

МИНИСТЕРСТВО СТРОИТЕЛЬСТВА ПРЕДПРИЯТИЙ
НЕФТЯНОЙ И ГАЗОВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

ВСЕСОЮЗНЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
ПО СТРОИТЕЛЬСТВУ МАГИСТРАЛЬНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ
ВНИИСТ

Для служебного пользования

Экз. _____

РЕКОМЕНДАЦИИ

ПО РАСЧЕТУ И ПРОЕКТИРОВАНИЮ
КАТОДНОЙ ЗАЩИТЫ ОТ КОРРОЗИИ
СООРУЖЕНИЙ ГАЗОВОГО ПРОМЫСЛА
В СЕВЕРНЫХ УСЛОВИЯХ

Р 145—73



Москва 1974

МИНИСТЕРСТВО СТРОИТЕЛЬСТВА ПРЕДПРИЯТИЙ
НЕФТЯНОЙ И ГАЗОВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

ВСЕСОЮЗНЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
ПО СТРОИТЕЛЬСТВУ МАГИСТРАЛЬНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ
ВНИИСТ

Для служебного пользования

Экз _____

РЕКОМЕНДАЦИИ

ПО РАСЧЕТУ И ПРОЕКТИРОВАНИЮ
КАТОДНОЙ ЗАЩИТЫ ОТ КОРРОЗИИ
СООРУЖЕНИЙ ГАЗОВОГО ПРОМЫСЛА
В СЕВЕРНЫХ УСЛОВИЯХ

Р 145—73

ЦНТИ ВНИИСТа

Москва 1974

УДК 620. 197. 5(08)

В настоящих Рекомендациях освещены вопросы катодной защиты от коррозии подземных сооружений промыслов в северных условиях.

В них рассматриваются схемы и средства защиты промыслов, приведены методики расчета параметров защиты подземных сооружений промыслов при веерном и крестообразном расположении скважин.

Рекомендации разработаны на основании обобщения опыта электрохимической защиты промысловых сооружений в средней полосе и анализа условий применения защиты в условиях Севера.

Рекомендации разработаны канд.техн.наук Н.П.Глазовым, ст.инж. К.А.Овсеппа и главным специалистом ОИП-4 ЮЖНАИИ типрогаза И.Д. Ягмуром.

Все замечания и предложения следует направлять по адресу: Москва, 105058, Окружной проезд, 19, ВНИИСТ.

ВНИИСТ	Рекомендации по расчету и проектированию катодной защиты от коррозии сооружений газового промысла в северных условиях	Г 145-73
--------	---	----------

I. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

I.1. Рекомендации распространяются на промышленные сооружения (обсадные колонны скважин, шлейфы, водоводы, метанолопроводы, газопроводы сооружения группового пункта и пр.), расположенные в северных условиях.

I.2. В Рекомендациях рассматриваются вопросы катодной защиты внешней поверхности промышленных сооружений от подземной коррозии.

I.3. Коррозионные разрушения подземных сооружений газовых промыслов совершенно недопустимы из-за тяжелых последствий потери герметичности обсадных колонн скважин, трубопроводов и **других сооружений, а также из-за больших технических трудностей, возникающих при ремонтных работах.**

I.4. Для защиты промышленных сооружений (шлейфов, газопроводов, водопроводов, метанолопроводов) применяется комплексная защита, включающая изоляцию внешней их поверхности покрытиями и катодную поляризацию (катодную защиту).

I.5. Выбор типа изоляционных покрытий производится в соответствии с "Указаниями по защите от коррозии промышленных трубопроводов" [7].

I.6. Для защиты всех сооружений промысла от **подземной коррозии** применяется совместная катодная защита.

Под совместной катодной защитой понимается защита нескольких подземных металлических сооружений общими катодными установками или катодными установками, работа которых согласована.

Внесены ВНИИСТом лабораторией электрозащиты	Утверждены ВНИИСТом 7 декабря 1973 г.	Срок введения с 1 января 1975 г. Срок действия до 1 января 1978 г.
---	---------------------------------------	---

1.7. Проект любого промысла должен содержать технические материалы по защите промышленных сооружений от подземной коррозии. Без решения этих вопросов проект не должен приниматься от проектной организации.

1.8. Катодную защиту промышленных сооружений от подземной коррозии следует проектировать в соответствии с требованиями "Правил защиты подземных металлических сооружений от коррозии" СН 266-63, соответствующих разделов Строительных норм и правил, на основании материалов опытных данных, действующих инструкций [4,1] и настоящих Рекомендаций.

1.9. Проектировать катодную защиту необходимо одновременно с проектированием промысла.

1.10. Катодную защиту промысла рекомендуется вводить в эксплуатацию одновременно с вводом в эксплуатацию промышленных сооружений, а для действующих промыслов не позднее 1 года с момента окончания разработки проекта.

1.11. При разработке проекта катодной защиты необходимо руководствоваться "Классификацией условий применения электрохимической защиты от коррозии в районах вечной мерзлоты" [3].

1.12. Для проверки эффективности катодной защиты промысла после ввода в эксплуатацию электрозащитных устройств необходимо выполнить электрометрические работы, при которых следует руководствоваться "Инструкцией по определению коррозионного состояния и защищенности обсадных колонн скважин" [2].

1.13. Электрометрические работы выполняет проектная организация, составившая проект катодной защиты, совместно с эксплуатирующей организацией. При необходимости разрабатывается дополнительный проект на основе выполненных измерений.

1.14. Проектные организации осуществляют авторский надзор за проектом в процессе строительства, а также по завершению строительства и вводу в эксплуатацию средств катодной защиты путем электрометрических работ.

1.15. При проектировании катодной защиты промысла необходимо учитывать перспективы развития промысла, очередность монтажа и ввода в эксплуатацию катодных установок с учетом реальных потребностей в период эксплуатации.

2 СХЕМЫ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЙ ЗАЩИТЫ ПРОМЫСЛОВ В СЕВЕРНЫХ УСЛОВИЯХ

2.1. При выборе схемы защиты подземных сооружений промисла необходимо учитывать взаимное расположение, наличие источников питания, электрические параметры защищаемых сооружений и условия обеспечения надежной эксплуатации.

2.2. При веерном расположении скважин все подземные сооружения группового пункта целесообразно защищать одной катодной установкой (кустовой), размещаемой на групповом пункте.

2.3. Радиус защиты кустовой катодной установки определяется как средняя длина шлейфов, увеличенная на 300 м.

2.4. Требуемую степень защиты удаленных скважин, длина шлейфа которых больше среднего радиуса защиты, необходимо осуществлять от установок катодной защиты кольцевого водопровода групповыми протекторными установками или катодными станциями.

2.5. При крестообразном расположении скважин защита осуществляется по схеме, приведенной на рис.1.

2.6. Место расположения анодного заземления независимо от схемы защиты выбирается так, чтобы:

- а) удельное сопротивление грунта в месте установки было низким;
- б) расстояние от группового пункта было не менее 700 м;
- в) расстояние от шлейфов и других подземных металлических сооружений было не менее 200 м;
- г) вечноммерзлые грунты отсутствовали.

2.7. Устанавливать изолирующие фланцы на промысле для ограничения токов на близкорасположенных к групповому пункту скважинах, для облегчения регулирования защиты промышленных сооружений и магистральных трубопроводов не рекомендуется.

