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



gost.e-ecolog.ru

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.I97(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, I05058, Окружной проезд, I9, ВНИИСТ, лаборатория электрозащиты.

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

## I ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

I.I. 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.<br>Срок действия до замены новым документом |

I.4. При проектировании комплексной защиты магистральных трубопроводов необходимо располагать информацией об изменении во времени состояния изоляционных покрытий и параметров электрозащиты.

I.5. Настоящие Указания предназначены для прогнозирования во времени свойств изоляционных покрытий и параметров электрозащиты на участках магистральных трубопроводов с катодной защитой.

I.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" [I].

I.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.

I.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.I. 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.I. С течением времени переходное сопротивление изолиро-

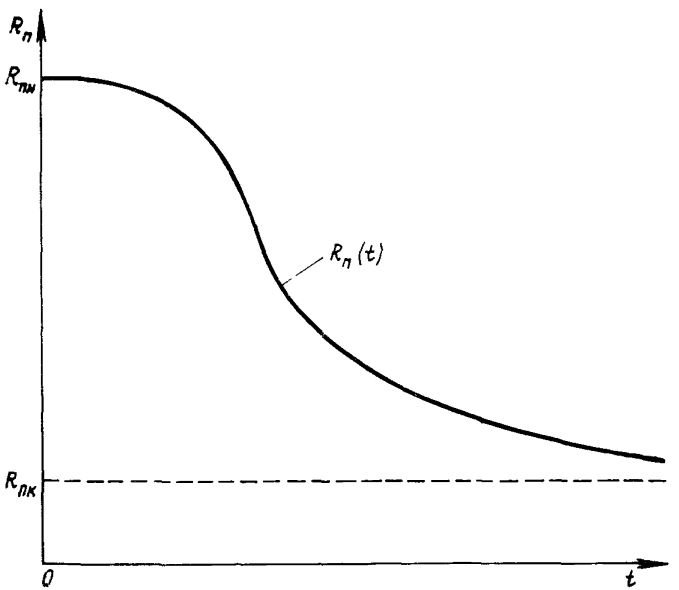



Рис.I. Изменение переходного сопротивления труба-земля $R_п$ во времени $t$

ванного трубопровода $R_п(t)$ стремится к переходному сопротивлению неизолированного трубопровода $R_{пк}$.

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

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

где $R_{nk}$ – конечное переходное сопротивление труба-земля, Ом.м$^2$;

$R_{nn}$ – начальное переходное сопротивление труба-земля, Ом.м$^2$;

$t$ – 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 $R_p$:

$$R_{nk} \approx R_p = \frac{\rho_r D}{2} \ln\frac{0{,}4\, R_{nk}}{D^2 H R_T} \quad \text{Ом}\cdot\text{м}^2, \qquad (2)$$

где $\rho_r$ – удельное электрическое сопротивление грунта на глубине залегания трубы, Ом.м;

$D$ – диаметр трубопровода, м;

$H$ – глубина залегания трубопровода, м;

$R_T$ – 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

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

где $\rho_T$ – удельное электрическое сопротивление трубной стали, $\frac{\text{Ом.мм2}}{\text{м}}$;

$\delta$ – 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 20°С, $\frac{Ом \cdot мм^2}{м}$ |
|---|---|---|
| I. | I7ГС | 0,247 |
| 2. | I7Г2СФ | 0,245 |
| 3. | 08Г2СФ | 0,243 |
| 4. | I8Г2 | 0,2I8 |
| 5. | I8Г2САФ | 0,266 |
| 6. | I8ХГ2САФ | 0,260 |
| 7. | I5ГСТЮ | 0,28I |
| 8. | СТ3 | 0,2I8 |

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

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

Примечание. При определении продольного сопротивления трубопровода необходимо учитывать влияние температуры по формуле

$$R_{Tt^\circ} = R_{T20^\circ}\left[1+\alpha\left(t^\circ-20^\circ\right)\right],$$

где $R_{Tt^\circ}$ и $R_{T20^\circ}$ – продольное сопротивление соответственно при температуре трубопровода $t^\circ$ (в °С) и при 20°С, Ом/м;

$\alpha$ – температурный коэффициент, $\frac{I}{^\circ C}$.

Средняя величина $\alpha$ для трубных сталей равна $0,0035\frac{I}{^\circ C}$.

