

МИНИСТЕРСТВО СТРОИТЕЛЬСТВА ПРЕДПРИЯТИЙ
НЕФТЯНОЙ И ГАЗОВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

ВСЕСОЮЗНЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
ПО СТРОИТЕЛЬСТВУ МАГИСТРАЛЬНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ

ВНИИСТ

УКАЗАНИЯ

ПО ПРОГНОЗИРОВАНИЮ ИЗМЕНЕНИЯ ЗАЩИТНЫХ
СВОЙСТВ ИЗОЛЯЦИОННЫХ ПОКРЫТИЙ
И ПАРАМЕТРОВ УСТАНОВОК КАТОДНОЙ ЗАЩИТЫ
МАГИСТРАЛЬНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ

ВСН 1—53—74

Миннефтегазстрой



Москва 1974

МИНИСТЕРСТВО СТРОИТЕЛЬСТВА ПРЕДПРИЯТИЙ
НЕФТЯНОЙ И ГАЗОВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

ВСЕСОЮЗНЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
ПО СТРОИТЕЛЬСТВУ МАГИСТРАЛЬНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ
ВНИИСТ

УКАЗАНИЯ

ПО ПРОГНОЗИРОВАНИЮ ИЗМЕНЕНИЯ ЗАЩИТНЫХ
СВОЙСТВ ИЗОЛЯЦИОННЫХ ПОКРЫТИЙ
И ПАРАМЕТРОВ УСТАНОВОК КАТОДНОЙ ЗАЩИТЫ
МАГИСТРАЛЬНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ

ВСН 1—53—74

Миннефтегазстрой

ЦНТИ ВНИИСТа

Москва 1974

УДК 622.692.47.620.197(083.96)

Настоящие Указания разработаны сотрудниками ВНИИСТА А.М. Зиневичем, В.И. Глазковым, Н.П. Глазовым, А.М. Калашниковой и В.В. Глазковым на основании обобщения исследований характера старения изоляционных покрытий и изменения параметров катодной защиты во времени.

Указания предназначены для организаций Министерств нефтяной и газовой промышленности.

Замечания и предложения следует направлять по адресу: Москва, 105058, Окружной проезд, 19, ВНИИСТ, лаборатория электрозащиты.

Министерство строительства предприятий нефтяной и газовой промышленности	Ведомственные строительные нормы	ВСН 1-53-74
	Указания по прогнозированию изменения защитных свойств изоляционных покрытий и параметров установок катодной защиты магистральных трубопроводов	Миннефтегазстрой Разработаны впервые

I ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1. Магистральные стальные трубопроводы защищаются от подземной коррозии комплексно, т.е. изоляционными покрытиями и средствами электрохимической защиты.

1.2. В качестве изоляционных покрытий магистральных трубопроводов в настоящее время применяют покрытия на основе битумных мастик (нормальная изоляция толщиной 4,0 мм и усиленная - 6,0 мм) и полимерных материалов.

На трубопроводах, построенных до 1965 г., применялись в основном битумные изоляционные покрытия трех типов: нормальные - толщиной 3,0 мм, усиленные - 6,0 мм и весьма усиленные - 9,0 мм.

1.3. Изоляционные покрытия со временем стареют, в связи с чем ухудшаются их защитные свойства; число и размер дефектов в покрытии растет, увеличивая оголенность трубопровода.

Старение покрытий вызывает необходимость (для поддержания защитной плотности тока на данном участке сооружения в течение всего периода эксплуатации) либо увеличивать защитные токи катодных станций и их количество, либо ремонтировать изоляцию на данном участке.

Внесены ВНИИСТом	Утверждены Министерством нефтяной промышленности 23 апреля 1974 г.	Срок введения 1 января 1975 г. Срок действия до замены новым доку- ментом
---------------------	--	---

1.4. При проектировании комплексной защиты магистральных трубопроводов необходимо располагать информацией об изменении во времени состояния изоляционных покрытий и параметров электрозащиты.

1.5. Настоящие Указания предназначены для прогнозирования во времени свойств изоляционных покрытий и параметров электрозащиты на участках магистральных трубопроводов с катодной защитой.

1.6. При составлении настоящих Указаний были использованы результаты научно-исследовательских работ ВНИИСТА по выявлению закономерности изменения параметров защиты во времени, полученные на основе анализа статистических данных действующих трубопроводов и моделей, а также разработанных "Рекомендаций по прогнозированию эффективности защитного действия и долговечности изоляционных покрытий подземных магистральных трубопроводов" [1].

1.7. Прогнозирование изменения защитных свойств изоляционных покрытий, а следовательно, и параметров электрозащиты позволит:

сравнивать эффективность изоляционных покрытий с целью выбора наиболее оптимальных для конкретных условий эксплуатации;

оценивать состояние изоляционных покрытий на действующих трубопроводах в любой период эксплуатации;

планировать потребные мощности средств электрозащиты и затраты на их эксплуатацию.

1.8. Указания не распространяются на трубопроводы, уложенные или прокладываемые в районах многолетней мерзлоты и в горных условиях.

