

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. Овсепян и главным специалистом ОКП-4 ЮЖНИИгазпрогаза И. Д. Ягмуром.

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

ВНИИСТ	! Рекомендации по расчету и проекти-! ! рованию катодной защиты от корро- ! ! зии сооружений газового промысла ! ! в северных условиях !	Г 145-73
--------	---	----------

## I. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

I.1. Рекомендации распространяются на промышленные соору-  
жения (обсадные колонны скважин, шлейфы, водоводы, метано-  
проводы, газопроводы сооружения группового пункта и пр.), рас-  
положенные в северных условиях.

I.2. В Рекомендациях рассматриваются вопросы катодной за-  
щиты внешней поверхности промышленных сооружений от подземной  
коррозии.

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

I.4. Для защиты промышленных сооружений (шлейфов, газопро-  
водов, водопроводов, метано-проводов) применяется комплексная  
защита, включающая изоляцию внешней их поверхности покрытиями  
и катодную поляризацию (катодную защиту).

I.5. Выбор типа изоляционных покрытий производится в со-  
ответствии 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 несколь-  
ких подземных металлических сооружений общими катодными уста-  
новками 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 электрозщитных 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 промысла 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) вечномерзлые 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.

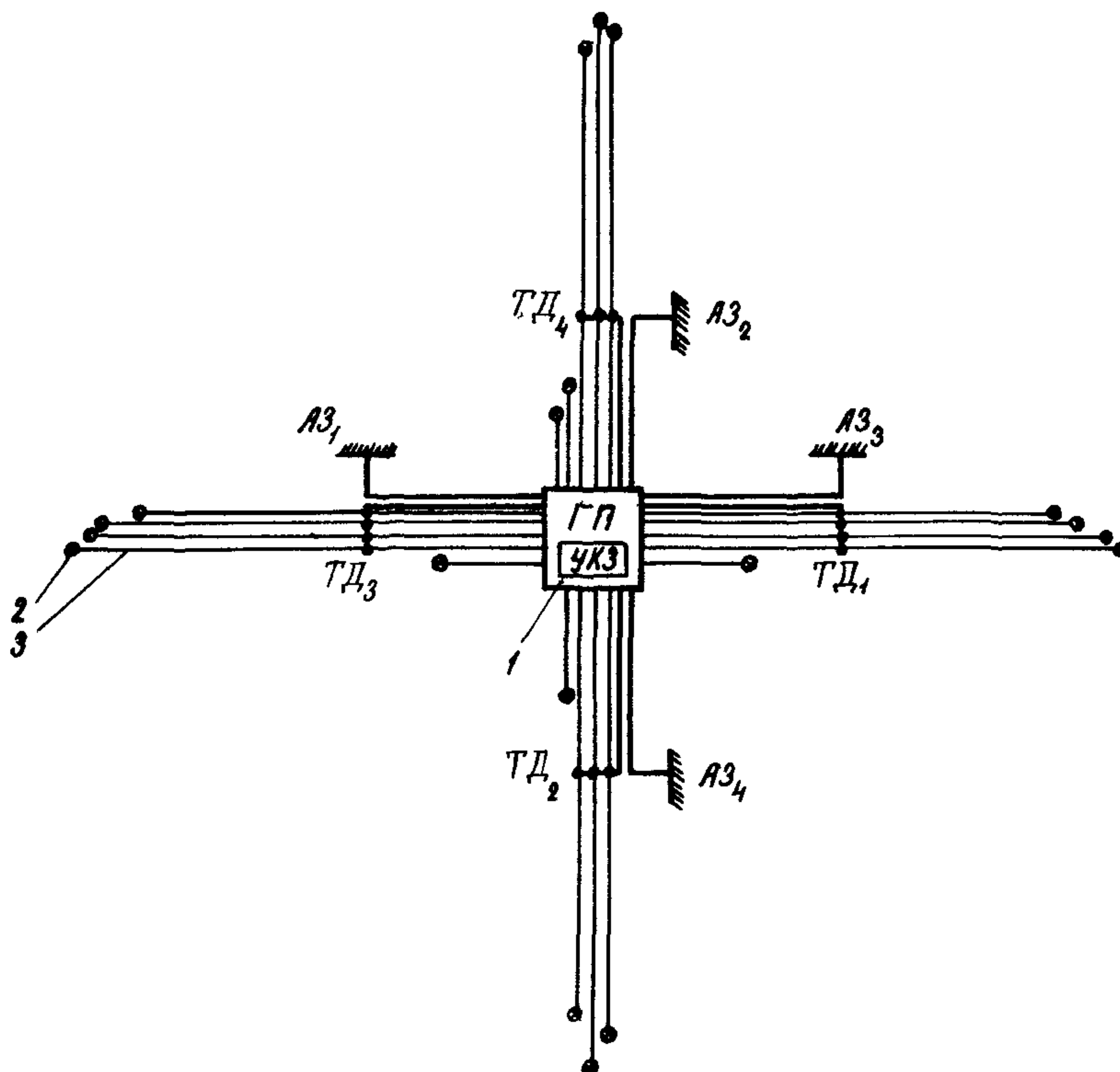


Рис.1. Схема размещения средств катодной защиты при крестообразном расположении скважин куста:

