)$ - десятичный логарифм отношения величин сигналов электромагнитного поля в трубопроводе, измеренных соответственно в точке 1 и точке 2 трубопровода;

$L1-2$ - расстояние между точками измерения 1 и 2, м

Ток в трубе рассчитывается по измеренной на двух высотах горизонтальной составляющей магнитного поля



Критерии интегральной оценки состояния изоляции

Сопротивление покрытия		Сквозные дефекты покрытия	
Состояние	Сопротивление $R_{и}$, Ом·м ²	Состояние	Площадь S_d , мм ² /м ²
Отличное	$1,0 \cdot 10^4$ и более	Не имеет дефектов	0,01 и менее
Хорошее	от $2,5 \cdot 10^3$ до $1,0 \cdot 10^4$	Мелкие одиночные дефекты	От 0,01 до 0,16
Удовлетворительное	от $5,0 \cdot 10^2$ до $2,5 \cdot 10^3$	Мелкие дефекты в небольшом количестве	От 0,16 до 4,0
Плохое	от 50,0 до $5,0 \cdot 10^2$	Значительная площадь оголения металла	От 4,0 до 400
Очень плохое	от 5,0 до 50,0	Покрытие сильно разрушено	От 400 до 40000
Совершенно разрушено	менее 5,0	Следы покрытия	40000 и более

В соответствии с ВРД 39-1.10-026-2001
Практическое руководство по определению
количественных характеристик покрытия
для организаций, проводящих электрометрические
обследования подземных трубопроводов

Определение количественных параметров изоляции



коэффициент затухания α зависит от:

D - диаметр трубопровода;

h - глубина заложения трубопровода;

h_t - толщина стенки трубопровода;

ρ_t - удельного электрического сопротивления стали трубы;

μ - магнитоэлектрические характеристики стали трубы;

$R_{и}$ - электрическое сопротивление изоляции трубопровода;

ε - диэлектрические характеристики изоляционного покрытия;

h_i - толщина изоляционного покрытия;

ρ - удельное электрическое сопротивление вмещающих грунтов;

f - частота электромагнитного поля в трубопроводе.

Сопротивление изоляционного покрытия $R_{и}$ оценивается с учетом основных из вышеприведенных параметров трубопровода, влияющих на коэффициент затухания α , по функциональной зависимости:

$$R_{и} = f(A_1, A_2, L_{1-2}, D, h, h_t, \varepsilon, h_p, \rho, f) [\text{Ом}\cdot\text{м}^2]$$

Площадь оголения трубопровода S , $\text{мм}^2/\text{м}^2$ на единицу площади изоляционного покрытия определяется из основного выражения для сопротивления изоляции трубопровода:

$$R_{и} = R_{и}^0 \cdot R_{д} / (R_{и}^0 + R_{д}) [\text{Ом}\cdot\text{м}^2]$$

$R_{и}^0$ - сопротивление изоляционного покрытия на начальный период эксплуатации, $\text{Ом}\cdot\text{м}^2$ (по данным катодной поляризации, а при их отсутствии – нормативное значение изоляционного покрытия);

$R_{д}$ - сопротивление дефектов (сквозных повреждений в изоляционном покрытии), $\text{Ом}\cdot\text{м}^2$





Площадь оголения трубопровода

Площадь оголения S поверхности трубопровода определяется площадью дефектных мест изоляционного покрытия, снижающей его сопротивление от нормативного до значения, полученного по данным измерения переменного тока в трубе по коэффициенту затухания α .

Электрическое сопротивление дефекта R_d , Ом·м², единичной площади S_d , м² определяется функциональной зависимостью:

$$R_d = f(R_{пл}, R_{пол}, R_{кан}, R_{рд}), \text{ где}$$

$R_{пл}$ - электрическое сопротивление пленки окислов дефекта;

$R_{пол}$ - сопротивление поляризации дефекта;

$R_{кан}$ - электрическое сопротивление канала дефекта; $R_{кан} = \rho \cdot h_{и} / S_d$,

$R_{рд}$ - сопротивление растеканию тока дефекта.

$$R_{пл} = R_m / S_d,$$

где $R_m \approx 5$ Ом·м² - среднее сопротивление покровного слоя дефекта, образующегося на поверхности стали, имеющей катодную защиту; порядок величины $R_m = 1 \div 10$ Ом·м²;

$$R_{пол} = dU / [j \cdot S_d],$$

где $dU = U_{п} - U_{ст} = 0,3 - 0,6$ В - поляризационное смещение потенциала дефекта

($U_{п}$ - поляризационный потенциал, $U_{ст}$ - стационарный потенциал);