2 ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ ЗАЩИТНЫХ СВОЙСТВ ИЗОЛЯЦИОННЫХ ПОКРЫТИЙ МАГИСТРАЛЬНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ

2.1. Защитные свойства изоляционных покрытий магистральных трубопроводов со временем изменяются (снижаются) под влиянием многих факторов, вызванных условиями строительства и эксплуатации трубопроводов.

2.2. Защитные свойства изоляционных покрытий магистральных трубопроводов наиболее полно характеризуются переходным сопротивлением труба-земля.

2.3. Изменение переходного сопротивления труба-земля во времени характеризуется в общем случае кривой, представленной на рис.1. С течением времени переходное сопротивление изолиро-

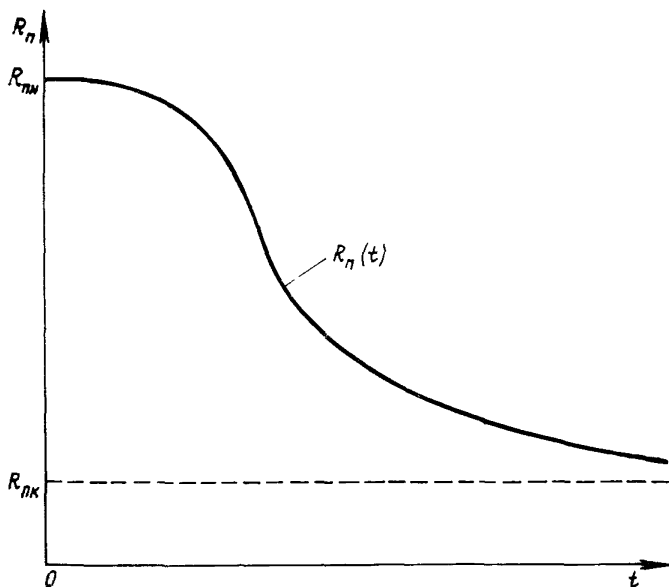


Рис.1. Изменение переходного сопротивления труба-земля R_n во времени t

ванного трубопровода $R_n(t)$ стремится к переходному сопротивлению неизолированного трубопровода $R_{нк}$.

2.4. Переходное сопротивление труба-земля изменяется во времени при $t \geq 1$ года, т.е. при покрытии, поры которого насыщены электролитом, по следующей закономерности:

$$R_n(t) = R_{nk} \left[\frac{R_{nh}}{R_{nk}} \right]^{\frac{t}{t_c + t}} \quad \text{Ом} \cdot \text{м}^2, \quad (1)$$

где R_{nk} — конечное переходное сопротивление труба-земля, Ом·м²;
 R_{nh} — начальное переходное сопротивление труба-земля, Ом·м²;
 t — время определения переходного сопротивления, годы;
 t_c — постоянная времени старения покрытия, годы.

2.5. Конечное переходное сопротивление труба-земля определяют как сопротивление растеканию неизолированного трубопровода R_p :

$$R_{nk} \approx R_p = \frac{\rho_r D}{2} \rho_n \frac{0.4 R_{nk}}{D^2 H R_\tau} \quad \text{Ом} \cdot \text{м}^2, \quad (2)$$

где ρ_r — удельное электрическое сопротивление грунта на глубине залегания трубы, Ом·м;
 D — диаметр трубопровода, м;
 H — глубина залегания трубопровода, м;
 R_τ — продольное сопротивление трубопровода, Ом/м.

Величина R_{nk} определяется по номограмме (приложение I) в зависимости от удельного электрического сопротивления грунта, диаметра трубопровода при глубине его залегания I м до верхней образующей.

2.6. Величина удельного электрического сопротивления грунта определяется путем измерений с помощью четырехэлектродной симметричной установки. Методика измерений и обработки результатов изложена в "Инструкции по расчету и проектированию катодной защиты трубопроводов от подземной коррозии" [2].

2.7. Продольное сопротивление трубопровода определяется по формуле

$$R_\tau = \frac{\rho_r \cdot 10^{-6}}{\pi (D - \delta) \delta} \quad \text{Ом/м}, \quad (3)$$

где ρ_r — удельное электрическое сопротивление трубной стали, $\frac{\text{Ом} \cdot \text{мм}^2}{\text{м}}$;

δ — толщина стенки трубопровода, м.

Величины удельного электрического сопротивления различных марок трубной стали приведены в табл. I

Таблица I

№ п/п	Марка трубной стали	Удельное электрическое сопротивление трубной стали при температуре 200С, $\frac{\text{Ом} \cdot \text{мм}^2}{\text{м}}$
1.	I7ГС	0,247
2.	I7Г2СФ	0,245
3.	08Г2СФ	0,243
4.	I8Г2	0,218
5.	I8Г2САФ	0,266
6.	I8ХГ2САФ	0,260
7.	I5ГСТЮ	0,281
8.	СТЗ	0,218

Продольное сопротивление трубопровода из стали с удельным электрическим сопротивлением, равным 0,245 $\frac{\text{Ом} \cdot \text{мм}^2}{\text{м}}$ приведено в приложении 2.

Если марка трубной стали неизвестна, то величина ρ_r принимается равной 0,245 $\frac{\text{Ом} \cdot \text{мм}^2}{\text{м}}$.