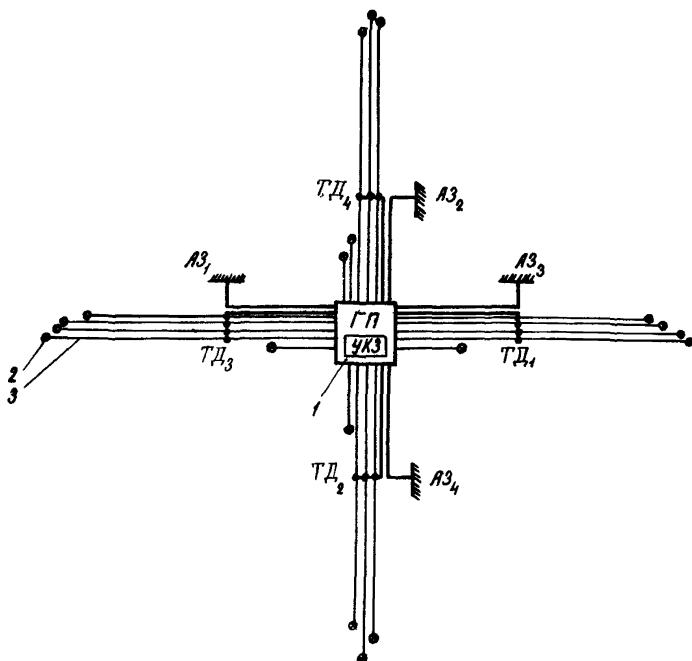


Рис.1. Схема размещения средств катодной защиты при крестообразном расположении скважин куста:

УКЗ - установка катодной защиты; АЗ - анодное заземление;
ТД - точка дренажа; 1-групповой пункт; 2-скважина; 3-шлейф

3 ПРОЕКТИРОВАНИЕ КАТОДНОЙ ЗАЩИТЫ ОТ КОРРОЗИИ ГАЗОВОГО ПРОМЫСЛА В СЕВЕРНЫХ УСЛОВИЯХ

3.1. Исходными данными для разработки проектного задания и проекта являются сведения о промысловых сооружениях, план для средних промыслов в масштабе 1:5000 и для крупных - 1:10000.

На план должны быть нанесены с соответствующими условными обозначениями все существующие, строящиеся и запроектированные на данный период наземные и подземные сооружения и коммуникации.

Кроме того, к исходным данным относятся сведения, характеризующие местность, грунты, а также сведения о подземных металлических сооружениях, геологический разрез места предполагаемой установки глубинных заземлений.

3.2. Необходимо собрать данные о защитных мероприятиях на существующих подземных сооружениях, о коррозионных разрушениях до защиты и после ее применения, составить схемы расположения средств электрохимической защиты на подземных сооружениях, определить силу тока в цепи каждой установки, а также эффективность установленной защиты и ее возможное влияние на незащищенные сооружения.

3.3. Для проектирования средств защиты необходимо знать:

- количество скважин на промысле;
- количество кустов скважин;
- количество скважин в кусте и их размещение;
- глубину и конструкцию скважин с указанием параметров цементирования;
- диаметр и толщину стенки обсадных труб;
- геологический разрез скважин с данными интерпретации боковых электрических зондирований;
- характеристику водоносных горизонтов.

3.4. При проектировании катодной защиты определяют необходимые средства защиты на начальный период, а также на момент, предшествующий капитальному ремонту средств защиты. При этом учитывают старение изоляционного покрытия и увеличение сети подземных сооружений.

МЕТОДИКА РАСЧЕТА ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЙ ЗАЩИТЫ ПРОМЫСЛОВЫХ СООРУЖЕНИЙ И ОБСАДНЫХ КОЛОНН СКВАЖИН ПРИ ВЕРНЕМ РАСПОЛОЖЕНИИ СКВАЖИН

3.5. Необходимую степень защиты обсадных колонн скважин находят из выражения:

$$\rho_c = \left(1 - \frac{\delta_{oc}}{K_{nc} \cdot T_c}\right) 100, \quad (1)$$

где δ_{oc} - допустимое коррозионное уменьшение стенки трубы скважины, мм;

K_{nc} - скорость коррозии скважины, мм/год;

T_c - срок службы скважины, годы.

3.6. Необходимую степень защиты шлейфа определяют из выражения:

$$\rho_{ш} = \left(1 - \frac{\delta_{ош}}{K_{нш} \cdot T_{ш}}\right) 100, \quad (2)$$

где $\delta_{ош}$ - допустимое коррозионное уменьшение стенки трубы шлейфа, мм;

$K_{нш}$ - скорость коррозии шлейфа, мм/год;

$T_{ш}$ - срок службы шлейфа, годы

3.7. Минимальную наложенную разность потенциалов на забое скважины определяет из выражения:

$$U_{mc} = 0,058 \lg \frac{100}{100 - \rho_c}, \quad (3)$$

3.8. Минимальная наложенная разность потенциалов в начале шлейфа определяется из выражения:

$$U_{мш} = 0,058 \lg \frac{100}{100 - \rho_{ш}}. \quad (4)$$

3.9. Разность потенциалов на устье скважины на расстоянии радиуса защиты от группового пункта ("среднего" шлейфа) находят из выражения

$$U_{oc} = U_{mc} \cdot ch(\alpha_c \ell_c) \text{ В}, \quad (5)$$

где ℓ_c - длина скважины на расстоянии радиуса защиты от группового пункта, м;

α_c - постоянная распространения тока вдоль скважины

$$\alpha_c = \sqrt{\frac{R_c}{R_{перc}}} \quad 1/м, \quad (6)$$

где R_c - продольное сопротивление скважины (см. приложение I), Ом/м;

$$R_c = \frac{\rho_c}{\pi(D_c - \delta_c)\delta_c \cdot 1000000}, \quad (7)$$

$$R_{перc} = \frac{R'_{перc}}{\pi D_c} \quad \text{Ом} \cdot \text{м}, \quad (8)$$

где D_c - диаметр скважины, м;

δ_c - толщина стенки обсадных труб скважины, м;

ρ_c - удельное сопротивление трубной стали обсадных колонн скважин, Ом·мм²/м;

$R'_{перc}$ - переходное сопротивление скважины, Ом·м².

3.10. Если условие $U_{oc} \geq U_{мш}$ не выполняется, то приравняем $U_{oc} = U_{мш}$ и определяем:

$$U_{mc} = \frac{U_{мш}}{ch(\alpha_c \ell_c)},$$

при этом степень защиты изменяется:

$$\rho_c = 100(1 - e^{-40U_{mc}}), \quad (9)$$

$$\rho_{ш} = 100(1 - e^{-40U_{oc}}). \quad (10)$$

3.11. Если $U_{oc} \geq U_{мш}$, то расчет ведут далее и определяют силу тока, необходимую для защиты обсадной колонны скважины (на устье):

$$I = \frac{U_{mc}}{\alpha_c} sh(\alpha_c \ell_c) A, \quad (11)$$

где α_c - характеристическое сопротивление скважины, Ом;

$$\mathcal{Z}_c = \sqrt{R_c \cdot R_{перс}}. \quad (12)$$

3.12. Разность потенциалов в конце шлейфа (для средних) составит:

$$U_{шк} = U_{мс} \left[ch \alpha_c \ell_c \cdot ch \alpha_{ш} \ell_{ш} + \frac{\mathcal{Z}_{ш}}{\mathcal{Z}_c} sh \alpha_{ш} \ell_{ш} \cdot sh \alpha_c \ell_c \right] \cdot B, \quad (13)$$

где $\ell_{ш}$ - длина шлейфа, м;
 $\alpha_{ш}$ - постоянная распространения тока вдоль шлейфа, 1/м;

$$\alpha_{ш} = \sqrt{\frac{R_{ш}}{R_{перш}}}, \quad (14)$$

где $R_{ш}$ - продольное сопротивление шлейфа (см. приложение I, I, а);

$$R_{ш} = \frac{\rho_{ш}}{\pi (D_{ш} - \delta_{ш}) \delta_{ш} \cdot 1000000} \text{ Ом/м}, \quad (15)$$

где $\rho_{ш}$ - удельное электрическое сопротивление шлейфа, Ом·м²/м;
 $D_{ш}$ - диаметр шлейфа, м;
 $\delta_{ш}$ - толщина стенки трубы шлейфа, м;

$$R_{перш} = \frac{R'_{перш}}{\pi D_{ш}} \text{ Ом·м}, \quad (16)$$

где $R'_{перш}$ - переходное сопротивление шлейфа, Ом·м²;
 $\mathcal{Z}_{ш}$ - характеристическое сопротивление шлейфа, Ом;

$$\mathcal{Z}_{ш} = \sqrt{R_{ш} R_{перш}}. \quad (17)$$

3.13. Сила тока, необходимая для защиты системы "шлейф-скважина" (для среднего шлейфа):

$$I_{шс} = \frac{U_{мс}}{\mathcal{Z}_{ш}} \left[ch(\alpha_c \ell_c) sh(\alpha_{ш} \ell_{ш}) + \frac{\mathcal{Z}_{ш}}{\mathcal{Z}_c} sh(\alpha_c \ell_c) ch(\alpha_{ш} \ell_{ш}) \right]. \quad (18)$$

