

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 I-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 I-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 Министерства 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 Указания по прогнозированию изменения защитных свойств изоляционных покрытий и параметров установок катодной защиты магистральных трубопроводов	ВСН I-53-74 Миннефтегазстрой Разработаны впервые
--	---	--

## I ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

I.1. Магистральные стальные трубопроводы защищаются от подземной коррозии комплексно, т.е. изоляционными покрытиями и средствами электрохимической защиты.

I.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.

I.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 позволяет:

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 трубы-земля.

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

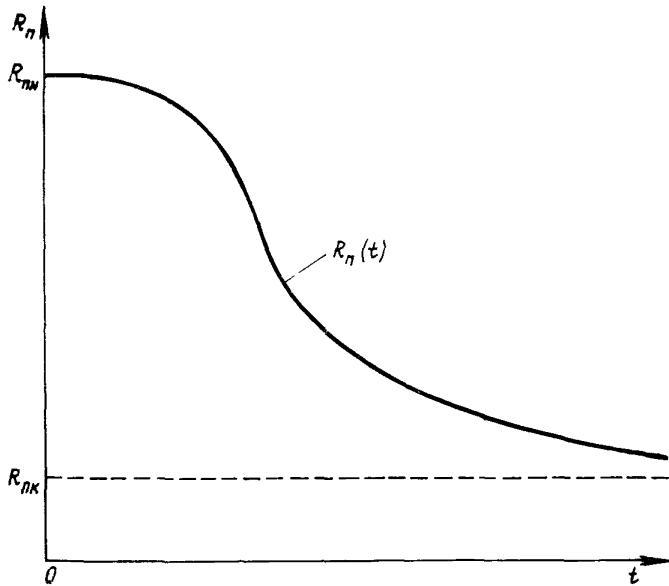


Рис. I. Изменение переходного сопротивления трубы-земля  $R_n$  во времени  $t$

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

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

$$R_{pk}(t) = R_{pk} \left[ \frac{R_{ph}}{R_{pk}} \right]^{\frac{T_c}{T_c+t}} \text{ Ом·м}^2, \quad (1)$$

где  $R_{pk}$  – конечное переходное сопротивление трубы-земля,  $\text{Ом}\cdot\text{м}^2$ ;

$R_{ph}$  – начальное переходное сопротивление трубы-земля,  $\text{Ом}\cdot\text{м}^2$ ;

$t$  – время определения переходного сопротивления, годы;

$T_c$  – постоянная времени старения покрытия, годы.

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

$$R_{pk} \approx R_p = \frac{\rho_r D}{2} \ln \frac{0.4 R_{pk}}{D^2 H R_T} \text{ Ом}\cdot\text{м}^2, \quad (2)$$

где  $\rho_r$  – удельное электрическое сопротивление грунта на глубине залегания трубы,  $\text{Ом}\cdot\text{м}$ ;

$D$  – диаметр трубопровода, м;

$H$  – глубина залегания трубопровода, м;

$R_T$  – продольное сопротивление трубопровода,  $\text{Ом}/\text{м}$ .

Величина  $R_{pk}$  определяется по nomogramme (приложение I) в зависимости от удельного электрического сопротивления грунта, диаметра трубопровода при глубине его залегания 1 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

$$R_T = \frac{\rho_r \cdot 10^{-6}}{\pi (D - \delta)^2} \text{ Ом}/\text{м}, \quad (3)$$

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

$\delta$  – толщина стенки трубопровода, м.

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

Таблица I

№/п	Марка трубной стали	Удельное электрическое сопротивление трубной стали при температуре 20°C, $\frac{\text{Ом} \cdot \text{мм}}{\text{м}}$
1.	I7ГС	0,247
2.	I7Р2СФ	0,245
3.	08Р2СФ	0,243
4.	I8Р2	0,218
5.	I8Р2САФ	0,266
6.	I8ХР2САФ	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  $\rho_t$  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

$$R_{t,t^0} = R_{t=20^\circ} [1 + \alpha (t^0 - 20^\circ)],$$

где  $R_{t,t^0}$  и  $R_{t=20^\circ}$  - продольное сопротивление соответственно при температуре трубопровода  $t^\circ$  (в °С) и при 20°C,  $\text{Ом} \cdot \text{м}/\text{м}$ ;

$\alpha$  - температурный коэффициент,  $\frac{1}{\text{°C}}$ .