П р и м е ч а н и е . При определении продольного сопротивления трубопровода необходимо учитывать влияние температуры по формуле

$$R_{rt} = R_{r20} [1 + \alpha (t^\circ - 20^\circ)],$$

где R_{rt} и R_{r20} - продольное сопротивление соответственно при температуре трубопровода t° (в $^\circ\text{C}$) и при 200С, $\frac{\text{Ом} \cdot \text{мм}^2}{\text{м}}$;

α - температурный коэффициент, $\frac{1}{^\circ\text{C}}$.

Средняя величина α для трубных сталей равна $0,0035 \frac{1}{^\circ\text{C}}$.

2.8. Начальное переходное сопротивление труба-земля для проектируемых трубопроводов, подлежащих испытанию методом катодной поляризации [2], принимается равным $10^4 \text{ Ом} \cdot \text{м}^2$.

2.9. Пределы изменения постоянной времени старения покрытия (для ориентировочных расчетов) в зависимости от характеристики грунта и его удельного электрического сопротивления приведены в табл.2.

Таблица 2

Тип изоляционного покрытия	Пределы изменения постоянной времени старения покрытия для грунтов		
	: песчано-глинистых		: солончаковых
	: $\rho=10-50 \text{ Ом}\cdot\text{м}$; $\rho=20-200 \text{ Ом}\cdot\text{м}$; $\rho=1-10 \text{ Ом}\cdot\text{м}$		

Битумное:

нормальное ($\delta_n = 4 \text{ мм}$)	8-16	16-30	4-8
---	------	-------	-----

усиленное ($\delta_n = 6 \text{ мм}$)	12-20	20-40	8-16
--	-------	-------	------

Полимерное пленочное:

однослойное	12-25	25-45	6-12
-------------	-------	-------	------

двухслойное	20-40	40-50	10-20
-------------	-------	-------	-------

2.10. При прогнозировании изменения переходного сопротивления во времени на действующих магистральных трубопроводах постоянная времени старения T_0 определяется из следующего выражения:

$$T_0 = t_1 \frac{\varrho_n R_n(t_1) - \varrho_n R_{nk}}{\varrho_n R_{nn} - \varrho_n R_n(t_1)} \text{ годы}, \quad (4)$$

где t_1 - время измерения переходного сопротивления (время отсчитывается с момента укладки трубопровода в грунт), годы;

$R_n(t_1)$ - переходное сопротивление труба-земля на рассматриваемом участке трубопровода в момент времени t_1 , Ом·м²;

R_{nn} - переходное сопротивление труба-земля на том же участке в начальное время ($t = 0$), Ом·м².

П р и м е ч а н и е . Интервал времени ($0-t_1$) должен быть больше времени, при котором выполняется условие:

$$\frac{R_{nn} - R_n(t_1)}{R_{nn}} \cdot 100\% > \varepsilon,$$

где ξ - относительная погрешность измерения (определения) переходного сопротивления, %. Для практических расчетов $\xi \approx 10\%$.

2.11. Если начальное переходное сопротивление $R_{пн}$ на действующих трубопроводах по каким-либо причинам не определялось, то постоянную времени старения необходимо определять по выражению:

$$T_c = t_2 - t_1 \frac{\lg R_n(t_2) - \lg R_{пк}}{\lg R_n(t_1) - \lg R_{пк}} - t_1 \text{ годы,} \quad (5)$$

где t_1 и t_2 - значения времени определения переходного сопротивления труба-земля, год;

$R_n(t_1)$ и $R_n(t_2)$ - переходные сопротивления труба-земля соответственно в моменты t_1 и t_2 , Ом·м².

2.12. Переходное сопротивление труба-земля в любой год эксплуатации $R_n(t_1, t_2 \text{ и т.д.})$ определяется по данным измерений защитной разности потенциалов труба-земля в соответствии с методикой (приложение 3).

2.13. Начальное значение переходного сопротивления труба-земля в этом случае следует определять по формуле

$$R_{пн} = R_{пк} \left[\frac{R_n(t_1)}{R_{пк}} \right]^{\frac{T_c + t}{T_c}} \text{ Ом·м}^2. \quad (6)$$

2.14. При прогнозировании изменения переходного сопротивления труба-земля по данным измерения (определения) переходного сопротивления в какой-либо момент эксплуатации следует применять формулу

$$R_n(t) = R_{пк} \left[\frac{R_n(t_m)}{R_{пк}} \right]^{\frac{T_c + t_m}{T_c + t}} \text{ Ом·м}^2, \quad (7)$$

где $R_n(t_m)$ - значение переходного сопротивления в момент времени t_m .

2.15. Время t_m , в течение которого величина переходного сопротивления труба-земля снизилась до определенной, наперед заданной величины $R_n(t_m)$, определяется выражением:

$$t_m = T_c \frac{\rho_n R_{nm} - \rho_n R_n(t_m)}{\rho_n R_n(t_m) - \rho_n R_{nk}} \text{ лет.} \quad (8)$$

2.16. Прогнозирование изменения состояния изоляционного покрытия во времени по изменению средней величины переходного сопротивления труба-земля (по длине защитной зоны) производится в соответствии с выражением:

$$R_n(t) = \frac{\bar{U}}{\bar{j}(t)} \text{ Ом} \cdot \text{м}^2, \quad (9)$$

где \bar{U} - среднее значение наложенной разности потенциалов труба-земля на участке трубопровода, равном длине защитной зоны одной УКЗ, В;

$\bar{j}(t)$ - среднее значение плотности тока на этом участке, А/м².