3.14. Разность потенциалов в начале шлейфа определяют из выражения:

$$U_{ш_i} = \frac{U_{ш_k} \operatorname{ch}(\alpha_{ci} l_{ci})}{\operatorname{ch}(\alpha_{ci} l_{ci}) \operatorname{ch}(\alpha_{wi} l_{wi}) + \frac{R_{wi}}{R_{ci}} \operatorname{sh}(\alpha_{ci} l_{ci}) \operatorname{sh}(\alpha_{wi} l_{wi})} B, \quad (19)$$

где i - номер системы "шлейф-скважины";
 l_{ci} - длина скважины, м;

l_{wi} - длина шлейфа, м;

α_{ci} - постоянная распространения тока вдоль скважины, 1/м;

$$\alpha_{ci} = \sqrt{\frac{R_{ci}}{R_{пер ci}}}, \quad (20)$$

$$R_{ci} = \frac{\rho_{ci}}{\pi (D_{ci} - \delta_{ci}) \delta_{ci} \cdot 1000000} \text{ Ом/м}, \quad (21)$$

где D_{ci} - диаметр скважины, м;

δ_{ci} - толщина стенки обсадных труб скважин, м;

ρ_{ci} - удельное сопротивление скважин, Ом·м;

$$R_{пер ci} = \frac{R_{пер ci}}{\pi D_{ci}}, \quad (22)$$

где $R'_{пер ci}$ - переходное сопротивление скважины, Ом·м²;

α_{wi} - постоянная распространения тока вдоль шлейфа, 1/м;

$$\alpha_{wi} = \sqrt{\frac{R_{wi}}{R_{пер wi}}}, \quad (23)$$

$$R_{wi} = \frac{\rho_{wi}}{\pi (D_{wi} - \delta_{wi}^s) \delta_{wi}^s \cdot 1000000} \text{ Ом/м}; \quad (24)$$

ρ_{wi} - удельное сопротивление шлейфа, Ом·мм²/м;

$D_{шл}$ - диаметр шлейфа, м;
 $\delta_{шл}$ - толщина стенки трубы шлейфа, м;
 $R_{першл}$ - переходное сопротивление шлейфов, Ом·м;

$$R_{перш} = \frac{R'_{першл}}{\pi D_{шл}} \text{ Ом} \cdot \text{м} , \quad (25)$$

здесь $R'_{першл}$ - переходное сопротивление шлейфа, Ом·м²;

$Z_{шл}$ - характеристическое сопротивление шлейфа, Ом;

$$Z_{шл} = \sqrt{R_{шл} R_{першл}} \text{ Ом} , \quad (26)$$

где $Z_{сц}$ - характеристическое сопротивление скважины, Ом.

$$Z_{сц} = \sqrt{R_{сц} R_{персц}} \text{ Ом} . \quad (26 \text{ а})$$

3.15. Определяем защитную силу тока системы "шлейф-скважина"

$$I_{шсц} = \frac{U_{шсц} [ch(\alpha_{сц} l_{сц}) sh(\alpha_{шл} l_{шл}) + \frac{Z_{шл}}{Z_{сц}} sh(\alpha_{сц} l_{сц}) ch(\alpha_{шл} l_{шл})]}{Z_{шл} [ch(\alpha_{сц} l_{сц}) ch(\alpha_{шл} l_{шл}) + \frac{Z_{шл}}{Z_{сц}} sh(\alpha_{сц} l_{сц}) sh(\alpha_{шл} l_{шл})]} \text{ А} . \quad (27)$$

3.16. Смещение разности потенциалов на забое скважины определяется из выражения:

$$U_{мсц} = \frac{U_{шшл}}{ch(\alpha_{сц} l_{сц})} \text{ В} . \quad (28)$$

3.17. Если $U_{мс} > U_{мсц}$ для среднего шлейфа, то расчет ведется по следующим формулам:

$$U_{гц} = U_{сц} - U_{шшл} \text{ В} , \quad (29)$$

$$I_{гц} = \frac{U_{гц} (Z_{шл} + Z_{сц})}{Z_{шл} \cdot Z_{сц}} \text{ А} , \quad (30)$$

где $U_{гц}$ - необходимое смещение потенциала на устье скважины от дополнительного источника тока, В;

$I_{гц}$ - сила тока дополнительного источника питания, А.

Если условие не выполняется, то расчет ведется в следующей последовательности.

3.18. Определяем силу тока групповой (кустовой) катодной установки:

$$I_{одщ} = \sum_i^n I_{иц_i} + I_{иц} + I_{зр} \quad A, \quad (31)$$

$$I_{зр} = \frac{U_{иц} S}{R_{пер зр}} \quad A, \quad (32)$$

где S - площадь подземных коммуникаций групповой, m^2 ;
 $R_{пер зр}$ - переходное сопротивление подземных коммуникаций групповой, $\Omega \cdot m^2$.

3.19. Напряжение на выходе катодной станции определяем из выражения

$$U = I_{одщ} (R_a + R_{пр}) \quad B, \quad (33)$$

где R_a - сопротивление анодного заземления, Ω ;
 $R_{пр}$ - сопротивление проводов;

$$R_{пр} = \frac{\rho_M y_n}{S_n} \quad \Omega, \quad (34)$$

где S_n - сечение дренажного провода, mm^2 ;
 ρ_M - удельное электрическое сопротивление материала проводов, $\Omega \cdot mm^2/m$;
 y_n - длина дренажного провода, m ,

$$y_n = \rho_3 K_n; \quad (35)$$

K_n - коэффициент пропорциональности ($K_n = ?$);
 ρ_3 - удельное электрическое сопротивление земли, $\Omega \cdot mm^2/m$.

3.20. Мощность катодной станции равна:

$$W = I_{одщ} U \quad B \cdot T. \quad (36)$$

3.21. Для уменьшения времени, затрачиваемого на расчет параметров катодной защиты обсадных колонн скважин, шлейфов

коммуникаций группового пункта, разработана специальная программа расчета параметров защиты. Эта программа позволит на электронно-вычислительной машине "Минск-22" определить все необходимые параметры защиты всех сооружений группового пункта в течение 3-5 мин.

Программа хранится в Вычислительном центре института "ЮжНИИгипрогаз" (г. Донецк, 66, ул. Челюскинцев, 151).

3.22. При ориентировочных расчетах силу тока кустовой катодной установки, в зависимости от радиуса защиты, определяют по графику (рис.2), который составлен для куста из 12 скважин. При количестве скважин больше или меньше 12 сила тока может быть определена из выражения:

$$I_n = \frac{I}{12} n ,$$

где I_n - необходимая сила тока в кусте;

I - сила тока, определенная по графику (рис.2);

n - количество скважин в кусте.

3.23. Сила тока дополнительных источников для обеспечения дозащиты удаленных скважин изменяется в зависимости от длины шлейфа и радиуса защиты и определяется по графику (см. рис.2).

П р и м е ч а н и е . График (см.рис.2) построен, исходя из максимального удаления скважины от группового пункта на расстояние до 4 км.