$j = 0,1 \div 1,2$ А/м² - плотность тока поляризации дефекта;

$$R_{кан} = \rho \cdot h_{и} / S_d,$$

где $h_{и}$ - толщина изоляционного покрытия;

$$R_{рд} = \rho / [4 \cdot (S_d / \pi)^{1/2}].$$

Схема расчета электрического сопротивления дефекта изоляции



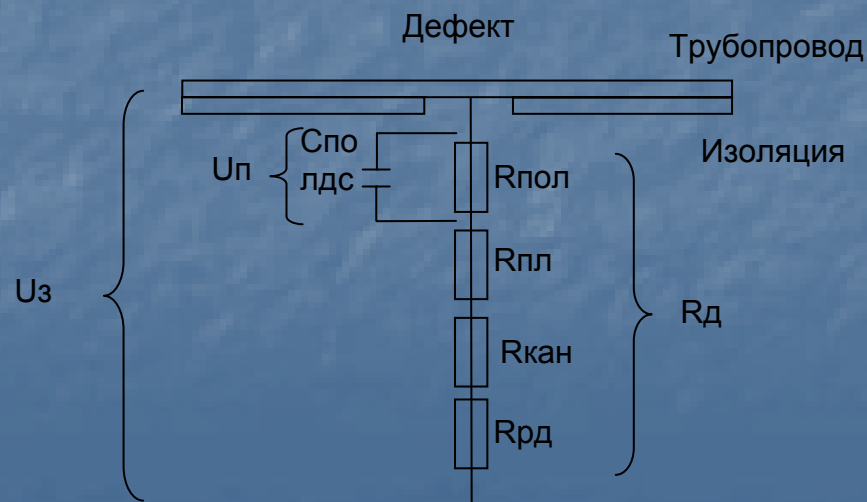
Значение $R_{пол}$ рассчитываются по фактически величинам $U_{п}$ и j , измеренным на стандартном датчике электрохимического потенциала.

Контроль подбора параметров дефекта $R_{пл}$, $R_{кан}$, $R_{рд}$ осуществляется по значениям измеренного защитного потенциала U_z с омической составляющей.

Расчет площади оголения S трубопровода выполняется по упрощенной эквивалентной схеме дефекта изоляционного покрытия с учетом фактических данных (U_z , $U_{п}$, $U_{ст}$, j , ρ), полученных в процессе электрометрических обследований трубопровода и поляризационной емкости ($C_{пол}$) двойного слоя сквозного дефекта.

Площадь оголения S поверхности трубопровода определяется подбором площади дефектных мест изоляционного покрытия, снижающей его сопротивление до значения $R_{п}$, полученного по данным измерения переменного тока в трубе по коэффициенту затухания α .

Эквивалентная электрическая схема дефекта изоляционного покрытия

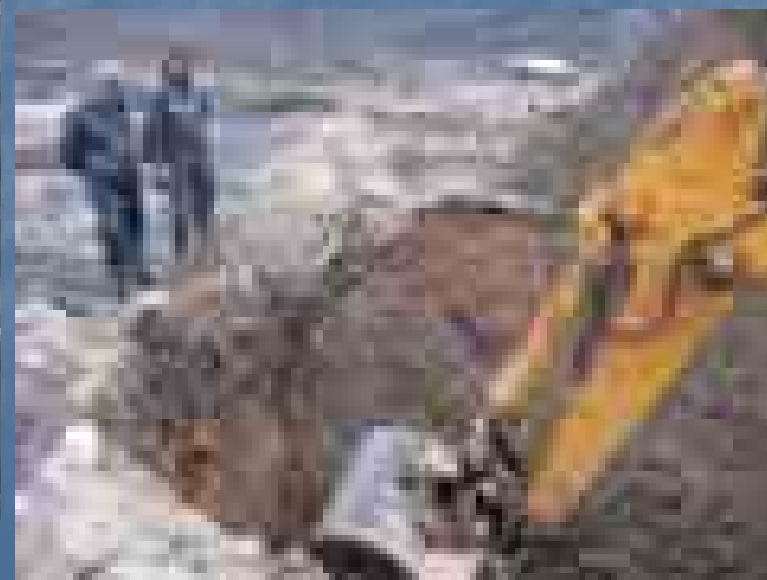


Комплексная интерпретация электрометрической диагностики



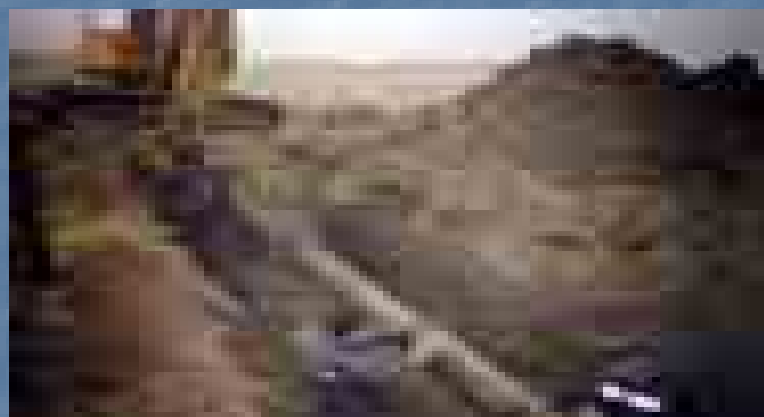


Обследование участков, выделенных по данным комплексной электрометрической диагностики в шурфах





Обследование участков, выделенных по данным комплексной электрометрической диагностики в шурфах





Вопросы докладчику