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 СООРУЖЕНИИ И ОБСАДНЫХ КОЛОНН СКВАЖИН ПРИ ВЕЕРНОМ РАСПОЛОЖЕНИИ СКВАЖИН

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



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

где  $\delta_{oc}$  - 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:

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

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:

$$U_{mc} = 0,058 \rho g \frac{100}{100 - P_c}, \quad (3)$$

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

$$U_{мш} = 0,058 \rho g \frac{100}{100 - P_{ш}}. \quad (4)$$

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

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

где  $\ell_c$  - длина скважины на расстоянии радиуса защиты от группового пункта, м;

$\alpha_c$  - постоянная распространения тока вдоль скважины

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

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

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

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

где  $D_c$  - диаметр скважины, м;  
 $\delta_c$  - толщина стенки обсадных труб скважины, м;  
 $\rho_c$  - удельное сопротивление трубной стали обсадных колонн скважин, Ом·мм<sup>2</sup>/м;

$R'_{перс}$  - переходное сопротивление скважины, Ом·м<sup>2</sup>.

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

$$U_{мс} = \frac{U_{мш}}{\text{ch}(\alpha_c l_c)},$$

при этом степень защиты изменяется:

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

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

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

$$J = \frac{U_{мс}}{\alpha_c} \text{sh}(\alpha_c l_c) A, \quad (11)$$

где  $\alpha_c$  - характеристическое сопротивление скважины, Ом;

$$\alpha_c = \sqrt{R_c \cdot R_{перc}} \quad (12)$$

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

$$U_{шк} = U_{мс} \left[ \operatorname{ch} \alpha_c l_c \cdot \operatorname{ch} \alpha_{ш} l_{ш} + \frac{\alpha_{ш}}{\alpha_c} \operatorname{sh} \alpha_{ш} l_{ш} \cdot \operatorname{sh} \alpha_c l_c \right] \cdot B, \quad (13)$$

где  $l_{ш}$  - 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);

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

где  $\rho_{ш}$  - удельное электрическое сопротивление шлейфа, Ом·м<sup>2</sup>/м;

$D_{ш}$  - диаметр шлейфа, м;

$\delta_{ш}$  - толщина стенки трубы шлейфа, м;

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

где  $R'_{перш}$  - переходное сопротивление шлейфа, Ом·м<sup>2</sup>;

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

$$Z_{ш} = \sqrt{R_{ш} R_{перш}} \quad (17)$$

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

$$I_{шс} = \frac{U_{мс}}{Z_{ш}} \left[ \operatorname{ch}(\alpha_c l_c) \operatorname{sh}(\alpha_{ш} l_{ш}) + \frac{Z_{ш}}{Z_c} \operatorname{sh}(\alpha_c l_c) \operatorname{ch}(\alpha_{ш} l_{ш}) \right]. \quad (18)$$

3.14. Разность потенциалов в начале шлейфа определяют из выражения:

$$U_{шн_i} = \frac{U_{шк} \operatorname{ch}(\alpha_{с_i} l_{с_i})}{\operatorname{ch}(\alpha_{с_i} l_{с_i}) \operatorname{ch}(\alpha_{ш_i} l_{ш_i}) + \frac{z_{ш_i}}{z_{с_i}} \operatorname{sh}(\alpha_{с_i} l_{с_i}) \operatorname{sh}(\alpha_{ш_i} l_{ш_i})} \text{ В, (19)}$$

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

$l_{ш_i}$  - длина шлейфа, м;

$\alpha_{с_i}$  - постоянная распространения тока вдоль скважины, 1/м;

$$\alpha_{с_i} = \sqrt{\frac{R_{с_i}}{R_{пер_{с_i}}}}, \quad (20)$$

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

где  $D_{с_i}$  - диаметр скважины, м;

$\delta_{с_i}$  - толщина стенки обсадных труб скважин, м;

$\rho_{с_i}$  - удельное сопротивление скважин, Ом·м;

$$R_{пер_{с_i}} = \frac{R'_{пер_{с_i}}}{\pi D_{с_i}}, \quad (22)$$

где  $R'_{пер_{с_i}}$  - переходное сопротивление скважины, Ом·м<sup>2</sup>;

