МИНИСТЕРСТВО СТРОИТЕЛЬСТВА ПРЕДПРИЯТИЙ
НЕФТЯНОЙ И ГАЗОВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

ВСЕСОЮЗНЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
ПО СТРОИТЕЛЬСТВУ МАГИСТРАЛЬНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ
ВНИИСТ

УКАЗАНИЯ

ПО РАСЧЕТУ ПАРАМЕТРОВ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЙ ЗАЩИТЫ ПОДЗЕМНЫХ КОММУНИКАЦИЙ КОМПРЕССОРНЫХ СТАНЦИЙ

РМ 51 — 11 — 75

Мингазпром



Москва 1975

gost.e-ecolog.ru

МИНИСТЕРСТВО СТРОИТЕЛЬСТВА ПРЕДПРИЯТИЙ
НЕФТЯНОЙ И ГАЗОВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

ВСЕСОЮЗНЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
ПО СТРОИТЕЛЬСТВУ МАГИСТРАЛЬНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ
ВНИИСТ

УКАЗАНИЯ

ПО РАСЧЕТУ ПАРАМЕТРОВ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЙ ЗАЩИТЫ ПОДЗЕМНЫХ КОММУНИКАЦИЙ КОМПРЕССОРНЫХ СТАНЦИЙ

РМ 51 — 11 — 75

Мингазпром

ЦНТИ ВНИИСТа

Москва 1975

УДК 621.51:620.197.5

В Указаниях изложен принцип подхода к решению вопросов катодной защиты коммуникаций на площадках компрессорных станций. Приведена методика расчета необходимой величины защитного тока для площадки с учетом взаимного экранирования подземных коммуникаций. Изложены методики расчета параметров сосредоточенных, глубинных и распределенных анодных заземлений исходя из эквипотенциального влияния анодных заземлений на всю территорию площадки.

В Указаниях приведены формулы для определения защитной разности потенциалов на коммуникациях компрессорных станций. Содержатся графики для определения потенциалов экранирования коммуникаций.

Указания составлены канд.техн.наук В.В.Притулой и ст.науч.сотрудником Н.П.Сидоровой.

Замечания и предложения по работе направлять по адресу: Москва, Е-58, Окружной проезд, 19, ВНИИСТ, лаборатория электрозащиты.

© Центр научно-технической информации Всесоюзного научно-исследовательского института по строительству магистральных трубопроводов (ЦНТИ ВНИИСТа), 1975

Министерство строительства предприятий нефтяной и газовой промышленности	Ведомственные строительные нормы	РМ 5I-II-75 Мингазпром
	Указания по расчету параметров электрохимической защиты подземных коммуникаций компрессорных станций	Взамен ВСН 2-30-7I Мингазпром

I ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

I.I. Для защиты подземных трубопроводов и кабелей (за исключением силовых) от почвенной коррозии на площадках компрессорных станций применяют катодные установки. Силовые кабели защищают протекторными установками.

I.2. Для снижения экранирующего влияния контуров защитных заземлений их потенциал относительно земли должен быть смещен в отрицательную сторону с помощью протекторных установок.

I.3. Основным принципом катодной защиты на площадках компрессорных станций является достижение эквипотенциального влияния анодных заземлений на всю поверхность площадки. Граничным условием эквипотенциальности является наличие разности потенциалов земли, вызванных влиянием анодных заземлений, между двумя любыми точками площадки не более 25 мВ.

I.4. Для достижения эквипотенциальности земли на поверхности площадки компрессорной станции могут быть использованы:

а) поверхностные сосредоточенные анодные заземления, вынесенные за пределы площадки;

б) глубинные заземления, размеры которых являются точечными по сравнению с глубиной заложения;

в) глубинные (линейные) заземления, размеры которых соизмеримы с глубиной заложения;

г) глубинные заземления скважинного типа;

д) поверхностные анодные заземления, распределенные по площади территории компрессорной станции.

Внесены ВНИИСТом	Утверждены Мингазпромом 23 мая I975 г.	Срок введения в действие с I5 января I976г.

I.5. Глубинными анодными заземлениями , точечными или линейными, для коммуникаций компрессорных станций являются заземления, глубина заложения которых не менее 10 м от его верхнего конца.

I.6. Глубинным анодным заземлением скважинного типа называется линейное заземление, которое имеет длину не менее 40 м и обеспечивает возможность растекания тока по всей длине, начиная непосредственно от поверхности грунта площадки.

I.7. Глубинное анодное заземление, которое установлено от поверхности земли на расстоянии, превышающем длину заземления в 10 раз, можно рассчитывать по формулам точечного глубинного заземления.

I.8. При осуществлении катодной защиты следует объединять электрически в отдельные контуры защиты подземные коммуникации, имеющие сходные величины входного сопротивления $\bar{z}$. Эти контуры должны быть параллельно подключены через регулирующие сопротивления к отрицательному полюсу установки катодной защиты.

I.9. По величине $\bar{z}$ подземные коммуникации можно объединять в четыре группы:

а) $\bar{z} > 0{,}25$ Ом;

б) $\bar{z} = 0{,}25 \div 0{,}1$ Ом;

в) $\bar{z} = 0{,}1 \div 0{,}05$ Ом;

г) $\bar{z} < 0{,}05$ Ом.

Подземные трубопроводы, уложенные на площадке компрессорной станции одновременно, можно объединять по группам в зависимости от их диаметра $d_{тр}$:

а) $d_{тр} \leqslant 299$ мм;

б) $d_{тр} = 325 \div 620$ мм;

в) $d_{тр} = 720 \div 1020$ мм;

г) $d_{тр} > 1020$ мм.

I.10. Тип анодного заземления для катодной защиты подземных коммуникаций компрессорных станций выбирают в соответствии со сравнительным экономическим расчетом стоимости сооружения различных вариантов заземления.

Схему подключения катодных станций к защищаемым сооружениям и размещения анодных заземлений выбирают в соответствии с выбранными контурами защиты и типом анодного заземления.

I.II. Расчет параметров катодной защиты подземных коммуникаций компрессорных станций заключается в определении следующих параметров:

входного сопротивления отдельных подземных коммуникаций компрессорной станции;

эквивалентного входного сопротивления всех коммуникаций компрессорной станции;

величины защитного тока для площадки компрессорной станции;

параметров сосредоточенных анодных заземлений;

параметров глубинных анодных заземлений;

параметров распределенных поверхностных анодных заземлений;

защитной разности потенциалов "сооружение - земля" всех коммуникаций.

I.I2. Расчет параметров катодной защиты подземных коммуникаций компрессорных станций производят в следующем порядке.

А. При использовании поверхностных сосредоточенных анодных заземлений определяют:

,расстояние от сторон площадки компрессорной станции до анодных заземлений;

количество заземлителей в каждом анодном заземлении;

величину защитного тока;

величину выходного напряжения катодной станции.

Б. При использовании глубинных анодных заземлений определяют:

длину точечного или линейного заземления;

глубину заложения заземления;

величину защитного тока;

величину выходного напряжения катодной станции.

В. При использовании распределенных поверхностных анодных заземлений определяют:

расстояние между заземлителями или центрами групп заземлителей;

суммарный потенциал земли для каждого участка коммуникаций, вызванный влиянием всех параллельных защищаемых коммуникаций;

количество заземлителей в группах;
величину защитного тока;
величину выходного напряжения катодной станции.

2 РАСЧЕТ ВЕЛИЧИН ВХОДНОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ ОТДЕЛЬНЫХ ПОДЗЕМНЫХ КОММУНИКАЦИЙ И ЭКВИВАЛЕНТНОГО ВХОДНОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ ВСЕХ КОММУНИКАЦИЙ ПЛОЩАДКИ

2.1. Входное сопротивление одиночного протяженного подземного сооружения $\dot{Z}$ определяют по формуле

$$\dot{Z} = \sqrt{R_{пр}\, R_{пер}}\, cth\, \alpha L \qquad [Ом],$$

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

$R_{пер}$ – переходное сопротивление сооружения, Ом·м,

$$R_{пер} = R_{из} + \frac{\rho}{\pi} \ln \frac{1{,}12}{\alpha \sqrt{DH}};$$

ρ – удельное сопротивление грунта вокруг сооружения, Ом·м;

D – диаметр сооружения, м;

α – коэффициент распространения тока, 1/м;

H – глубина заложения сооружения до середины оси, м;

L – протяженность сооружения, м.

2.2. Эквивалентное входное сопротивление двух электрически параллельных сооружений $\dot{Z}_{э_1}$ определяют по формуле (рис.1)

$$\dot{Z}_{э_1} = \frac{\dot{Z}_1 \dot{Z}_2}{\dot{Z}_1 + \dot{Z}_2} \qquad [Ом],$$

где $\dot{Z}_1$, $\dot{Z}_2$ – входные сопротивления, соответственно первого и второго параллельных сооружений, Ом.

2.3. Эквивалентное входное сопротивление двух электрически последовательно расположенных сооружений $\dot{Z}_{э_2}$ определяют по формуле (см.рис.1)

$$\dot{Z}_{э_2} = \frac{2\dot{Z}_1' \dot{Z}_2'}{\dot{Z}_1' + \dot{Z}_2'} \qquad [Ом],$$

где Z_1', Z_2' - входные сопротивления соответственно первого и второго последовательно расположенных сооружений, Ом.

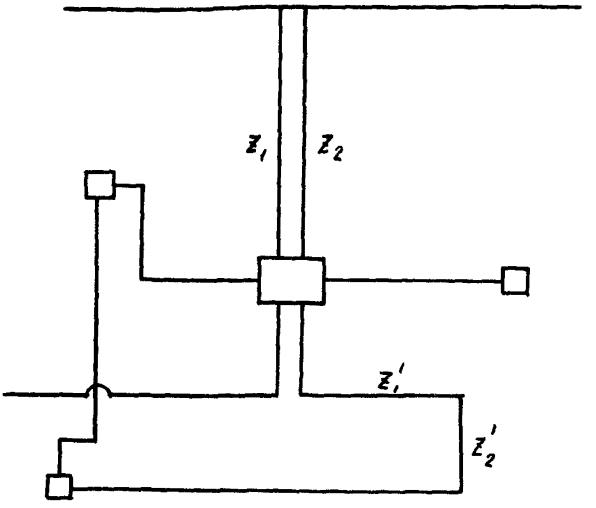


Рис.I. Схема коммуникаций компрессорной станции с обозначением входных сопротивлений параллельно и последовательно расположенных коммуникаций

2.4. Общее эквивалентное входное сопротивление всех подземных коммуникаций площадки $Z_{пл}$ определяют путем последовательной замены входных сопротивлений электрически параллельных или последовательных сооружений каждой из групп эквивалентными значениями сопротивлений до получения единичной величины, заменяющей эквивалентное сопротивление всех групп сооружений на площадке, параллельно подключенных к отрицательному полюсу катодной станции.

2.5. Входное сопротивление магистрального трубопровода $Z_т$ определяют по формуле

$$Z_т = \frac{Z_{т_1} \, Z_{т_2}}{Z_{т_1} + Z_{т_2}} \qquad [Ом],$$

где Z_{T_1}, Z_{T_2} – входные сопротивления плеч трубопровода по обе стороны от узла подключения компрессорной станции, Ом,

$$Z_{T_{1,2}} = \sqrt{r_{T_{1,2}} R_{пер_{1,2}}} \quad [Ом] .$$

2.6. Общее эквивалентное входное сопротивление защищаемой системы подземных коммуникаций компрессорной станции с учетом влияния магистрального трубопровода Z_c определяют по формуле

$$Z_c = \frac{Z_T Z_n}{Z_T + Z_n} \quad [Ом] ,$$

где Z_n – общее эквивалентное входное сопротивление всех подземных коммуникаций площадки, Ом.

3 РАСЧЕТ НЕОБХОДИМОЙ ВЕЛИЧИНЫ ЗАЩИТНОГО ТОКА ДЛЯ ПЛОЩАДКИ КОМПРЕССОРНОЙ СТАНЦИИ

3.1. Минимальную величину защитного тока i_{min} для каждой подземной коммуникации или ее отрезка с постоянным значением электрических параметров $R_{пр}$, $R_{пер}$ и Z определяют по формуле

$$i_{min} = \frac{0,3\,L}{R_{пер}} \quad [А] .$$

3.2. Общую минимальную величину защитного тока J_{min} для всей площадки станции определяют по формуле

$$J_{min} = \sum_{1}^{K} i_{min} [А] ,$$

где К – количество подземных коммуникаций с постоянными значениями электрических параметров.

3.3. Для определения действительной величины защитного тока на площадке компрессорной станции необходимо учитывать взаимное экранирование защищаемых коммуникаций.

Каждую коммуникацию на площадке рассматривают последовательно как защищаемую и как экранирующую. При этом рассматривается каждый прямолинейный отрезок каждой коммуникации.

3.4. Влияющими следует считать такие защищаемые коммуникации, которые изменяют потенциалы земли на величину более 0,0025 В на расстоянии y не менее I м. Коммуникации, оказывающие практически заметное экранирующее влияние, определяют по рис. 2 и 3.

3.5. Для всех защищаемых коммуникаций должны быть определены в соответствии с технологической схемой (рис.4) фактические координаты начала и конца коммуникаций и наиболее приближенной к экранирующей коммуникации точки относительно середины каждой прямолинейной экранирующей коммуникации.

Данные о координатах следует объединить в общую таблицу по форме I,

где x и y – координаты начала, конца и наиболее близкой точки защищаемой коммуникации относительно середины прямолинейной экранирующей коммуникации;

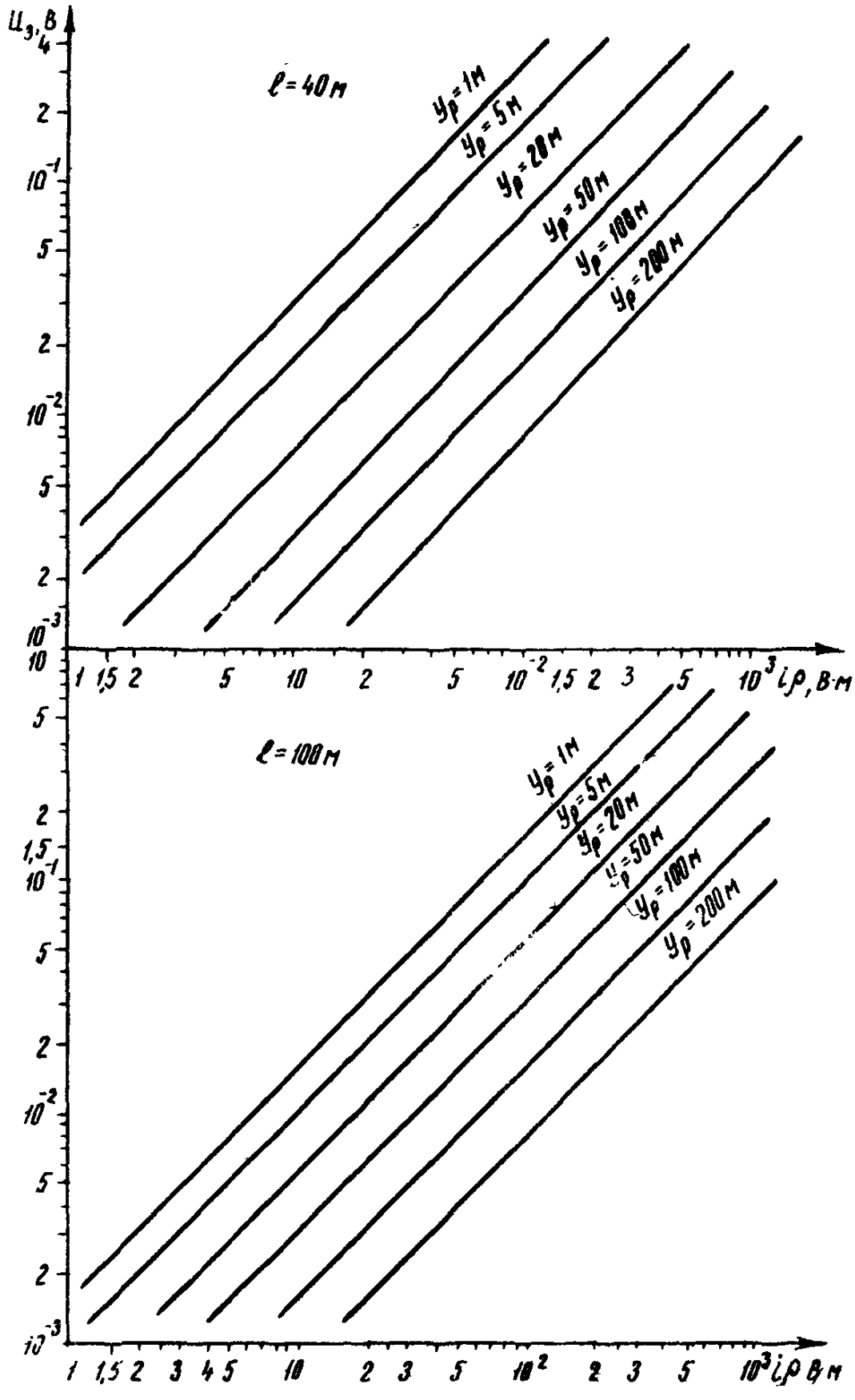
y_p – расчетная координата, необходимая для определения эквивалентного влияющего потенциала земли $u_з$, определяемого по рис. 2 и 3.