2.8. Начальное переходное сопротивление труба-земля для проектируемых трубопроводов, подлежащих испытанию методом катодной поляризации [2], принимается равным $I0^4$ Ом.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 |
| | $\rho_г$=10-50 Ом·м; | $\rho_г$=20-200 Ом·м; | $\rho_г$=1-10 Ом·м |
| Битумное: | | | |
| нормальное ( $\delta_и$ = 4 мм) | 8-16 | 16-30 | 4-8 |
| усиленное ( $\delta_и$ = 6 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 $T_c$ определяется из следующего выражения:

$$T_c = t_1 \frac{\ln R_п(t_1) - \ln R_{пк}}{\ln R_{пн} - \ln R_п(t_1)} \text{ годы,} \qquad (4)$$

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

$R_п(t_1)$ - переходное сопротивление труба-земля на рассматриваемом участке трубопровода в момент времени $t_1$, Ом.м$^2$;

$R_{пн}$ - переходное сопротивление труба-земля на том же участке в начальное время ( $t$ = 0), Ом.м$^2$.

Примечание. Интервал времени ( $0 - t_1$) должен быть больше времени, при котором выполняется условие:

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

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

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

$$T_c = t_2 - t_1 \frac{\ln R_п(t_2) - \ln R_{пк}}{\ln R_п(t_1) - \ln R_п(t_2)} - t_1 \text{ годы}, \qquad (5)$$

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

$R_п(t_1)$ и $R_п(t_2)$ - переходные сопротивления труба-земля соответственно в моменты $t_1$ и $t_2$, Ом.м$^2$.

2.I2. Переходное сопротивление труба-земля в любой год эксплуатации $R_п$ ($t_1$, $t_2$ и т.д.) определяется по данным измерений защитной разности потенциалов труба-земля в соответствии с методикой (приложение 3).

2.I3. Начальное значение переходного сопротивления труба-земля в этом случае следует определять по формуле

$$R_{пн} = R_{пк}\left[\frac{R_п(t_1)}{R_{пк}}\right]^{\frac{T_c + t}{T_c}} \text{ Ом}\cdot\text{м}^2 \qquad (6)$$

2.I4. При прогнозировании изменения переходного сопротивления труба-земля по данным измерения (определения) переходного сопротивления в какой-либо момент эксплуатации следует применять формулу

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

где $R_п(t_m)$ - 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:

$$t_m = T_c \frac{\ln R_{пн} - \ln R_n(t_m)}{\ln R_n(t_m) - \ln R_{пк}} \text{ лет.} \qquad (8)$$

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:

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

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

$\overline{j}(t)$ – среднее значение плотности тока на этом участке, $\text{А/м}^2$.

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

$$\overline{U} = \frac{U_0}{\ln \frac{2U_0}{U_м}} \left(1 - \frac{U_м^2}{4U_0^2}\right) \text{ В}, \qquad (10)$$

где $U_0$ и $U_м$ – 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

$$\overline{j} = \frac{J}{\pi D L} \quad \text{А/м}^2, \qquad (11)$$

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

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

где $\bar{j}_н$ – средняя плотность тока в начальный период эксплуатации (после завершения влагонасыщения покрытия), $А/м^2$. При $t = 0$, $\bar{j}(0) = \bar{j}_н$;

$\beta$ – коэффициент, характеризующий скорость изменения плотности тока во времени, 1/год.

Коэффициент $\beta$ принимает значения от 0,118 до 0,133 1/год. Для приближенных расчетов величину $\beta$ следует принимать равной 0,125 1/год.

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

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

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 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

$$R_п(t) = R_{пн} \cdot e^{-\beta t} \ Ом \cdot м^2. \qquad (14)$$

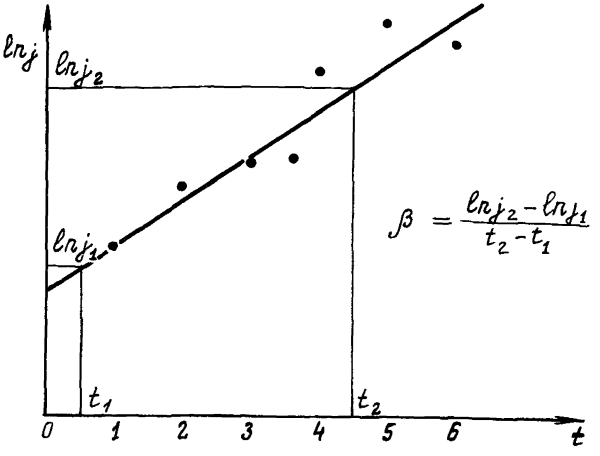



Рис.2. Пример определения коэффициента $\beta$ по результатам измерения плотности тока на действующем трубопроводе