3.24. Параметры катодной защиты подземных сооружений Медвежьего газового промысла приведены в приложениях 2 и 2а

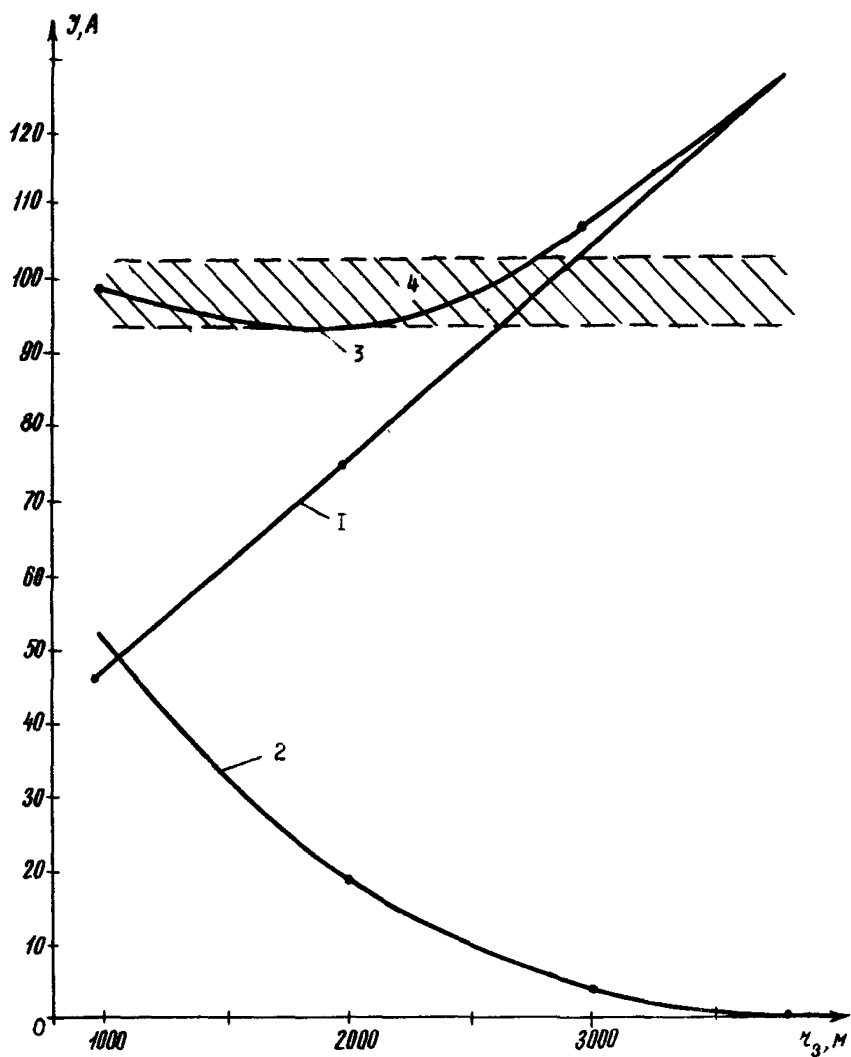


Рис.2. Зависимость защитной силы тока радиуса защиты r_z :
 1—сила тока кустовой УКЗ; 2—сила тока дополнительных УКЗ.
 3—общая сила тока для защиты куста скважин; 4—зона 10%-ного
 изменения силы тока.

МЕТОДИКА РАСЧЕТА ПАРАМЕТРОВ КАТОДНОЙ ЗАЩИТЫ
ПРОМЫСЛОВЫХ КОММУНИКАЦИИ И ОБСАДНЫХ КОЛОНН
ПРИ КРЕСТОБРАЗНОМ РАСПОЛОЖЕНИИ СКВАЖИН

3.25. Минимальную наложенную разность потенциалов на за-
бое скважины определяют из выражения (3) с учетом выражения (1).

3.26. Разность потенциалов в точке дренажа на объединен-
ных шлейфах, имеющих перемычку в точке дренажа, будет:

$$U_{\alpha} = U_{\alpha} [ch \alpha_c \ell_c sh \alpha_{\omega i} (\ell_{\omega i} - \xi) + \frac{Z_{\omega i}}{Z_c} sh \alpha_{\omega i} (\ell_{\omega i} - \xi) sh \alpha_c \ell_c] \text{ В, (37)}$$

где ξ — расстояние между точкой дренажа и групповым пунк-
том;

i — количество объединяемых перемычкой шлейфов в точке
дренажа.

Расчет производят отдельно для каждого из объединенных
шлейфов. В дальнейшем в расчет принимается максимальное (U_{\max})
значение U_{α} .

П р и м е ч а н и е . Электрические параметры об-
садных колонн скважин и шлейфов определяются по формулам
(6)–(9), (14)–(17) и (20)–(26).

3.27. Сила тока, необходимая для защиты систем шлейф-сква-
жина (объединенных), составит:

$$I_{\omega i} = \frac{U_{\max} [ch \alpha_c \ell_c sh \alpha_{\omega i} (\ell_{\omega i} - \xi) + \frac{Z_{\omega i}}{Z_c} sh \alpha_{\omega i} (\ell_{\omega i} - \xi) sh \alpha_c \ell_c]}{Z_{\omega i} [ch \alpha_c \ell_c sh \alpha_{\omega i} (\ell_{\omega i} - \xi) + \frac{Z_{\omega i}}{Z_c} sh \alpha_{\omega i} (\ell_{\omega i} - \xi) sh \alpha_c \ell_c]} \text{ А,}$$

где i — число систем шлейф-скважина, объединенных в точке
дренажа.

3.28. Суммарный ток, необходимый для защиты систем шлейф-
скважина:

$$I_0 = \sum_i I_{\omega i} \text{ А. (38)}$$

3.29. Разность потенциалов на групповом пункте с учетом
необъединенных шлейфов скважин (т.е. не имеющих точки дренажа):

$$U_{2p_j} = U_{mc} [ch \alpha_c l_c \cdot ch \alpha_{шj} l_{шj} + \frac{Z_{шj}}{Z_c} sh \alpha_c l_c \cdot sh \alpha_{шj} l_{шj}] B, \quad (39)$$

где j - число необьединенных шлейфов скважин.

3.30. Сила тока, необходимая для защиты системы шлейф-скважина (необьединенных) составит:

$$I_{шj} = \frac{U_{2p} [ch \alpha_c l_c sh \alpha_{шj} l_{шj} + \frac{Z_{шj}}{Z_c} sh \alpha_c l_c ch \alpha_{шj} l_{шj}]}{Z_{шj} [ch \alpha_c l_c ch \alpha_{шj} l_{шj} + \frac{Z_{шj}}{Z_c} sh \alpha_c l_c sh \alpha_{шj} l_{шj}]} A, \quad (40)$$

3.31. Сила тока, необходимая для защиты групповой:

$$I_{2p} = \frac{4 U_{2p \max}}{R_{2p}} A, \quad (41)$$

$$R_{2p} = \frac{R'_{пер 2p}}{S_{2p}} \text{ Ом} \cdot \text{м}, \quad (42)$$

где $R'_{пер 2p}$ - переходное сопротивление коммуникаций группового пункта, Ом·м²;

S_{2p} - поверхность подземных сооружений группового пункта, м².

3.32. Суммарная защитная сила тока необьединенных скважин и группового пункта:

$$I_H = \sum I_j + I_{2p} A, \quad (44)$$

3.33. Разность потенциалов "труба-земля" в точке дренажа (§):

$$U'_0 = U_{2p \max} ch \alpha_{шэ} \xi + I_H R_{шэ} B, \quad (45)$$

где $\alpha_{шэ}$ - постоянная распространения тока вдоль эквивалентного сооружения (шлейфа);

$$\alpha_{шэ} = \sqrt{\frac{R_{шэ}}{R_{першэ}}} \quad 1/м,$$

где $R_{шэ}$ - продольное сопротивление эквивалентного сооружения, Ом/м;

$$R_{шэ} = \frac{R_{шэ}^{i-1} \cdot R_{шi}}{R_{шэ}^{i-1} + R_{шi}}, \quad (46)$$

$$R_{шэ}^{i-1} = \frac{R_{шэ}^{i-2} \cdot R_{шi-1}}{R_{шэ}^{i-2} + R_{шi-1}}, \quad (47)$$

$$R_{шэ}^{i-2} = \frac{R_{шэ}^{i-3} \cdot R_{шi-2}}{R_{шэ}^{i-3} + R_{шi-2}}, \quad (48)$$

где $R_{шi}$, $R_{шi-1}$, $R_{шi-2}$, $R_{шi-n}$ - продольное сопротивление соответственно i , $i-1$, $i-2$, ..., $i-n$ шлейфов, Ом/м;

$R_{першэ}$ - переходное сопротивление эквивалентного сооружения (шлейфа), Ом·м;

$$R_{першэ} = \frac{R_{перi} \cdot R_{перi-1} - R_n^2}{R_{перi} + R_{перi-1} - 2R_n}, \quad (49)$$

$$R_{перi} = \frac{R'_{перi}}{\pi D_i} \text{ Ом·м}, \quad (50)$$

R_n - взаимное переходное сопротивление между шлейфами;

$$R_n = \frac{\varphi}{\pi} (0,116 - 0,02n \sqrt{\alpha_{шi} \cdot \alpha_{шi-1}}) \text{ Ом·м}, \quad (51)$$

где φ - удельное сопротивление грунта, Ом·м;

b - расстояние между шлейфами, м.