Форма I

Защищаемые коммуникации		Экранирующие коммуникации															
		№ I			№ 2			№ 3			№ 4			№ ...			
		Координаты защищаемых коммуникаций															
		x	y	y_p	x	y	y_p	x	y	y_p	x	y	y_p	x	y	y_p	
№ I	Начало																
	Конец																
	Близкая точка																
№ 2	Начало																
	Конец																
	Близкая точка																

3.6. По данным фактических координат в каждом случае необходимо определить расчетную величину y_p по формуле

$$y_p = \frac{I}{I,4I\ A} \sqrt{E + C\sqrt{E}}\ ,$$


$U_з$, В
4
2
10^{-1}
5
2
10^{-2}
5
2
10^{-3}
ℓ = 40 м
$y_р$ = 1 м
$y_р$ = 5 м
$y_р$ = 20 м
$y_р$ = 50 м
$y_р$ = 100 м
$y_р$ = 200 м
10
1 1,5 2 5 10 2 5 10^{-2} 1,5 2 3 5 10^{3} $i_р$, В·м
5
ℓ = 100 м
2
1,5
10^{-1}
5
2
10^{-2}
5
2
10^{-3}
$y_р$ = 1 м
$y_р$ = 5 м
$y_р$ = 20 м
$y_р$ = 50 м
$y_р$ = 100 м
$y_р$ = 200 м
1 1,5 2 3 4 5 10 2 3 5 10^{2} 2 3 5 10^{3} $i_р$ В·м

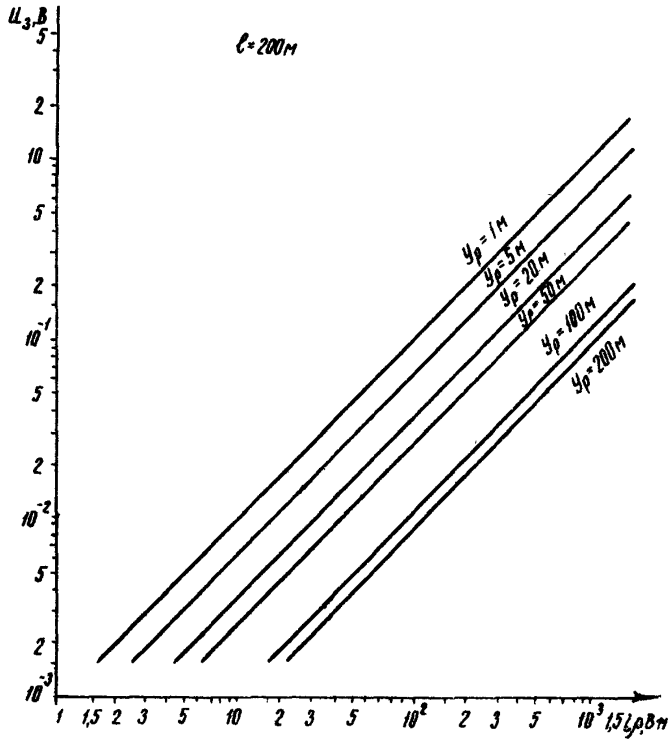


Рис.2. Зависимости потенциала земли $U_з$ от напряженности поля $i\rho$ сооружения длиной ℓ в точках, удаленных от сооружения на расстоянии y_ρ

где A, E, C – расчетные коэффициенты, определяемые из соотношений

$$A = (2x+L_э)\sqrt{\left(x+\frac{L_э}{2}\right)^2+y^2}-(2x-L_э)\sqrt{\left(x-\frac{L_э}{2}\right)^2+y^2}-4xL_э \quad [м^2]$$

($L_э$ – длина экранирующей коммуникации, м);

$$E = C^2 - 2AB \; [м^6];$$

$$B = A\,\frac{L_э^2}{2} \; [м^6];$$

$$C = L_э\left[4x^2+L_э^2+2y^2-(2x+L_э)\sqrt{\left(x+\frac{L_э}{2}\right)^2+y^2}-(2x-L_э)\sqrt{\left(x-\frac{L_э}{2}\right)^2+y^2}\right] [м^3].$$

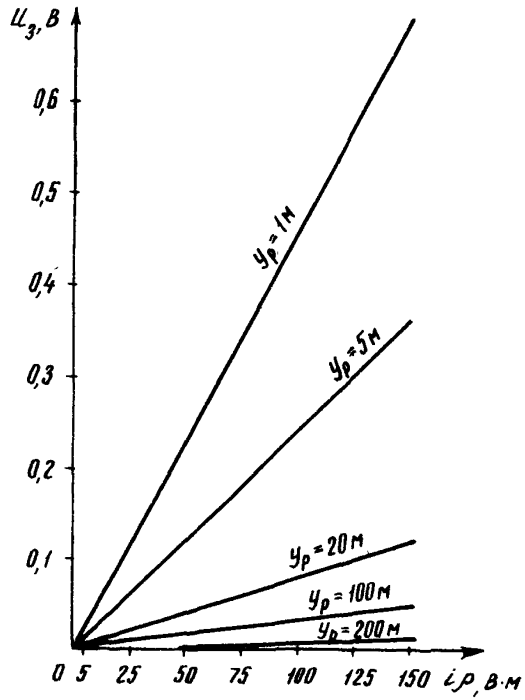


Рис.3. Зависимость потенциала земли $U_з$ от напряженности поля $i\rho$ сооружения длиной 20 м в точке, удаленной от сооружения на расстояние $y_р$

3.7. Потенциалы земли $U_з$ в начале, конце и близкой точке каждой коммуникации, вызванные влиянием одной экранирующей коммуникации, определяют в соответствии с $y_р$ по рис.2;3. Потенциалы земли можно также определить по координатам x и y, пользуясь графиками, приведенными на рис.I3-27 приложения.

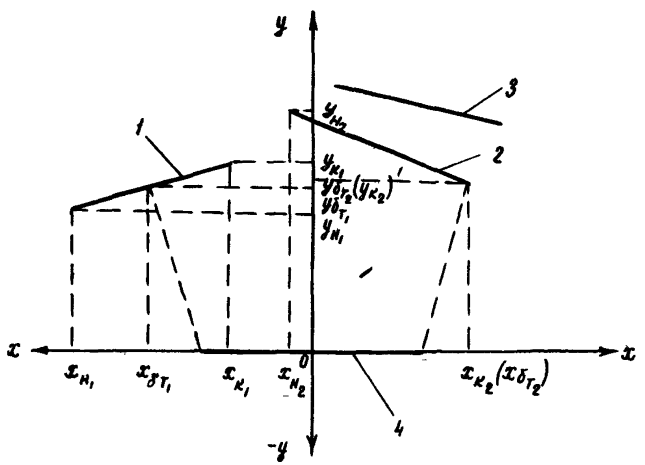


Рис.4. Пример определения координат защищаемых коммуникаций относительно экранирующей коммуникации:

I,2,3-защищаемые коммуникации; 4-экранирующая коммуникация; $x_{н_1}$, $y_{н_1}$ - координаты начала защищаемой коммуникации I относительно экранирующей коммуникации 4; $x_{н_2}$, $y_{н_2}$ - то же коммуникации 2; $x_{\delta т_1}$, $y_{\delta т_1}$ - координаты ближней точки коммуникации I относительно коммуникации 4; $x_{\delta т_2}$, $y_{\delta т_2}$ - то же коммуникации 2; $x_{к_1}$, $y_{к_1}$ - координаты конца коммуникации I относительно коммуникации 4; $x_{к_2}$, $y_{к_2}$ - то же коммуникации 2

3.8. Суммарный потенциал земли в начале $U_{эн}$, конце $U_{эк}$ и в каждой близкой точке каждой защищаемой коммуникации $U_{эт}$, вызванный влиянием всех экранирующих коммуникаций, определяют по формулам:

в начале коммуникации $U_{эн} = \sum_{1}^{m} U_{зн}$ [В];

в конце коммуникации $U_{эк} = \sum_{1}^{m} U_{зк}$ [В];

в ближней точке I $U_{эт_1} = \sum_{1}^{m} U_{зт_1}$ [В];

в ближней точке 2 $U_{эт_2} = \sum_{1}^{m} U_{зт_2}$ [В] и т.д.,

где m - количество экранирующих коммуникаций.

Суммированию подлежат только потенциалы земли $U_з >$ >0,0025 В.

Данные о суммарных потенциалах земли следует объединить в общую таблицу по форме 2.

Форма 2

Защищаемые коммуникации	Суммарные значения потенциалов земли около защищаемых коммуникаций, В				
	№ I	№ 2	№ 3	№ 4	№ ...
Начало					
Конец					
Близкая точка I					
Близкая точка 2					
Близкая точка n					

3.9. Коэффициент экранирования $K_э$ для каждой коммуникации определяют по формуле

$$K_э = \frac{0,3 - U_э}{0,3} .$$

При расчете в формулу подставляют максимальное значение $U_э$ для каждой коммуникации.

3.I0. Минимальную величину защитного тока для каждой подземной коммуникации или ее отрезка с постоянным значением электрических параметров с учетом экранирования $\iota_{min\,э}$ определяют по формуле

$$i_{min\,э} = \frac{0{,}3\,L}{K_э\,R_{пер}} \quad [А] .$$

3.II. Общую минимальную величину защитного тока для всей площадки компрессорной станции с учетом экранирования $J_{min\,э}$ определяют по формуле

$$J_{min\,э} = \sum_{1}^{к} i_{min\,э} \quad [А] .$$

3.I2. Действительную величину защитного тока, распределяемого между коммуникациями компрессорной станции $i_д$ в соответствии с величинами их входных сопротивлений, рассчитывают путем последовательного обратного замещения эквивалентных сооружений реальными. В этом случае для системы из нескольких коммуникаций:

$$i_д = \frac{J_0\,Z_0}{Z_к} \quad [А] ,$$

где J_0 – общий ток замещающей коммуникации, А;

Z_0 – общее входное сопротивление замещающей коммуникации, Ом;

$Z_к$ – входное сопротивление замещенной коммуникации, Ом.

3.I3. Для выбора фактической величины защитного тока необходимо для каждой коммуникации провести сравнения минимальной величины защитного тока, определенной с учетом экранирования, с расчетной действительной величиной. Перечисленные значения токов сводят в таблицу по форме 3.

Форма 3

Величина защитного тока, А	Защищаемые коммуникации			
	№ I	№ 2	№ 3	№ ...
Минимальная с учетом экранирования				
Расчетная действительная				
Фактическая				

3.I4. Если для всех коммуникаций соблюдается условие $i_{\vartheta} \geq i_{min\,\vartheta}$, то можно принять общую фактическую величину защитного тока для площадки компрессорной станции $J_{кс}$ равной общей действительной величине защитного тока J_{ϑ}:

$$J_{кс} = J_{\vartheta} = \sum_{1}^{к} i_{\vartheta} \qquad [А] .$$

3.I5. Если для одной или нескольких коммуникаций имеет место соотношение $i_{\vartheta} < i_{min\,\vartheta}$, то необходимо пересчитать фактические величины защитного тока i_{φ} для всех коммуникаций таким образом, чтобы у них выполнялось условие $i_{\varphi} \geq i_{min\,\vartheta}$.

3.I6. Расчет фактических величин защитного тока начинают с коммуникации, у которой относительная недозащита действительной величины тока максимальна:

$$\frac{i_{min\,\vartheta}}{i_{\vartheta}} = MAX .$$

Принимая для этой коммуникации в качестве фактической величины защитного тока минимальную величину защитного тока с учетом экранирования $i_{\varphi} = i_{min\,\vartheta}$, рассчитывают распределение защитных токов между коммуникациями в соответствии с величинами их входных сопротивлений по формулам:

для системы из двух коммуникаций

$$i_{\varphi_1} = i_{\varphi_2} \frac{Z_2}{Z_1} \qquad [А] ;$$

для системы из нескольких коммуникаций

$$i_{\varphi_к} = \frac{J_{\varphi_0} Z_0}{Z_к} \qquad [А] ,$$

где i_{φ_2} – известная фактическая величина защитного тока одной коммуникации, А;

$i_{\varphi_1}(i_{\varphi_к})$ – искомая фактическая величина защитного тока одной коммуникации, А;

J_{φ_0} – общий фактический ток эквивалентно замещающей коммуникации, А.

Данные о фактическом распределении защитного тока между коммуникациями площадки компрессорной станции следует объединить в общую таблицу по форме 3.

3.17. При выполнении пересчета фактических величин защитного тока коммуникаций общая фактическая величина защитного тока для площадки компрессорной станции равна

$$J_{кс} = \sum_{1}^{к} i_{ф} \qquad [А] .$$

3.18. Общую величину защитного тока для площадки станции с учетом влияния магистрального трубопровода $J_з$ определяют по формуле

$$J_з = J_{кс} \frac{Z_т + Z_п}{Z_т} \qquad [А] .$$

3.19. Если имеет место соотношение $Z_п \geq 2{,}5\ Z_т$, то на узле подключения компрессорной станции следует предусматривать установку изолирующих фланцев с шунтирующими сопротивлениями. Общее сопротивление шунтов $R_ш$ должно удовлетворять соотношению

$$R_ш > \frac{Z_п - 2{,}5\, Z_т}{2{,}5} \ [Ом] .$$

3.20. Сопротивление шунта на изолирующем фланце каждой коммуникации $R_ф$, имеющей электрический контакт с магистральным трубопроводом, определяют по формуле

$$R_ф = n\, R_ш \ [Ом] ,$$

где n – количество коммуникаций, имеющих электрический контакт с магистральным трубопроводом.

