



Общество с ограниченной ответственностью  
«ВОЛЬТ-СПБ» (ООО «ВОЛЬТ-СПБ»)

Митрофаньевское ш., д. 5Е, лит. А, пом. 36  
г. Санкт-Петербург, Россия, 198095  
тел./факс: +7 (812) 407-28-52  
e-mail: info@volt-spb.ru  
web: www.volt-spb.ru  
ОКПО 65897260, ОГРН 1107847080186  
ИНН 7810582416, КПП 783901001

№ РЗК-\_\_\_ от \_\_. \_\_. 2025

**РАСЧЁТ КОЛИЧЕСТВА  
ТИПОВЫХ ГЛУБИННЫХ ЭЛЕКТРОДОВ  
ТГ-КОБРА-60-16  
для организации заземляющего устройства**

Санкт-Петербург  
2025 г.

## **ТЕХНИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ ТИПОВОГО ГЛУБИННОГО ЭЛЕКТРОДА ТГ-КОБРА-60-16**

Типовой глубинный электрод – заземлитель, предназначенный для организации защитного, помехозащитного, молниезащитного и рабочего заземления электроустановок переменного и постоянного тока до и выше 1000 В, а также заземления устройств молниезащиты.

Электрод «КОБРА» состоит из одного или нескольких стержней диаметром 16 мм, длиной 1,5 м, которые соединены между собой резьбовыми муфтами. Для облегчения монтажа с одной стороны стержня устанавливается стартовый наконечник, с другой – удароприёмная головка для погружения электрода в грунт.

Принцип работы типового глубинного заземления основан на достижении водоносного слоя или грунта с низким удельным сопротивлением за счёт сборной конструкции электрода, тем самым обеспечивая требуемое значение сопротивления заземляющего устройства. Электроды эксплуатируются в различных почвенно-климатических условиях. При соблюдении требований инструкции по монтажу срок службы составляет не менее 30 лет.

Типовой глубинный электрод поставляется в комплекте с расходными материалами и всеми необходимыми компонентами для монтажа: наконечник стартовый, стержень резьбовой, муфта соединительная, головка монтажная, насадка на перфоратор\*, зажим универсальный крестообразный, инспекционный колодец ИК-01/ИК-02\*, паста контактная проводящая\*, лента гидроизоляционная\*, документация (см. Приложение 1).

Комплектуемые изделия поставляются во влагозащищённых деревянных ящиках, электроды поставляются в обрешётке. При отгрузке в районы Крайнего Севера электроды упаковываются согласно ГОСТ 15846-2002 «Продукция, отправляемая в районы Крайнего Севера и приравненные к ним местности. Упаковка, маркировка, транспортирование и хранение».

Для максимально эффективного использования типовых глубинных электродов минимальное расстояние между ними должно быть больше или равно их длине.

Подключение типового глубинного электрода к горизонтальному проводнику осуществляется при помощи зажима универсального крестообразного.

\* – Данные позиции заказываются отдельно.

# РАСЧЁТ КОЛИЧЕСТВА ТИПОВЫХ ГЛУБИННЫХ ЭЛЕКТРОДОВ ТГ-КОБРА-60-16 ДЛЯ ОРГАНИЗАЦИИ ЗАЗЕМЛЯЮЩЕГО УСТРОЙСТВА

Наименование объекта: Объект №

Нормируемое сопротивление заземляющего устройства: 30 Ом

Удельное электрическое сопротивление верхнего слоя грунта: 500 Ом·м

Удельное электрическое сопротивление нижнего слоя грунта: 300 Ом·м

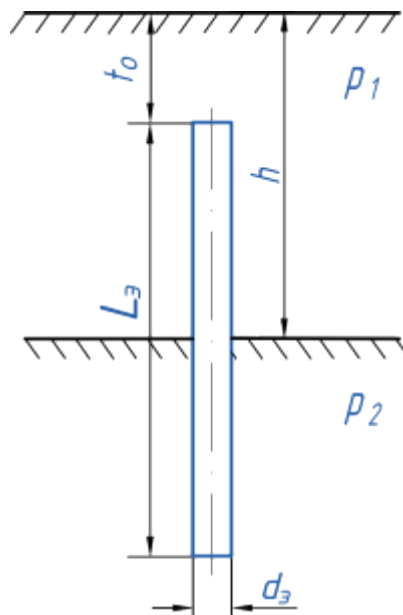
Глубина верхнего слоя грунта: 3 м

Климатический район: IV

**1. Эквивалентное удельное сопротивление двухслойного грунта для вертикального электрода рассчитывается по следующей формуле (согласно книге Е.Г. Титова «Проектирование электроустановок жилых и общественных зданий и сооружений»):**

$$\rho_{\text{ГР}} = \frac{\rho_1 \cdot \rho_2 \cdot k \cdot L_{\text{Э}}}{\rho_1 \cdot (t_0 + k \cdot L_{\text{Э}} - h) + \rho_2 \cdot (h - t_0)} = \frac{500 \cdot 300 \cdot 1 \cdot 6}{500 \cdot (0,5 + 1 \cdot 6 - 3) + 300 \cdot (3 - 0,5)} = 360 \text{ Ом} \cdot \text{м},$$

