МИНИСТЕРСТВО СТРОИТЕЛЬСТВА ПРЕДПРИЯТИЙ
НЕФТЯНОЙ И ГАЗОВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

ВСЕСОЮЗНЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
ПО СТРОИТЕЛЬСТВУ МАГИСТРАЛЬНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ
ВНИИСТ

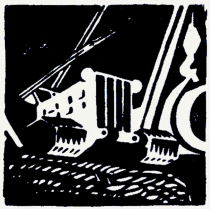
Для служебного пользования

Экз. _____

РЕКОМЕНДАЦИИ

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

Р 145—73



Москва 1974

gost.e-ecolog.ru

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 ЮжНИИгипрогаза 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.I. Рекомендации распространяются на промысловые 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 промысловых 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 двух сооружений, а также из-за больших технических трудностей, возникающих при ремонтных работах.

I.4. Для защиты промысловых 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 промысловых 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 I января 1975 г. Срок действия до I января 1978 г.

I.7. Проект любого промысла должен содержать технические материалы по защите промысловых сооружений от подземной коррозии. Без решения этих вопросов проект не должен приниматься от проектной организации.

I.8. Катодную защиту промысловых 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.I] и настоящих Рекомендаций.

I.9. Проектировать катодную защиту необходимо одновременно с проектированием промысла.

I.I0. Катодную защиту промысла рекомендуется вводить в эксплуатацию одновременно с вводом в эксплуатацию промысловых сооружений, а для действующих промыслов не позднее I года с момента окончания разработки проекта.

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

I.I2. 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].

I.I3. Электрометрические работы выполняет проектная организация, составившая проект катодной защиты, совместно с эксплуатирующей организацией. При необходимости разрабатывается дополнительный проект на основе выполненных измерений.

I.I4. 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.

I.I5. 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.I. 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.I.

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 промысловых сооружений и магистральных трубопроводов не рекомендуется.

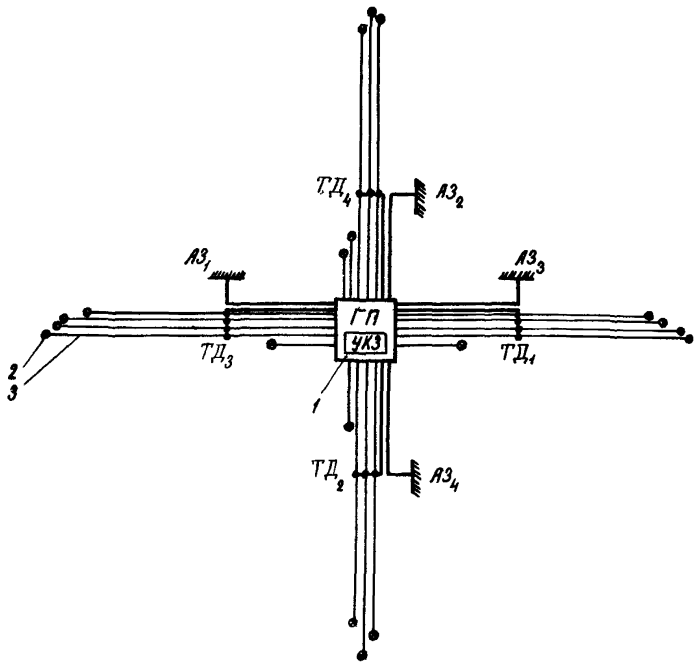


Рис.I. Схема размещения средств катодной защиты при крестообразном расположении скважин куста:

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

3 ПРОЕКТИРОВАНИЕ КАТОДНОЙ ЗАЩИТЫ ОТ КОРРОЗИИ ГАЗОВОГО ПРОМЫСЛА В СЕВЕРНЫХ УСЛОВИЯХ

3.I. Исходными данными для разработки проектного задания и проекта являются сведения о промысловых сооружениях, план для средних промыслов в масштабе I:5000 и для крупных - I:I0000.

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 ВЕЕРНОМ РАСПОЛОЖЕНИИ СКВАЖИН

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

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

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

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

T_c - срок службы скважины, годы.

3.6. Необходимую степень защиты шлейфа определяют из выражения:

$$P_ш = \left(1 - \frac{\delta_{ош}}{K_{нш} \cdot T_ш}\right) 100, \qquad (2)$$

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:

$$U_{мс} = 0{,}058\, lg \frac{100}{100 - P_c}, \qquad (3)$$

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

$$U_{мш} = 0{,}058\, lg \frac{100}{100 - P_ш}. \qquad (4)$$

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

$$U_{ос} = U_{мс} \cdot ch(\alpha_c \ell_c)\ \text{В}, \qquad (5)$$

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

α_c - постоянная распространения тока вдоль скважины

$$\alpha_c = \sqrt{\frac{R_c}{R_{пер_c}}} \quad 1/м \,, \tag{6}$$

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

$$R_c = \frac{\rho_c}{\pi(\mathcal{D}_c - \delta_c)\delta_c \cdot 1000000} \,, \tag{7}$$

$$R_{пер_c} = \frac{R'_{пер_c}}{\pi \mathcal{D}_c} \quad Ом \cdot м, \tag{8}$$

где $\mathcal{D}_c$ - диаметр скважины, м;

δ_c - толщина стенки обсадных труб скважины, м;

ρ_c - удельное сопротивление трубной стали обсадных колонн скважин, Ом·мм^2/м;

$R'_{пер_c}$ - переходное сопротивление скважины, Ом·м^2.