3.21. Общую величину защитного тока для компрессорной станции с учетом влияния магистрального трубопровода и шунтированных изолирующих фланцев $J_{зф}$ уточняют по формуле

$$J_{зф} = J_{кс} \frac{Z_т + Z_п + R_ш}{Z_т + R_ш} \ [А].$$

3.22. Общее число катодных станций, необходимое для защиты подземных коммуникаций площадки станции N, определяют по формуле

$$N = \frac{t\ J_з}{J_{ном}} \quad \text{или} \quad N = \frac{t\ J_{зф}}{J_{ном}} ,$$

где $J_{ном}$ - номинальный ток катодной станции, А;
t - коэффициент запаса по току.

3.23. Полный расчет токов и определение количества катодных станций следует проводить на начальный и конечный периоды эксплуатации коммуникаций компрессорной станции с учетом изменения во времени их переходного сопротивления без выполнения ремонтных работ.

3.24. При расчете на конечный период работы коэффициент запаса по току принимают равным I, а при расчете на начальный - I,25.

3.25. На основании данных расчета количества катодных станций для площадки на начальный $N_н$ и конечный $N_к$ периоды эксплуатации должны быть определены сроки реконструкции системы защиты и ввода дополнительных катодных станций. При этом минимальный срок первой реконструкции должен быть не менее I0 лет после ввода системы катодной защиты в эксплуатацию.

4. РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ СОСРЕДОТОЧЕННЫХ ПОВЕРХНОСТНЫХ АНОДНЫХ ЗАЗЕМЛЕНИЙ И ВЫБОР КАТОДНЫХ СТАНЦИЙ

4.I. Параметры поверхностных анодных заземлений рассчитывают, исходя из условий:

а) для достижения эквипотенциального влияния заземлений на всю территорию прямоугольной площадки их размещают по одному против каждой из четырех сторон площадки, симметрично относительно середины стороны;

б) если площадка имеет неправильную форму, то для расчета следует эквивалентно заменить ее прямоугольной площадкой таким образом, чтобы реальная площадка полностью вписывалась в эквивалентную при минимальной разности их площадей;

в) общая максимальная величина сопротивления всех четырех анодных заземлений, параллельно подключенных к катодной станции, не должна превышать I Ом в конечный период их работы;

г) величины токов, которые стекают с каждого из заземлений, сосредоточенных против сторон площадки, должны быть равны между собой.

4.2. В случае эквивалентной замены площадки при расчете параметров анодных заземлений учитывают расстояние от них до сторон эквивалентно заменяющей площадки.

4.3. Величину удаления анодных заземлений в зависимости от соотношения сторон площадки определяют по графику рис.5.

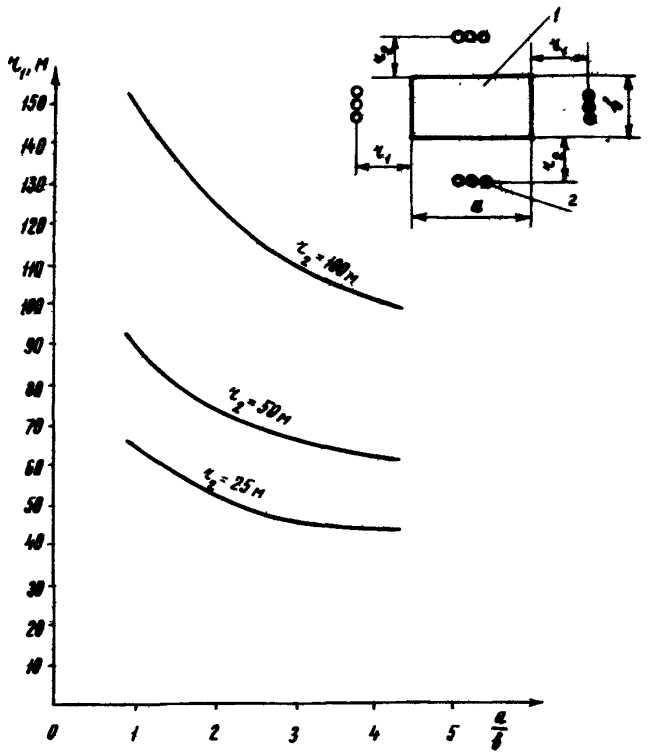


Рис.5. Зависимость величины относа сосредоточенных анодных заземлений от соотношения сторон площадки:

1-площадка компрессорной станции; 2-анодное заземление; a-длина площадки, м; b-ширина площадки, м; r_1-расстояние от более удаленного анодного заземления до границы площадки, м; r_2-расстояние от менее удаленного анодного заземления до границы площадки, м

4.4. Максимально допустимую плотность анодного тока на каждый заземлитель $i_{АЗ}$ определяют по формуле

$$i_{АЗ} = \frac{m_{АЗ}}{10\ q\ K_н} \ [А/анод],$$

где $m_{АЗ}$ – полезная масса одного заземлителя, кг;

q – электрохимический эквивалент материала заземлителя, кг/А·год;

$K_н$ – коэффициент неравномерности растворения заземлителя,

$$K_н = 1{,}3.$$

4.5. Расчетное допустимое количество заземлителей в каждом сосредоточенном анодном заземлении $n_р$ определяют по формуле

$$n_р = \frac{J_н + J_к}{8\ i_{АЗ}},$$

где $J_н$ – величина тока на начальный период эксплуатации трубопровода;

$J_к$ – величина тока на конечный период эксплуатации трубопровода.

4.6. Действительная общая величина сопротивления каждого анодного заземления $R_З$ должна быть не более 4 Ом, т.е.

$$R_{З_1} = R_{З_2} = R_{З_3} = R_{З_4} = R_З \leq 4 \ [Ом],$$

где $R_{З_1}$, $R_{З_2}$, $R_{З_3}$, $R_{З_4}$ – общие величины сопротивления соответственно каждого из четырех анодных заземлений с учетом сопротивления соединительных проводов, Ом.

4.7. Действительную величину сопротивления собственно группы заземлителей каждого анодного заземления без учета сопротивления соединительных проводов $R_{АЗ_i}$ определяют по формуле

$$R_{АЗ_i} \leq R_З - r_{пр}\ l_i \qquad [Ом]$$

или

$$R_{АЗ_i} \leq 4 - r_{пр}\ l_i \qquad [Ом],$$

где $R_з$ – общее сопротивление каждого анодного заземления с учетом сопротивления соединительных проводов, Ом;

$$R_з = 4R_0 ;$$

R_0 – общее сопротивление всех групп анодных заземлений, Ом;

$r_{пр}$ – удельное сопротивление соединительных проводов, Ом/м;

l_i – длина соединительных проводов соответственно каждого из анодных заземлений, м.

4.8. Сопротивление растеканию одного заземлителя R_a в анодном заземлении, установленного вертикально или горизонтально в грунт, определяют по формуле

$$R_a = \frac{0{,}16\rho_{АЗ}}{l_a}\left(\ln\frac{2l_a}{d_a} + \frac{1}{2}\ln\frac{4H+l_a}{4H-l_a} + \frac{\rho_a}{\rho_{АЗ}}\ln\frac{d_a}{d_э}\right) \quad [Ом],$$

где $\rho_{АЗ}$ – удельное сопротивление грунта в месте установки заземления, Ом·м;

l_a – длина заземлителя в активаторе, м;

d_a – диаметр активатора, м;

H – расстояние от уровня земли до середины заземлителя, м;

ρ_a – удельное сопротивление активатора, Ом·м;

$d_э$ – диаметр электрода в активаторе, м.

Для типовых заземлителей АК-I и АК-3 сопротивление растеканию вычисляют по формуле

$$R_a = 0{,}34\,\rho_{АЗ} + 0{,}342 \ [Ом] .$$

4.9. Действительно требуемое количество заземлителей в каждом из четырех анодных заземлений n_{gi} определяют по формуле методом последовательного приближения:

$$n_{gi} \geqslant \frac{R_a}{R_{АЗi}\ K_g} ,$$

где K_g – коэффициент экранирования заземлителей в группе, определяемый исходя из величины n_{gi}.

Величину K_g определяют по графикам рис. 6-9.

4.10. Если для всех анодных заземлений имеет место соотношение $n_{gi} \geqslant n_p$, то фактическое количество заземлителей

в каждом анодном заземлении $n_{\varphi i}$ принимают равным действительно требуемому количеству

$$n_{\varphi_i} = n_{g i},$$

а фактическое общее сопротивление всех четырех анодных заземлений R_0 определяют по формуле

$$R_0 = \frac{R_3}{4} \text{ [Ом]} .$$

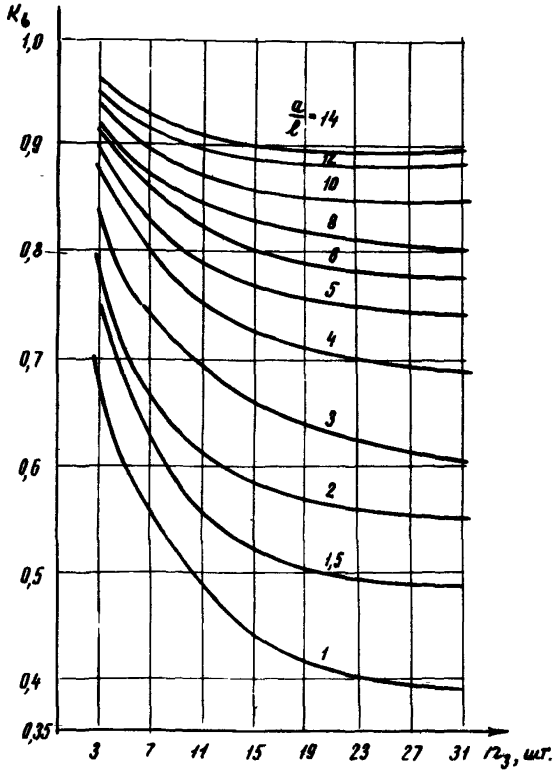


Рис.6. Зависимость коэффициента экранирования вертикальных заземлителей в коксовом активаторе K_t от числа электродов n_3 при различных отношениях $\frac{a}{\ell}$:

а-расстояние между заземлителями, м; ℓ -длина заземлителей I,4 м, глубина установки I,7 м

4.11. Если для одного или нескольких анодных заземлений имеет место соотношение $n_{\varphi i} < n_{\rho}$, то фактическое количество заземлителей в наименее удаленном (с $\ell_{i\,min}$) из этих анодных заземлений $n_{\varphi i\,min}$ принимают равным расчетному допустимому количеству

$$n_{\varphi i\,min} = n_{\rho}$$

и пересчитывают общую величину сопротивления заземлений, исходя из этого условия.

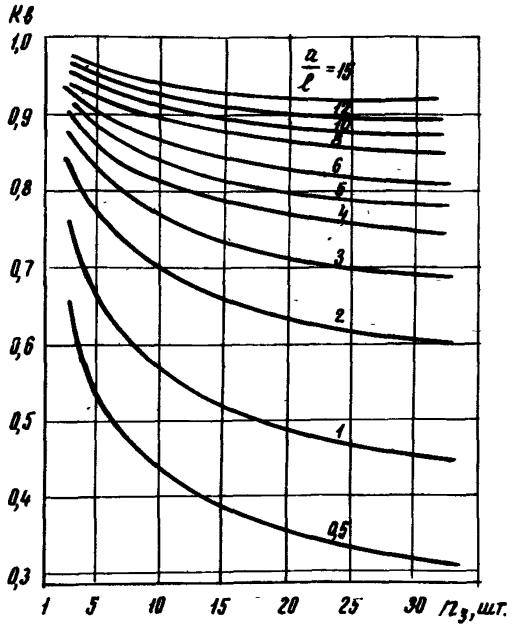


Рис.7. Зависимость коэффициента экранирования вертикальных заземлителей $K_в$ от числа электродов $n_з$ при различных отношениях $\frac{a}{\ell}$:
а-расстояние между заземлителями, м; ℓ -длина заземлителей 3 м, глубина установки 3 м

4.12. Минимальную пересчитанную величину сопротивления собственно i -й группы заземлителей определяют по формуле:

$$R_{\text{лз}\,min} = \frac{R_a}{n_p \; K_в} \; [\text{Ом}] .$$

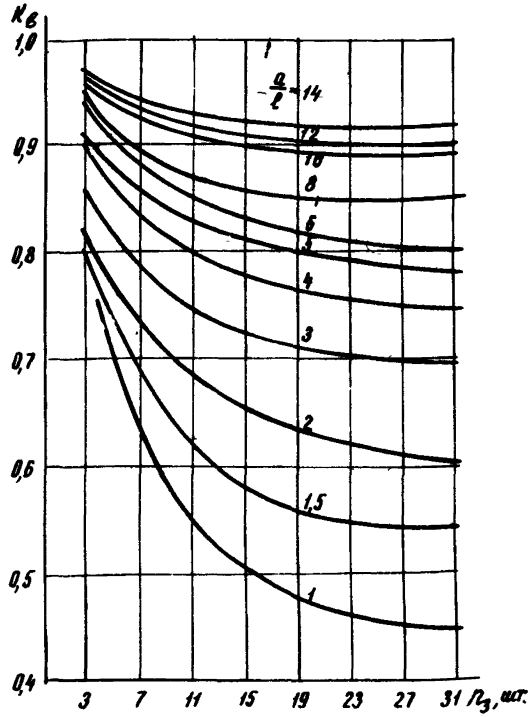


Рис.8. Зависимость коэффициента экранирования горизонтальных заземлителей в коксовом активаторе $K_в$ от числа электродов $n_з$ при различных отношениях $\frac{a}{\ell}$:

а-расстояние между заземлителями, м; ℓ -длина заземлителей 1,4 м, глубина установки 1,7 м

4.I3. Общее пересчитанное сопротивление каждого анодного заземления с учетом сопротивления соединительных проводов R_{3min} определяют по формуле

$$R_{3min} = R_{A3\,min} + r_{пр_i} \ell_{i\,min} \quad [Ом] .$$

4.I4. Пересчитанное фактическое сопротивление собственно каждой группы заземлителей без учета сопротивления соединительных проводов R'_{A3_i} определяют по формуле

$$R'_{A3_i} = R_{3min} - r_{пр_i} \ell_i \quad [Ом] .$$

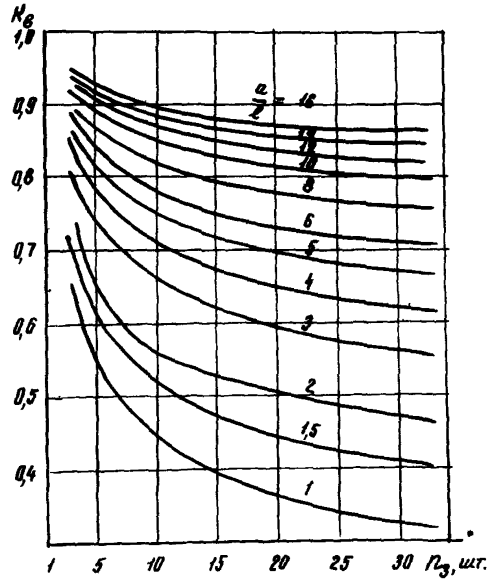


Рис.9. Зависимость коэффициента экранирования горизонтальных заземлителей $K_в$ от числа электродов n_3 при различных отношениях $\frac{a}{\ell}$: а-расстояние между заземлителями, м; ℓ -длина заземлителей 3 м, глубина установки I,5 м

4.I5. Фактическое пересчитанное количество заземлителей в каждом анодном заземлении $n'_{ф}$ определяют по формуле

$$n'_{ф} = \frac{R_a}{R'_{A3i} K_в},$$

где $K_в$ определяют, исходя из величины $n_р$.