## 3 ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ УСТАНОВОК КАТОДНОЙ ЗАЩИТЫ

3.I. 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

$$Z(t) = \frac{1}{2}\sqrt{R_т \cdot R_п(t)} \qquad (15)$$

или

$$Z(t) = Z_н\, \omega(t), \qquad (15а)$$

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

$Z_н$ - входное сопротивление трубопровода в начальный период эксплуатации, Ом;

$$Z_н = \frac{1}{2}\sqrt{R_т \cdot R_{пн}}\ ; \qquad (16)$$

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

$$\omega(t) = \left(\frac{R_{пк}}{R_{пн}}\right)^{\frac{t}{2(T_0+t)}}. \qquad (17)$$

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

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

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

$$\alpha(t) = \sqrt{\frac{R_т}{R_п(t)}}\ \text{1/м} \qquad (19)$$

или

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

где $\alpha_н$ – постоянная распространения тока вдоль трубопровода в начальный период эксплуатации трубопровода

$$\alpha_н=\sqrt{\frac{R_т}{R_{пн}}} \quad \text{I/м} \qquad (20)$$

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-I9-70 [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 $J(t)$ во времени для приближенных расчетов при заданном и неизменном интервале расстановки катодных станций следует производить по формуле

$$J(t)=J_н\frac{1}{\omega(t)} \quad \text{А}, \qquad (21)$$

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

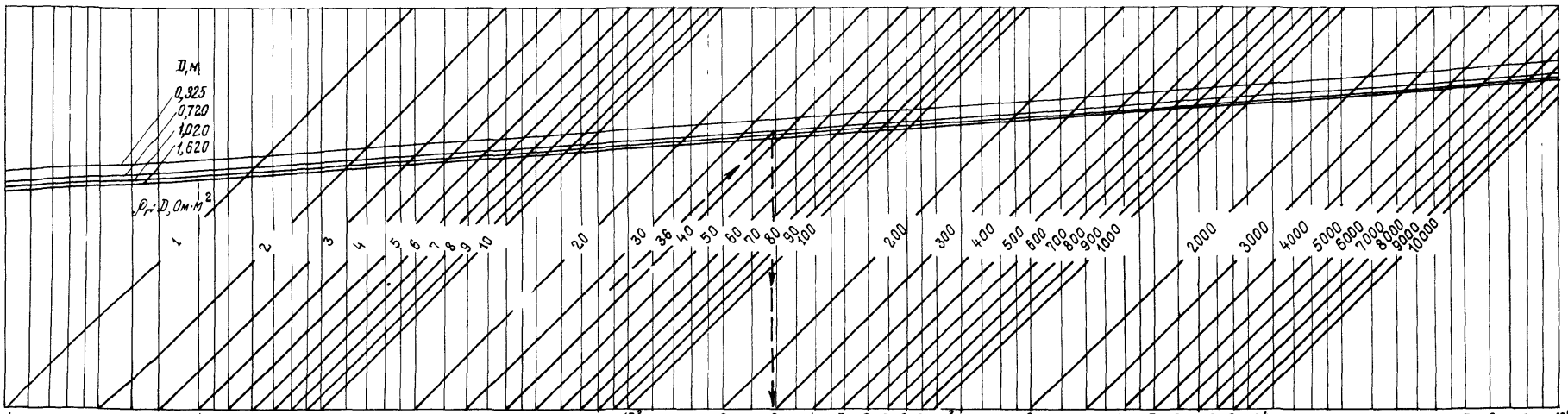
$$L(t)=L_н\cdot\omega(t) \quad \text{м}, \qquad (22)$$

где $L(t)$ – длина защитной зоны в момент времени $t$, м;
$L_н$ – 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 $R_{пк}$




Пример пользования номограммой: при $D = 0{,}72$ м; $\rho_г = 50$ Ом·м; $\rho_г \cdot D = 36$ Ом·м²; по номограмме $R_{пк} = 290$ Ом·м²