$\alpha_{ш_i}$  - постоянная распространения тока вдоль шлейфа, 1/м;

$$\alpha_{ш_i} = \sqrt{\frac{R_{ш_i}}{R_{пер_{ш_i}}}}; \quad (23)$$

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

$\rho_{ш_i}$  - удельное сопротивление шлейфа, Ом·мм<sup>2</sup>/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·м<sup>2</sup>;  
 $Z_{шл}$  - 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"

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

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

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

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

$$U_{дц} = U_{ос} - U_{шнл} \text{ В} , \quad (29)$$

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

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

$I_{дц}$  - 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:

$$I_{\text{общ}} = \sum_1^n I_{\text{шсв}} + I_{\text{шсв}} + I_{\text{гр}} \quad A, \quad (31)$$

$$I_{\text{гр}} = \frac{U_{\text{шн}} S}{R_{\text{пер гр}}} \quad A, \quad (32)$$

где  $S$  - площадь подземных коммуникаций групповой,  $\text{м}^2$ ;  
 $R_{\text{пер гр}}$  - переходное сопротивление подземных коммуникаций групповой,  $\text{Ом} \cdot \text{м}^2$ .

3.19. Напряжение на выходе катодной станции определяем из выражения

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

где  $R_a$  - сопротивление анодного заземления,  $\text{Ом}$ ;  
 $R_{\text{пр}}$  - сопротивление проводов;

$$R_{\text{пр}} = \frac{\rho_M Y_n}{S_n} \quad \text{Ом}, \quad (34)$$

где  $S_n$  - сечение дренажного провода,  $\text{мм}^2$ ;  
 $\rho_M$  - удельное электрическое сопротивление материала проводов,  $\text{Ом} \cdot \text{мм}^2 / \text{м}$ ;  
 $Y_n$  - длина дренажного провода,  $\text{м}$ ,

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

$K_n$  - коэффициент пропорциональности ( $K_n = 7$ );  
 $\rho_3$  - удельное электрическое сопротивление земли,  $\text{Ом} \cdot \text{мм}^2 / \text{м}$ .

3.20. Мощность катодной станции равна:

$$W = I_{\text{общ}} U \quad \text{Вт}. \quad (36)$$

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 "ЮжНИИгазпрогаз" (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