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

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

при этом степень защиты изменяется:

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

$$P_ш = 100(1 - e^{-40 U_{ос}}). \tag{10}$$

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

$$J = \frac{U_{мс}}{\mathcal{Z}_c} sh(\alpha_c \ell_c) \, A, \tag{11}$$

где $\mathcal{Z}_c$ - характеристическое сопротивление скважины, Ом;

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

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

$$U_{шк} = U_{мс}\left[ch\alpha_c \ell_c \cdot ch\alpha_ш \ell_ш + \frac{\mathcal{Z}_ш}{\mathcal{Z}_c} sh\alpha_ш \ell_ш \cdot sh\alpha_c \ell_c\right] \text{ В}, \qquad (13)$$

где $\ell_ш$ – длина шлейфа, м;

$\alpha_ш$ – постоянная распространения тока вдоль шлейфа, 1/м;

$$\alpha_ш = \sqrt{\frac{R_ш}{R_{пер_ш}}} , \qquad (14)$$

где $R_ш$ – продольное сопротивление шлейфа (см.приложение 1, 1,а);

$$R_ш = \frac{\rho_ш}{\pi(D_ш - \delta_ш)\delta_ш \cdot 1000000} \quad Ом/м , \qquad (15)$$

где $\rho_ш$ – удельное электрическое сопротивление шлейфа, Ом·м²/м;

$D_ш$ – диаметр шлейфа, м;

$\delta_ш$ – толщина стенки трубы шлейфа, м;

$$R_{пер_ш} = \frac{R'_{пер_ш}}{\pi D_ш} \quad Ом \cdot м , \qquad (16)$$

где $R'_{пер_ш}$ – переходное сопротивление шлейфа, Ом·м²;

$\mathcal{Z}_ш$ – характеристическое сопротивление шлейфа, Ом;

$$\mathcal{Z}_ш = \sqrt{R_ш \; R_{пер_ш}} . \qquad (17)$$

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

$$I_{шс} = \frac{U_{мс}}{\mathcal{Z}_ш}\left[ch(\alpha_c \ell_c)\, sh(\alpha_ш \ell_ш) + \frac{\mathcal{Z}_ш}{\mathcal{Z}_c} sh(\alpha_c \ell_c) ch(\alpha_ш \ell_ш)\right]. \qquad (18)$$

3.I4. Разность потенциалов в начале шлейфа определяют из выражения:

$$U_{шн_i} = \frac{U_{шк}\, ch(\alpha_{c_i} \ell_{c_i})}{ch(\alpha_{c_i}\ell_{c_i})ch(\alpha_{ш_i}\ell_{ш_i}) + \frac{\bar{z}_{ш_i}}{\bar{z}_{c_i}} sh(\alpha_{c_i}\ell_{c_i})sh(\alpha_{ш_i}\ell_{ш_i})} \quad В, \quad (I9)$$

где i - номер системы "шлейф-скважины";

ℓ_{c_i} - длина скважины, м;

$\ell_{ш_i}$ - длина шлейфа, м;

α_{c_i} - постоянная распространения тока вдоль скважины, I/м;

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

$$R_{c_i} = \frac{\rho_{c_i}}{\pi(D_{c_i} - \delta_{c_i})\delta_{c_i} \cdot 1000\,000} \quad Ом/м, \quad (2I)$$

где D_{c_i} - диаметр скважины, м;

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

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

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

где $R'_{пер\,c_i}$ - переходное сопротивление скважины, Ом·м^2;

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

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

$$R_{ш_i} = \frac{\rho_{ш_i}}{\pi(D_{ш_i} - \delta_{ш_i})\delta_{ш_i} 1000\,000} \quad Ом/м; \quad (24)$$

$\rho_{ш_i}$ - удельное сопротивление шлейфа, Ом·мм^2/м;

$D_{ш_i}$ – диаметр шлейфа, м;

$\delta_{ш_i}$ – толщина стенки трубы шлейфа, м;

$R_{пер_{ш_i}}$ – переходное сопротивление шлейфов, Ом·м;

$$R_{пер_ш} = \frac{R'_{пер_{ш_i}}}{\pi D_{ш_i}} \text{ Ом·м}, \qquad (25)$$

здесь $R'_{пер_{ш_i}}$ – переходное сопротивление шлейфа, Ом·м^2;

$Z_{ш_i}$ – характеристическое сопротивление шлейфа, Ом;

$$Z_{ш_i} = \sqrt{R_{ш_i} R_{пер\,ш_i}} \text{ Ом}, \qquad (26)$$

где Z_{c_i} – характеристическое сопротивление скважины, Ом.

$$Z_{c_i} = \sqrt{R_{c_i} R_{пер\,c_i}} \text{ Ом}. \qquad (26\,а)$$

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

$$J_{шc_i} = \frac{U_{шк}\left[ch(\alpha_{c_i} \ell_{c_i}) sh(\alpha_{ш_i} \ell_{ш_i}) + \frac{Z_{ш_i}}{Z_{c_i}} sh(\alpha_{c_i} \ell_{c_i}) ch(\alpha_{ш_i} \ell_{ш_i})\right]}{Z_{ш_i}\left[ch(\alpha_{c_i} \ell_{c_i}) ch(\alpha_{ш_i} \ell_{ш_i}) + \frac{Z_{ш_i}}{Z_{c_i}} sh(\alpha_{c_i} \ell_{c_i}) sh(\alpha_{ш_i} \ell_{ш_i})\right]} \text{ А}. \qquad (27)$$

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

$$U_{мc_i} = \frac{U_{шн_i}}{ch(\alpha_{c_i} \ell_{c_i})} \text{ В}. \qquad (28)$$

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

$$U_{д_i} = U_{ос} - U_{шн_i} \text{ В}, \qquad (29)$$

$$J_{д_i} = \frac{U_{д_i}(Z_{ш_i} + Z_{c_i})}{Z_{ш_i} \cdot Z_{c_i}} \text{ А}, \qquad (30)$$

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

$J_{д_i}$ – 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:

$$J_{общ} = \sum_{i}^{n} J_{шс_i} + J_{шс} + J_{гр} \quad А, \tag{31}$$

$$J_{гр} = \frac{U_{шн} S}{R_{пер\,гр}} \quad А, \tag{32}$$

где S – площадь подземных коммуникаций групповой, м^2;

$R_{пер\,гр}$ – переходное сопротивление подземных коммуникаций групповой, Ом·м^2.