3.34. При $U_{0\max} > U_0'$ - выбрано правильно,
 при $U_{0\max} < U_0'$ - необходимо изменить.

3.35. Сила тока установки катодной защиты будет:

$$I_{\text{укз}} = I_0 + I_H \quad \text{А,} \quad (52)$$

3.36. Выбор величины ξ производится на основе технико-экономических показателей различных вариантов.

Методически выбор ξ производится путем определения минимальной стоимости варианта.

3.37. Общая годовая стоимость катодной защиты:

$$C_{\text{укз}} = C_{\text{КС}} + C_{\text{а}} + C_{\text{п}} + C_{\text{об}} + C_{\text{з}},$$

$C_{\text{КС}}$ - приведенные затраты на сооружение катодной станции и питающей линии, р;

$$C_{\text{КС}} = C_{\text{КС}} E,$$

где $C_{\text{КС}}$ - единовременные затраты на сооружение катодной станции и питающей линии, р;

E - нормативный коэффициент эффективности, 1/год;

$C_{\text{а}}$ - приведенные затраты на сооружение анодного заземления, р;

$$C_{\text{а}} = C_{\text{а}} NE,$$

где $C_{\text{а}}$ - стоимость сооружения одного заземлителя, включая стоимость соединительного провода, р;

N - число заземлителей в анодном заземлении, шт;

$C_{\text{п}}$ - приведенные единовременные затраты на сооружение дренажной линии постоянного тока, р;

$$C_{\text{п}} = (C_{\text{п1}} + C_{\text{п2}} \xi) E$$

где $C_{\text{п1}}$ - стоимость дренажной анодной линии (от катодной станции до анодного заземления), р/м;

$C_{\text{п2}}$ - стоимость дренажной катодной линии (от точки дренажа до катодной станции), р/м;

y - длина дренажной анодной линии, м;

ξ - длина дренажной катодной линии, м;

$C_{\text{з}}$ - стоимость электроэнергии, р;

$$C_3 = \frac{8,76 C_3 J_{\text{укз}}^2 R_{\text{ц}}}{\lambda}$$

где C_3 - стоимость 1 кт.ч. электроэнергии, р/кт.ч;
 $R_{\text{ц}}$ - сопротивление цепи катодной защиты, Ом;

$$R_{\text{ц}} = R_{\text{np}} + R_{\text{а}}$$

где R_{np} - сопротивление дренажной линии, Ом;

$$R_{\text{np}} = \rho_1 \frac{y}{S_1} + \rho_2 \frac{\xi}{S_2}$$

где ρ_1 и ρ_2 - удельное электрическое сопротивление материала проводов соответственно для анодной и катодной линии, Ом·мм²/м;

S_1 и S_2 - сечение проводов соответственно анодной и катодной дренажной линий, мм²;

$R_{\text{а}}$ - переходное сопротивление анодного заземления;

$$R_{\text{а}} = \frac{R_1}{N \lambda_2}$$

где R_1 - переходное сопротивление единичного анодного заземления, Ом;

λ_2 - коэффициент экранирования, кг/м³;

N - количество заземлителя в анодном заземлении, шт;

$C_{\text{об}}$ - стоимость годового обслуживания, р/год.

3.38. Напряжение на выходе катодной станции:

$$U = J_{\text{укз}} (R_{\text{а}} + R_{\text{np}})$$

3.39. Мощность катодной станции:

$$W = U J_{\text{укз}}$$

3.40. Ввиду сложности вычислений рекомендуется использовать специальную программу расчета параметров катодной защиты сооружений при крестообразном расположении скважин в кусте. Программа, разработанная ЮННИИгипрогазом и ВНИИСТОм, позволяет получить решение задачи через 10-15 мин.

3.41. При крестообразном расположении скважин целесообразно разное направление защищать одной катодной установкой, при этом сила тока должна быть 20 + 30 А (в предположении, что в каждом направлении имеется 3-6 скважин).

4. СРЕДСТВА ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЙ ЗАЩИТЫ

4.1. Для катодной защиты в качестве источников постоянного тока рекомендуется применять выпрямительные устройства, параметры которых приведены в табл. I.

4.2. Выпрямительные устройства рекомендуется размещать в отапливаемом сухом помещении на территории групповых пунктов.

4.3. При установке катодных станций вне группового пункта выпрямительные устройства рекомендуется устанавливать в специальном домике или на открытом воздухе, если их технические характеристики позволяют выполнять работу в данных климатических условиях.

4.4. Анодное заземление рекомендуется применять следующих типов:

свайное из стальных некондиционных труб диаметром 152-377 мм (рис. 3);

из горизонтально уложенных труб диаметром 800-1400 мм (используют отходы труб при строительстве (рис. 4), а также из железокремниевых электродов типа ЗЖК-12КА, стальных заземлителей в коксобетонном наполнителе типа ЗСЖБ или из уголка 100х100х10.

Расчетные параметры анодных заземлений приведены в табл. 2 и 3.

4.5. Заземлители необходимо размещать ниже уровня сезонного промерзания грунта.

4.6. Устанавливать анодные заземления рекомендуется в местах с низким удельным сопротивлением грунта и при отсутствии вечной мерзлоты (например, пойменные участки).

4.7. Анодное заземление, как правило, следует располагать на расстоянии не менее 700 м от группового пункта.

4.8. Анодные заземления на большие силы тока (при веерном расположении скважин) целесообразно располагать в 2-3 местах в районе куста. При крестообразном расположении скважин анодные заземления размещаются согласно схеме, представленной на рис. I.

4.9. В качестве дополнительных средств защиты могут применяться протекторы магниевые с активатором типа ПМ10У и ПМ20У. Расстояние группы протекторов от скважины должно быть не менее 50 м.

4.10. Прокладка дренажных линий может быть кабельной или воздушной.

Таблица I

Выпрямительные устройства для катодной защиты

Наименование	Серия, тип, марка	Входные пара- метры		Выходные пара- метры			Вид ре- гулиро- вания	Масса, кг	Диапа- зон темпе- ратур, °С	Размеры, мм	Цена, р.	Завод- изгото- витель
		напря- жение, В	количе- ство фаз	мощ- ность, кВт	ток, А	нап- ряже- ние, В						
I	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Сетевая унифици- рованная катодная станция	СКСУ- I200	220		I,2	25- 50	24- 48	Ступен- чатое	120	От -40 до +50	914x905x x532		Кирово- канский завод "Автоматика"
Выпрямительные устройства	БУМС-4	380	3	4/2	55	220/110	-	180	От -40 до +40	1332x700x x385		Ставро- польский завод "Электро- автоматика"
Выпрямительные устройства	БУМС-6	580	3	6,3/3	35	220/110	-	180	От -40 до +40	1332x700x x383		То же
Выпрямительные устройства	УВК-3- -50/220Ф	220/ 380		II	50	110/220	-	312	От -40 до +40	1450x920x x425		"
Выпрямительные устройства	УВК-3- -50/220П	220/380; 500		II	50	110/220	-	280	От -40 до +40	1450x920x x425		"

Продолжение таблицы I

I	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Выпрямительный агрегат	ВАЗ-70- -150	380	3	8,9	60- 150	30-70	Автомати- ческая стабили- зация то- ка. Выход: режим А-5+ 150А; 40 + 90В, режим В-5+ 150А; 17 + 50В	270	-20+ + 35	1610x760x x480	700	Саран- ский за- вод "Элект- ро выпря- митель"
Автоматическое зарядное уст- ройство	УЗА-80- -НО	380	3	8,8	32- 80	60- 110	С неавто- матичес- ким отклю- чением	265	5+40	616x590x x1695	820	То же