Средняя величина  $\alpha$  для трубных сталей равна  $0,0035 \frac{1}{\text{°C}}$ .

2.8. Начальное переходное сопротивление трубы-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		
	: $\rho = 10-50 \text{ Ом} \cdot \text{м}$ ; $\rho = 20-200 \text{ Ом} \cdot \text{м}$ ; $\rho = 1-10 \text{ Ом} \cdot \text{м}$		
<b>Битумное:</b>			
нормальное ( $\delta_n = 4 \text{ мм}$ )	8-16	16-30	4-8
усиленное ( $\delta_n = 6 \text{ мм}$ )	12-20	20-40	8-16
<b>Полимерное пленочное:</b>			
однослоенное	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  $T_c$  определяется из следующего выражения:

$$T_c = t_1 \frac{\ln R_n(t_1) - \ln R_{nH}}{\ln R_{nH} - \ln R_n(t_1)} \text{ годы,} \quad (4)$$

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

$R_n(t_1)$  - переходное сопротивление трубы-земля на рассматриваемом участке трубопровода в момент времени  $t_1$ ,  $\text{Ом} \cdot \text{м}^2$ ;

$R_{nH}$  - переходное сопротивление трубы-земля на том же участке в начальное время ( $t = 0$ ),  $\text{Ом} \cdot \text{м}^2$ .

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

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

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

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

$$T_c = t_2 - t_1 \left( \frac{\partial R_n(t_2) - \partial R_{nk}}{\partial R_n(t_2) - \partial R_n(t_1)} \right) - t_c \text{ годы}, \quad (5)$$

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

$R_n(t_1)$  и  $R_n(t_2)$  - переходные сопротивления трубы-земля соответственно в моменты  $t_1$  и  $t_2$ ,  $\Omega \cdot \text{м}^2$ .

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

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

$$R_{nh} = R_{nk} \left[ \frac{R_n(t_1)}{R_{nk}} \right]^{\frac{T_c + t}{T_c}} \Omega \cdot \text{м}^2 \quad (6)$$

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

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

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

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

$$t_m = T_c \frac{\ln R_{nn} - \ln R_n(t_m)}{\ln R_n(t_m) - \ln R_{nn}} \text{ лет.} \quad (8)$$

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

$$R_n(t) = \frac{\bar{U}}{\bar{j}(t)} \Omega \cdot m^2, \quad (9)$$

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

$\bar{j}(t)$  - среднее значение плотности тока на этом участке,  $A/m^2$ .

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

$$\bar{U} = \frac{U_0}{\ln \frac{2U_0}{U_M}} \left( 1 - \frac{U_M^2}{4U_0^2} \right) B, \quad (10)$$

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

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

$$\bar{j} = \frac{J}{\pi D L} A/m^2, \quad (II)$$

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

$$\bar{j}(t) = \bar{j}_n \cdot e^{\beta t} \text{ A/m}^2, \quad (12)$$

где  $\bar{j}_n$  - средняя плотность тока в начальный период эксплуатации (после завершения влагонасыщения покрытия),  $\text{A/m}^2$ . При  $t = 0$ ,  $\bar{j}(0) = \bar{j}_n$ ;

$\beta$  - коэффициент, характеризующий скорость изменения плотности тока во времени,  $\text{I}/\text{год}$ .

Коэффициент  $\beta$  принимает значения от 0,118 до 0,133  $\text{I}/\text{год}$ . Для приближенных расчетов величину  $\beta$  следует принимать равной 0,125  $\text{I}/\text{год}$ .