2.17. Среднее значение наложенной разности потенциалов труба-земля при работе двух смежных установок катодной защиты (УКЗ) равно

$$\bar{U} = \frac{U_0}{\rho_n \frac{2U_0}{U_m}} \left(1 - \frac{U_m^2}{4U_0^2} \right) \text{ В,} \quad (10)$$

где U_0 и U_m - наложенная разность потенциалов труба-земля соответственно в точке дренажа и в конце плеча защитной зоны (минимальное по абсолютной величине значение наложенной разности потенциалов труба-земля между этими УКЗ), В.

2.18. Плотность тока определяется из данных измерений силы тока УКЗ и длины защитной зоны

$$\bar{j} = \frac{J}{\pi DL} \text{ А/м}^2, \quad (11)$$

где J - сила тока УКЗ, А;

L - длина защитной зоны, м.

2.19. Изменение средней плотности тока во времени с момента укладки трубопровода и до 20 лет описывается следующим уравнением регрессии

$$\bar{j}(t) = \bar{j}_H \cdot e^{\beta t} \quad \text{А/м}^2, \quad (12)$$

где \bar{j}_H - средняя плотность тока в начальный период эксплуатации (после завершения влагонасыщения покрытия), А/м^2 . При $t = 0$, $\bar{j}(0) = \bar{j}_H$;
 β - коэффициент, характеризующий скорость изменения плотности тока во времени, I/год .

Коэффициент β принимает значения от 0,118 до 0,133 I/год . Для приближенных расчетов величину β следует принимать равной 0,125 I/год .

2.20. Для прогнозирования изменения плотности тока на действующих трубопроводах в формулу (12) вместо \bar{j}_H достаточно подставить значение средней плотности тока в любой момент времени $\bar{j}(t_m)$, тогда величина $\bar{j}(t)$ будет равна

$$\bar{j}(t) = \bar{j}(t_m) \cdot e^{\beta(t-t_m)}, \quad (13)$$

где t_m - момент времени измерения (определения) плотности тока $\bar{j}(t_m)$, годы.

2.21. Величина β может быть скорректирована по данным измерения силы тока и длины защитной зоны катодных установок по формуле $\beta = \frac{c_{nj2} - c_{nj1}}{t_2 - t_1}$. Для этого строится график зависимости плотности тока от времени в координатах c_{nj} и t . Точки измерений осредняются прямой линией (рис.2).

2.22. Прогнозирование изменения переходного сопротивления труба-земля на действующих трубопроводах в период от 1 до 20 лет может осуществляться по формуле

$$R_n(t) = R_{nH} \cdot e^{\beta t} \quad \text{Ом.м}^2. \quad (14)$$

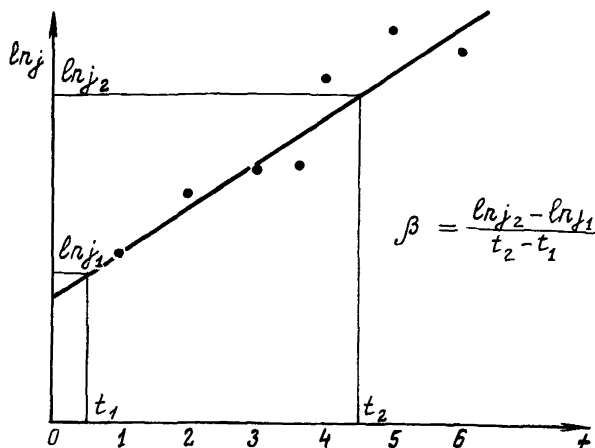


Рис.2. Пример определения коэффициента β по результатам измерения плотности тока на действующем трубопроводе

3 ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ УСТАНОВОК КАТОДНОЙ ЗАЩИТЫ

3.1. Основными параметрами установок катодной (электрохимической) защиты являются сила защитного тока и длина защитной зоны, которые определяются величиной переходного сопротивления.

В зависимости от значения этих параметров при проектировании решается вопрос о выборе мощности электрохимических установок, типе и количестве анодных заземлений, длине дренажных проводов, а также о размещении электрозащитных установок по трассе магистрального трубопровода.

3.2. Основные параметры электрохимической защиты зависят

от целого ряда исходных данных, из которых только переходное сопротивление труба-земля существенно изменяется во времени.

3.3. Изменение переходного сопротивления труба-земля во времени в первую очередь сказывается на изменении входного сопротивления трубопровода и постоянной распространения тока вдоль трубопровода. Эти два параметра в свою очередь определяют изменение во времени силы тока и длины защитной зоны установок катодной защиты.