4.I6. Фактическое пересчитанное общее сопротивление всех четырех анодных заземлений, параллельно подключенных к катодной станции R'_0, определяют по формуле

$$R'_0 = \frac{R_{3min}}{4} \quad [Ом].$$

4.I7. Требуемую величину выходного напряжения катодной станции U и U' определяют по формулам:

$$U = J_з R_0 \text{ и } U' = J_з R'_0 \quad [В]$$

или

$$U_ф = J_{зф} R_0 \text{ и } U'_ф = J_{зф} R'_0 \quad [В],$$

где U' - выходное напряжение катодной станции с учетом фактической пересчитанной величины сопротивлений анодных заземлений;

$U'_ф$ - то же с учетом фланцев.

4.I8. Требуемую мощность станции катодной защиты для площадки компрессорной станции W определяют, исходя из максимальных фактических значений общей величины защитного тока $J_{з\,max}$ и требуемого выходного напряжения U_{max}, по формуле

$$W = 10^{-3} J_{з\,max} U_{max} \quad [кВт].$$

4.I9. Если номинальные параметры одной катодной станции составляют менее 90% максимальных фактических значений общей величины защитного тока или требуемого выходного напряжения, то следует увеличить количество катодных станций и включить их таким образом, чтобы:

$$J_{ном} \geq 1{,}1\, J_{з\,max},$$
$$U_{ном} \geq 1{,}1\, U_{max}.$$

При этом

$$W_{ном} \geq 1{,}2\, W$$

5. РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ ГЛУБИННЫХ АНОДНЫХ ЗАЗЕМЛЕНИЙ

5.I. Параметры глубинных анодных заземлений рассчитывают, исходя из условий:

а) для достижения эквипотенциального влияния заземлений на всю территорию площадки их размещают в ее геометрическом центре;

б) общая максимальная величина сопротивления глубинного заземления не должна превышать I Ом в конечный период его работы;

в) глубина заложения заземления, состоящего из нескольких электродов, которое рассчитывают по формулам точечного глубинного заземления, должна превышать его длину более чем в I0 раз.

5.2. Максимально допустимую плотность анодного тока на каждый точечный или линейный заземлитель $i_{АЗ}$ определяют по формуле

$$i_{АЗ} = \frac{m_{АЗ}}{25\, q\, K_{Н}} \left[\text{А/анод}\right],$$

где $m_{АЗ}$ - полезная масса одного заземлителя, кг.

5.3. Допустимую величину анодного тока на глубинное анодное заземление скважинного типа $J_{АЗ}$ определяют по формуле

$$J_{АЗ} = \frac{M_{АЗ}}{25\, q\, K_{НС}} \left[\text{А}\right],$$

где $M_{АЗ}$ - общая полезная масса рабочей части заземления, кг;

q - электрохимический эквивалент материала заземлителя, кг/А·год;

$K_{НС}$ - коэффициент неравномерности растворения заземления скважинного типа,

$$K_{НС} = 2 .$$

5.4. Расчетное допустимое количество заземлителей в точечном или линейном глубинном заземлении определяют по формуле

$$n_{р} = \frac{J_{Н} + J_{К}}{2\, i_{АЗ}} .$$

5.5. Расчетную допустимую длину глубинного анодного заземления скважинного типа $L_{АЗ}$ определяют по формуле

$$L_{АЗ} = \frac{3\, J_{АЗ}\, q}{D_c\, \delta_c\, \gamma} \quad [м],$$

где D_c – внешний диаметр трубы скважины, м;
δ_c – толщина стенки трубы скважины, мм;
γ – плотность металла трубы скважины, г/см^3.

Если величина $L_{АЗ}$ по расчету менее 40 м, то для дальнейшего определения параметров анодного заземления принимают расчетную допустимую длину глубинного анодного заземления скважинного типа равной 40 м.

5.6. Действительную величину сопротивления собственно группы заземлителей или заземления скважинного типа без учета сопротивления соединительных проводов $R_{АЗ}$ определяют по формуле

$$R_{АЗ} \leq R_З - r_{пр}\, \ell \quad [Ом],$$

где $R_З$ – общее сопротивление глубинного заземления, Ом;
$r_{пр}$ – удельное сопротивление соединительных проводов, Ом/м;
ℓ – длина соединительных проводов, м.

5.7. Действительная величина сопротивления собственно заземления скважинного типа должна быть не менее расчетной величины его сопротивления с учетом величины $L_{АЗ}$:

$$R_{АЗ} \geq R'_{АЗ} = \frac{0{,}16\, \rho_{АЗ}}{L_{АЗ}} \ell n \frac{4 L_{АЗ}}{D_c}.$$

5.8. Если $R_{АЗ} < R'_{АЗ}$, то необходимо уменьшить общее сопротивление анодного заземления скважинного типа до I Ом за счет снижения сопротивления соединительных проводов $r'_{пр}$:

$$r'_{пр} = \frac{1 - R'_{АЗ}}{\ell} \quad [Ом/м].$$

5.9. Сопротивление растеканию одного заземлителя в точечном или линейном глубинном заземлении определяют по формуле

$$R_a = \frac{0{,}16\, \rho_{АЗ}}{\ell_a} \left(\ell n \frac{2\ell_a}{d_a} + \frac{1}{2} \ell n \frac{4H + \ell_a}{4H - \ell_a} + \frac{\rho_a}{\rho_{АЗ}} \ell n \frac{d_a}{d_э} \right) \quad [Ом].$$

Для типовых заземлителей АК-I и АК-3 сопротивление растеканию одного заземлителя определяют по формуле

$$R_a = 0{,}34\rho_{A3} + 0{,}342 \ [\text{Ом}] .$$

5.I0. Действительно требуемое количество заземлителей в точечном или линейном анодном заземлении n_g определяют по формуле

$$n_g \geqslant \frac{R_a}{R_{A3}\, K_g} ,$$

где K_g – коэффициент экранирования заземлителей в группе, определяемый по графикам рис.8–9.

5.II. Если имеет место соотношение $n_g \geqslant n_p$, то фактическое количество заземлителей в точечном или линейном глубинном анодном заземлении n_φ принимают равным действительно требуемому количеству

$$n_\varphi = n_g$$

5.I2. Если имеет место соотношение $n_g < n_p$, то фактическое количество заземлителей в точечном или линейном глубинном анодном заземлении n_φ принимают равным расчетному допустимому количеству:

$$n_\varphi = n_p$$

и пересчитывают общую величину сопротивления заземления $R_{A3\varphi}$, исходя из этого условия, по формуле

$$R_{A3\varphi} = \frac{R_a}{n_p\, K_g} \ [\text{Ом}] .$$

5.I3. Общую фактическую пересчитанную величину сопротивления анодного заземления $R_{3\varphi}$ определяют по формуле

$$R_{3\varphi} = R_{A3\varphi} + r_{np}\ell \ [\text{Ом}] .$$

5.I4. Фактическую длину глубинного анодного заземления L_φ определяют по формуле

$$L_\varphi = \ell_{a3}\, n_\varphi\, K_n \ [\text{м}] ,$$

где ℓ_{a3} – длина анодного заземлителя, м;

K_n – коэффициент удлинения при монтаже заземления, $K_n = 1{,}2$.

5.15. Если реальная площадка имеет неправильную форму, то для расчета глубины заложения глубинных анодных заземлений следует эквивалентно заменить ее прямоугольной площадкой таким образом, чтобы реальная площадка полностью вписывалась в эквивалентную и точка заглубления заземления на реальной площадке совпадала с центром эквивалентной заменяющей прямоугольной площадки.

5.16. Расчетную глубину заложения точечного глубинного анодного заземления h определяют, решая кубическое уравнение:

$$0{,}4\pi h^3 + 0{,}1\pi(a^2+b^2)h - \vartheta_з \rho_{пл}(a^2+b^2) = 0,$$

где a – длина прямоугольной площадки, м;

b – ширина прямоугольной площадки, м;

$\vartheta_з$ – общая величина защитного тока площадки компрессорной станции, А;

$\rho_{пл}$ – среднее значение удельного сопротивления грунта на площадке компрессорной станции, Ом·м.

5.17. Для типового размера площадки глубину заложения точечного глубинного заземления определяют по графику рис.10.

5.18. Если имеет место соотношение

$$\frac{h}{L_ф} \geqslant 10,$$

то фактическую глубину заложения анодного заземления принимают равной величине h.

5.19. Если имеет место соотношение

$$\frac{h}{L_ф} < 10,$$

то фактическую глубину заложения анодного заземления определяют как для линейного глубинного анодного заземления.

5.20. Приведенную глубину заложения линейного глубинного анодного заземления H (глубину заложения до середины заземления) определяют, решая уравнение

$$\exp\left(\frac{0{,}05\pi L_ф}{\vartheta_з \rho_{пл}}\right) = \frac{(2H+L_ф)\left[(2H-L_ф)+\sqrt{a^2+b^2+(2H-L_ф)^2}\right]}{(2H-L_ф)\left[(2H+L_ф)+\sqrt{a^2+b^2+(2H+L_ф)^2}\right]}.$$

5.21. Фактическую глубину заложения линейного глубинного анодного заземления h (глубину заложения верхнего торца заземления) определяют, решая уравнение

$$\exp\left(\frac{0{,}05\pi L_{ф}}{J_{з}\rho_{пл}}\right)=\frac{(h+L_{ф})\left(2h+\sqrt{a^{2}+b^{2}+4h^{2}}\right)}{h\left[2(h+L_{ф})+\sqrt{a^{2}+b^{2}+4(h+L_{ф})^{2}}\right]}.$$

5.22. Для типовых размеров площадок глубину заложения линейного глубинного заземления определяют по графику рис.10.

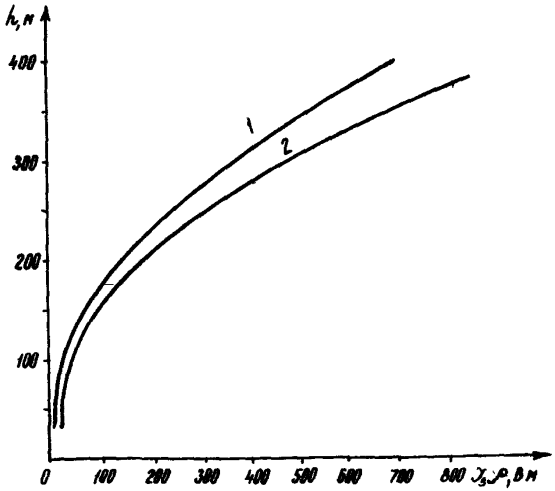


Рис.10. Зависимость глубины заложения анодного заземления h от напряженности поля у анодного заземления $J_з\rho$ для площадки 250 х 180 м:
1-линейный электрод длиной 20 м; 2-точечный электрод

5.23. Требуемую величину выходного напряжения катодной станции определяют по формуле

$$U=J_{з}R_{з\,ф}\,[В].$$

5.24. Требуемую мощность катодной станции, а также ее номинальные параметры определяют аналогично условиям применения поверхностных заземлителей согласно пп.4.18 и 4.19 настоящих Указаний.

6. РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ РАСПРЕДЕЛЕННЫХ ПОВЕРХНОСТНЫХ АНОДНЫХ ЗАЗЕМЛЕНИЙ

6.1. Распределенные поверхностные анодные заземления следует размещать на территории площадки компрессорной станции таким образом, чтобы они располагались вдоль каждой коммуникации на расстоянии 3-6 м от нее.

6.2. У одиночных коммуникаций заземлители предпочтительно устанавливать горизонтально на глубине 1,5-2,5 м, у параллельных коммуникаций - вертикально, чтобы верхний конец заземлителя был на глубине 1,5-2 м.

6.3. Для защиты групп из трех и более параллельных коммуникаций, если позволяют местные условия, анодные заземлители следует размещать в шахматном порядке на равном расстоянии друг от друга по обе стороны группы коммуникаций.

6.4. Анодные заземлители должны быть размещены вдоль коммуникаций таким образом, чтобы точки электрического контакта между коммуникациями с различным входным сопротивлением соответствовали серединам интервалов между заземлителями.

6.5. Все заземлители (или группы заземлителей) должны быть подключены к положительному полюсу катодной станции параллельно. При этом длина и сечение соединительных проводов каждой ветви подключаемых к катодной станции заземлителей должны быть такими, чтобы сопротивление проводов было несоизмеримо меньше сопротивления растеканию одного заземлителя (или одной группы заземлителей).

6.6. Для обеспечения возможности индивидуальной регулировки режима тока в цепи каждого анодного заземлителя (или группы заземлителей) предусматривается регулируемое сопротивление.

6.7. Расчет параметров заземлителей следует проводить первоначально для одного заземлителя в группе.

6.8. Максимальный ток одного заземлителя на конечный период эксплуатации $i_{АЗ\,к}$ определяют по формуле

$$i_{АЗ\,к} = \frac{U}{k_t R_a} \quad [\text{А/анод}] ,$$

где k_t - коэффициент запаса, $k_t = 2$;
или для одной группы заземлителей:

$$i_{АЗ\,к} = \frac{U k_в n_г}{R_a} \quad [\text{А/анод}] ,$$

где $n_г$ - количество заземлителей в группе;

$$n_г \leq 3 .$$

6.9. Допустимый ток одного заземлителя в начальный период работы $i_{АЗ\,н}$ определяют по формуле

$$i_{АЗ\,н} = 2 i_{АЗ} - i_{АЗ\,к} \quad [\text{А/анод}] .$$

6.10. Максимально допустимое расстояние между заземлителями (между центрами групп заземлителей) при защите одиночной коммуникации $l_{АЗ}$ определяют по формуле

$$l_{АЗ} = \sqrt{2Q\left(\frac{U_{max}}{U_{min}} - 1\right)} \quad [\text{м}] ,$$

где U_{max} - максимально допустимый наложенный потенциал, В;
U_{min} - минимально допустимый наложенный потенциал, В;
Q - коэффициент относа анодного заземления, м². Величину Q определяют по рис.11 в зависимости от расстояния между коммуникацией и анодным заземлением y_a .

6.11. Расстояние от крайнего заземлителя (центра крайней группы заземлителей) до конца защищаемого участка $l'_{АЗ}$ определяют по формуле

$$l'_{АЗ} = l_{АЗ} \frac{\frac{U_{max}}{U_{min}} - 1}{\frac{U_{max}}{U_{min}} - 0{,}5} \quad [\text{м}] .$$

6.I2. При защите распределенными заземлителями двух или более параллельных коммуникаций для определения действительной величины защитного тока и расстояния между заземлителями необходимо учитывать взаимное экранирование защищаемых коммуникаций.

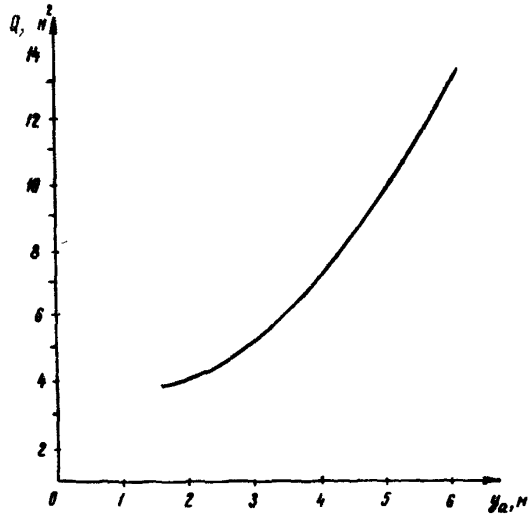


Рис.II. Зависимость коэффициента удаления заземления от расстояния до распределенного заземления

6.I3. Взаимное экранирующее влияние параллельных коммуникаций следует учитывать, если потенциал земли около коммуникаций под влиянием экранирования сдвигается в отрицательную сторону более чем на 0,025 В.

