

## ЗАДАНИЕ

Провести расчет сопротивления защитного заземляющего устройства. Исходные данные принимаются из таблицы 1. Расчет проводить для двух случаев:

- а) вертикальные заземлители расположены у поверхности грунта, горизонтальный – на поверхности;
- б) вертикальные и горизонтальный заземлители расположены в грунте.

## ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ

1. Рассчитать сопротивление одинарного стержневого заземлителя.

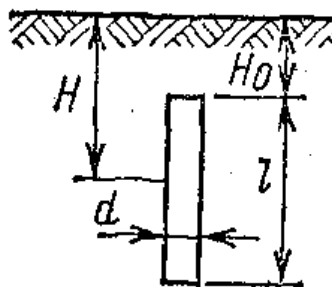
Для стержневого круглого сечения (трубчатого), или уголкового, расположенного у поверхности грунта:

$$R_c = \frac{\rho}{2\pi l} \ln \frac{4l}{d}$$



Для стержневого круглого сечения (трубчатого), или уголкового, расположенного в грунте:

$$R_c = \frac{\rho}{2\pi l} \left( \ln \frac{2l}{d} + \frac{1}{2} \ln \frac{4H + l}{4H - l} \right)$$



где  $\rho$  – удельное электрическое сопротивление грунта, принимаемое по табл. 2;  $l$  – длина вертикального заземлителя;  $d$  – диаметр вертикального заземлителя (для уголка с шириной полки  $b$   $d = 0,95b$ );  $H$  – расстояние от поверхности земли до середины заземлителя ( $H = H_0 + l/2$ ).

2. Ориентировочно определить требуемое количество стержневых

заземлителей.

$$n = \frac{R_C}{R_H}$$

где  $R_H$  – нормативная величина сопротивления защитного заземления.

3. Определить длину горизонтального (горизонтальных) заземлителя (заземлителей).

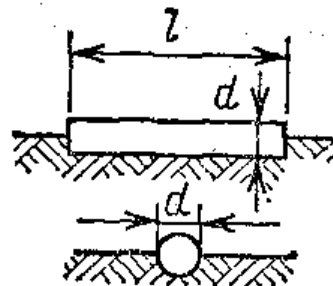
$$L = (n - 1)la,$$

где  $a$  – отношение расстояния между заземлителями к их длине

4. Рассчитать сопротивление полосового заземлителя.

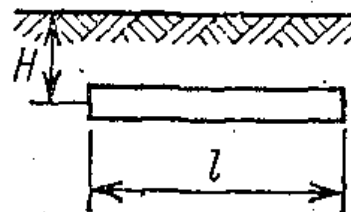
Для протяженного круглого сечения на поверхности грунта:

$$R_{II} = \frac{\rho}{\pi L} \ln \frac{2L}{d}$$



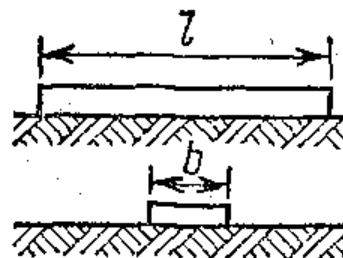
Для протяженного круглого сечения в грунте:

$$R_{II} = \frac{\rho}{2\pi L} \ln \frac{L^2}{dH}$$



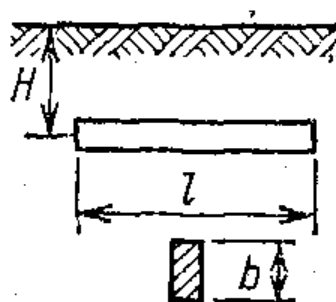
Для протяженного полосового на поверхности грунта:

$$R_{II} = \frac{\rho}{\pi L} \ln \frac{4L}{b}$$



Для протяженного полосового в грунте:

$$R_{\Pi} = \frac{\rho}{2\pi L} \ln \frac{2L^2}{bH}$$



где  $b$  – ширина полосы заземлителя;  $L$  – длина горизонтального заземлителя;  $H$  – расстояние от поверхности земли до середины заземлителя ( $H = H_0 + b/2$ ).

5. Определить суммарное сопротивление заземляющего устройства.

$$R_3 = \frac{R_C R_{\Pi}}{R_C \eta_c + R_{\Pi} \eta_n n}$$

где  $\eta_c$  – коэффициент использования вертикальных стержневых заземлителей, принимаемый по табл. 3;  $\eta_n$  – коэффициент использования полосового горизонтального заземлителя, принимаемый по табл. 4

6. При необходимости скорректировать количество стержневых заземлителей  $n$  и повторить шаги 4-6.