3.4. Входное сопротивление трубопровода как функцию времени $Z(t)$ следует определять из выражения

$$Z(t) = \frac{1}{2} \sqrt{R_T \cdot R_n(t)} \quad (15)$$

или

$$Z(t) = Z_H \omega(t), \quad (15a)$$

где R_T - продольное сопротивление трубопровода, Ом/м.
Величина R_T определяется в соответствии с требованиями п. 2.7 настоящих Указаний;

Z_H - входное сопротивление трубопровода в начальный период эксплуатации, Ом;

$$Z_H = \frac{1}{2} \sqrt{R_T \cdot R_{nH}}; \quad (16)$$

$\omega(t)$ - коэффициент, характеризующий изменение защитных свойств покрытий (безразмерная величина)

$$\omega(t) = \left(\frac{R_{nK}}{R_{nH}} \right)^{\frac{t}{2(\tau_0 + \tau)}}. \quad (17)$$

При использовании данных вероятностно-статистического анализа при времени, меньшем 20 лет

$$\omega(t) = e^{-\frac{\beta t}{2}}. \quad (18)$$

3.5. Постоянную распространения тока вдоль трубопровода $\alpha(t)$ как функцию времени следует определять из выражения:

$$\alpha(t) = \sqrt{\frac{R_T}{R_n(t)}} \quad \text{1/м} \quad (19)$$

или

$$\alpha(t) = \frac{\alpha_H}{\omega(t)} \quad \text{I/м}, \quad (19)$$

где α_H - постоянная распространения тока вдоль трубопровода в начальный период эксплуатации трубопровода

$$\alpha_H = \sqrt{\frac{R_T}{R_{PH}}} \quad \text{I/м} \quad (20)$$

3.6. Прогнозирование изменения силы тока и длины защитной зоны следует производить по соответствующим расчетным методикам, изложенным в "Инструкции по расчету и проектированию катодной защиты трубопроводов от подземной коррозии", ВСН 2-19-70 [2]. В расчетные выражения подставляют значения переходного сопротивления труба-земля или входного сопротивления трубопровода и постоянной распространения тока как функций времени, определяемые в соответствии с настоящими Указаниями (пп.2.22, 3.4 и 3.5).

3.7. Прогнозирование изменения силы тока $\mathcal{I}(t)$ во времени для приближенных расчетов при заданном и неизменном интервале расстановки катодных станций следует производить по формуле

$$\mathcal{I}(t) = \mathcal{I}_H \frac{1}{\omega(t)} \quad \text{А}, \quad (21)$$

где $\mathcal{I}(t)$ - сила тока в момент времени t , А;
 \mathcal{I}_H - начальная сила тока защитной установки, А;
 t - момент времени определения силы тока, годы.

3.8. Прогнозирование изменения длины защитной зоны во времени для приближенных расчетов следует производить по формуле

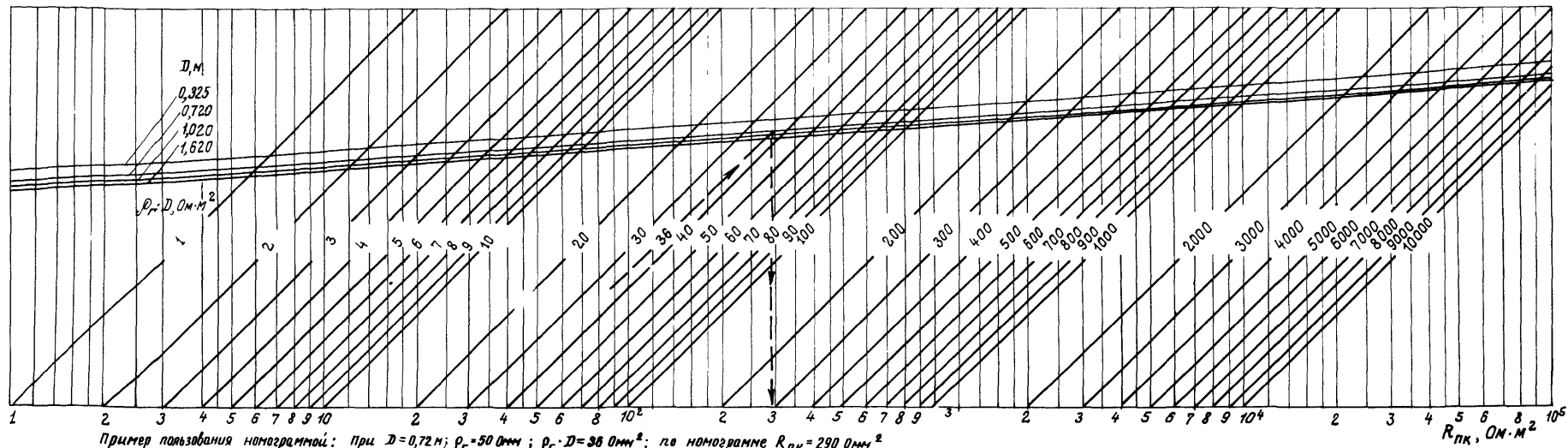
$$L(t) = L_H \cdot \omega(t) \quad \text{м}, \quad (22)$$

где $L(t)$ - длина защитной зоны в момент времени t , м;
 L_H - начальная длина защитной зоны, м.

3.9. Прогнозирование изменения параметров электрозащиты параллельных трубопроводов следует производить по вышеприведенным выражениям. Сила тока в трубопроводе при этом определяется в соответствии с методикой (приложение 4).