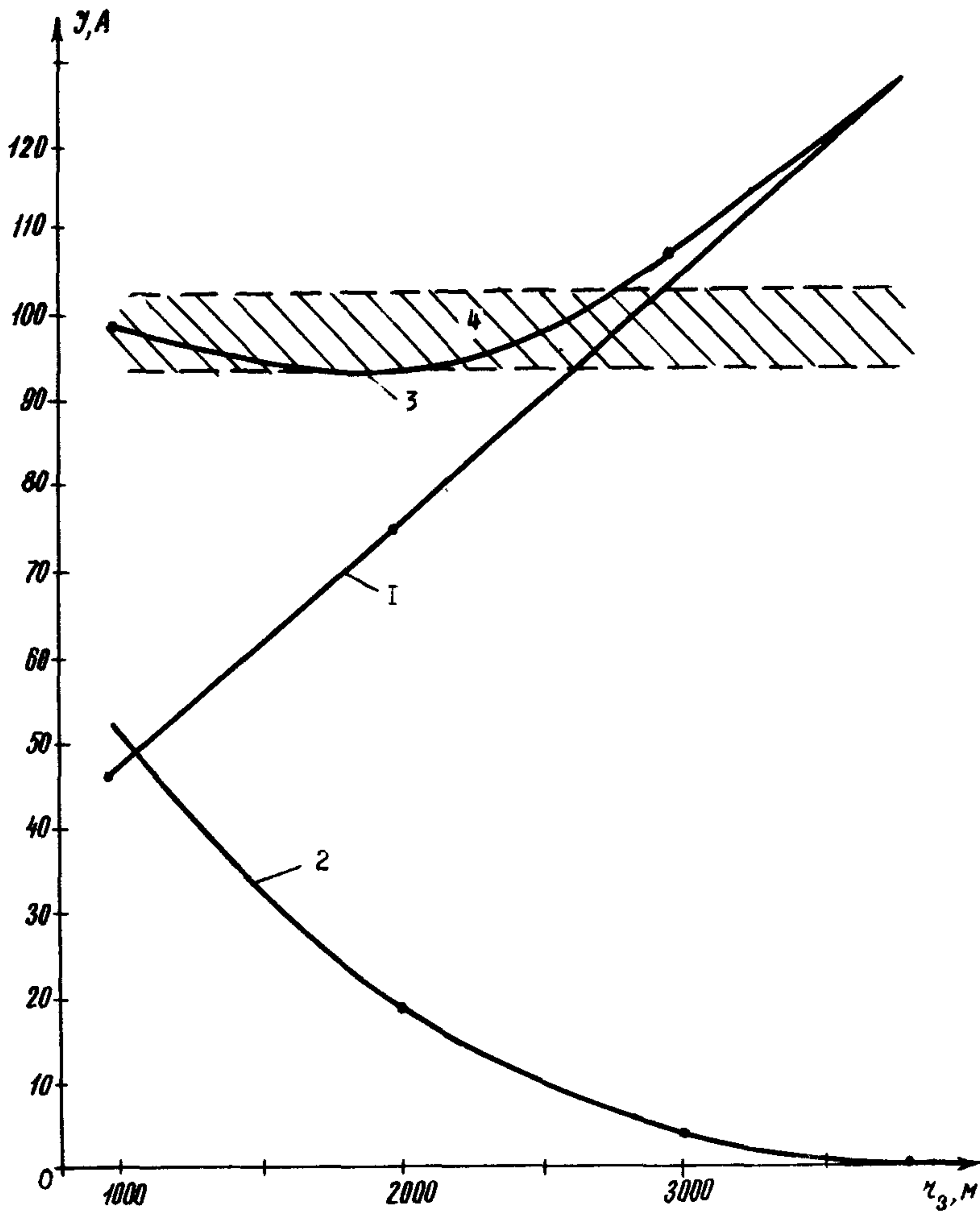


Рис.2. Зависимость защитной силы тока радиуса защиты  $r_3$ :  
 1—сила тока кустовой УКЗ; 2—сила тока дополнительных УКЗ.  
 3—общая сила тока для защиты куста скважин; 4—зона 10%-ного  
 изменения силы тока.



МЕТОДИКА РАСЧЕТА ПАРАМЕТРОВ КАТОДНОЙ ЗАЩИТЫ  
ПРОМЫСЛОВЫХ КОММУНИКАЦИЙ И ОБСАДНЫХ КОЛОНН  
ПРИ КРЕСТООБРАЗНОМ 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:

$$U_{oi} = U_{mc} \left[ ch \alpha_c l_c \cdot ch \alpha_{wi} (l_{wi} - \xi) + \frac{Z_{wi}}{Z_c} sh \alpha_{wi} (l_{wi} - \xi) sh \alpha_c l_c \right] \text{ В, (37)}$$

где  $\xi$  — расстояние между точкой дренажа и групповым пунк-  
том;

$c$  — количество объединяемых перемычкой шлейфов в точке  
дренажа.

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

Примечание. 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:

$$I_{шсi} = \frac{U_{o, \max} \left[ ch \alpha_c l_c \cdot sh \alpha_{wi} (l_{wi} - \xi) + \frac{Z_{wi}}{Z_c} sh \alpha_c l_c \cdot ch \alpha_{wi} (l_{wi} - \xi) \right]}{Z_{wi} \left[ ch \alpha_c l_c \cdot ch \alpha_{wi} (l_{wi} - \xi) + \frac{Z_{wi}}{Z_c} sh \alpha_c l_c \cdot sh \alpha_{wi} (l_{wi} - \xi) \right]} \text{ А,}$$

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

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

$$I_0 = \sum_1^i I_{шсi} \text{ А. (38)}$$

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

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

где  $j$  - число необъединенных шлейфов скважин.

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

$$I_{ш_j} = \frac{U_{2p} [ch d_c l_c sh d_{ш_j} l_{ш_j} + \frac{Z_{ш_j}}{Z_c} sh d_c l_c ch d_{ш_j} l_{ш_j}]}{Z_{ш_j} [ch d_c l_c ch d_{ш_j} l_{ш_j} + \frac{Z_{ш_j}}{Z_c} sh d_c l_c sh d_{ш_j} l_{ш_j}]} \quad A. \quad (40)$$

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·м<sup>2</sup>;

$S_{2p}$  - поверхность подземных сооружений группового пункта, м<sup>2</sup>.

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

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

3.33. Разность потенциалов "труба-земля" в точке дренажа ( $\xi$ ):

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

где  $d_{шэ}$  - 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;

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

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

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

где  $R_{шэ}^i, R_{шэ}^{i-1}, R_{шэ}^{i-2}, \dots, R_{шэ}^{i-n}$  - продольные сопротивления соответственно  $i, i-1, i-2, \dots, i-n$  шлейфов, Ом/м;  
 $R_{першэ}$  - переходное сопротивление эквивалентного сооружения (шлейфа), Ом·м;

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

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

$R_n$  - взаимное переходное сопротивление между шлейфами;

$$R_n = \frac{\rho}{\pi} (0,116 - 0,07 \ln \sqrt{d_{шэ} \cdot d_{шэ-1}}) \quad \text{Ом·м}, \quad (51)$$

где  $\rho$  - удельное сопротивление грунта, Ом·м;  
 $b$  - расстояние между шлейфами, м.

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

3.35. Сила тока установки катодной защиты будет:

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

3.36. Выбор величины  $\xi$  производится на основе технико-экономических показателей различных вариантов.