7. Произвести оценку полученных результатов.

Таблица 1

Исходные данные

№ варианта	$R_H$ , Ом	$H_0$ , м	Вертикальный заземлитель			$a$	Горизонтальный заземлитель		Тип грунта
			Тип	$l$ , м	$d$ , мм ( $b$ )*		Тип	$b$ , мм ( $d$ )**	
1	4	0,5	Уголок	2,5	(40x40)	3	Пруток	(12)	Супесь влажная
2	0,5	0,6	Труба	3	30	2	Полоса	40	Суглинок пластичный
3	0,5	0,7	Пруток	6	10	1	Пруток	(6)	Глина полутвердая
4	4	0,55	Пруток	10	15	2	Полоса	20	Песок
5	10	0,65	Уголок	2,7	(50x50)	3	Полоса	35	Чернозем
6	0,5	0,3	Труба	2,5	35	2	Полоса	70	Суглинок

									пластичный
7	4	0,4	Труба	3	50	1	Пруток	(10)	Суглинок полутвердый
8	4	0,35	Пруток	5	12	3	Полоса	60	Суглинок пластичный
9	10	0,45	Уголок	2,9	(45x45)	3	Полоса	25	Чернозем
10	4	0,75	Уголок	2,6	(56x56)	2	Полоса	45	Торф
11	10	0,8	Пруток	8	10	1	Полоса	50	Песок
12	0,5	0,5	Труба	2,8	40	1	Пруток	(8)	Торф
13	4	0,7	Труба	2,5	45	2	Полоса	50	Супесь влажная
14	4	0,45	Уголок	3	(60x60)	3	Полоса	30	Суглинок пластичный
15	0,5	0,55	Пруток	4,5	11	2	Полоса	65	Суглинок полутвердый
16	4	0,65	Пруток	4	20	1	Полоса	55	Чернозем
17	10	0,6	Труба	2,6	50	3	Пруток	(10)	Супесь влажная
18	0,5	0,3	Труба	2,9	45	1	Пруток	(15)	Суглинок полутвердый
19	4	0,4	Труба	2,7	35	2	Полоса	50	Глина полутвердая
20	0,5	0,8	Труба	2,8	30	3	Полоса	45	Торф

\* – для уголка задана величина ширины полки  $b$

\*\* – для прутка задан диаметр

Таблица 2

### Удельное электрическое сопротивление грунта

Грунт	Удельное электрическое сопротивление грунта, $\rho$ , Ом·м
Торф	20
Суглинок пластичный	30
Суглинок полутвердый	60
Глина полутвердая	72
Супесь влажная	150
Чернозем	200
Песок	500
Каменистый грунт (известняк, ракушечник, гнейсы)	700

Таблица 3

Коэффициент использования ( $\eta_c$ ) вертикальных стержневых  
заземлителей

Размещение вертикальных заземлителей	$a$	Число заземлителей							
		2	4	6	10	20	40	60	100
В ряд	1	0,85	0,73	0,65	0,59	0,48	-	-	-
	2	0,91	0,83	0,77	0,74	0,67	-	-	-
	3	0,94	0,89	0,85	0,81	0,76	-	-	-
По контуру	1	-	0,69	0,61	0,55	0,47	0,41	0,39	0,36
	2	-	0,78	0,73	0,68	0,63	0,58	0,55	0,52
	3	-	0,85	0,80	0,76	0,71	0,66	0,64	0,62

Таблица 4

Коэффициент использования ( $\eta_n$ ) полосового горизонтального  
заземлителя, соединяющего вертикальные стержневые заземлители

Размещение вертикальных заземлителей	$a$	Число заземлителей							
		2	4	6	10	20	40	60	100
В ряд	1	0,85	0,77	0,72	0,62	0,42	-	-	-
	2	0,94	0,89	0,84	0,75	0,56	-	-	-
	3	0,96	0,92	0,88	0,82	0,68	-	-	-
По контуру	1	-	0,45	0,40	0,34	0,27	0,22	0,20	0,19
	2	-	0,55	0,48	0,4	0,32	0,29	0,27	0,23
	3	-	0,70	0,64	0,56	0,45	0,39	0,36	0,33