ПРИЛОЖЕНИЯ

Номограмма для определения конечного переходного сопротивления труба-земля $R_{пк}$



Диаметр трубо- провода, мм	Толщина стенки, мм																								Диаметр трубопро- вода, мм		
	4	5	5,5	6	6,5	7	7,5	8	8,5	9	9,5	10	10,5	11	11,5	12	12,5	14	15	16	17	20	22	25		30	
146	137 · 10 ⁻⁶	111 · 10 ⁻⁶	101 · 10 ⁻⁶	92,9 · 10 ⁻⁶	86,1 · 10 ⁻⁶	80,2 · 10 ⁻⁶	75,1 · 10 ⁻⁶	70,7 · 10 ⁻⁶																			146
152	132 · 10 ⁻⁶	106 · 10 ⁻⁶	96,8 · 10 ⁻⁶	89,1 · 10 ⁻⁶	82,5 · 10 ⁻⁶	76,9 · 10 ⁻⁶	72,0 · 10 ⁻⁶	67,7 · 10 ⁻⁶																			152
159	126 · 10 ⁻⁶	101 · 10 ⁻⁶	92,4 · 10 ⁻⁶	85,0 · 10 ⁻⁶	78,7 · 10 ⁻⁶	73,3 · 10 ⁻⁶	68,7 · 10 ⁻⁶	64,6 · 10 ⁻⁶																			159
168	119 · 10 ⁻⁶	95,7 · 10 ⁻⁶	87,3 · 10 ⁻⁶	80,3 · 10 ⁻⁶	74,3 · 10 ⁻⁶	69,2 · 10 ⁻⁶	64,8 · 10 ⁻⁶	61,0 · 10 ⁻⁶																			168
180	111 · 10 ⁻⁶	89,2 · 10 ⁻⁶	81,3 · 10 ⁻⁶	74,7 · 10 ⁻⁶	69,2 · 10 ⁻⁶	64,4 · 10 ⁻⁶	60,3 · 10 ⁻⁶	56,7 · 10 ⁻⁶																			180
194	103 · 10 ⁻⁶	82,6 · 10 ⁻⁶	75,3 · 10 ⁻⁶	69,2 · 10 ⁻⁶	64,0 · 10 ⁻⁶	59,6 · 10 ⁻⁶	55,8 · 10 ⁻⁶	52,4 · 10 ⁻⁶																			194
219	90,7 · 10 ⁻⁶	73,2 · 10 ⁻⁶	66,5 · 10 ⁻⁶	61,1 · 10 ⁻⁶	56,5 · 10 ⁻⁶	52,6 · 10 ⁻⁶	49,2 · 10 ⁻⁶	46,2 · 10 ⁻⁶																			219
245	80,9 · 10 ⁻⁶	65,0 · 10 ⁻⁶	59,2 · 10 ⁻⁶	54,4 · 10 ⁻⁶	50,3 · 10 ⁻⁶	46,8 · 10 ⁻⁶	43,8 · 10 ⁻⁶	41,1 · 10 ⁻⁶																			245
273	72,5 · 10 ⁻⁶	58,2 · 10 ⁻⁶	53,0 · 10 ⁻⁶	48,7 · 10 ⁻⁶	45,0 · 10 ⁻⁶	41,9 · 10 ⁻⁶	39,2 · 10 ⁻⁶	36,8 · 10 ⁻⁶																			273
299	66,1 · 10 ⁻⁶	53,1 · 10 ⁻⁶	48,3 · 10 ⁻⁶	44,4 · 10 ⁻⁶	41,0 · 10 ⁻⁶	38,2 · 10 ⁻⁶	35,7 · 10 ⁻⁶	33,5 · 10 ⁻⁶																			299
325	60,8 · 10 ⁻⁶	48,8 · 10 ⁻⁶	44,4 · 10 ⁻⁶	40,8 · 10 ⁻⁶	37,7 · 10 ⁻⁶	35,1 · 10 ⁻⁶	32,8 · 10 ⁻⁶	30,8 · 10 ⁻⁶																			325
377	52,3 · 10 ⁻⁶	41,9 · 10 ⁻⁶	38,2 · 10 ⁻⁶	35,1 · 10 ⁻⁶	32,4 · 10 ⁻⁶	30,1 · 10 ⁻⁶	28,2 · 10 ⁻⁶	26,4 · 10 ⁻⁶	24,9 · 10 ⁻⁶	22,9 · 10 ⁻⁶	20,8 · 10 ⁻⁶															377	
426	46,2 · 10 ⁻⁶	37,1 · 10 ⁻⁶	33,7 · 10 ⁻⁶	31,0 · 10 ⁻⁶	28,6 · 10 ⁻⁶	26,6 · 10 ⁻⁶	24,9 · 10 ⁻⁶	23,3 · 10 ⁻⁶	22,0 · 10 ⁻⁶	20,8 · 10 ⁻⁶																426	
530		29,7 · 10 ⁻⁶	27,1 · 10 ⁻⁶	24,8 · 10 ⁻⁶	22,9 · 10 ⁻⁶	21,3 · 10 ⁻⁶	19,9 · 10 ⁻⁶	18,7 · 10 ⁻⁶	17,6 · 10 ⁻⁶	16,6 · 10 ⁻⁶																530	
720					16,8 · 10 ⁻⁶	15,6 · 10 ⁻⁶	14,6 · 10 ⁻⁶	13,7 · 10 ⁻⁶	12,9 · 10 ⁻⁶	12,2 · 10 ⁻⁶	11,6 · 10 ⁻⁶	11,0 · 10 ⁻⁶	10,5 · 10 ⁻⁶	10,0 · 10 ⁻⁶												720	
820							12,8 · 10 ⁻⁶	12,0 · 10 ⁻⁶	11,3 · 10 ⁻⁶	10,7 · 10 ⁻⁶	10,1 · 10 ⁻⁶	9,63 · 10 ⁻⁶	9,18 · 10 ⁻⁶	8,77 · 10 ⁻⁶	8,39 · 10 ⁻⁶											820	
1020										8,58 · 10 ⁻⁶	8,13 · 10 ⁻⁶	7,72 · 10 ⁻⁶	7,36 · 10 ⁻⁶	7,03 · 10 ⁻⁶	6,73 · 10 ⁻⁶	6,45 · 10 ⁻⁶	6,20 · 10 ⁻⁶	5,94 · 10 ⁻⁶	5,68 · 10 ⁻⁶	5,44 · 10 ⁻⁶					1020		
1220														5,87 · 10 ⁻⁶	5,61 · 10 ⁻⁶	5,38 · 10 ⁻⁶	5,17 · 10 ⁻⁶	4,96 · 10 ⁻⁶	4,75 · 10 ⁻⁶	4,55 · 10 ⁻⁶	3,82 · 10 ⁻⁶	3,25 · 10 ⁻⁶			1220		
1420																		3,96 · 10 ⁻⁶	3,70 · 10 ⁻⁶	3,47 · 10 ⁻⁶	3,27 · 10 ⁻⁶	2,79 · 10 ⁻⁶			1420		
1620 ^{xx}																		3,47 · 10 ⁻⁶	3,24 · 10 ⁻⁶	3,04 · 10 ⁻⁶	2,86 · 10 ⁻⁶	2,44 · 10 ⁻⁶	2,22 · 10 ⁻⁶	1,96 · 10 ⁻⁶	1,64 · 10 ⁻⁶	1620	