3.19. Напряжение на выходе катодной станции определяем из выражения

$$U = J_{общ}(R_а + R_{пр}) \quad В, \tag{33}$$

где $R_а$ – сопротивление анодного заземления, Ом;

$R_{пр}$ – сопротивление проводов;

$$R_{пр} = \frac{\rho_м l_п}{S_п} \quad Ом, \tag{34}$$

где $S_п$ – сечение дренажного провода, мм^2;

$\rho_м$ – удельное электрическое сопротивление материала проводов, Ом·мм^2/м;

$l_п$ – длина дренажного провода, м,

$$l_п = \rho_з K_п \quad ; \tag{35}$$

$K_п$ – коэффициент пропорциональности ($K_п$ = 7);

$\rho_з$ – удельное электрическое сопротивление земли, Ом·мм^2/м.

3.20. Мощность катодной станции равна:

$$W = J_{общ}\, U \quad Вт. \tag{36}$$

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:

$$J_n = \frac{J}{12} n ,$$

где J_n - необходимая сила тока в кусте;

J - 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).

Примечание. 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

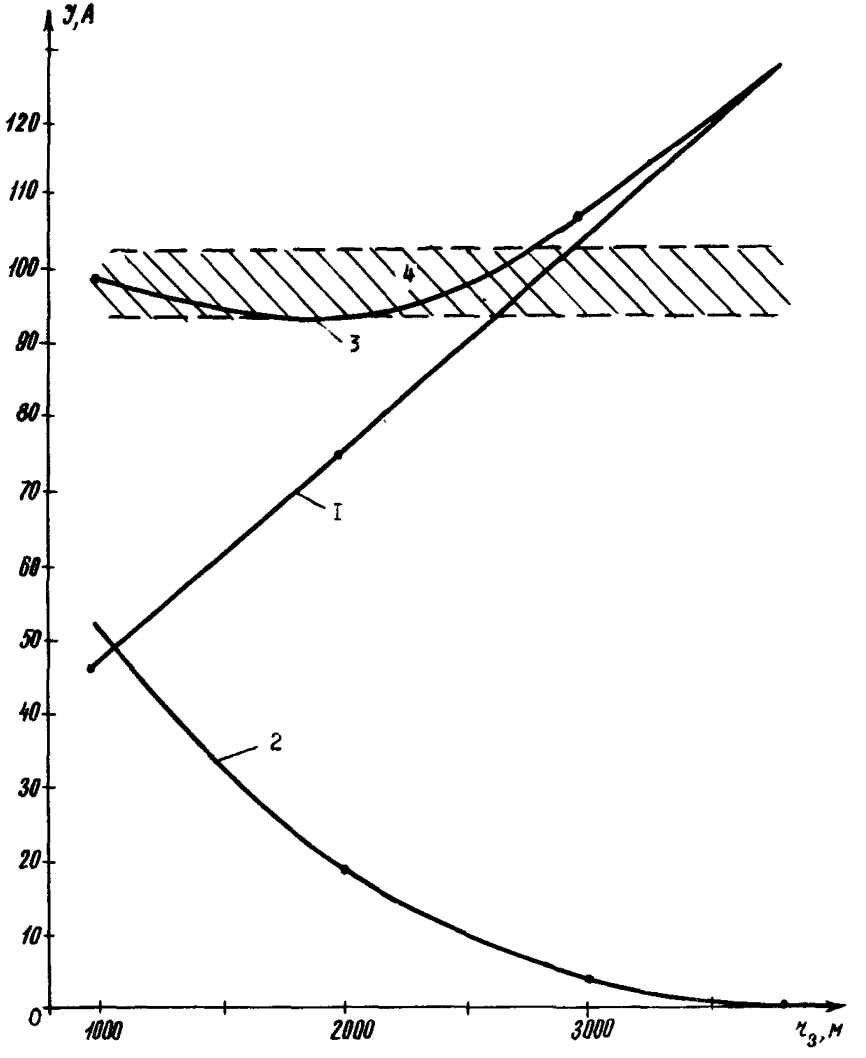


Рис.2. Зависимость защитной силы тока радиуса защиты $r_з$:
1-сила тока кустовой УКЗ; 2-сила тока дополнительных УКЗ.
3-общая сила тока для защиты куста скважин; 4-зона 10%-ного изменения силы тока.

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

3.25. Минимальную наложенную разность потенциалов на забое скважины определяют из выражения (3) с учетом выражения (I).

3.26. Разность потенциалов в точке дренажа на объединенных шлейфах, имеющих перемычку в точке дренажа, будет:

$$U_{o\ell} = U_{mc}\left[ch\alpha_c \ell_c \cdot ch\alpha_{w\ell}(\ell_{w\ell} - \xi) + \frac{Z_{w\ell}}{Z_c} sh\alpha_{w\ell}(\ell_{w\ell} - \xi) sh\alpha_c \ell_c\right] \text{ В, (37)}$$

где ξ – расстояние между точкой дренажа и групповым пунктом;

ℓ – 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 $U_{o\ell}$.

Примечание. Электрические параметры обсадных колонн скважин и шлейфов определяются по формулам (6)-(9), (I4)-(I7) и (20)-(26).

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

$$J_{w c i} = \frac{U_{o max}\left[ch\alpha_c \ell_c \, sh\alpha_{w i}(\ell_{w i} - \xi) + \frac{Z_{w i}}{Z_c} sh\alpha_c \ell_c \cdot ch\alpha_{w i}(\ell_{w i} - \xi)\right]}{Z_{w i}\left[ch\alpha_c \ell_c \cdot ch\alpha_{w i}(\ell_{w i} - \xi) + \frac{Z_{w i}}{Z_c} sh\alpha_c \ell_c \cdot sh\alpha_{w i}(\ell_{w i} - \xi)\right]} A,$$

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

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

$$J_0 = \sum_1^i J_{w c_i} \ A. \qquad (38)$$

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

$$U_{гр_j} = U_{мс}\left[ch\alpha_c \ell_c \cdot ch\alpha_{ш_i} \ell_{ш_j} + \frac{z_{ш_j}}{z_c} sh\alpha_{ш_j} \ell_{ш_j} sh\alpha_c \ell_c\right] B, \quad (39)$$

где j – число необъединенных шлейфов скважин.