2.20. Для прогнозирования изменения плотности тока на действующих трубопроводах в формулу (12) вместо  $\bar{j}_n$  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  $\beta$  может быть скорректирована по данным измерения силы тока и длины защитной зоны катодных установок по формуле  $\beta = \frac{\ln j_2 - \ln j_1}{t_2 - t_1}$ . Для этого строится график зависимости плотности тока от времени в координатах  $\ln j$  и  $t$ . Точки измерений соединяются прямой линией (рис.2).

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

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

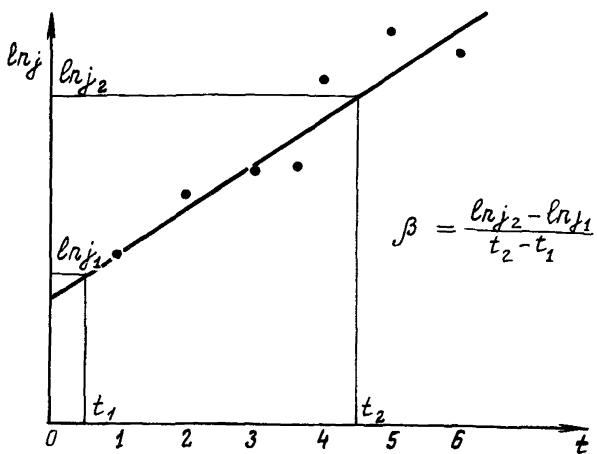


Рис.2. Пример определения коэффициента  $\beta$  по результатам измерения плотности тока на действующем трубопроводе

### 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 трубы-земля существенно изменяется во времени.

**3.3.** Изменение переходного сопротивления трубы-земля во времени в первую очередь оказывается 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

$$Z(t) = \frac{1}{2} \sqrt{R_t \cdot R_n(t)} \quad (I5)$$

или

$$Z(t) = Z_H \omega(t), \quad (I5a)$$

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;

$$Z_H = \frac{1}{2} \sqrt{R_t \cdot R_{nH}}; \quad (I6)$$

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

$$\omega(t) = \left( \frac{R_{nK}}{R_{nH}} \right)^{\frac{t}{2(T_0+t)}}. \quad (I7)$$

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

$$\omega(t) = e^{-\frac{\beta t}{2}}. \quad (I8)$$

**3.5.** Постоянную распространения тока вдоль трубопровода  $\mathcal{L}(t)$  как функцию времени следует определять из выражения:

$$\mathcal{L}(t) = \sqrt{\frac{R_t}{R_n(t)}} \quad I/m \quad (I9)$$

или

$$\omega(t) = \frac{\omega_h}{\sqrt{R_t - R_{ph}}} \quad \text{1/m}, \quad (19)$$

где  $\omega_h$  - постоянная распространения тока вдоль трубопровода в начальный период эксплуатации трубопровода

$$\omega_h = \sqrt{\frac{R_t}{R_{ph}}} \quad \text{1/m} \quad (20)$$

3.6. Прогнозирование изменения силы тока и длины защитной зоны следует производить по соответствующим расчетным методикам, изложенными в "Инструкции по расчету и проектированию катодной защиты трубопроводов от подземной коррозии", ВСН 2-І9-70 [2]. В расчетные выражения подставляют значения переходного сопротивления трубы-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  $J(t)$  во времени для приближенных расчетов при заданном и неизменном интервале расположения катодных станций следует производить по формуле

$$J(t) = J_h \frac{1}{\omega(t)} \quad \text{A}, \quad (21)$$

где  $J(t)$  - сила тока в момент времени  $t$ , А;