^х Удельное сопротивление трубной стали принималось при температуре 20°С равным 0,245 Ом·мм²/м.

^{xx} Ориентировочные значения.

МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПЕРЕХОДНОГО
СОПРОТИВЛЕНИЯ ТРУБА-ЗЕМЛЯ

Переходное сопротивление труба-земля на действующих трубопроводах в любой год эксплуатации $R_n(t_1); R_n(t_2) \dots R_n(t)$ на участке ℓ_{12} определяется по данным измерений разности потенциалов труба-земля:

$$R_n(t) = \frac{\pi D R_T \ell_{12}^2}{\ell_n^2 \frac{U_{T3_1}(t)}{U_{T3_2}(t)}} \quad \text{Ом} \cdot \text{м}^2,$$

где U_{T3_1} и U_{T3_2} - наложенные разности потенциалов труба-земля соответственно в точках x_1 и x_2 трубопровода (рис.3);
 ℓ_{12} - расстояние между точками измерений, м.

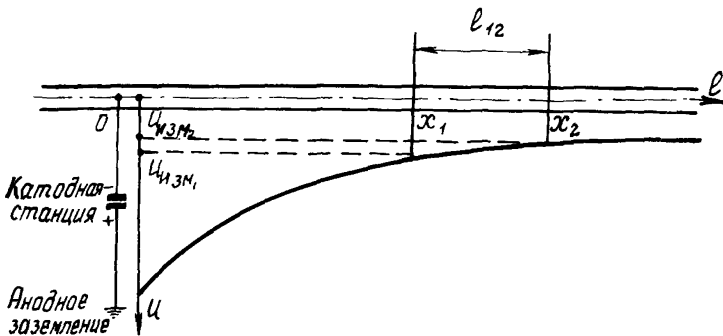


Рис.3. Схема определения переходного сопротивления труба-земля изолированных магистральных трубопроводов

Наложенную разность потенциалов по данным измерений определяют следующим образом:

$$U_{T3_1} = U_{изм1} - U_{x_1} \quad \text{В},$$

а $U_{изм1}$ - общая защитная разность потенциалов труба-земля, измеренная в точке x_1 ;

U_{e_1} - естественная разность потенциалов труба-земля в точке x_1 ;

$U_{r_{32}}$ - определяется аналогично $U_{r_{31}}$.

П р и м е ч а н и е . При проведении измерений необходимо соблюдать следующие условия:

1) должна работать только одна УКЗ, а две соседние с УКЗ должны быть выключены;

2) точки измерений с целью исключения влияния поля анодного заземления должны находиться на расстоянии $x_1 \geq 5y$ (y - расстояние от трубопровода до анодного заземления при этом $\ell_{r2} = x_2 - x_1 < \frac{x_1}{2}$);

3) $|U_{изм_1}| > |U_{изм_2}|$ и они должны отличаться друг от друга и от величины U_e не менее чем на 0,05 В;

4) не рекомендуется точки измерений выбирать на трубопроводе в местах, где $|U_{r3}| < 0,1$ В.