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

$$J_{ш_j} = \frac{U_{гр}\left[ch\alpha_c \ell_c sh\alpha_{ш_j} \ell_{ш_j} + \frac{z_{ш_j}}{z_c} sh\alpha_c \ell_c ch\alpha_{ш_j} \ell_{ш_j}\right]}{z_{ш_j}\left[ch\alpha_c \ell_c ch\alpha_{ш_j} + \frac{z_{ш_j}}{z_c} sh\alpha_c \ell_c sh\alpha_{ш_j} \ell_{ш_j}\right]} A. \quad (40)$$

3.31. Сила тока, необходимая для защиты групповой:

$$J_{гр} = \frac{4 U_{гр\,max}}{R_{гр}} A, \quad (41)$$

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

где $R'_{пер\,гр}$ – переходное сопротивление коммуникаций группового пункта, Ом·м^2;

$S_{гр}$ – поверхность подземных сооружений группового пункта, м^2.

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

$$J_н = \Sigma J_j + J_{гр} A. \quad (44)$$

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

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

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

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

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

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

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

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

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

$R_{пер_{шэ}}$ – переходное сопротивление эквивалентного сооружения (шлейфа), Ом·м;

$$R_{пер_{шэ}} = \frac{R_{пер_i} \cdot R_{пер_{i-1}} - R_п^2}{R_{пер_i} + R_{пер_{i-1}} - 2R_п}, \qquad (49)$$

$$R_{пер_i} = \frac{R'_{пер\,i}}{\pi D_i} \; Ом \cdot м; \qquad (50)$$

$R_п$ – взаимное переходное сопротивление между шлейфами;

$$R_п = \frac{\rho}{\pi}\left(0{,}116 - b\ell n\sqrt{\alpha_{ш_i} \cdot \alpha_{ш_{i-1}}}\right) Ом \cdot м, \qquad (51)$$

где ρ – удельное сопротивление грунта, Ом·м;

b – расстояние между шлейфами, м.

3.34. При $U_{o\,max} \geq U_o'$ – ξ выбрано правильно,
при $U_{o\,max} < U_o'$ – ξ необходимо изменить.

3.35. Сила тока установки катодной защиты будет:

$$J_{УКЗ} = J_o + J_н \quad A, \tag{52}$$

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:

$$C_{УКЗ} = C_{КС} + C_a + C_п + C_{об} + C_э,$$

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

$$C_{КС} = c_{КС} E,$$

где $c_{КС}$ – 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;

$C_п$ – приведенные единовременные затраты на сооружение дренажной линии постоянного тока, р;

$$C_п = (C_{п_1} y + C_{п_2} \xi) E$$

где $C_{п_1}$ – стоимость дренажной анодной линии (от катодной станции до анодного заземления), р/м;

$C_{п_2}$ – стоимость дренажной катодной линии (от точки дренажа до катодной станции), р/м;

y – длина дренажной анодной линии, м;

ξ – длина дренажной катодной линии, м;

$C_э$ – стоимость электроэнергии, р;

$$C_э = \frac{8{,}76 C_э J_{укз}^2 R_ц}{\gamma},$$

где $C_э$ – стоимость I квт.ч. электроэнергии, р/квт.ч;

$R_ц$ – сопротивление цепи катодной защиты, Ом;

$$R_ц = R_{пр} + R_а,$$

где $R_{пр}$ – сопротивление дренажной линии, Ом;

$$R_{пр} = \rho_1 \frac{l}{S_1} + \rho_2 \frac{l}{S_2},$$

где ρ_1 и ρ_2 – удельное электрическое сопротивление материала проводов соответственно для анодной и катодной линии, Ом·мм^2/м;

S_1 и S_2 – сечение проводов соответственно анодной и катодной дренажной линий, мм^2;

$R_а$ – переходное сопротивление анодного заземления;

$$R_а = \frac{R_1}{N\gamma_э},$$

где R_1 – переходное сопротивление единичного анодного заземления, Ом;

$\gamma_э$ – коэффициент экранирования, кг/м^3;

N – количество заземлителя в анодном заземлении, шт;

$C_{об}$ – стоимость годового обслуживания, р/год.

3.38. Напряжение на выходе катодной станции:

$$U = J_{укз}(R_а + R_{пр}).$$

3.39. Мощность катодной станции:

$$W = U J_{укз}$$

3.40. Ввиду сложности вычислений рекомендуется использовать специальную программу расчета параметров катодной защиты сооружений при крестообразном расположении скважин в кусте. Программа, разработанная ЮжНИИгипрогазом и ВНИИСТом, позволит получить решение задачи через I0–I5 мин.

3.4I. 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.I. 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 I52-377 мм (рис.3);

из горизонтально уложенных труб диаметром 800-I400 мм (используют отходы труб при строительстве (рис.4), а также из железокремниевых электродов типа 3ЖК-I2КА, стальных заземлителей в коксобетонном наполнителе типа 3С9КБ или из уголка I00хI00хI0.

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 сообразно 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.I0. 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	I0	II	I2	I3
Сетевая унифицированная катодная станция	СКСУ-I200	220		I,2	25-50	24-48	Ступенчатое	I20	От -40 до +50	914х905х х532		Кировоканский завод "Автоматика"
Выпрямительные устройства	ВУМС-4	380	3	4/2	55	220/II0	-	I80	От -40 до +40	I332х700х х385		Ставропольский завод "Электроавтоматика"
Выпрямительные устройства	ВУМС-6	580	3	6,3/3	35	220/II0	-	I80	От -40 до +40	I332х700х х383		То же
Выпрямительные устройства	УВК-3--50/220Ф	220/380		II	50	II0/220	-	3I2	От -40 до +40	I450х920х х425		"
Выпрямительные устройства	УВК-3--50/220П	220/380; 500		II	50	II0/220	-	280	От -40 до +40	I450х920х х425		"