6.I4. Для параллельных защищаемых коммуникаций одной длины следует определить фактические координаты концов и середины участка экранируемой коммуникации относительно середины экранирующего участка параллельной коммуникации (рис.I2).

Данные о координатах для каждой пары параллельных коммуникаций следует объединить в общую таблицу по форме 4.

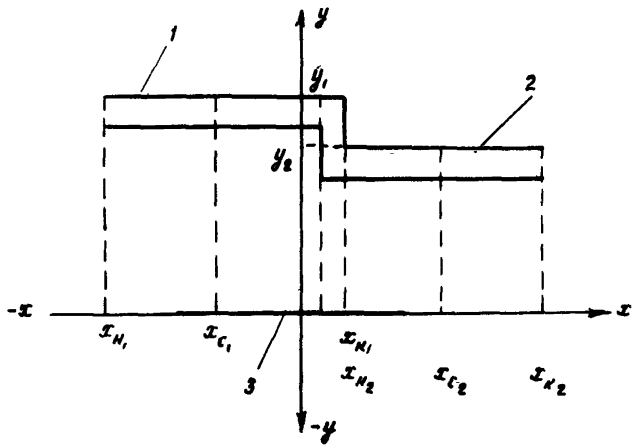


Рис.12. Пример определения координат параллельных экранируемых участков коммуникаций относительно середины участка экранирующей коммуникации:

1,2 - экранируемые коммуникации; 3 - экранирующая коммуникация; $x_{н_1}$ - координата начала первого участка коммуникации 1 по оси x относительно коммуникации 3; $x_{с_1}$ - координата середины первого участка коммуникации 1 по оси x относительно коммуникации 3; $x_{к_1}$ - координата конца первого участка коммуникации 1 по оси x относительно коммуникации 3; $x_{н_2}$, $x_{с_2}$, $x_{к_2}$ - координаты по оси x соответственно начала, середины и конца второго участка коммуникации 1 относительно коммуникации 3; y_1 и y_2 - координаты по оси y первого и второго участков коммуникации 1 относительно коммуникации 3

6.15. Потенциалы земли в конечных и средней точках каждого участка экранируемых коммуникаций, вызванные влиянием параллельного участка одной экранирующей коммуникации $U_{3п}$, определяют по рис. 2 и 3.

Форма 4

Экранируемые коммуникации		Экранируемые участки коммуникаций							
		№ I		№ 2		№ 3		№ ...	
		x	y	x	y	x	y	x	y
№ I	Начальная точка								
	Средняя точка								
	Конечная точка								
№ 2	Начальная точка								
	Средняя точка								
	Конечная точка								

6.I6. Суммарный потенциал земли в начальной, конечной и средней точках каждого участка экранируемой коммуникации, вызванный влиянием всех параллельных защищаемых коммуникаций, $U_{эп}$ определяют по формуле

$$U_{эп} = \sum_{1}^{m_п} U_{зп} \qquad [В] ,$$

где $m_п$ - количество параллельных коммуникаций.

Данные о суммарных потенциалах земли следует объединить в общую таблицу по форме 5.

6.I7. Коэффициент экранирования для каждого участка параллельных коммуникаций $K_{эп}$ определяют по формуле

$$K_{эп} = \frac{0,I5 - U_{эп}}{0,I5} .$$

6.I8. Допустимую величину тока для одного заземлителя (группы заземлителей) $i_{АЗ\,доп}$ находят из выражения

$$i_{АЗ\,доп} = \frac{Q\ U_{max}}{D\ R_{пер_t}} \qquad [А] ,$$

где $R_{пер_t}$ - переходное сопротивление коммуникации в конце I0-летнего периода эксплуатации, Ом.м.

Форма 5

Экранируемые коммуникации		Суммарные значения потенциалов земли около экранируемых участков коммуникаций, В			
		№ I	№ 2	№ 3	№ ...
№ I	Начальная точка				
	Конечная точка				
	Средняя точка				
№ 2	Начальная точка				
	Конечная точка				
	Средняя точка				

6.I9. Общее количество заземлителей на каждую защищаемую коммуникацию n_{3i} определяют по формуле

$$n_{3i} = \frac{L_i + \ell_{A3_i} - 2\ell'_{A3i}}{\ell_{A3_i}}.$$

6.20. Если при горизонтальной установке заземлителей имеет место соотношение $L \geq 30\ell_a$ (ℓ_a - длина одного заземлителя, м), то можно увеличить количество заземлителей в группе n_r так, чтобы выполнялось соотношение

$$L \geq 12[n_r(\ell_a + a_3) - a_3],$$

где a_3 - расстояние между заземлителями, м.

При этом должно быть $n_r \leq 3$.

6.2I. Если при вертикальной установке заземлителей имеет место соотношение

$$L \geq 35 \text{ м},$$

то можно увеличить количество заземлителей в группе $n_г$ так, чтобы выполнялось соотношение

$$l \geq 12 a_3 .$$

При этом должно быть $n_г \leq 3$.

6.22. Если количество заземлителей в группе увеличено, то необходимо вновь рассчитать общее сопротивление растеканию группы заземлителей, уточнить максимальный ток группы заземлителей и расстояния между центрами групп заземлителей.

6.23. Если заземлитель (или группа заземлителей) расположен около двух параллельных коммуникаций, то необходимо установить распределение защитного тока между ними из соотношений:

$$i_{АЗ_1(Н,К)} = i_{АЗ(Н,К)} \frac{Z_2}{Z_1 + Z_2} \quad [А/ансд] ;$$

$$i_{АЗ_2(Н,К)} = i_{АЗ(Н,К)} \frac{Z_1}{Z_1 + Z_2} \quad [А/анод].$$

6.24. Максимально допустимые расстояния между заземлителями (или центрами групп заземлителей) $l_{АЗ_1}$ и $l_{АЗ_2}$ определяют для каждой из двух параллельных коммуникаций.

6.25. Фактическую величину максимально допустимого расстояния между заземлителями (или центрами групп заземлителей) $l_{АЗф}$ принимают равной меньшему из значений $l_{АЗ_1}$ и $l_{АЗ_2}$.

6.26. Фактическое количество заземлителей для двух параллельных коммуникаций $n_{Зф}$ определяют по формуле

$$n_{Зф} = \frac{L_п}{l_{АЗф}} ,$$

где $L_п$ – протяженность параллельного пролегания коммуникаций, м.

6.27. Уточнение параметров схемы защиты двух параллельных коммуникаций производят в таком же порядке, как и для одиночной коммуникации.

6.28. Если заземлитель (или группа заземлителей) расположен около трех или более параллельных коммуникаций, то расчет

параметров схемы защиты следует производить в таком же порядке, как и для двух параллельных коммуникаций, определяя распределение защитного тока между ними в соответствии с соотношением их входных сопротивлений.

6.29. Общую величину защитного тока для всей площадки компрессорной станции $J_{КС}$ определяют по формуле

$$J_{КС} = \sum_{1}^{n_{АЗ}} I_{АЗ\,доп} \qquad [А],$$

где $n_{АЗ}$ – общее количество анодных заземлителей на территории компрессорной станции.

6.30. Общее сопротивление заземляющей системы распределенных заземлителей на площадке компрессорной станции $R_{Зпл}$ определяют из соотношения

$$\frac{1}{R_{Зпл}} = \frac{N_{гр_1}}{R_{гр}} + \frac{N_{гр_2}}{R_{гр}} + \ldots + \frac{N_{гр_n}}{R_{гр}},$$

где $R_{гр}$ – общее сопротивление группы заземлителей из одного или нескольких анодов, Ом (для группы из одного заземлителя $R_{гр} = R_{а}$);

$N_{гр}$ – количество параллельно подключенных групп в каждой ветви заземления;

n – количество параллельных ветвей заземлителей для одной катодной станции.

6.31. Допустимую величину тока одной катодной станции определяют по формуле

$$J_{доп} = \frac{U}{1{,}05 R_{Зпл} + Z_{пл}} \qquad [А].$$

6.32. Распределение защитного тока между параллельными ветвями заземлителей определяют, исходя из соотношения сопротивления ветвей.

6.33. Если рассчитанные величины тока в ветвях заземления больше или равны суммарной величине тока, необходимой для обеспечения защиты соответствующих подземных коммуникаций компрессорной станции в течение 10 лет, то используют одну катодную станцию для всей площадки.

6.34. Если рассчитанные величины тока в ветвях не дают возможности обеспечить полную защиту на всей площадке к концу 10-летнего периода эксплуатации, то устанавливают дополнительно вторую катодную станцию.

6.35. Правильность принятого числа катодных станций $N_{кс}$ и $N'_{кс}$ проверяют расчетом по формулам:

$$N_{кс} = \frac{J_{доп}}{J_{ном}}; \qquad N'_{кс} = \frac{J_{кс}}{J_{доп}},$$

За необходимое число катодных станций для площадки компрессорной станции принимают большее ближайшее целое число по данным расчета $N_{кс}$ и $N'_{кс}$.

6.36. Окончательный расчет мощности и параметров принятых катодных станций производят так же, как и в случае катодной защиты коммуникаций компрессорной станции с сосредоточенными поверхностными анодными заземлениями.

7. РАСЧЕТ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЗАЩИТНОЙ РАЗНОСТИ ПОТЕНЦИАЛОВ ВДОЛЬ КОММУНИКАЦИЙ

7.1. Защитную разность потенциалов на коммуникациях компрессорных станций определяют путем расчета наложенных потенциалов коммуникаций, потенциала земли площадки, наложенного анодными заземлениями, и потенциалов земли около коммуникаций, наложенных в результате взаимного экранирования последних.

7.2. Величину защитной разности потенциалов для каждой коммуникации $U_{к/з}$ определяют по формуле

$$U_{к/з} = U_к + U_е - U_п - U_э \quad [В],$$

где $U_к$ – наложенный потенциал коммуникаций, В;

$U_е$ – естественная разность потенциалов коммуникация – земля, В;

$U_п$ – потенциал земли площадки, наложенный анодными заземлениями, В;

$U_э$ – потенциал земли около коммуникации, наложенный в результате экранирования соседними сооружениями,

7.3. Для каждой защищаемой коммуникации величину защитной разности потенциалов рассчитывают в начале и конце коммуникации, а также для всех точек, определенных как наиболее приближенные к экранирующим коммуникациям.

7.4. Наложенный потенциал коммуникации $U_к$ рассчитывают по формуле

$$U_к = \frac{i_\varphi \, R_{пер}}{L} \ [В] .$$

7.5. Потенциал земли около коммуникаций, наложенный в результате экранирования соседними сооружениями, определяют по данным расчета, объединенным в таблицу по форме 2.

7.6. Потенциал земли прямоугольной площадки, наложенный сосредоточенными поверхностными анодными заземлениями $U_п$, определяют по формуле

$$U_п = \frac{J_{АЗ} \, \rho_{пл} [4(r_1 + r_2) + \rho]}{\pi \, r_{з_1} \, r_{з_2}} \ [В] ,$$

где $J_{АЗ}$ – ток, стекающий с каждого анодного заземления, А;

$\rho_{пл}$ – среднее значение удельного сопротивления грунта на площадке компрессорной станции, Ом·м,

$$\rho_{пл} = \sqrt[n_у]{\rho \, n_у} ,$$

$n_у$ – количество измерений удельного сопротивления грунта на площадке;

$r_{з_1}, r_{з_2}$ – расстояния между противоположными заземлениями, м;

$$r_{з_1} = 2r_1 + a ,$$

$$r_{з_2} = 2r_2 + b ,$$

r_1 – расстояние от более удаленного заземления до границы площадки, м;

r_2 – расстояние от менее удаленного заземления до границы площадки, м;

a – длина площадки, м;

b – ширина площадки, м;

ρ – периметр площадки, м.

7.7. Для квадратной площадки потенциал земли, наложенный поверхностными анодными заземлениями, определяют по формуле

$$U_п = \frac{4\ I_{АЗ}\ \rho_{пл}}{\pi\ r_з}\ [В]\ ,$$

где $r_з$ – расстояние между противоположными заземлениями у квадратной площадки, м;

$$r_з = 2r + c\ ;$$

r – расстояние от анодных заземлений до границ квадратной площадки, м;

c – сторона квадратной площадки, м.

7.8. Потенциал земли на территории площадки компрессорной станции, наложенный точечным глубинным анодным заземлением, определяют по формуле

$$U_п = \frac{I_з\ \rho_{пл}}{2\pi h}\ [В]\ .$$

7.9. Потенциал земли на территории площадки компрессорной станции, наложенный линейным глубинным анодным заземлением, определяют по формуле

$$U_п = \frac{I_з\ \rho_{пл}}{2\pi L_ф}\ \ell n\ \frac{2H + L_ф}{2H - L_ф}\ [В]$$

или

$$U_п = \frac{I_з\ \rho_{пл}}{2\pi L_ф}\ \ell n\ \frac{h + L_ф}{h}\ [В].$$

7.10. Потенциал земли на территории площадки компрессорной станции, наложенный глубинным заземлением скважинного типа, определяют по формуле

$$U_п = 0{,}67\ \frac{I_з\ \rho_{пл}\ \alpha_c}{Ch\ \alpha_c\ L_{АЗ}}\ [В]\ ,$$

где α_c – коэффициент затухания тока в заземлении, 1/м;

$$\alpha_c = \sqrt{\frac{r_c}{R_c}}\ ;$$

r_c – продольное сопротивление скважинного типа заземления, Ом/м;

R_c – сопротивление растеканию скважинного типа заземления, Ом·м.

7.II. При катодной защите коммуникаций компрессорной станции с распределенными заземлителями наложенные потенциалы коммуникаций рассчитывают по формуле

$$U_K = \frac{i_3 Z}{2},$$

где i_3 - ток заземлителя, А.

7.I2. Потенциал земли около параллельных коммуникаций, наложенный в результате экранирования при использовании для катодной защиты распределенных заземлителей, определяют по данным расчета, объединенным в таблицу по форме 5.

7.I3. Потенциал земли площадки, наложенный распределенными анодными заземлителями, определяют по формуле

$$U_п = \frac{i_3 n_{A3} \rho_{A3}}{4\pi}\left(\frac{1}{r_{A3}} + \frac{1}{r'_{A3}}\right) [В],$$

где ρ_{A3} - удельное сопротивление грунта в месте установки заземлителя, Ом·м;

r_{A3} - расстояние от середины заземлителя до защищаемого участка коммуникации, м;

r'_{A3} - расстояние от середины зеркального отражения заземлителя относительно поверхности земли до защищаемого участка коммуникации, м.

7.I4. В первом приближении потенциалы земли площадки, наложенные распределенными анодными заземлителями, определяют по формулам:

$$U_п = \frac{2 i_3 n_{A3} \rho_{A3}}{\pi(5H + \ell^2_{A3ф})} [В] \text{ при } r_{A3} = 3 \text{ м};$$

$$U_п = \frac{2 i_3 n_{A3} \rho_{A3}}{\pi(160 + \ell^2_{A3ф})} [В] \text{ при } r_{A3} = 6 \text{ м},$$

} для конечной точки защищаемого участка

при горизонтальной установке заземлителей $U_п = \frac{i_3 n_{A3} \rho_{A3}}{2\pi(r^2_{A3} + 5)} [В]$

при вертикальной установке заземлителей $U_п = \frac{i_3 n_{A3} \rho_{A3}}{2\pi(r^2_{A3} + 10)} [В]$

} для средней точки защищаемого участка

7.I5. Если рассчитанная величина защитной разности потенциалов какой-либо коммуникации превышает максимально допустимое значение, то следует изменить схему подключения коммуникации к общей системе катодной защиты таким образом, чтобы снизить общую величину тока, попадающего в нее. Для этого можно на коммуникации сделать самостоятельную точку дренажа и подключить ее непосредственно к катодной станции через регулировочное сопротивление.