## ПРОДОЛЬНОЕ СОПРОТИВЛЕНИЕ (Ом/м) МАГИСТРАЛЬНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ ДИАМЕТРОМ 146–1620 мм[X]

| Диаметр трубопровода, мм | Толщина стенки, мм | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | Диаметр трубопровода, 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 | $137\cdot10^{-6}$ | $111\cdot10^{-6}$ | $101\cdot10^{-6}$ | $92{,}9\cdot10^{-6}$ | $86{,}1\cdot10^{-6}$ | $80{,}2\cdot10^{-6}$ | $75{,}1\cdot10^{-6}$ | $70{,}7\cdot10^{-6}$ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 146 |
| 152 | $132\cdot10^{-6}$ | $106\cdot10^{-6}$ | $96{,}8\cdot10^{-6}$ | $89{,}1\cdot10^{-6}$ | $82{,}5\cdot10^{-6}$ | $76{,}9\cdot10^{-6}$ | $72{,}0\cdot10^{-6}$ | $67{,}7\cdot10^{-6}$ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 152 |
| 159 | $126\cdot10^{-6}$ | $101\cdot10^{-6}$ | $92{,}4\cdot10^{-6}$ | $85{,}0\cdot10^{-6}$ | $78{,}7\cdot10^{-6}$ | $73{,}3\cdot10^{-6}$ | $68{,}7\cdot10^{-6}$ | $64{,}6\cdot10^{-6}$ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 159 |
| 168 | $119\cdot10^{-6}$ | $95{,}7\cdot10^{-6}$ | $87{,}3\cdot10^{-6}$ | $80{,}3\cdot10^{-6}$ | $74{,}3\cdot10^{-6}$ | $69{,}2\cdot10^{-6}$ | $64{,}8\cdot10^{-6}$ | $61{,}0\cdot10^{-6}$ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 168 |
| 180 | $111\cdot10^{-6}$ | $89{,}2\cdot10^{-6}$ | $81{,}3\cdot10^{-6}$ | $74{,}7\cdot10^{-6}$ | $69{,}2\cdot10^{-6}$ | $64{,}4\cdot10^{-6}$ | $60{,}3\cdot10^{-6}$ | $56{,}7\cdot10^{-6}$ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 180 |
| 194 | $103\cdot10^{-6}$ | $82{,}6\cdot10^{-6}$ | $75{,}3\cdot10^{-6}$ | $69{,}2\cdot10^{-6}$ | $64{,}0\cdot10^{-6}$ | $59{,}6\cdot10^{-6}$ | $55{,}8\cdot10^{-6}$ | $52{,}4\cdot10^{-6}$ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 194 |
| 219 | $90{,}7\cdot10^{-6}$ | $73{,}2\cdot10^{-6}$ | $66{,}5\cdot10^{-6}$ | $61{,}1\cdot10^{-6}$ | $56{,}5\cdot10^{-6}$ | $52{,}6\cdot10^{-6}$ | $49{,}2\cdot10^{-6}$ | $46{,}2\cdot10^{-6}$ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 219 |
| 245 | $80{,}9\cdot10^{-6}$ | $65{,}0\cdot10^{-6}$ | $59{,}2\cdot10^{-6}$ | $54{,}4\cdot10^{-6}$ | $50{,}3\cdot10^{-6}$ | $46{,}8\cdot10^{-6}$ | $43{,}8\cdot10^{-6}$ | $41{,}1\cdot10^{-6}$ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 245 |
| 273 | $72{,}5\cdot10^{-6}$ | $58{,}2\cdot10^{-6}$ | $53{,}0\cdot10^{-6}$ | $48{,}7\cdot10^{-6}$ | $45{,}0\cdot10^{-6}$ | $41{,}9\cdot10^{-6}$ | $39{,}2\cdot10^{-6}$ | $36{,}8\cdot10^{-6}$ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 273 |
| 299 | $66{,}1\cdot10^{-6}$ | $53{,}1\cdot10^{-6}$ | $48{,}3\cdot10^{-6}$ | $44{,}4\cdot10^{-6}$ | $41{,}0\cdot10^{-6}$ | $38{,}2\cdot10^{-6}$ | $35{,}7\cdot10^{-6}$ | $33{,}5\cdot10^{-6}$ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 299 |