Методически выбор  $\xi$  производится путем определения минимальной стоимости варианта.

3.37. Общая годовая стоимость катодной защиты:

$$C_{\text{укз}} = C_{\text{кс}} + C_a + C_n + C_{\text{об}} + C_3,$$

$C_{\text{кс}}$  - 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;

$C_a$  - приведенные затраты на сооружение анодного заземления, р;

$$C_a = C_a N E,$$

где  $C_a$  - стоимость сооружения одного заземлителя, включая стоимость соединительного провода, р;

$N$  - число заземлителей в анодном заземлении, шт;

$C_n$  - приведенные единовременные затраты на сооружение дренажной линии постоянного тока, р;

$$C_n = (C_{n_1} \gamma + C_{n_2} \xi) E$$

где  $C_{n_1}$  - стоимость дренажной анодной линии (от катодной станции до анодного заземления), р/м;

$C_{n_2}$  - стоимость дренажной катодной линии (от точки дренажа до катодной станции), р/м;

$\gamma$  - длина дренажной анодной линии, м;

$\xi$  - длина дренажной катодной линии, м;

$C_3$  - стоимость электроэнергии, р;

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

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

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

где  $R_{\text{нр}}$  - сопротивление дренажной линии, Ом;

$$R_{\text{нр}} = \rho_1 \frac{L}{S_1} + \rho_2 \frac{L}{S_2}$$

где  $\rho_1$  и  $\rho_2$  - удельное электрическое сопротивление материала проводов соответственно для анодной и катодной линии, Ом·мм<sup>2</sup>/м;

$S_1$  и  $S_2$  - сечение проводов соответственно анодной и катодной дренажной линий, мм<sup>2</sup>;

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

$$R_{\text{а}} = \frac{R_1}{N \zeta_3}$$

где  $R_1$  - переходное сопротивление единичного анодного заземления, Ом;

$\zeta_3$  - коэффициент экранирования, кг/м<sup>3</sup>;

$N$  - количество заземлителя в анодном заземлении, шт;

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

3.38. Напряжение на выходе катодной станции:

$$U = J_{\text{чкз}} (R_{\text{а}} + R_{\text{нр}})$$

3.39. Мощность катодной станции:

$$W = U J_{\text{чкз}}$$

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

3.41. При крестообразном расположении скважин целесообразно каждое 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. 1.

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 ЗС9КБ 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. 1.

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 параметры		Выходные параметры			Вид регулирования	Масса, кг	Диапазон температур, °С	Размеры, мм	Цена, р.	Завод-изготовитель
		напряжение, В	количество фаз	мощность, кВт	ток, А	напряжение, В						
I	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Сетевая унифицированная катодная станция	СКСУ-1200	220		1,2	25-50	24-48	Ступенчатое	120	От -40 до +50	914x905x532		Кирово-канский завод "Автоматика"
Выпрямительные устройства	ВУМС-4	380	3	4/2	55	220/110	-	180	От -40 до +40	1332x700x385		Ставропольский завод "Электроавтоматика"
Выпрямительные устройства	ВУМС-6	580	3	6,3/3	35	220/110	-	180	От -40 до +40	1332x700x383		То же
Выпрямительные устройства	УВК-3-50/220Ф	220/380		II	50	110/220	-	312	От -40 до +40	1450x920x425		"
Выпрямительные устройства	УВК-3-50/220П	220/380; 500		II	50	110/220	-	280	От -40 до +40	1450x920x425		"

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 ста- бильни- 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- ровыпря- 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