Продолжение таблицы I

I	2	3	4	5	6	7	8	9	I0	II	I2	I3
Выпрямительный агрегат	ВАЗ-70--I50	380	3	8,9	60-I50	30-70	Автоматическая стабилизация тока. Выход: режим А-5+ I50А; 40 + 90В, режим В-5+ I50А; I7 + 50В	270	-20+ + 35	I6I0x760x x480	700	Саранский завод "Электровыпрямитель"
Автоматическое зарядное устройство	УЗА-80--НО	380	3	8,8	32-80	60-II0	С неавтоматическим отключением	265	5+40	6I6x590x xI695	820	То же

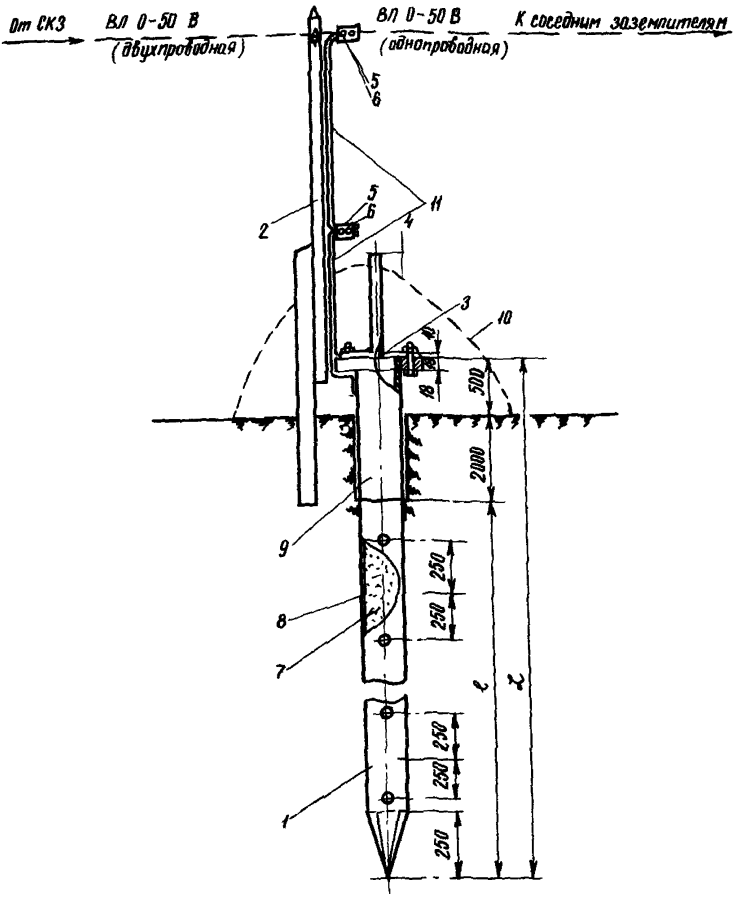


Рис. 3. Свайный анодный заземлитель с контактным устройством:

I-свая из стальной некондиционной трубы диаметром I68-425 мм по ГОСТ I0704-63 группы Г или из трубы, бывшей в употреблении; L - общая длина свай (I2-36 м) по проекту СКЗ; l-рабочая длина свай (I0,5-33,5); 2-фланец; 3-крышка; 4- труба диаметром 2", l =23 м; 5- зажим плашечный болтовой; 6- болт MI2x55 с гайкой; 7-техническая соль NaCl, уровень засыпки равен l ; 8-отверстия прорезаны автогеном; 9-битумная мастика типа МБР-И-3-80, толщина слоя которой 3 мм; I0- уровень утепляющей обваловки местным грунтом (торфом) V = I4 м^3; II- сталь диаметром I0-I2 мм в ПХВ трубке диаметром I3 мм. Нижний конец приваривают к оголовку сваи электросваркой.

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

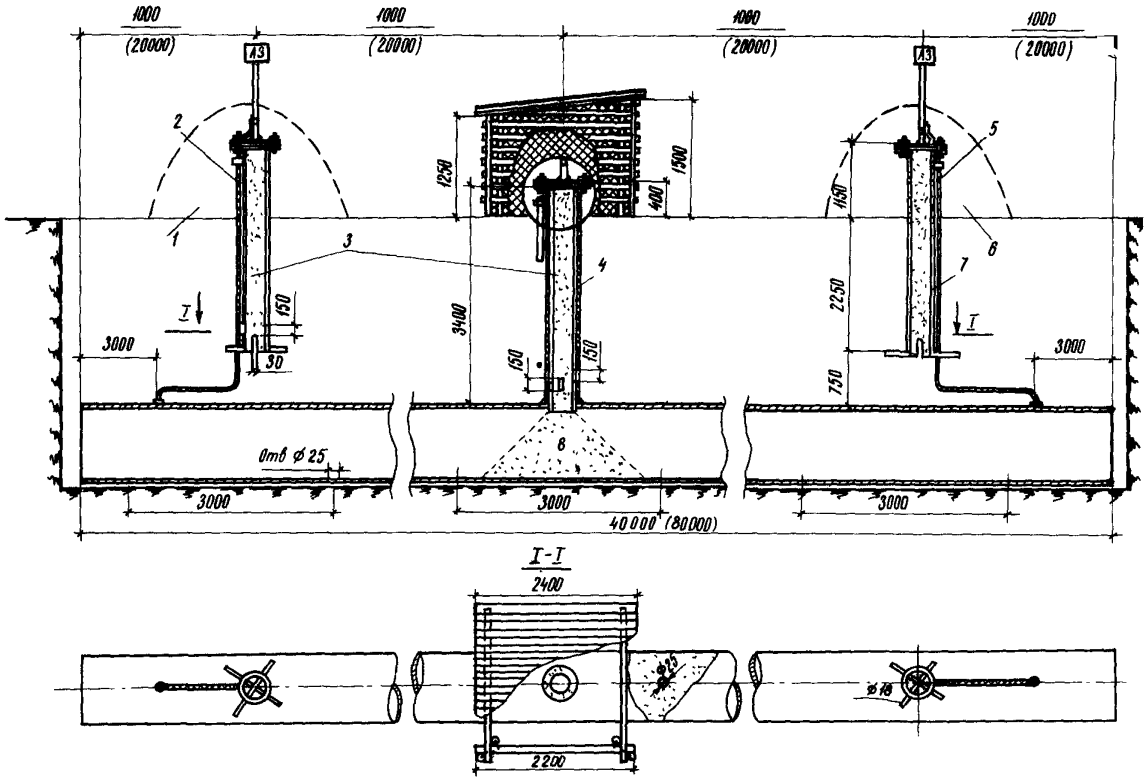


Рис.4. Анодное заземление из отходов стальных труб диаметром 800-1400 мм:
1-обваловка; 2-кабель АНРГ, 1х25; 3-засыпка солью; 4-труба 325х8, покрытая битумной изоляцией δ =5 мм; 5-кабель АНРГ, 1:25; 6-обваловка; 7-труба 325х8 без изоляции; 8-соль