| 325 | $60{,}8\cdot10^{-6}$ | $48{,}8\cdot10^{-6}$ | $44{,}4\cdot10^{-6}$ | $40{,}8\cdot10^{-6}$ | $37{,}7\cdot10^{-6}$ | $35{,}1\cdot10^{-6}$ | $32{,}8\cdot10^{-6}$ | $30{,}8\cdot10^{-6}$ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 325 |
| 377 | $52{,}3\cdot10^{-6}$ | $41{,}9\cdot10^{-6}$ | $38{,}2\cdot10^{-6}$ | $35{,}1\cdot10^{-6}$ | $32{,}4\cdot10^{-6}$ | $30{,}1\cdot10^{-6}$ | $28{,}2\cdot10^{-6}$ | $26{,}4\cdot10^{-6}$ | $24{,}9\cdot10^{-6}$ | | | | | | | | | | | | | | | | | | 377 |
| 426 | $46{,}2\cdot10^{-6}$ | $37{,}1\cdot10^{-6}$ | $33{,}7\cdot10^{-6}$ | $31{,}0\cdot10^{-6}$ | $28{,}6\cdot10^{-6}$ | $26{,}6\cdot10^{-6}$ | $24{,}9\cdot10^{-6}$ | $23{,}3\cdot10^{-6}$ | $22{,}0\cdot10^{-6}$ | $20{,}8\cdot10^{-6}$ | | | | | | | | | | | | | | | | | 426 |
| 530 | | $29{,}7\cdot10^{-6}$ | $27{,}1\cdot10^{-6}$ | $24{,}8\cdot10^{-6}$ | $22{,}9\cdot10^{-6}$ | $21{,}3\cdot10^{-6}$ | $19{,}9\cdot10^{-6}$ | $18{,}7\cdot10^{-6}$ | $17{,}6\cdot10^{-6}$ | $16{,}6\cdot10^{-6}$ | | | | | | | | | | | | | | | | | 530 |
| 720 | | | | | $16{,}8\cdot10^{-6}$ | $15{,}6\cdot10^{-6}$ | $14{,}6\cdot10^{-6}$ | $13{,}7\cdot10^{-6}$ | $12{,}9\cdot10^{-6}$ | $12{,}2\cdot10^{-6}$ | $11{,}6\cdot10^{-6}$ | $11{,}0\cdot10^{-6}$ | $10{,}5\cdot10^{-6}$ | $10{,}0\cdot10^{-6}$ | | | | | | | | | | | | 720 |
| 820 | | | | | | | $12{,}8\cdot10^{-6}$ | $12{,}0\cdot10^{-6}$ | $11{,}3\cdot10^{-6}$ | $10{,}7\cdot10^{-6}$ | $10{,}1\cdot10^{-6}$ | $9{,}63\cdot10^{-6}$ | $9{,}18\cdot10^{-6}$ | $8{,}77\cdot10^{-6}$ | $8{,}39\cdot10^{-6}$ | | | | | | | | | | | 820 |
| 1020 | | | | | | | | | | $8{,}58\cdot10^{-6}$ | $8{,}13\cdot10^{-6}$ | $7{,}72\cdot10^{-6}$ | $7{,}36\cdot10^{-6}$ | $7{,}03\cdot10^{-6}$ | $6{,}73\cdot10^{-6}$ | $6{,}45\cdot10^{-6}$ | $6{,}20\cdot10^{-6}$ | $5{,}54\cdot10^{-6}$ | $5{,}18\cdot10^{-6}$ | $4{,}86\cdot10^{-6}$ | | | | | | 1020 |
| 1220 | | | | | | | | | | | | | | $5{,}87\cdot10^{-6}$ | $5{,}61\cdot10^{-6}$ | $5{,}38\cdot10^{-6}$ | $5{,}17\cdot10^{-6}$ | $4{,}62\cdot10^{-6}$ | $4{,}32\cdot10^{-6}$ | $4{,}05\cdot10^{-6}$ | $3{,}82\cdot10^{-6}$ | $3{,}25\cdot10^{-6}$ | | | | 1220 |
| 1420 | | | | | | | | | | | | | | | | | | $3{,}96\cdot10^{-6}$ | $3{,}70\cdot10^{-6}$ | $3{,}47\cdot10^{-6}$ | $3{,}27\cdot10^{-6}$ | $2{,}79\cdot10^{-6}$ | | | | 1420 |
| 1620[XX] | | | | | | | | | | | | | | | | | | $3{,}47\cdot10^{-6}$ | $3{,}24\cdot10^{-6}$ | $3{,}04\cdot10^{-6}$ | $2{,}86\cdot10^{-6}$ | $2{,}44\cdot10^{-6}$ | $2{,}22\cdot10^{-6}$ | $1{,}96\cdot10^{-6}$ | $1{,}64\cdot10^{-6}$ | 1620 |