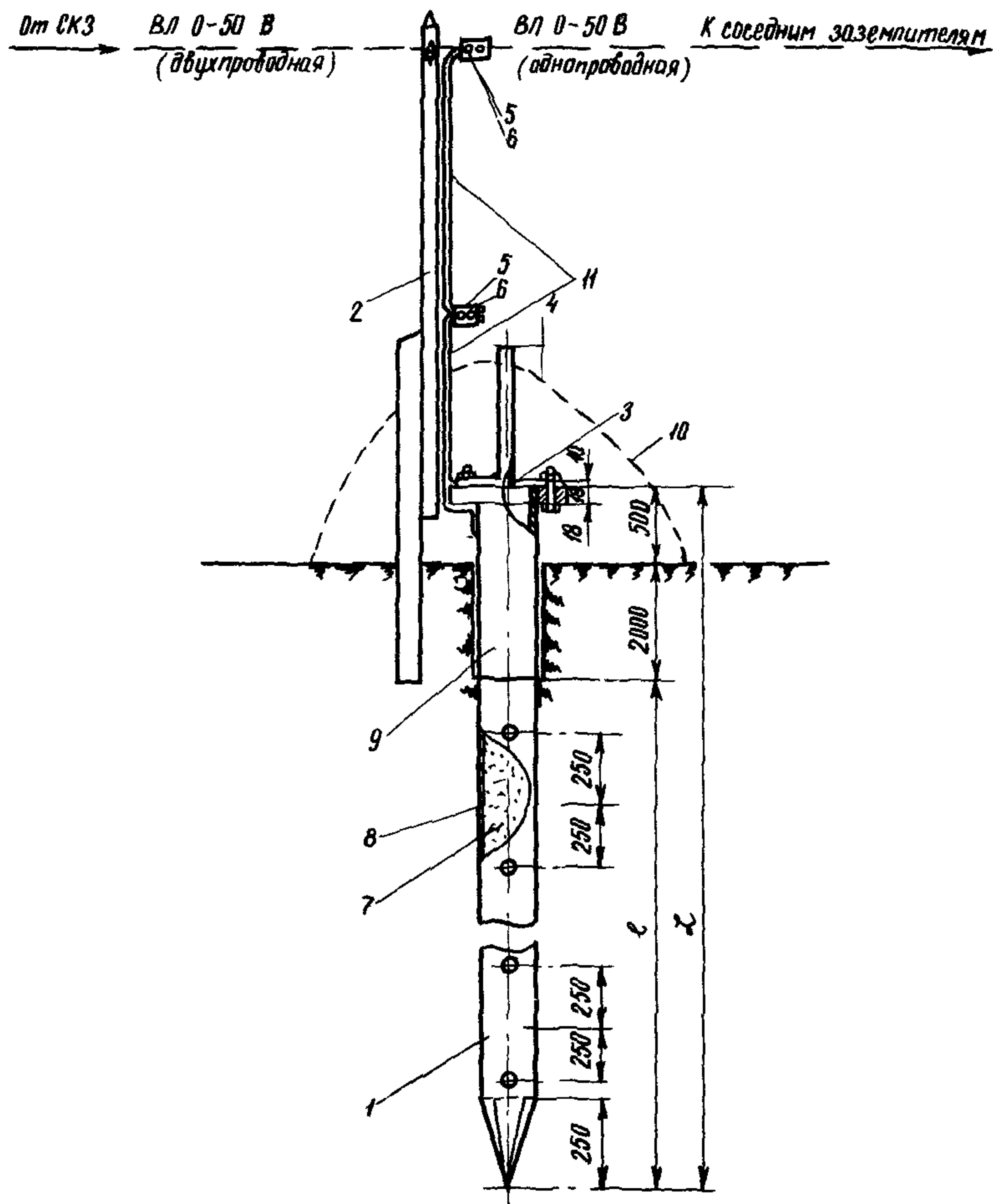


Рис. 3. Свайный анодный заземлитель с контактным устройством:  
 I—свая из стальной некондиционной трубы диаметром 168—425 мм по ГОСТ 10704-63 группы Г или из трубы, бывшей в употреблении;  
 $L'$  — общая длина свай (12—36 м) по проекту СКЗ;  $L$ —рабочая длина свай (10,5—33,5); 2—фланец; 3—крышка;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