$J_h$  - 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

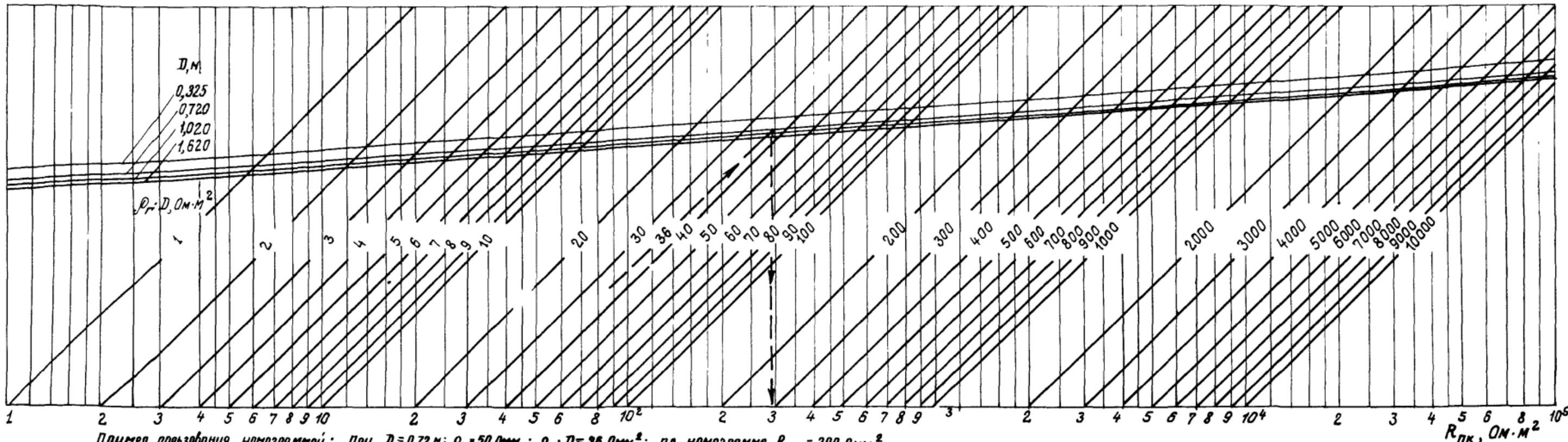
$$L(t) = L_h \cdot \omega(t) \quad \text{м}, \quad (22)$$

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 трубы-земля  $R_{pk}$ 

ПРОДОЛЬНОЕ СОПРОТИВЛЕНИЕ (Ом/м) МАГИСТРАЛЬНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ ДИАМЕТРОМ 146-1620 мм<sup>x</sup>