7.I6. При изменении первоначальной расчетной схемы катодной защиты следует вновь провести расчет распределения защитных токов и разностей потенциалов на коммуникациях с учетом изменений. Окончательные результаты расчета распределения защитной разности потенциалов вдоль коммуникаций следует объединить в таблицу по форме 6.

Форма 6

Защищаемые коммуникации	Защищаемые разности потенциалов, В				
	Начало	Конец	Близкая точка I	Близкая точка 2	Близкая точка 3
№ I					
№ 2					

ПРИЛОЖЕНИЯ

На рис.I3-27 приведены графики для определения коэффициента K_u, используемого при расчете потенциалов земли $U_з$ от влияния защитного тока коммуникаций различной протяженности (протяженность коммуникаций указана вдоль оси x).

$$U_з = K_u i \rho ,$$

где i - ток, стекающий с коммуникации, А;

ρ - удельное сопротивление грунта, окружающего коммуникацию, Ом·м;

x и y - оси координат.

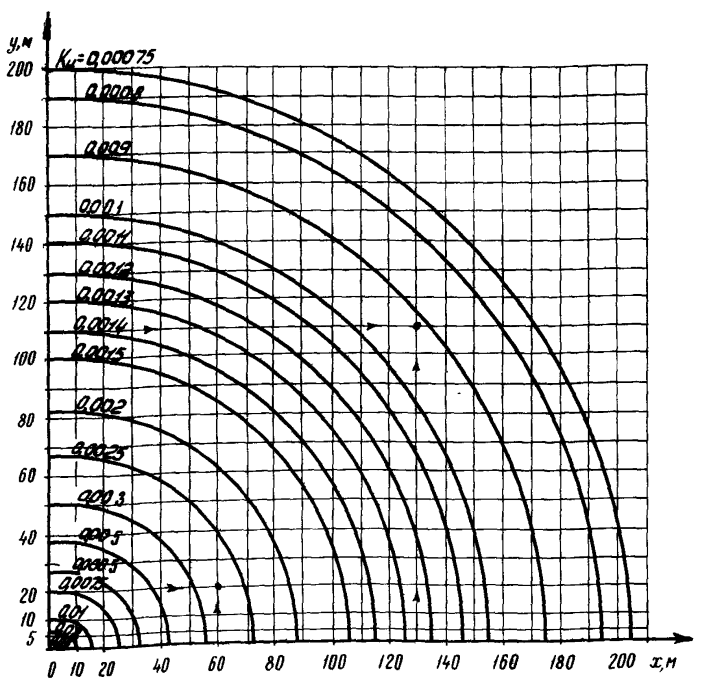


Рис.I3. Коммуникация длиной I0 м

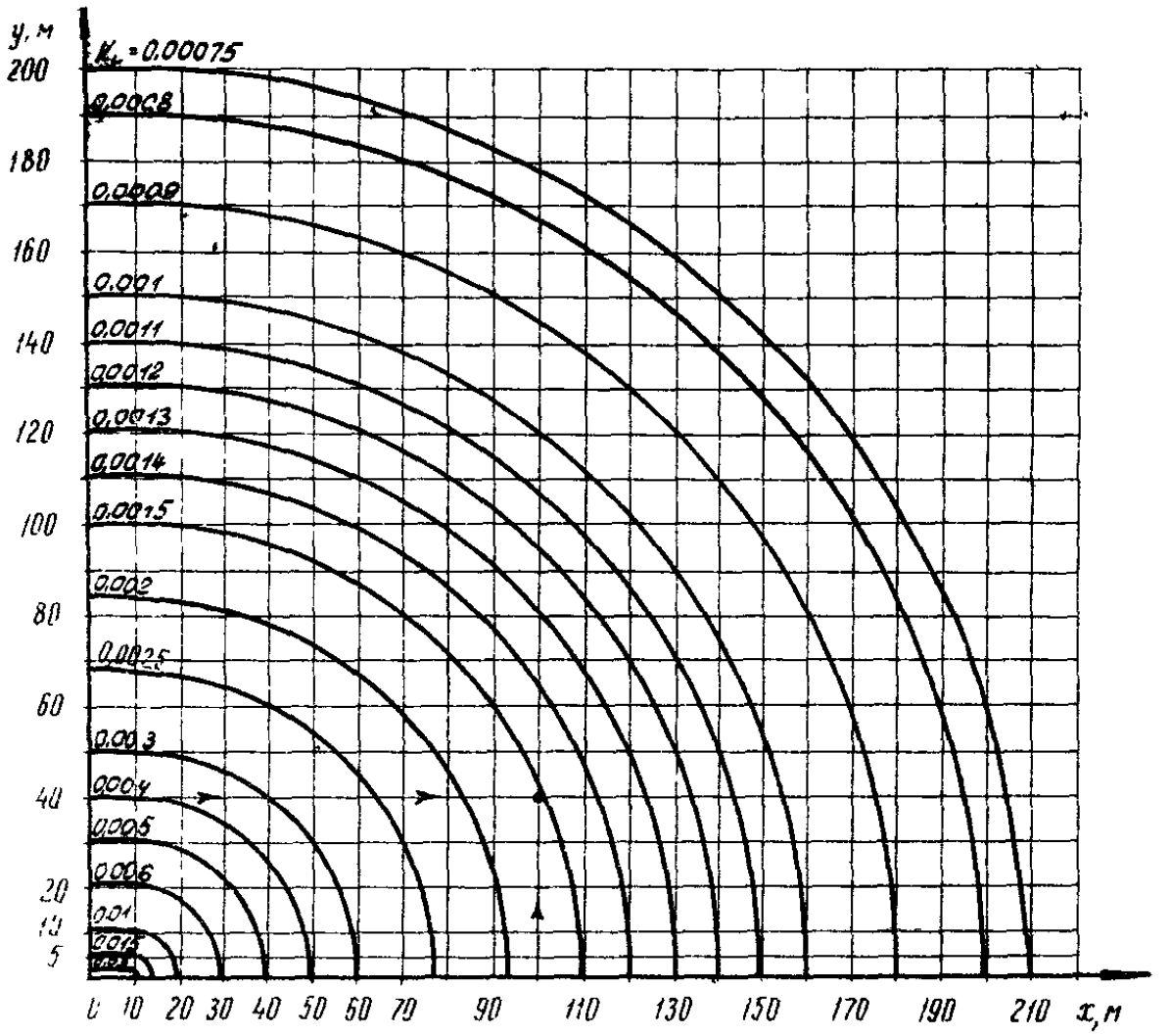


Рис.I4. Коммуникация