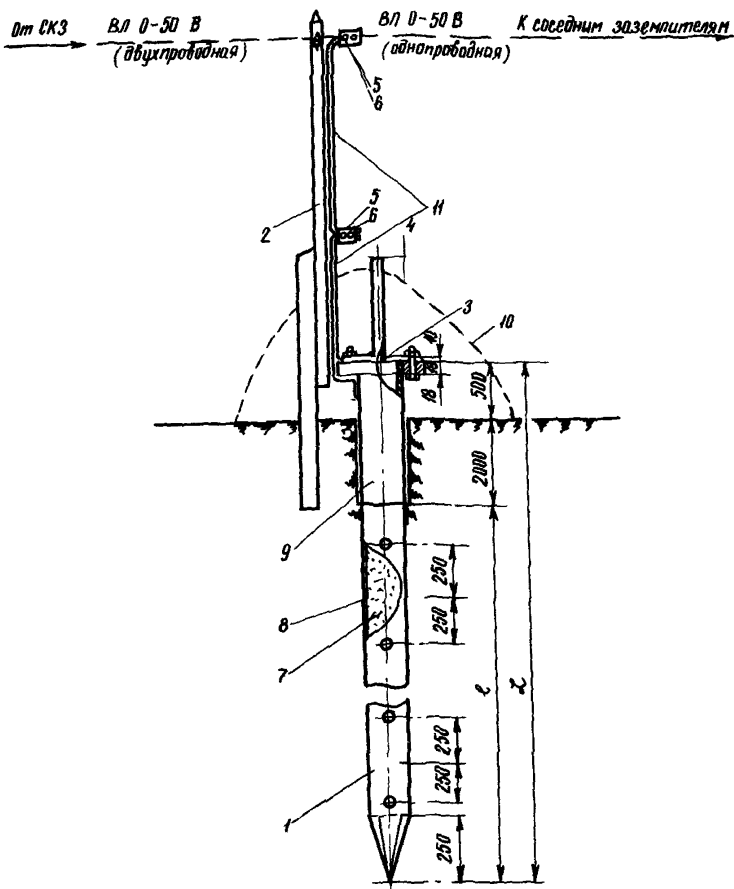


Рис. 3. Свайный анодный заземлитель с контактным устройством:
 1-свая из стальной некондиционной трубы диаметром 168-425 мм по ГОСТ 10704-63 группы Г или из трубы, бывшей в употреблении;
 L - общая длина свай (12-36 м) по проекту СКЗ; L' - рабочая длина свай (10,5-33,5); 2-фланец; 3-крышка; 4- труба диаметром 219, $\delta = 23$ мм; 5- зажим плашечный болтовой; 6- болт М12х55 с гайкой; 7-техническая соль NaCl, уровень засыпки равен L; 8-отверстия прорезаны автогенно; 9-битумная мастика типа МБР-И-3-80, толщина слоя которой 3 мм; 10- уровень утепляющей обваловки местным грунтом (торфом) $\gamma = 14$ м³; 11- сталь диаметром 10-12 мм в ПВХ трубке диаметром 13 мм. Нижний конец приваривают к оголовку свай электросваркой.

После окончания монтажа оголовок с крышкой тщательно изолируют мастикой МБР-И-3-80, толщина слоя которой 5-6 мм.

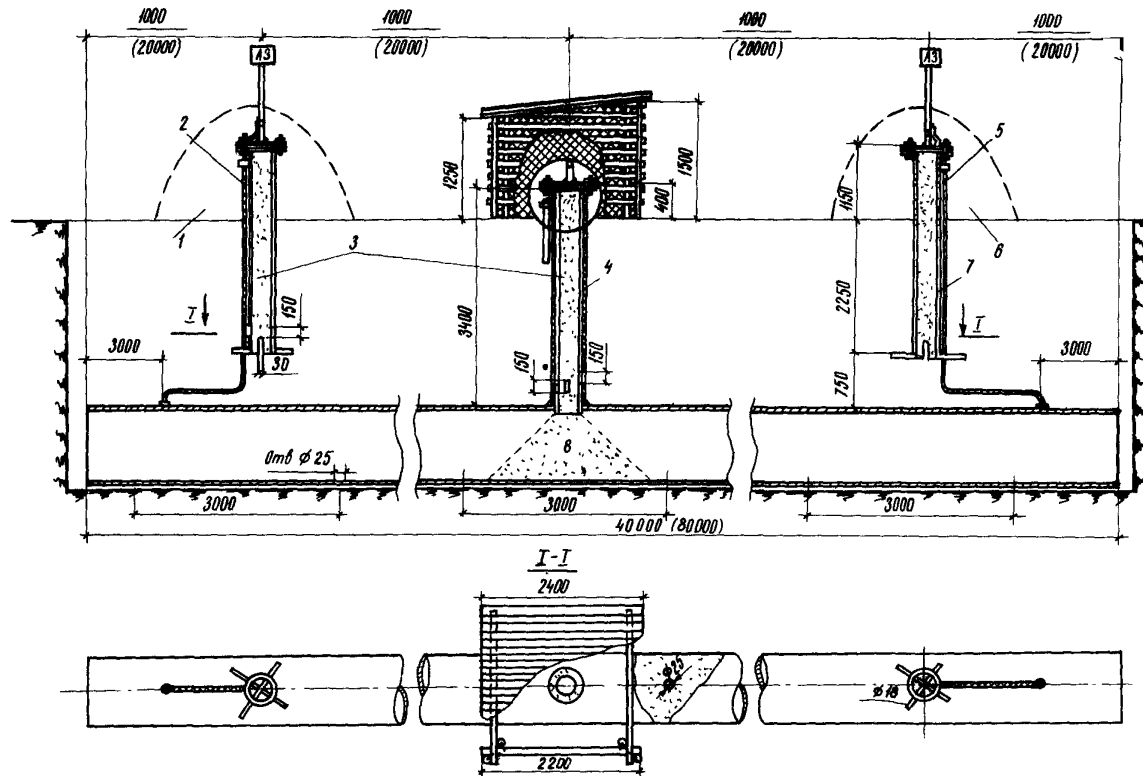


Рис.4. Анодное заземление из отходов стальных труб диаметром 800–1400 мм:
 1–обваловка; 2–кабель АНРТ, 1х25; 3–засыпка солью; 4–труба 325х8, покрытая
 битумной изоляцией $\delta \approx 5$ мм; 5–кабель АНРТ, 1:25; 6–обваловка; 7–труба 325х8
 без изоляции; 8–соль

Таблица 2

Основные расчетные показатели глубинного
свайного заземления

Тип анод- ного за- земления	Длина элект- рода (ℓ_0), м	Глубина заложения (h), м	Удельное сопро- тивление грунта ($\rho_{\text{гр}}$), Ом·м	Катод- ный ток (I), А	Расстоя- ние меж- ду за- землите- лями, м	Количе- ство за- землите- лей (N)	Стои- мость, тыс.р.	Сопро- тивление одного заземли- теля, Ом	$K_{\text{соль}}$	Кэффи- циент экрани- рования ($K_{\text{эк}}$)	$R_{\text{общ}} =$ $\frac{\rho_{\text{гр}} \cdot K_{\text{с}} \cdot K_{\text{эк}}}{N}$
I	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Труба сталь- ная диамет- ром 377 мм	18	16	50	20	20	2	2	2,2	0,7	0,70	0,5
				50	20	2	2	2,2	0,7	0,70	0,5
				70	20	2	2	2,2	0,7	0,70	0,5
То же	18	16	100	20	20	4	4	4,5	0,7	0,70	0,55
				50	20	4	4	4,5	0,7	0,70	0,55
				70	20	4	4	4,5	0,7	0,70	0,55
—"	18	16	200	20	20	4	4	9,0	0,5	0,70	0,72
				50	20	4	4	9,0	0,5	0,70	0,72
				70	20	4	4	9,0	0,5	0,70	0,72
—"	18	16	400	20	20	8	9	18	0,5	0,65	0,72
				50	20	8	9	18	0,5	0,65	0,72
				70	20	8	9	18	0,5	0,65	0,72
—"	18	16	500	20	20	8	9	22,5	0,4	0,65	0,73
				50	20	8	9	22,5	0,4	0,65	0,73
				70	20	8	9	22,5	0,4	0,65	0,73