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

Диаметр трубо-проводов, 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		
146	$137 \cdot 10^{-6}$	$131 \cdot 10^{-6}$	$101 \cdot 10^{-6}$	$92,9 \cdot 10^{-6}$	$86,1 \cdot 10^{-6}$	$80,2 \cdot 10^{-6}$	$75,1 \cdot 10^{-6}$	$70,7 \cdot 10^{-6}$														146	
152	$132 \cdot 10^{-6}$	$106 \cdot 10^{-6}$	$96,8 \cdot 10^{-6}$	$89,1 \cdot 10^{-6}$	$82,5 \cdot 10^{-6}$	$76,9 \cdot 10^{-6}$	$72,0 \cdot 10^{-6}$	$67,7 \cdot 10^{-6}$														152	
159	$126 \cdot 10^{-6}$	$101 \cdot 10^{-6}$	$92,4 \cdot 10^{-6}$	$85,0 \cdot 10^{-6}$	$78,7 \cdot 10^{-6}$	$73,3 \cdot 10^{-6}$	$68,7 \cdot 10^{-6}$	$64,6 \cdot 10^{-6}$														159	
168	$119 \cdot 10^{-6}$	$95,7 \cdot 10^{-6}$	$87,3 \cdot 10^{-6}$	$80,3 \cdot 10^{-6}$	$74,5 \cdot 10^{-6}$	$69,2 \cdot 10^{-6}$	$64,8 \cdot 10^{-6}$	$61,8 \cdot 10^{-6}$														168	
180	$111 \cdot 10^{-6}$	$89,2 \cdot 10^{-6}$	$81,3 \cdot 10^{-6}$	$74,7 \cdot 10^{-6}$	$69,2 \cdot 10^{-6}$	$64,4 \cdot 10^{-6}$	$60,3 \cdot 10^{-6}$	$56,7 \cdot 10^{-6}$														180	
194	$103 \cdot 10^{-6}$	$82,6 \cdot 10^{-6}$	$75,3 \cdot 10^{-6}$	$69,2 \cdot 10^{-6}$	$64,0 \cdot 10^{-6}$	$59,6 \cdot 10^{-6}$	$55,8 \cdot 10^{-6}$	$52,4 \cdot 10^{-6}$														194	
219	$90,7 \cdot 10^{-6}$	$73,2 \cdot 10^{-6}$	$66,5 \cdot 10^{-6}$	$61,1 \cdot 10^{-6}$	$56,5 \cdot 10^{-6}$	$52,6 \cdot 10^{-6}$	$49,2 \cdot 10^{-6}$	$46,2 \cdot 10^{-6}$														219	
245	$80,9 \cdot 10^{-6}$	$65,0 \cdot 10^{-6}$	$59,2 \cdot 10^{-6}$	$54,4 \cdot 10^{-6}$	$50,3 \cdot 10^{-6}$	$46,8 \cdot 10^{-6}$	$43,8 \cdot 10^{-6}$	$41,1 \cdot 10^{-6}$														245	
273	$72,5 \cdot 10^{-6}$	$58,2 \cdot 10^{-6}$	$53,0 \cdot 10^{-6}$	$48,7 \cdot 10^{-6}$	$45,0 \cdot 10^{-6}$	$41,9 \cdot 10^{-6}$	$39,2 \cdot 10^{-6}$	$36,8 \cdot 10^{-6}$														273	
299	$66,1 \cdot 10^{-6}$	$53,1 \cdot 10^{-6}$	$48,3 \cdot 10^{-6}$	$44,4 \cdot 10^{-6}$	$41,0 \cdot 10^{-6}$	$38,2 \cdot 10^{-6}$	$35,7 \cdot 10^{-6}$	$33,5 \cdot 10^{-6}$														299	
325	$60,8 \cdot 10^{-6}$	$48,8 \cdot 10^{-6}$	$44,4 \cdot 10^{-6}$	$40,8 \cdot 10^{-6}$	$37,7 \cdot 10^{-6}$	$35,1 \cdot 10^{-6}$	$32,8 \cdot 10^{-6}$	$30,8 \cdot 10^{-6}$														325	
377	$52,3 \cdot 10^{-6}$	$41,9 \cdot 10^{-6}$	$38,2 \cdot 10^{-6}$	$35,1 \cdot 10^{-6}$	$32,4 \cdot 10^{-6}$	$30,1 \cdot 10^{-6}$	$28,2 \cdot 10^{-6}$	$26,4 \cdot 10^{-6}$	$24,9 \cdot 10^{-6}$													377	
426	$46,2 \cdot 10^{-6}$	$37,1 \cdot 10^{-6}$	$33,7 \cdot 10^{-6}$	$31,0 \cdot 10^{-6}$	$28,6 \cdot 10^{-6}$	$26,6 \cdot 10^{-6}$	$24,9 \cdot 10^{-6}$	$23,3 \cdot 10^{-6}$	$22,0 \cdot 10^{-6}$	$20,8 \cdot 10^{-6}$												426	
530																							530
720																							720
820																							820
1020																							1020
1220																							1220
1420																							1420
1620 <sup>xx</sup>																							1620

<sup>x</sup> Удельное сопротивление трубной стали принималось при температуре 20°C разных  $0,245 \frac{\text{Ом}\cdot\text{м}}{\text{м}}$ .<sup>xx</sup> Ориентировочные значения.

### ПРИЛОЖЕНИЕ 3

#### МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПЕРЕХОДНОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ ТРУБА-ЗЕМЛЯ

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

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

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

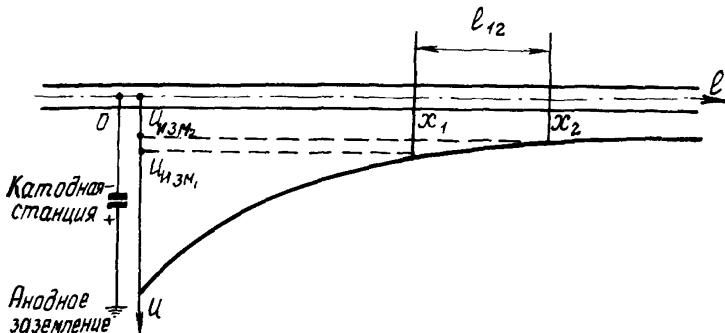


Рис.3. Схема определения переходного сопротивления трубы-земля изолированных магистральных трубопроводов