ИЗМЕРЕНИЕ СИЛЫ ТОКА ЗАЩИТЫ В ПАРАЛЛЕЛЬНЫХ ТРУБОПРОВОДАХ

1. Защита параллельных трубопроводов может осуществляться одной или несколькими катодными установками.

2. При отсутствии глухой электрической перемычки или технологической перемычки между трубопроводами сила тока в каждом трубопроводе измеряется непосредственно вольтметрами, если это предусмотрено схемой установки.

3. Мощность, затраченная на защиту какого-либо из параллельных трубопроводов, определяется из выражения:

$$P_i = P_{об} \frac{J_i}{J_{об}},$$

где P_i — мощность, затраченная на i -тый трубопровод, кВт;

$P_{об}$ — мощность, потребляемая катодной установкой, кВт;

J_i — сила тока защиты i -го трубопровода, А;

$J_{об}$ — сила тока защиты катодной установки, А.

4. При наличии технологической или глухой электрической перемычки между трубопроводами сила тока защиты определяется путем измерения падения напряжения на трубопроводе справа и слева от точки дренажа (перемычки). Расчет силы тока проводится по формуле

$$J_i = \frac{\Delta V_{\lambda i}}{r_{\lambda i}} + \frac{\Delta V_{\pi i}}{r_{\pi i}} \quad \text{А},$$

где $\Delta V_{\lambda i}$ и $\Delta V_{\pi i}$ — падение напряжения на участке трубопровода соответственно справа и слева от точки дренажа (перемычки), В;

$r_{\lambda i}$ и $r_{\pi i}$ — сопротивление участка трубопровода, на котором измеряется падение напряжения соответственно слева и справа от точки дренажа (перемычки), Ом;

$$r_r = R_r \ell \quad \text{Ом},$$

где R_r — продольное сопротивление трубопровода, Ом/м;

ℓ - длина участка, на котором измеряется падение напряжения, м.

Схема определения тока в параллельных трубопроводах по падению напряжения приведена на рис.4.

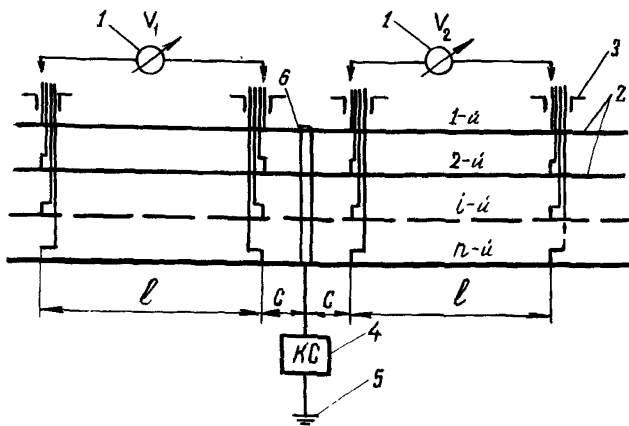


Рис.4. Схема определения тока в параллельных трубопроводах по падению напряжения:

1-измерительный прибор; 2-параллельные трубопроводы; 3-контрольно-измерительный пункт; 4-катодная станция; 5-анодное заземление; 6-перемычка

Величину ℓ рекомендуется принимать равной 500 м, а расстояние от точки дренажа до начала участка измерений c - не менее трех диаметров трубопровода.

ЛИТЕРАТУРА

1. Рекомендации по прогнозированию эффективности защитного действия и долговечности изоляционных покрытий подземных магистральных трубопроводов. М., ОНТИ ВНИИСТА, 1969.

2. Инструкция по проектированию и расчету катодной защиты трубопроводов. М., ОНТИ ВНИИСТА, 1971.

3. З и н е в и ч А. М. Долгосрочное прогнозирование эффективности изоляционных покрытий подземных трубопроводов. М., ВНИИЭгазпром, 1969.

4. Инструкция по контролю состояния изоляции законченных строительством участков трубопроводов катодной поляризацией. М., ОНТИ ВНИИСТА, 1972.

СОДЕРЖАНИЕ

1. Общие положения	3
2. Прогнозирование изменения защитных свойств изоляционных покрытий магистральных трубопроводов	4
3. Прогнозирование изменения параметров установок катодной защиты	12
Приложения	15
Литература	21

У к а з а н и я
по прогнозированию изменения защитных свойств
изоляционных покрытий и параметров установок
катодной защиты магистральных трубопроводов

ВСН 1-53-74

Миннефтегазстрой

Издание ЦНТИ ВНИИСТА

Редактор Панкратьева Л.С.

Корректор Хорошева А.А.

Технический редактор Березева Т.В.

Д- 74466	Подписано в печать 8.X.1974г	формат 60х84/16
Печ.л. 1,5	Уч.-изд.л. 1,2	Усл.п.л. 1,4
Тираж 300 экз	Цена 12 коп.	Заказ 291

Ротапринт ВНИИСТА