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

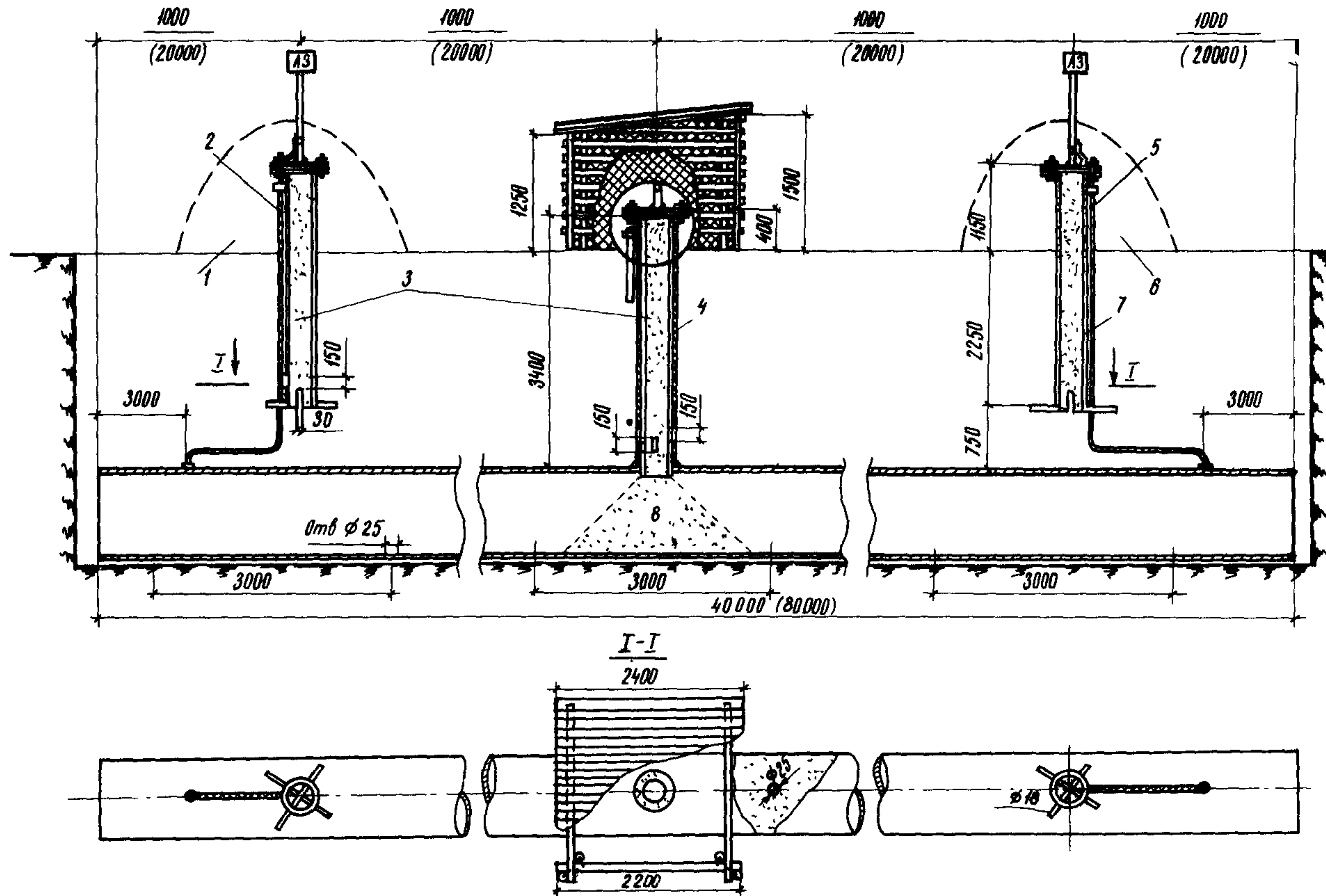


Рис. 4. Анодное заземление из отходов стальных труб диаметром 800-1400 мм:  
 1-обваловка; 2-кабель АНРГ, 1х25; 3-засыпка солью; 4-труба 325х8, покрытая битумной изоляцией  $\delta = 5$  мм; 5-кабель АНРГ, 1:25; 6-обваловка; 7-труба 325х8 без изоляции; 8-соль

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 $\rho_{гр}$ , Ом·м	Катод- ный ток ( $J$ ), А	Расстоя- ние меж- ду за- землите- лями, м	Количе- ство за- землите- лей ( $N$ ) шт	Стои- мость, тыс.р.	Сопро- тивление одного заземли- теля, Ом	$K_{соль}$	Кoeffи- циент экрани- рования ( $K_{эк}$ )	$R_{общ} =$ $\frac{R, K_c \cdot K_{эк}}{N}$ Ом
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	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Труба сталь- ная диамет- ром 377 мм	18	16	800	20	20	8	9	36,0	0,4	0,65	1,15
				50	20	8	9	36,0	0,4	0,65	1,15
				70	20	8	9	36,0	0,4	0,65	1,15
То же	18	16	1000	20	20	8	9	45,0	0,4	0,65	1,44
				50	20	8	9	45,0	0,4	0,65	1,44
				70	20	8	9	45,0	0,4	0,65	1,44
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 заложе-ния ( $h$ ), м	Удельное сопротивление грунта ( $S_{gr}$ ), 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 заземле-теля ( $R_1$ ), Ом	$K_{соль}$	Кэффи-циент экрани-рования ( $K_{эк}$ )	$R_{общ} = \frac{R_1 K_c K_{эк}}{N}$ 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	Глуби-на 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 $(R_1)$ , Ом	Сопротивле-ние одного го заземле-ния $(R_{общ})$ , Ом	Коэффициент экранирова-ния $(K_{экр})$	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-трод, м	Глуби-на за-ложе-ния, м	Удельное сопротивление грунта ( $\rho_{гр}$ ), Ом·м	Ток ( $I$ ), А	Расстояние между за-землителя-ми, м	Количест-во зазем-лителей ( $N$ ), шт.	Сопротивле-ние одного заземлите-ля ( $R_1$ ), Ом	Сопротивле-ние анодно-го заземле-ния ( $R_{общ}$ ), Ом	Коэффициент экранирова-ния ( $K_{экр}$ )	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 электрическое сопротивление трубной стали - 0,245 Ом.мм<sup>2</sup>/м при температуре 200С)