Продолжение таблицы 2

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Труба сталь- ная диамет- ром 377 мм	I8	I6	800	20	20	8	9	36,0	0,4	0,65	I,15
				50	20	8	9	36,0	0,4	0,65	I,15
				70	20	8	9	36,0	0,4	0,65	I,15
То же	I8	I6	1000	20	20	8	9	45,0	0,4	0,65	I,44
				50	20	8	9	45,0	0,4	0,65	I,44
				70	20	8	9	45,0	0,4	0,65	I,44
Труба сталь- ная диаметром 152 мм	II	9	50	20	20	5	2	3,8	0,7	0,72	0,38
				50	20	5	2	3,8	0,7	0,72	0,38
				70	20	5	2	3,8	0,7	0,72	0,38
То же	II	9	100	20	20	5	2	7,6	0,7	0,72	0,76
				50	20	5	2	7,6	0,7	0,72	0,76
				70	20	5	2	7,6	0,7	0,72	0,76
--	II	9	200	20	20	5	2	15,0	0,7	0,72	0,89
				50	20	5	2	15,0	0,7	0,72	0,89
				70	20	5	2	15,0	0,7	0,72	0,89
--	II	9	400	20	30	15	6	30	0,5	0,65	0,64
				50	30	15	6	30	0,5	0,65	0,64
				70	30	15	6	30	0,5	0,65	0,64

Окончание таблицы 2

Тип анод-ного за-земления	Длина элект-рода (ℓ_p), м	Глубина заложения (h), м	Удельное сопротивление грунта (ρ_p), Ом·м	Катод-ный ток (I), А	Расстоя-ние меж-ду за-землите-лями, м	Количе-ство за-землите-лей (N), шт.	Стои-мость, тыс.р.	Сопро-тивле-ние од-ного заземли-теля (R_1), Ом	$K_{\text{соль}}$	Кoeffи-циент экрани-рования ($K_{\text{ЭК}}$)	$R_{\text{общ}} = \frac{R_1 K_c K_{\text{ЭК}}}{N}$ Ом
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Труба сталь-ная диамет-ром 152 мм	II	9	500	20	30	15	6	38	0,4	0,65	0,65
				50	30	15	6	38	0,4	0,65	0,65
				70	30	15	6	38	0,4	0,65	0,65
То же	II	9	800	20	30	15	6	60	0,4	0,65	1,04
				50	30	15	6	60	0,4	0,65	1,04
				70	30	15	6	60	0,4	0,65	1,04
"-	II	9	1000	20	30	15	6	76	0,4	0,65	1,31
				50	30	15	6	76	0,4	0,65	1,31
				70	30	15	6	76	0,4	0,65	1,31

Таблица 3

Расчетные показатели типовых анодных заземлений

Тип анод-ного за-земления	Длина элект-рода, (L_0) , м	Глубина за-ложе-ния (h) , м	Удельное сопротивление грунта $(\rho_{гр})$, Ом·м	Ток (I) , А	Расстояние между за-землителя-ми, м	Количес-тво зазем-лителей (N) , шт.	Сопротивле-ние одного заземлите-ля (R) , Ом	Сопротивле-ние одного заземле-ния $(R_{общ})$, Ом	Коэффициент экранирова-ния $(K_{экp})$	Стоимость анодного заземле-ния, р
100x100x10мм	2,5	3,5	50	20	3,9	27	14,7	0,87	0,60	1961
				50	4,7	69	14,7	0,37	0,55	4537
				70	5,1	96	14,7	0,27	0,54	6341
То же	2,5	3,5	100	20	4,3	48	29,4	1,0	0,57	3323
				50	5,3	117	29,4	0,47	0,53	7900
				70	5,7	165	29,4	0,34	0,52	11118
"-	2,5	3,5	200	20	4,8	75	58,9	1,3	0,55	5361
				50	5,9	187	58,9	0,61	0,51	13119
				70	6,4	260	58,9	0,45	0,50	18591
"-	2,5	3,5	400	20	5,3	121	117,9	1,82	0,53	8588
				50	6,7	296	117,9	0,80	0,49	21566
				70	7,2	406	117,9	0,60	0,48	30529
"-	2,5	3,5	500	20	5,5	139	147,4	2,0	0,52	9910
				50	6,9	337	147,4	0,89	0,48	24828
				70	7,5	467	147,4	0,66	0,47	35471

Продолжение таблицы 3

Тип анод-ного за-земления	Длина элек-трودа, м	Глуби-на за-ложе-ния, м	Удельное сопро-тивление грунта (ρ), Ом·м	Ток (I), А	Расстояние между за-землителя-ми, м	Количест-во зазем-лителей (N), шт.	Сопротивле-ние одного заземлителя (R), Ом	Сопротивле-ние анодно-го заземле-ния ($R_{общ}$), Ом	Коэффициент экранирова-ния ($K_{экp}$)	Стоимость анодного заземле-ния, р
ЭЖК-12КА	1,45	2,5	50	20	3,9	43	14,8	0,52	0,65	4270
				50	4,7	106	14,8	0,22	0,61	9083
				70	5,1	150	14,8	0,16	0,59	12428
То же	1,45	2,5	100	20	4,2	60	29,6	0,76	0,63	5567
				50	5,1	151	29,6	0,32	0,59	12548
				70	5,5	211	29,6	0,24	0,58	17410
"-	1,45	2,5	200	20	4,5	86	59,3	1,11	0,62	7446
				50	5,5	151	59,3	0,47	0,58	17585
				70	6,0	211	59,3	0,35	0,56	24659
"-	1,45	2,5	400	20	4,9	121	118,6	1,61	0,60	10172
				50	6,0	300	118,6	0,69	0,56	24914
				70	6,4	418	118,6	0,51	0,55	35223
"-	1,45	2,5	500	20	5,0	135	148,2	1,82	0,60	11289
				50	6,1	334	148,2	0,78	0,56	27924
				70	6,6	467	148,2	0,57	0,54	39565

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение I

Продольное сопротивление (Ом/м) магистральных
трубопроводов диаметром 146-299 мм

Диаметр грубо- провода, мм	Толщина стенки, мм									
	4	5	5,5	6	6,5	7	7,5	8		
146	$137 \cdot 10^{-6}$	$111 \cdot 10^{-6}$	$101 \cdot 10^{-6}$	$92,9 \cdot 10^{-6}$	$86,1 \cdot 10^{-6}$	$80,2 \cdot 10^{-6}$	$75,1 \cdot 10^{-6}$	$70,7 \cdot 10^{-6}$		
152	$132 \cdot 10^{-6}$	$106 \cdot 10^{-6}$	$96,8 \cdot 10^{-6}$	$89,1 \cdot 10^{-6}$	$82,5 \cdot 10^{-6}$	$76,9 \cdot 10^{-6}$	$72,0 \cdot 10^{-6}$	$67,7 \cdot 10^{-6}$		
159	$126 \cdot 10^{-6}$	$101 \cdot 10^{-6}$	$92,4 \cdot 10^{-6}$	$85,0 \cdot 10^{-6}$	$78,7 \cdot 10^{-6}$	$73,3 \cdot 10^{-6}$	$68,7 \cdot 10^{-6}$	$64,6 \cdot 10^{-6}$		
168	$119 \cdot 10^{-6}$	$95,7 \cdot 10^{-6}$	$87,3 \cdot 10^{-6}$	$80,3 \cdot 10^{-6}$	$74,3 \cdot 10^{-6}$	$69,2 \cdot 10^{-6}$	$64,8 \cdot 10^{-6}$	$61,0 \cdot 10^{-6}$		
180	$111 \cdot 10^{-6}$	$89,2 \cdot 10^{-6}$	$81,3 \cdot 10^{-6}$	$74,7 \cdot 10^{-6}$	$69,2 \cdot 10^{-6}$	$64,4 \cdot 10^{-6}$	$60,3 \cdot 10^{-6}$	$56,7 \cdot 10^{-6}$		
194	$103 \cdot 10^{-6}$	$82,6 \cdot 10^{-6}$	$75,3 \cdot 10^{-6}$	$69,2 \cdot 10^{-6}$	$64,0 \cdot 10^{-6}$	$59,6 \cdot 10^{-6}$	$55,8 \cdot 10^{-6}$	$52,4 \cdot 10^{-6}$		
219	$90,7 \cdot 10^{-6}$	$73,2 \cdot 10^{-6}$	$66,5 \cdot 10^{-6}$	$61,1 \cdot 10^{-6}$	$56,5 \cdot 10^{-6}$	$52,6 \cdot 10^{-6}$	$49,2 \cdot 10^{-6}$	$46,2 \cdot 10^{-6}$		
245	$80,9 \cdot 10^{-6}$	$65,0 \cdot 10^{-6}$	$59,2 \cdot 10^{-6}$	$54,4 \cdot 10^{-6}$	$50,3 \cdot 10^{-6}$	$46,8 \cdot 10^{-6}$	$43,8 \cdot 10^{-6}$	$41,1 \cdot 10^{-6}$		
273	$72,5 \cdot 10^{-6}$	$58,2 \cdot 10^{-6}$	$53,0 \cdot 10^{-6}$	$48,7 \cdot 10^{-6}$	$45,0 \cdot 10^{-6}$	$41,9 \cdot 10^{-6}$	$39,2 \cdot 10^{-6}$	$36,8 \cdot 10^{-6}$		
299	$66,1 \cdot 10^{-6}$	$53,1 \cdot 10^{-6}$	$48,3 \cdot 10^{-6}$	$44,4 \cdot 10^{-6}$	$41,0 \cdot 10^{-6}$	$38,2 \cdot 10^{-6}$	$35,7 \cdot 10^{-6}$	$33,5 \cdot 10^{-6}$		