[X] Удельное сопротивление трубной стали принималось при температуре 20°С равным 0,245 $\frac{Ом\cdot мм^2}{м}$.

[XX] Ориентировочные значения.

ПРИЛОЖЕНИЕ 3

## МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПЕРЕХОДНОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ ТРУБА-ЗЕМЛЯ

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

$$R_п(t) = \frac{\pi D R_т \ell_{12}^2}{\ell п^2 \frac{U_{тз_1}(t)}{U_{тз_2}(t)}} \quad Ом.м^2,$$

где $U_{тз_1}$ и $U_{тз_2}$ - наложенные разности потенциалов труба-земля соответственно в точках $x_1$ и $x_2$ трубопровода (рис.3);

$\ell_{12}$ - расстояние между точками измерений, м.

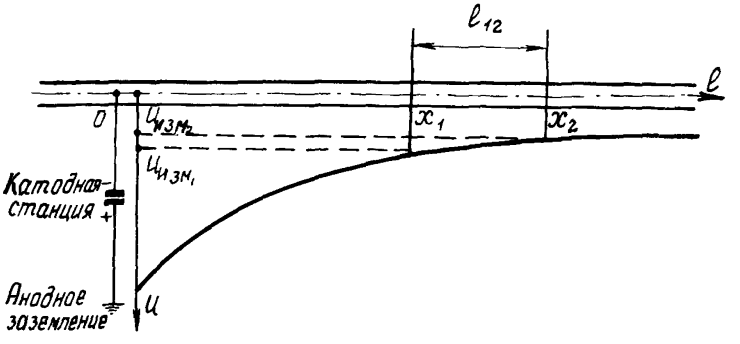



Рис.3. Схема определения переходного сопротивления труба-земля изолированных магистральных трубопроводов

Наложенную разность потенциалов по данным измерений определяют следующим образом:

$$U_{тз_1} = U_{изм_1} - U_{э_1} \quad В,$$

в $U_{изм_1}$ - общая защитная разность потенциалов труба-земля, измеренная в точке $x_1$ ;

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

$U_{ТЗ_2}$ – определяется аналогично $U_{ТЗ_1}$.

Примечание. 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 $\ell_{12} = x_2 - x_1 < \frac{x_1}{2}$);

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 $|U_{ТЗ}| < 0,1$ 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:

$$P_i = P_{об} \frac{J_i}{J_{об}} ,$$

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

$$J_i = \frac{\Delta V_{лi}}{r_{тлi}} + \frac{\Delta V_{пi}}{r_{тпi}} \quad А,$$

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

$r_{тлi}$ и $r_{тпi}$ – сопротивление участка трубопровода, на котором измеряется падение напряжения соответственно слева и справа от точки дренажа (перемычки), Ом;

$$r_т = R_т \, l \quad Ом,$$

где $R_т$ – 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.

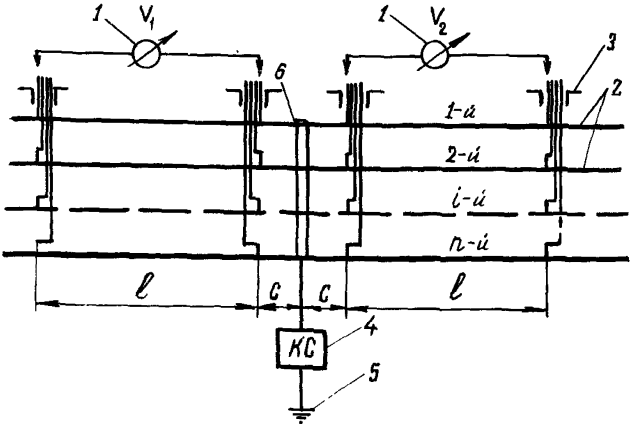



Рис.4. Схема определения тока в параллельных трубопроводах по падению напряжения:

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


I. 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

I. 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
ВСН I-53-74

Миннефтегазстрой

Издание ЦНТИ ВНИИСТа

Редактор Панкратьева Л.С. Корректор Хоронева А.А.

Технический редактор Березнева Т.В.

Д-74466 Подписано в печать 8.X.1974г Формат 60x84/16
Печ.л. I,5 Уч.-изд.л. I,2 Усл.п.л. I,4
Тираж 300 экз Цена I2 коп. Заказ 291

Ротапринт ВНИИСТа

gost.e-ecolog.ru