длиной 20 м

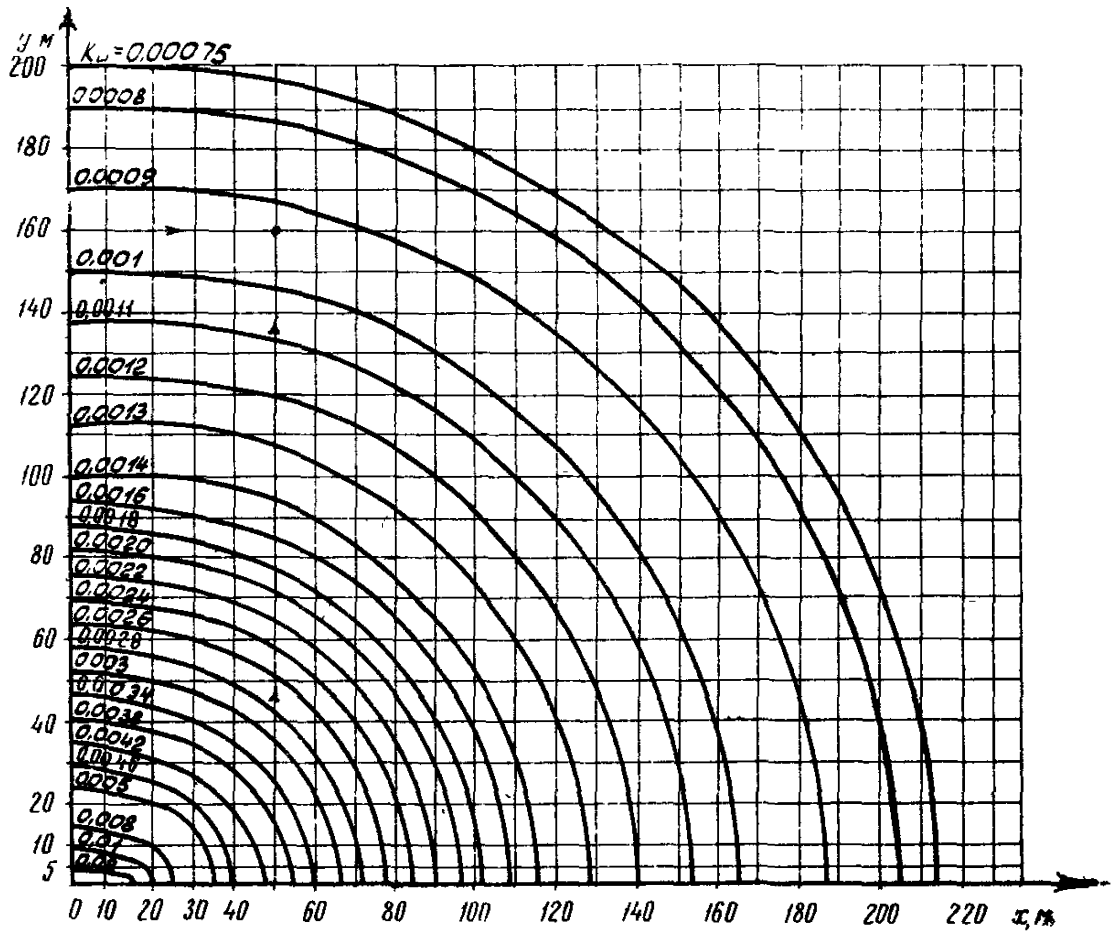


Рис.15. Коммуникация
длиной 30 м

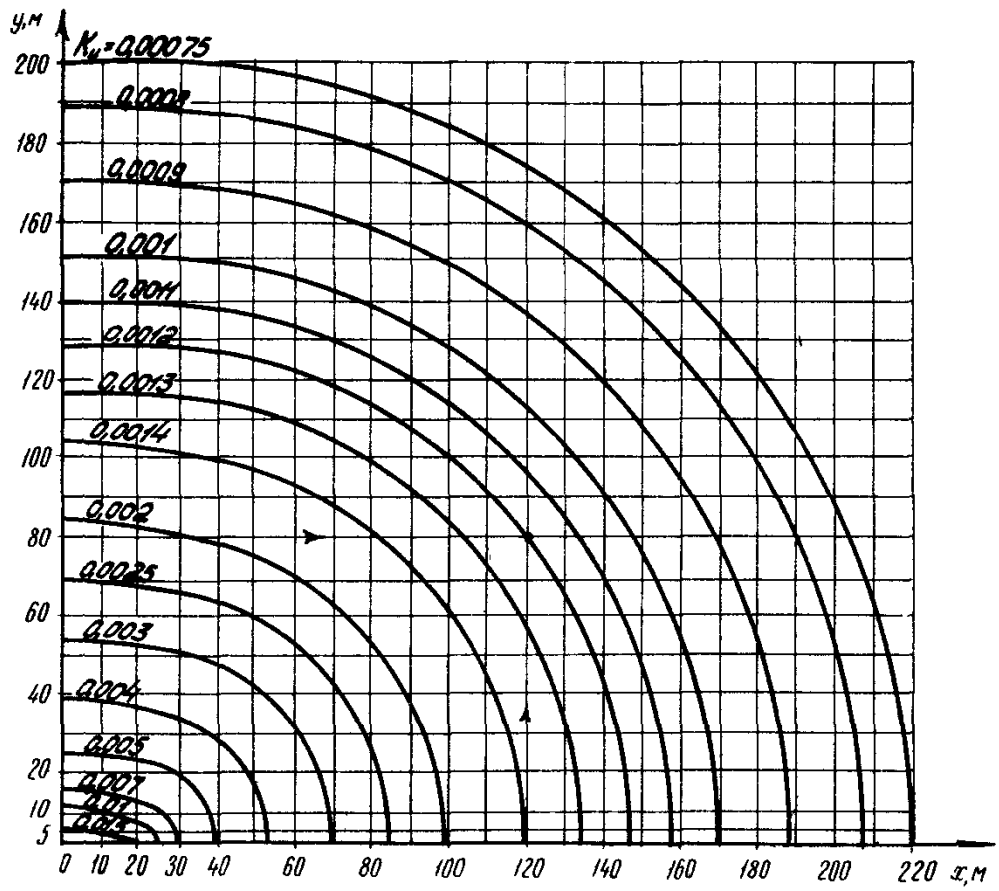


Рис.16. Коммуникация
длиной 40 м

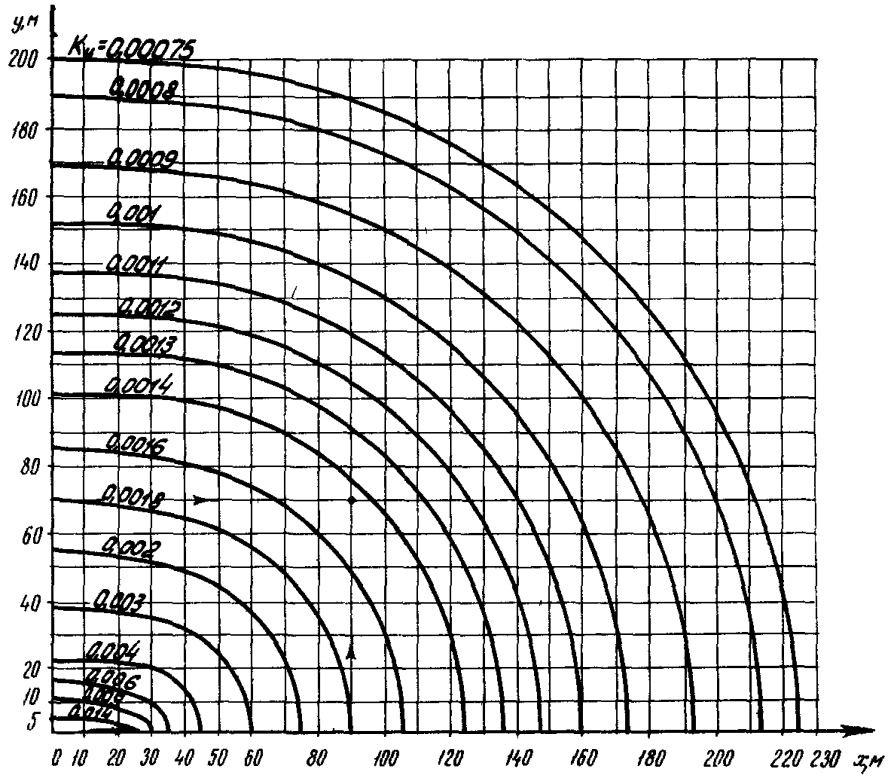


Рис.17. Коммуникация
длиной 50 м

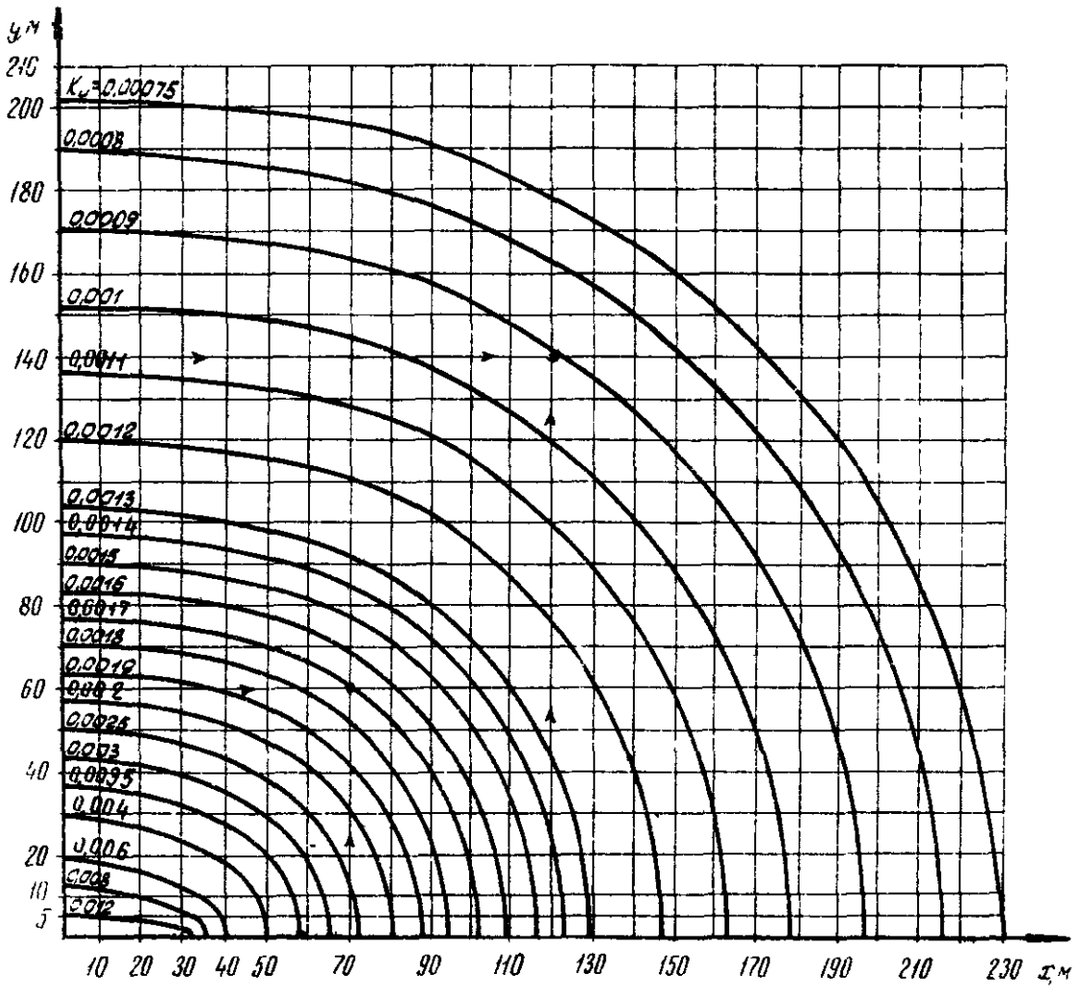


Рис.I8. Коммуникация
длиной 60 м

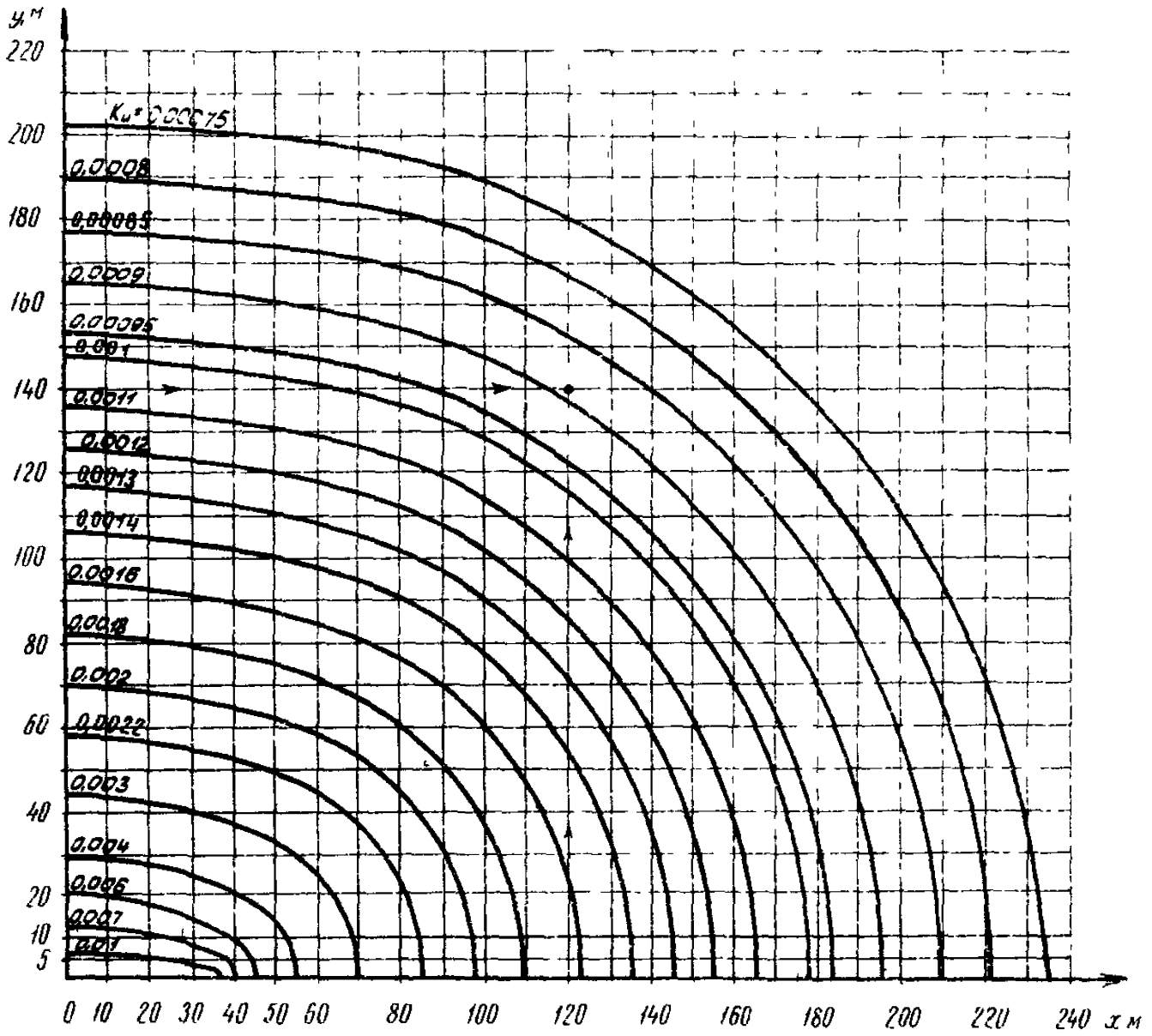


Рис.I9. Коммуникация
длиной 70 м

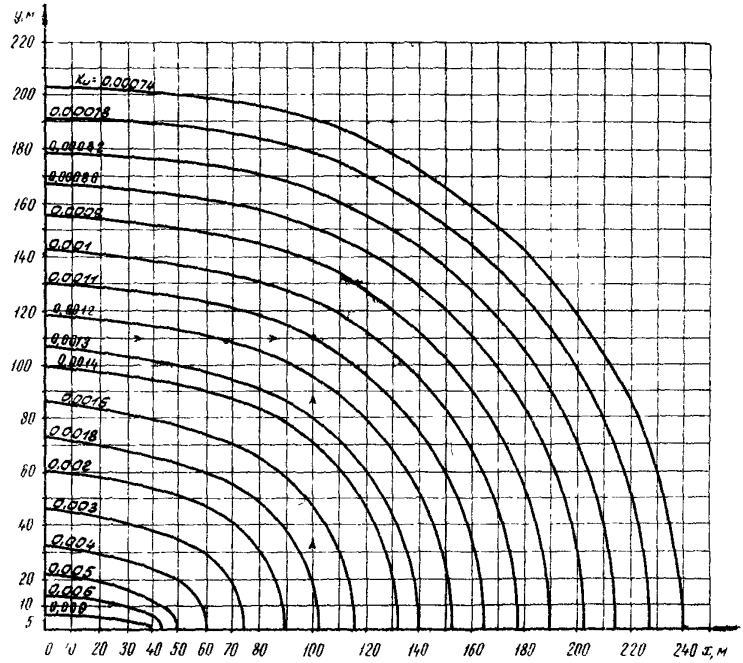


Рис.20. Коммуникация
длиной 80 м

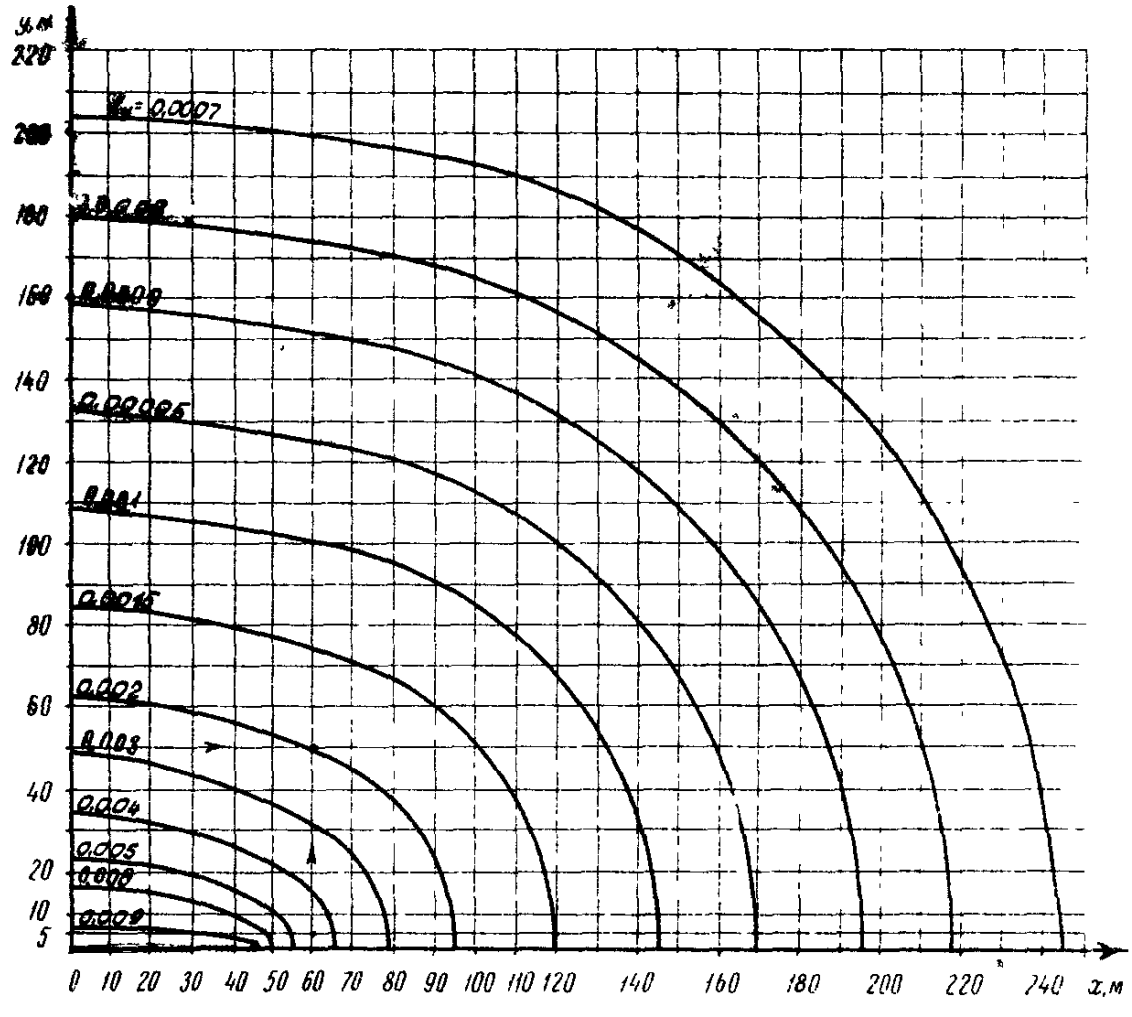


Рис.21. Коммуникация
длиной 90 м

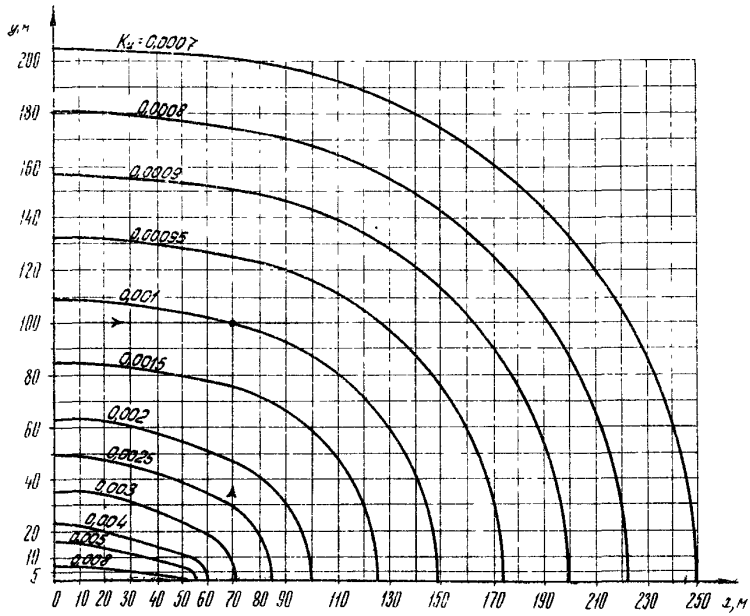


Рис.22. Коммуникация
длиной 100 м

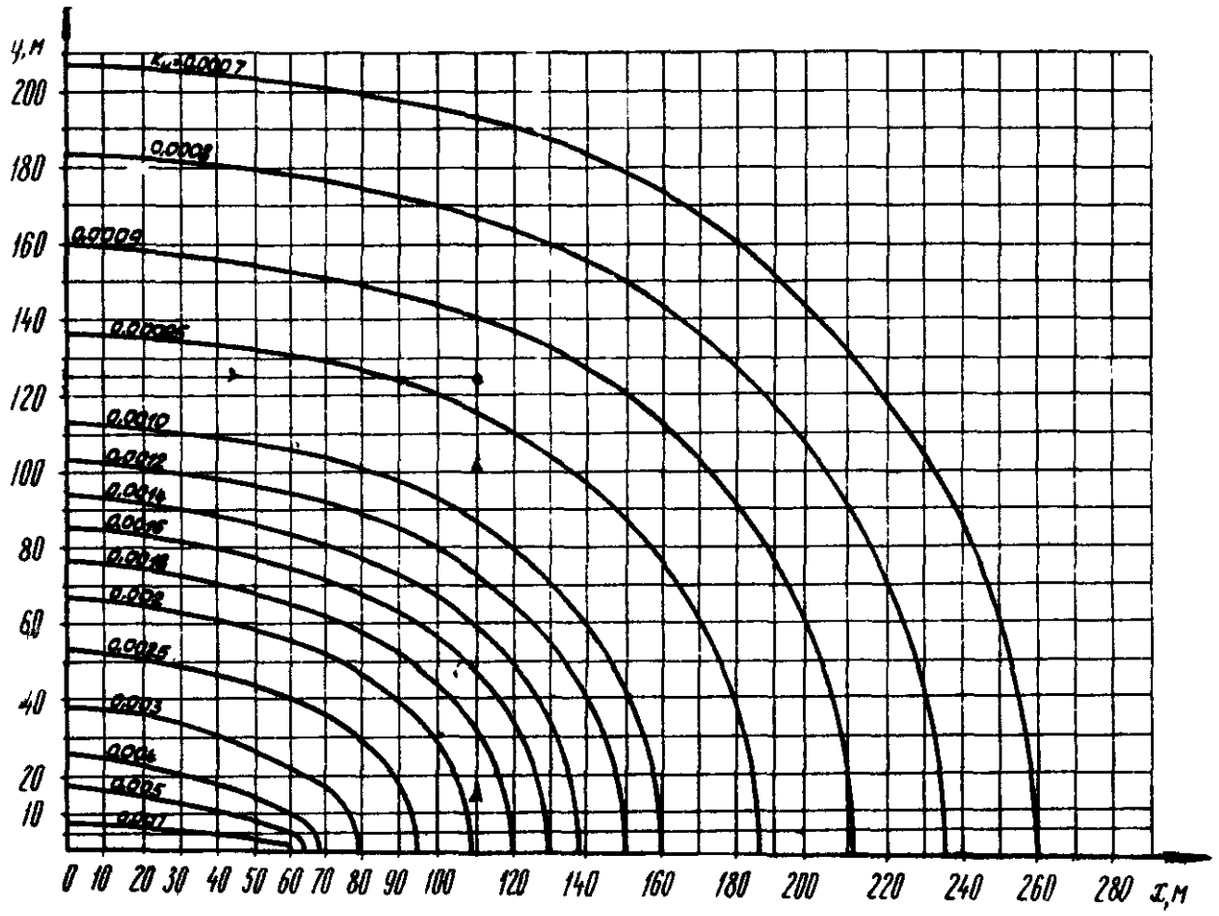


Рис.23. Коммуникация
длиной 120 м

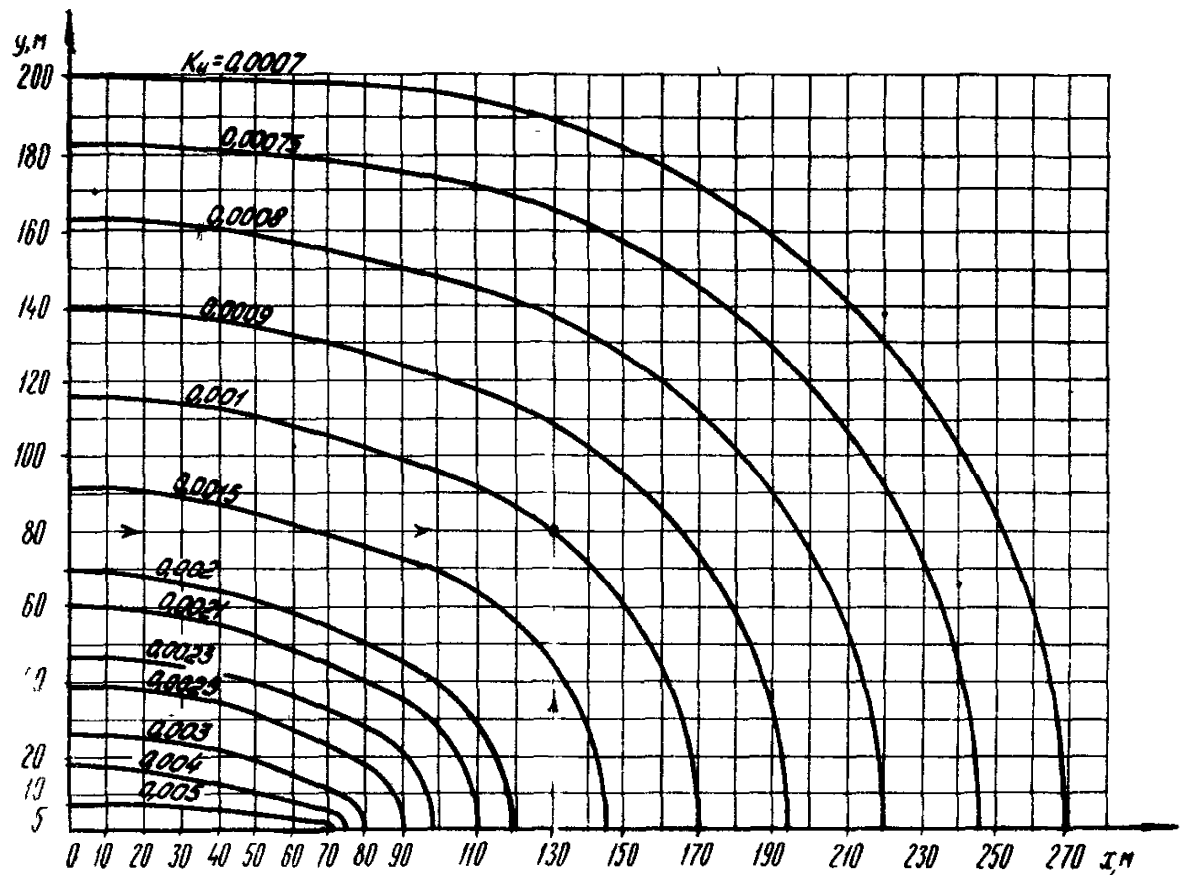


Рис. 24. Коммуникация
длиной 140 м

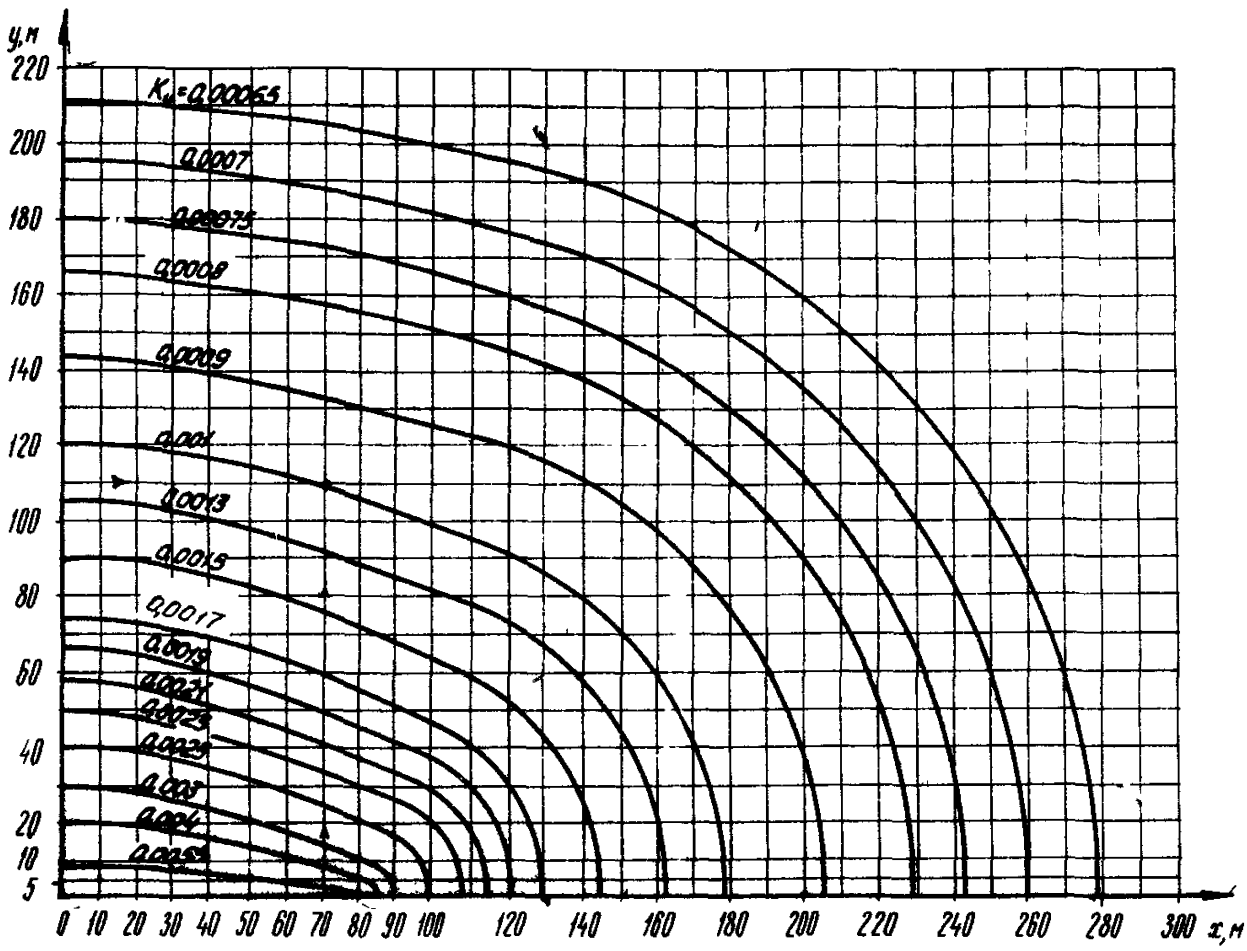


Рис.25. Коммуникация
длиной 160 м

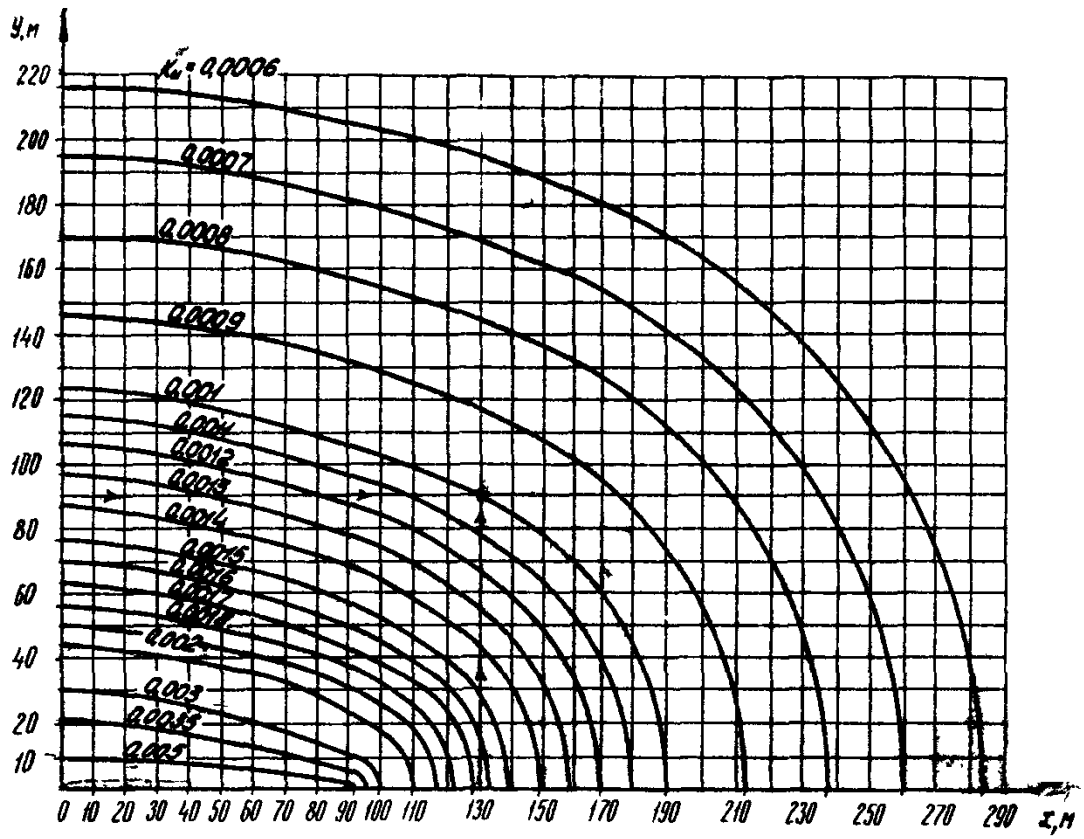


Рис.26. Коммуникация длиной 180 м

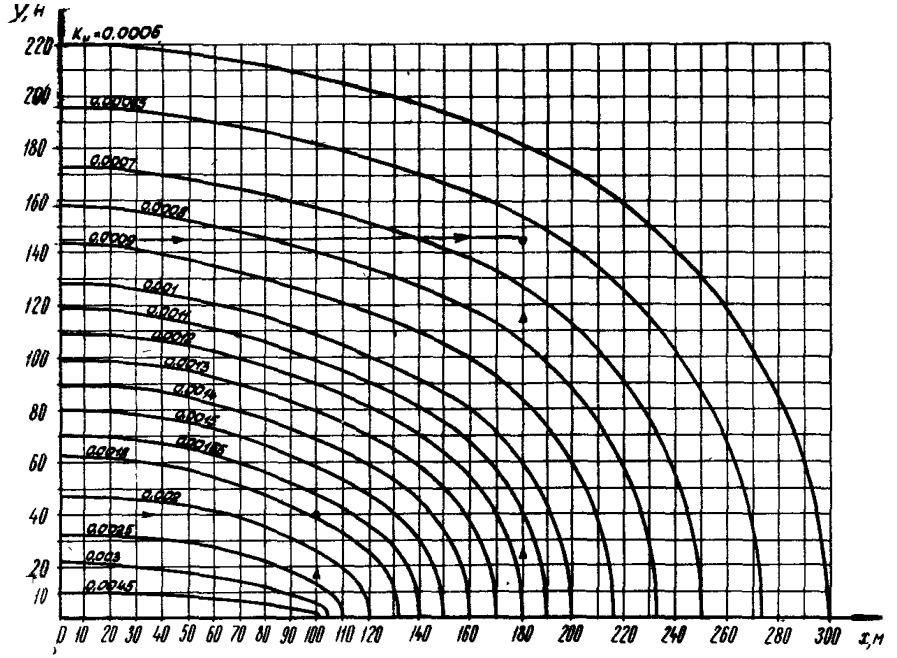


Рис.27. Коммуникация длиной 200 м

СОДЕРЖАНИЕ

I. Общие положения 3

2. Расчет величин входного сопротивления отдельных подземных коммуникаций и эквивалентного входного сопротивления всех коммуникаций площадки 6

3. Расчет необходимой величины защитного тока для площадки компрессорной станции 8

4. Расчет параметров сосредоточенных поверхностных анодных заземлений и выбор катодных станций I8

5. Расчет параметров глубинных анодных заземлений ... 27

6. Расчет параметров распределенных поверхностных анодных заземлений 32

7. Расчет распределения защитной разности потенциалов вдоль коммуникаций 40

У К А З А Н И Я

по расчету параметров электрохимической защиты подземных коммуникаций компрессорных станций

РМ 5I-II-75

Мингазпром

Издание ЦНТИ ВНИИСТа

Редактор Г.К.Храпова Корректор А.А.Хорошева
Технический редактор Т.В.Березнева

Л-44216 Подписано в печать II.XII.1975 г. Формат 60х84/16
Печ.л. 4,0 Уч.-изд.л.3,0 Усл.печ.л. 3,7
Тираж 1000 экз. Цена 30 коп. Заказ 345

Ротапринт ВНИИСТа
Москва 105058, Окружной пр. 19

gost.e-ecolog.ru