Наложенную разность потенциалов по данным измерений определяют следующим образом:

$$U_{T3_1} = U_{3M_1} - U_{x_1} \quad \text{В.}$$

где  $U_{3M_1}$  - общая защитная разность потенциалов трубы-земля, измеренная в точке  $x_1$ ;

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

$U_{t_32}$  - определяется аналогично  $U_{t_3}$ .

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  $x_1 \geq 5 y$  ( $y$  - расстояние от трубопровода до анодного заземления при этом  $b_{12} = x_2 - x_1 < \frac{x_1}{2}$ );

3)  $|U_{izm_1}| \geq |U_{izm_2}|$  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  $|U_{t_3}| < 0,1$  В.

## ПРИЛОЖЕНИЕ 4

### 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:

$$P_i = P_{ob} \frac{J_i}{J_{ob}} ,$$

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

$P_{ob}$  - мощность, потребляемая катодной установкой, кВт;

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

$J_{ob}$  - 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

$$J_i = \frac{\Delta V_{Al}}{\tau_{TAl}} + \frac{\Delta V_{nL}}{\tau_{TnL}} \quad A ,$$

где  $\Delta V_{Al}$  и  $\Delta V_{nL}$  - падение напряжения на участке трубопровода соответственно справа и слева от точки дренажа (перемычки), В;

$\tau_{TAl}$  и  $\tau_{TnL}$  - сопротивление участка трубопровода, на котором измеряется падение напряжения соответственно слева и справа от точки дренажа (перемычки), Ом;

$$\tau_r = R_r l \quad \Omega m ,$$

где  $R_r$  - продольное сопротивление трубопровода, Ом/м;

$\ell$  - длина участка, на котором измеряется падение напряжения, м.

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

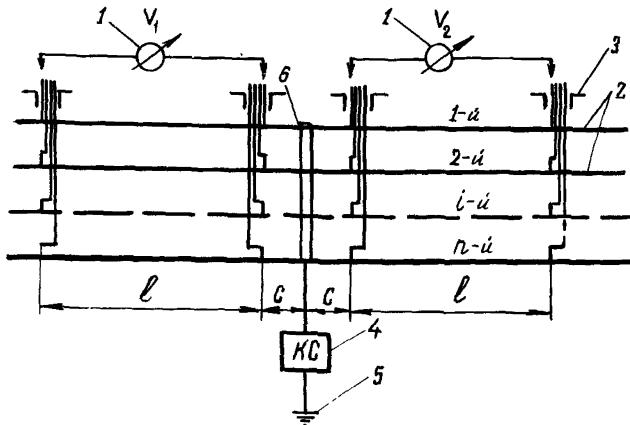


Рис.4. Схема определения тока в параллельных трубопроводах по падению напряжения:

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

Величину  $\ell$  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. Зиневич А. М. Долгосрочное прогнозирование эффективности изоляционных покрытий подземных трубопроводов. М., ВНИИГазпром, 1969.
4. Инструкция по контролю состояния изоляции заключенных 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

**Указания**  
по прогнозированию изменения защитных свойств  
изоляционных покрытий и параметров установок  
катодной защиты магистральных трубопроводов

BCH I-53-74

Издание ЦНТИ ВНИИСТА

Редактор Панкратьева Н.С.

Корректор Хоронева А.А.

Технический редактор Бережева Т.В.

Д-74466 Подписано в печать 8.Х.1974г формат 60x84/16  
Печ.л. 1,5 Уч.-изд.л. 1,2 Усл.п.л. 1,4  
Тираж 300 экз Цена 12 коп. Заказ 291

Ротапринт ВНИИСТА