Таблица 2

Основные расчетные показатели глубинного свайного заземления

Тип анодного заземления	Длина электрода (ℓ_0), м	Глубина заложения (h), м	Удельное сопротивление грунта $\rho_{гр}$, Ом·м	Катодный ток (J), А, А	Расстояние между землителями, м	Количество землителей (N) шт	Стоимость, тыс.р.	Сопротивление одного заземлителя, Ом	$K_{соль}$	Коэффициент экранирования ($K_{эк}$)	$R_{общ} = \frac{R_1 K_c \cdot K_{эк} \, Ом}{N}$
I	2	3	4	5	6	7	8	9	I0	II	I2
Труба стальная диаметром 377 мм	I8	I6	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	I8	I6	I00	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
-"-	I8	I6	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
-"-	I8	I6	400	20	20	8	9	I8	0,5	0,65	0,72
				50	20	8	9	I8	0,5	0,65	0,72
				70	20	8	9	I8	0,5	0,65	0,72
-"-	I8	I6	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	I0	II	I2
Труба стальная диаметром 377 мм	I8	I6	800	20	20	8	9	36,0	0,4	0,65	I,I5
				50	20	8	9	36,0	0,4	0,65	I,I5
				70	20	8	9	36,0	0,4	0,65	I,I5
То же	I8	I6	I000	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 стальная диаметром I52 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	I00	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	I5,0	0,7	0,72	0,89
				50	20	5	2	I5,0	0,7	0,72	0,89
				70	20	5	2	I5,0	0,7	0,72	0,89
-"-	II	9	400	20	30	I5	6	30	0,5	0,65	0,64
				50	30	I5	6	30	0,5	0,65	0,64
				70	30	I5	6	30	0,5	0,65	0,64

Окончание таблицы 2

Тип анодного заземления	Длина электрода (ℓ_0), м	Глубина заложения (h), м	Удельное сопротивление грунта ($\rho_{гр}$), Ом·м	Катодный ток (J), А	Расстояние между заземлителями, м	Количество заземлителей (N), шт.	Стоимость, тыс.р.	Сопротивление одного заземлителя (R_1), Ом	$K_{соль}$	Коэффициент экранирования ($K_{эк}$)	$R_{общ} = \frac{R_1 K_c K_{эк}}{N}$ Ом
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Труба стальная диаметром 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 анодного заземления	Длина электрода, (ℓ_0), м	Глубина заложения (h), м	Удельное сопротивление грунта $(\rho_{гр})$, Ом·м	Ток (J), А	Расстояние между заземлителями, м	Количество заземлителей (N), шт.	Сопротивление одного заземлителя (R_1), Ом	Сопротивление одного заземления $(R_{общ})$, Ом	Коэффициент экранирования $(K_{экр})$	Стоимость анодного заземления, р
I00xI00xI0мм	2,5	3,5	50	20	3,9	27	I4,7	0,87	0,60	I96I
				50	4,7	69	I4,7	0,37	0,55	4537
				70	5,I	96	I4,7	0,27	0,54	634I
То же	2,5	3,5	I00	20	4,3	48	29,4	I,0	0,57	3323
				50	5,3	II7	29,4	0,47	0,53	7900
				70	5,7	I65	29,4	0,34	0,52	IIII8
-"-	2,5	3,5	200	20	4,8	75	58,9	I,3	0,55	5361
				50	5,9	I87	58,9	0,6I	0,5I	I3II9
				70	6,4	260	58,9	0,45	0,50	I859I
-"-	2,5	3,5	400	20	5,3	I2I	II7,9	I,82	0,55	8588
				50	6,7	296	II7,9	0,80	0,49	2I566
				70	7,2	406	II7,9	0,60	0,48	30529
-"-	2,5	3,5	500	20	5,5	I39	I47,4	2,0	0,52	9910
				50	6,9	337	I47,4	0,89	0,48	24828
				70	7,5	467	I47,4	0,66	0,47	3547I

Продолжение таблицы 3

Тип анодного заземления	Длина электрода, м	Глубина заложения, м	Удельное сопротивление грунта ($\rho_{гр}$), Ом·м	Ток (J), А	Расстояние между заземлителями, м	Количество заземлителей (N), шт.	Сопротивление одного заземлителя (R_1), Ом	Сопротивление анодного заземления ($R_{общ}$), Ом	Коэффициент экранирования ($K_{экр}$)	Стоимость анодного заземления, р
ЭЖК-I2КА	I,45	2.5	50	20	3,9	43	I4,8	0,52	0,65	4270
				50	4,7	I06	I4,8	0,22	0,6I	9083
				70	5,I	I50	I4,8	0,I6	0,59	I2428
То же	I,45	2,5	I00	20	4,2	60	29,6	0,76	0,63	5567
				50	5,I	I5I	29,6	0,32	0,59	I2548
				70	5,5	2II	29,6	0,24	0,58	I74I0
-"-	I,45	2,5	200	20	4,5	86	59,3	I,II	0,62	7446
				50	5,5	I5I	59,3	0,47	0,58	I7585
				70	6,0	2II	59,3	0,35	0,56	24659
-"-	I,45	2,5	400	20	4,9	I2I	II8,6	I,6I	0,60	I0I72
				50	6,0	300	II8,6	0,69	0,56	249I4
				70	6,4	4I8	II8,6	0,5I	0,55	35223
-"-	I,45	2,5	500	20	5,0	I35	I48,2	I,82	0,60	II289
				50	6,I	334	I48,2	0,78	0,56	27924
				70	6,6	467	I48,2	0,57	0,54	39565