Продольное сопротивление (Ом/м) магистральных
трубопроводов диаметром 325-1420 мм (удельное элект-
рическое сопротивление трубной стали - 0,245 Ом·мм²/м
при температуре 200С)

Диаметр трубопро- вода, мм	Толщина стенки, 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	
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																		
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																	
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																
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																
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												
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											
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	5,54·10 ⁻⁶	5,18·10 ⁻⁶	4,86·10 ⁻⁶						
1220													5,87·10 ⁻⁶	5,61·10 ⁻⁶	5,38·10 ⁻⁶	5,17·10 ⁻⁶	4,62·10 ⁻⁶	4,32·10 ⁻⁶	4,06·10 ⁻⁶	3,82·10 ⁻⁶	3,25·10 ⁻⁶					
1420																		3,96·10 ⁻⁶	3,70·10 ⁻⁶	3,47·10 ⁻⁶	3,27·10 ⁻⁶	2,79·10 ⁻⁶				
1620 x																		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	

x Ориентировочные значения

Параметры защиты ГП

Номер окражины и элефа	Длина окражи- ны ℓ_c , м	Длина элефа ℓ_n , м	$\tau_p = 1000$		$\tau_z = 2000$		$\tau_z = 2400$		$\tau_z = 3000$		$\tau_z = 3800$
			\mathcal{I}_{mc} , А	\mathcal{I}_g , А	\mathcal{I}_{mc} , А	\mathcal{I}_g , А	\mathcal{I}_{mc} , А	\mathcal{I}_g , А	\mathcal{I}_{mc} , А	\mathcal{I}_g , А	
1	1200	3020	3,5	5,4	5,6	2,4	6,4	1,45	7,73	0,1	9,6
2	1200	2220	3,57	3,6	5,69	0,55	6,55	-	7,87	-	9,75
3	1200	3050	3,5	5,5	5,6	2,5	6,4	1,5	7,73	0,15	9,62
4	1200	3610	3,47	6,5	5,53	3,6	6,35	2,5	7,67	1,2	9,55
5	1200	3800	3,43	6,75	5,5	3,9	6,3	2,95	7,63	1,5	9,5
6	1200	1910	3,6	2,8	5,73	-	6,6	-	7,93	-	9,67
7	1200	2000	3,58	3,0	5,7	-	6,57	-	7,9	-	9,7
8	1200	3430	3,48	6,2	5,55	3,25	6,37	2,3	7,68	0,85	9,57
9	1200	2120	3,57	3,33	5,7	0,3	0,55	-	7,88	-	9,77
10	1200	3040	3,52	5,45	5,6	2,45	6,4	1,45	7,73	0,13	9,62
11	1200	1084	3,78	0,3	5,98	-	6,86	-	8,3	-	10,23
12	1200	810	4,02	-	6,3	-	7,23	-	8,8	-	10,87
13	1200	1940	3,6	2,85	5,73	-	6,6	-	7,93	-	9,67
Сумма токов, А			46,60	51,68	74,21	18,95	85,18	12,15	102,78	3,93	127,12

Приложение 2 а

Параметры защиты ГПЗ

Номер скважины и шлейфа	Длина скважины ℓ_c , м	Длина шлейфа $\ell_{ш}$, м	Радиус защиты, r_z , м	Сила тока шлейф-сква- жина $I_{шс}$, А	Сила тока шлейф- скважина I_d , А
1	1200	3700	2679	6,98	1,93
2	1200	5150	2679	6,7 ₃	3,1
3	1200	3200	2679	7,03	1,05
4	1200	2700	2679	7,1	0,05
5	1200	2100	2679	7,17	-
6	1200	2750	2679	7,1	0,15
7	1200	800	2679	7,8	-
8	1200	3200	2679	7,03	1,05
9	1200	3450	2679	7,0	1,5
10	1200	2050	2679	7,2	-
11	1200	1150	2679	7,5	-
12	1200	1900	2679	7,23	-
Сумма токов, А				85,84	8,83

Параметры защиты ГПЗ

1	1200	3100	2715	7,13	0,8
2	1200	1830	2715	7,33	-
3	1200	2825	2715	7,2	0,25
4	1200	3750	2715	7,05	1,8
5	1200	3150	2715	7,13	0,9
6	1200	4450	2715	6,08	2,8
7	1200	3550	2715	6,1	1,6
8	1200	2100	2715	7,25	-
9	1200	3750	2715	7,05	1,8
10	1200	1750	2715	7,4	-
11	1200	900	2715	7,7	-
12	1200	1425	2715	7,5	-
Сумма токов, А				80,84	9,95

ЛИТЕРАТУРА

1. "Инструкция по проектированию и расчету катодной защиты трубопроводов" ВСН 2-19-70 . М., ОНТИ ВНИИСТА, 1971.
Мингазпром
2. "Инструкция по определению коррозионного состояния и защищенности обсадных колонн скважин" ВСН 2-32-72 . М., ОНТИ ВНИИСТА, 1972.
Мингазпром
3. "Классификация условий применения электрохимической защиты от коррозии в районах вечной мерзлоты". М., ОНТИ ВНИИСТА, 1970.
4. "Правила защиты подземных металлических сооружений от коррозии" СН-266-63. М., Изд-во литературы по строительству, 1964.
5. Рекомендации по проектированию электрозащиты трубопроводов диаметром 2500 мм в условиях вечной мерзлоты. М., ОНТИ ВНИИСТА, 1970.
6. Рекомендации по электрозащите трубопроводов в северных районах. М., ОНТИ ВНИИСТА, 1970.
7. Указания по защите от коррозии промышленных трубопроводов. М., ОНТИ ВНИИСТА, 1969.

СОДЕРЖАНИЕ

1. Общие положения	3
2. Схемы электрохимической защиты промыслов в северных условиях	5
3. Проектирование катодной защиты от коррозии газового промысла в северных условиях	6
4. Средства электрохимической защиты	21
Приложения	31
Литература	35

Р е к о м е н д а ц и и
по расчету и проектированию катодной защиты от коррозии
сооружений газового промысла в северных условиях

Р 145-73

Издание ЦНТИ ВНИИСТА

Редактор А.И. Зарецкая

Технический редактор Т.В. Березова

Подписано в печать 27.IX.1974 г.	Формат 60x84/16
Печ.л. 2,25	Уч.-изд.л. 2,0
Тираж 100	Усл.печ.л. 2,0
	Заказ 337

Ротапринт ВНИИСТА