Диаметр трубопровода, 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 <sup>-6</sup>	48,8·10 <sup>-6</sup>	44,4·10 <sup>-6</sup>	40,8·10 <sup>-6</sup>	37,7·10 <sup>-6</sup>	35,1·10 <sup>-6</sup>	32,8·10 <sup>-6</sup>	30,8·10 <sup>-6</sup>																		
377	52,3·10 <sup>-6</sup>	41,9·10 <sup>-6</sup>	38,2·10 <sup>-6</sup>	35,1·10 <sup>-6</sup>	32,4·10 <sup>-6</sup>	30,1·10 <sup>-6</sup>	28,2·10 <sup>-6</sup>	26,4·10 <sup>-6</sup>	24,9·10 <sup>-6</sup>																	
426	46,2·10 <sup>-6</sup>	37,1·10 <sup>-6</sup>	33,7·10 <sup>-6</sup>	31,0·10 <sup>-6</sup>	28,6·10 <sup>-6</sup>	26,6·10 <sup>-6</sup>	24,9·10 <sup>-6</sup>	23,3·10 <sup>-6</sup>	22,0·10 <sup>-6</sup>	20,8·10 <sup>-6</sup>																
530		29,7·10 <sup>-6</sup>	27,1·10 <sup>-6</sup>	24,8·10 <sup>-6</sup>	22,9·10 <sup>-6</sup>	21,3·10 <sup>-6</sup>	19,9·10 <sup>-6</sup>	18,7·10 <sup>-6</sup>	17,6·10 <sup>-6</sup>	16,6·10 <sup>-6</sup>																
720					16,8·10 <sup>-6</sup>	15,6·10 <sup>-6</sup>	14,6·10 <sup>-6</sup>	13,7·10 <sup>-6</sup>	12,9·10 <sup>-6</sup>	12,2·10 <sup>-6</sup>	11,6·10 <sup>-6</sup>	11,0·10 <sup>-6</sup>	10,5·10 <sup>-6</sup>	10,0·10 <sup>-6</sup>												
820							12,8·10 <sup>-6</sup>	12,0·10 <sup>-6</sup>	11,3·10 <sup>-6</sup>	10,7·10 <sup>-6</sup>	10,1·10 <sup>-6</sup>	9,63·10 <sup>-6</sup>	9,18·10 <sup>-6</sup>	8,77·10 <sup>-6</sup>	8,39·10 <sup>-6</sup>											
1020										8,58·10 <sup>-6</sup>	8,13·10 <sup>-6</sup>	7,72·10 <sup>-6</sup>	7,36·10 <sup>-6</sup>	7,03·10 <sup>-6</sup>	6,73·10 <sup>-6</sup>	6,45·10 <sup>-6</sup>	6,20·10 <sup>-6</sup>	5,54·10 <sup>-6</sup>	5,18·10 <sup>-6</sup>	4,86·10 <sup>-6</sup>						
1220													5,87·10 <sup>-6</sup>	5,61·10 <sup>-6</sup>	5,38·10 <sup>-6</sup>	5,17·10 <sup>-6</sup>	4,62·10 <sup>-6</sup>	4,32·10 <sup>-6</sup>	4,06·10 <sup>-6</sup>	3,82·10 <sup>-6</sup>	3,25·10 <sup>-6</sup>					
1420																	3,96·10 <sup>-6</sup>	3,70·10 <sup>-6</sup>	3,47·10 <sup>-6</sup>	3,27·10 <sup>-6</sup>	2,79·10 <sup>-6</sup>					
1620 x																	3,47·10 <sup>-6</sup>	3,24·10 <sup>-6</sup>	3,04·10 <sup>-6</sup>	2,86·10 <sup>-6</sup>	2,44·10 <sup>-6</sup>	2,22·10 <sup>-6</sup>	1,96·10 <sup>-6</sup>	1,64·10 <sup>-6</sup>		

x Ориентировочные значения

## Параметры защиты ГПІ

Номер окважины и шлейфа	Длина окважи- ны $l_c$ , м	Длина шлейфа $l_M$ , м	$\tau_3 = 1000$		$\tau_3 = 2000$		$\tau_3 = 2400$		$\tau_3 = 3000$		$\tau_3 = 3800$
			$I_{шс}$ , А	$I_d$ , А	$I_{шс}$ , А	$I_d$ , А	$I_{шс}$ , А	$I_d$ , А	$I_{шс}$ , А	$I_d$ , 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	610	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 ГП2

Номер скважины и шлейфа	Длина скважины $l_c$ , м	Длина шлейфа $l_{ш}$ , м	Радиус защиты, $r_3$ , м	Сила тока шлейф-скважина $I_{шс}$ , А	Сила тока шлейф-скважина $I_г$ , А
1	1200	3700	2679	6,98	1,93
2	1200	5150	2679	6,72	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 ГП3

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. Берешева

---

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