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение I

Продольное сопротивление (Ом/м) магистральных трубопроводов диаметром I46-299 мм

Диаметр трубопровода, мм	Толщина стенки, мм							
	4	5	5,5	6	6,5	7	7,5	8
I46	$137 \cdot 10^{-6}$	$111 \cdot 10^{-6}$	$101 \cdot 10^{-6}$	$92,9 \cdot 10^{-6}$	$86,1 \cdot 10^{-6}$	$80,2 \cdot 10^{-6}$	$75,1 \cdot 10^{-6}$	$70,7 \cdot 10^{-6}$
I52	$132 \cdot 10^{-6}$	$106 \cdot 10^{-6}$	$96,8 \cdot 10^{-6}$	$89,1 \cdot 10^{-6}$	$82,5 \cdot 10^{-6}$	$76,9 \cdot 10^{-6}$	$72,0 \cdot 10^{-6}$	$67,7 \cdot 10^{-6}$
I59	$126 \cdot 10^{-6}$	$101 \cdot 10^{-6}$	$92,4 \cdot 10^{-6}$	$85,0 \cdot 10^{-6}$	$78,7 \cdot 10^{-6}$	$73,3 \cdot 10^{-6}$	$68,7 \cdot 10^{-6}$	$64,6 \cdot 10^{-6}$
I68	$119 \cdot 10^{-6}$	$95,7 \cdot 10^{-6}$	$87,3 \cdot 10^{-6}$	$80,3 \cdot 10^{-6}$	$74,3 \cdot 10^{-6}$	$69,2 \cdot 10^{-6}$	$64,8 \cdot 10^{-6}$	$61,0 \cdot 10^{-6}$
I80	$111 \cdot 10^{-6}$	$89,2 \cdot 10^{-6}$	$81,3 \cdot 10^{-6}$	$74,7 \cdot 10^{-6}$	$69,2 \cdot 10^{-6}$	$64,4 \cdot 10^{-6}$	$60,3 \cdot 10^{-6}$	$56,7 \cdot 10^{-6}$
I94	$103 \cdot 10^{-6}$	$82,6 \cdot 10^{-6}$	$75,3 \cdot 10^{-6}$	$69,2 \cdot 10^{-6}$	$64,0 \cdot 10^{-6}$	$59,6 \cdot 10^{-6}$	$55,8 \cdot 10^{-6}$	$52,4 \cdot 10^{-6}$
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	$66,1 \cdot 10^{-6}$	$53,1 \cdot 10^{-6}$	$48,3 \cdot 10^{-6}$	$44,4 \cdot 10^{-6}$	$41,0 \cdot 10^{-6}$	$38,2 \cdot 10^{-6}$	$35,7 \cdot 10^{-6}$	$33,5 \cdot 10^{-6}$

Приложение I,а

Продольное сопротивление (Ом/м) магистральных трубопроводов диаметром 325-1420 мм (удельное электрическое сопротивление трубной стали - 0,245 Ом·мм^2/м при температуре 20°С)

Диаметр трубопровода, мм	Толщина стенки, мм																							
	4	5	5,5	6	6,5	7	7,5	8	8,5	9	9,5	I0	I0,5	II	II,5	I2	I2,5	I4	I5	I6	I7	20	22	25	30
325	$60,8\cdot10^{-6}$	$48,8\cdot10^{-6}$	$44,4\cdot10^{-6}$	$40,8\cdot10^{-6}$	$37,7\cdot10^{-6}$	$35,1\cdot10^{-6}$	$32,8\cdot10^{-6}$	$30,8\cdot10^{-6}$																	
377	$52,3\cdot10^{-6}$	$41,9\cdot10^{-6}$	$38,2\cdot10^{-6}$	$35,1\cdot10^{-6}$	$32,4\cdot10^{-6}$	$30,1\cdot10^{-6}$	$28,2\cdot10^{-6}$	$26,4\cdot10^{-6}$	$24,9\cdot10^{-6}$																
426	$46,2\cdot10^{-6}$	$37,1\cdot10^{-6}$	$33,7\cdot10^{-6}$	$31,0\cdot10^{-6}$	$28,6\cdot10^{-6}$	$26,6\cdot10^{-6}$	$24,9\cdot10^{-6}$	$23,3\cdot10^{-6}$	$22,0\cdot10^{-6}$	$20,8\cdot10^{-6}$															
530		$29,7\cdot10^{-6}$	$27,1\cdot10^{-6}$	$24,8\cdot10^{-6}$	$22,9\cdot10^{-6}$	$21,3\cdot10^{-6}$	$19,9\cdot10^{-6}$	$18,7\cdot10^{-6}$	$17,6\cdot10^{-6}$	$16,6\cdot10^{-6}$															
720					$16,8\cdot10^{-6}$	$15,6\cdot10^{-6}$	$14,6\cdot10^{-6}$	$13,7\cdot10^{-6}$	$12,9\cdot10^{-6}$	$12,2\cdot10^{-6}$	$11,6\cdot10^{-6}$	$11,0\cdot10^{-6}$	$10,5\cdot10^{-6}$	$10,0\cdot10^{-6}$											
820							$12,8\cdot10^{-6}$	$12,0\cdot10^{-6}$	$11,3\cdot10^{-6}$	$10,7\cdot10^{-6}$	$10,1\cdot10^{-6}$	$9,63\cdot10^{-6}$	$9,18\cdot10^{-6}$	$8,77\cdot10^{-6}$	$8,39\cdot10^{-6}$									
1020										$8,58\cdot10^{-6}$	$8,13\cdot10^{-6}$	$7,72\cdot10^{-6}$	$7,36\cdot10^{-6}$	$7,03\cdot10^{-6}$	$6,73\cdot10^{-6}$	$6,45\cdot10^{-6}$	$6,20\cdot10^{-6}$	$5,54\cdot10^{-6}$	$5,18\cdot10^{-6}$	$4,86\cdot10^{-6}$				
1220														$5,87\cdot10^{-6}$	$5,61\cdot10^{-6}$	$5,38\cdot10^{-6}$	$5,17\cdot10^{-6}$	$4,62\cdot10^{-6}$	$4,32\cdot10^{-6}$	$4,06\cdot10^{-6}$	$3,82\cdot10^{-6}$	$3,25\cdot10^{-6}$		
1420																		$3,96\cdot10^{-6}$	$3,70\cdot10^{-6}$	$3,47\cdot10^{-6}$	$3,27\cdot10^{-6}$	$2,79\cdot10^{-6}$		
1620 x																		$3,47\cdot10^{-6}$	$3,24\cdot10^{-6}$	$3,04\cdot10^{-6}$	$2,86\cdot10^{-6}$	$2,44\cdot10^{-6}$	$2,22\cdot10^{-6}$	$1,96\cdot10^{-6}$	$1,64\cdot10^{-6}$

x Ориентировочные значения

Приложение 2

Параметры защиты ГПІ

Номер скважины и плейфа	Длина скважины ℓ_c, м	Длина плейфа $\ell_м$, м	$\tau_з$ = 1000		$\tau_з$ = 2000		$\tau_з$ = 2400		$\tau_з$ = 3000		$\tau_з$ = 3800
			$J_{шс}$, А	$J_д$, А	$J_{шс}$, А	$J_д$, А	$J_{шс}$, А	$J_д$, А	$J_{шс}$, А	$J_д$, А	
I	I200	3020	3,5	5,4	5,6	2,4	6,4	I,45	7,73	0,I	9,6
2	I200	2220	3,57	3,6	5,69	0,55	6,55	-	7,87	-	9,75
3	I200	3050	3,5	5,5	5,6	2,5	6,4	I,5	7,73	0,I5	9,62
4	I200	3610	3,47	6,5	5,53	3,6	6,35	2,5	7,67	I,2	9,55
5	I200	3800	3,43	6,75	5,5	3,9	6,3	2,95	7,63	I,5	9,5
6	I200	I9I0	3,6	2,8	5,73	-	6,6	-	7,93	-	9,67
7	I200	2000	3,58	3,0	5,7	-	6,57	-	7,9	-	9,7
8	I200	3430	3,48	6,2	5,55	3,25	6,39	2,3	7,68	0,85	9,57
9	I200	2I20	3,57	3,33	5,7	0,3	0,55	-	7,88	-	9,77
I0	I200	3040	3,52	5,45	5,6	2,45	6,4	I,45	7,73	0,I3	9,62
II	I200	I084	3,78	0,3	5,98	-	6,86	-	8,3	-	I0,23
I2	I200	6I0	4,02	-	6,3	-	7,23	-	8,8	-	I0,87
I3	I200	I940	3,6	2,85	5,73	-	6,6	-	7,93	-	9,67
Сумма токов, А			46,60	5I,68	74,2I	I8,95	85,I8	I2,I5	I02,78	3,93	I27,I2

Приложение 2 а

Параметры защиты ГП2

Номер скважины и шлейфа	Длина скважины ℓ_c, м	Длина шлейфа $\ell_ш$, м	Радиус защиты, $r_з$, м	Сила тока шлейф-скважина $J_{шс}$, А	Сила тока шлейф-скважина $J_д$, А
I	I200	3700	2679	6,98	I,93
2	I200	5I50	2679	6,7	3,I
3	I200	3200	2679	7,03	I,05
4	I200	2700	2679	7,I	0,05
5	I200	2I00	2679	7,I7	-
6	I200	2750	2679	7,I	0,I5
7	I200	800	2679	7,8	-
8	I200	3200	2679	7,03	I,05
9	I200	3450	2679	7,0	I,5
I0	I200	2050	2679	7,2	-
II	I200	II50	2679	7,5	-
I2	I200	I900	2679	7,23	-
	Сумма токов, А			85,84	8,83
		Параметры защиты ГП3			
I	I200	3I00	27I5	7,I3	0,8
2	I200	I830	2715	7,33	-
3	I200	2825	2715	7,2	0,25
4	I200	3750	2715	7,05	I,8
5	I200	3150	2715	7,13	0,9
6	I200	4450	2715	6,08	2,8
7	I200	3550	2715	6,I	I,6
8	I200	2I00	2715	7,25	-
9	I200	3750	2715	7,05	I,8
I0	I200	I750	2715	7,4	-
II	I200	900	2715	7,7	-
I2	I200	I425	2715	7,5	-
	Сумма токов, А			80,84	9,95

ЛИТЕРАТУРА

I. "Инструкция по проектированию и расчету катодной защиты трубопроводов" ВСН 2-I9-70 / Мингазпром . М., ОНТИ ВНИИСТа, I97I.

2. "Инструкция по определению коррозионного состояния и защищенности обсадных колонн скважин" ВСН 2-32-72 / Мингазпром . М., ОНТИ ВНИИСТа, 1972.

3. "Классификация условий применения электрохимической защиты от коррозии в районах вечной мерзлоты".М., ОНТИ ВНИИСТа, I970.

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, I970.

6. Рекомендации по электрозащите трубопроводов в северных районах. М., ОНТИ ВНИИСТа, I970.

7. Указания по защите от коррозии промысловых трубопроводов. М., ОНТИ ВНИИСТа, I969.

СОДЕРЖАНИЕ

I. 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 I45-73

Издание ЦНТИ ВНИИСТа

Редактор А.И. Зарецкая
Технический редактор Т.В. Берешева

Подписано в печать 27.IX.1974 г. Формат 60x84/I6
Печ.л. 2,25 Уч.-изд.л. 2,0 Усл.печ.л. 2,0
Тираж I00 Заказ 337

Ротапринт ВНИИСТа

gost.e-ecolog.ru