Расположение вертикального электрода в двухслойном грунте:



где:

$\rho_{\text{ГР}}$  – эквивалентное удельное сопротивление двухслойного грунта, Ом·м;

$\rho_1$  – удельное электрическое сопротивление верхнего слоя грунта, Ом·м;  $\rho_1 = 500 \text{ Ом} \cdot \text{м}$ ;

$\rho_2$  – удельное электрическое сопротивление нижнего слоя грунта, Ом·м;  $\rho_2 = 300 \text{ Ом} \cdot \text{м}$ ;

$k = 1$  при  $\rho_1 \geq \rho_2$ ,  $k = 1,2$  при  $\rho_1 < \rho_2$ ;

$L_{\text{Э}}$  – длина электрода, м;  $L_{\text{Э}} = 6 \text{ м}$ ;

$d_{\text{Э}}$  – диаметр электрода, м;  $d_{\text{Э}} = 0,016 \text{ м}$ ;

$t_0$  – глубина заложения вертикального электрода от поверхности земли, м;  $t_0 = 0,5 \text{ м}$ ;

$h$  – глубина верхнего слоя грунта, м;  $h = 3 \text{ м}$ .

## 2. Сопротивление многоэлектродного заземлителя, выполненного с использованием оборудования типа ТГ-КОБРА-6О-16 (см. Приложение 2) определяется по формулам:

### 2.1. Сопротивление одиночного типового глубинного электрода вертикального исполнения (на основании таблицы 7.9 из «Справочника по проектированию электрических сетей и электрооборудования» под ред. Ю.Г. Барыбина):

$$R_{\text{Э}} = \frac{K \cdot 0,366 \cdot \rho_{\text{ГР}}}{L_{\text{Э}}} \cdot \left( \lg\left(\frac{2 \cdot L_{\text{Э}}}{d_{\text{Э}}}\right) + \frac{1}{2} \cdot \lg\left(\frac{4 \cdot t_1 + L_{\text{Э}}}{4 \cdot t_1 - L_{\text{Э}}}\right) \right) = \frac{1,1 \cdot 0,366 \cdot 360}{6} \cdot \left( \lg\left(\frac{2 \cdot 6}{0,016}\right) + \frac{1}{2} \cdot \lg\left(\frac{4 \cdot 3,5 + 6}{4 \cdot 3,5 - 6}\right) \right) = 74,26 \text{ Ом},$$

где:

$R_{\text{Э}}$  – сопротивление одиночного вертикального электрода, Ом;

$K$  – климатический коэффициент сезонности. Для IV климатического района  $K = 1,1$  (см. таблицу 1 Приложения 3);

$\rho_{\text{ГР}}$  – эквивалентное удельное сопротивление грунта, Ом·м;  $\rho_{\text{ГР}} = 360 \text{ Ом·м}$ ;

$L_{\text{Э}}$  – длина вертикального электрода, м;  $L_{\text{Э}} = 6 \text{ м}$ ;

$d_{\text{Э}}$  – диаметр электрода, м;  $d_{\text{Э}} = 0,016 \text{ м}$ ;

$t_1$  – средняя глубина заложения вертикального электрода от поверхности земли, м;

$t_1 = t_0 + 0,5 \cdot L_{\text{Э}}$ ;

$t_0$  – глубина заложения вертикального электрода от поверхности земли, м;  $t_0 = 0,5 \text{ м}$ ;

$t_1 = 0,5 + 0,5 \cdot 6 = 3,5 \text{ м}$ .

### 2.2. Количество типовых глубинных электродов :

$$n = \frac{R_{\text{Э}}}{R_{\text{Н}}} = \frac{74,26}{30} = 2,48,$$

где:

$n$  – количество типовых глубинных электродов (всегда округляется до большего целого), шт.;

$n = 3 \text{ шт.}$ ;

$R_{\text{Н}}$  – нормируемое сопротивление заземляющего устройства, Ом;  $R_{\text{Н}} = 30 \text{ Ом}$ .

Зная ориентировочное количество типовых глубинных электродов, необходимо рассчитать количество электродов с учетом коэффициента использования (влияния соседних электродов друг на друга):

$$n = \frac{R_{\text{Э}}}{R_{\text{Н}} \cdot K_{\text{ИВ}}} = \frac{74,26}{30 \cdot 0,69} = 3,59,$$

где:

$R_{\text{Э}}$  – сопротивление одиночного вертикального электрода, Ом;

$K_{\text{ИВ}} = 0,69$  – для вертикальных заземлителей, расположенных по контуру, при количестве 3 шт., отношение расстояния между заземлителями к их длине равно 1 (см. таблицу 2 Приложения 3).

Количество электродов всегда округляется до большего целого, следовательно,  $n = 4 \text{ шт.}$

### 2.3. Суммарное сопротивление многоэлектродного заземлителя, выполненного с использованием оборудования типа ТГ-КОБРА-60-16:

$$R_{\Sigma\text{Э}} = \frac{R_{\text{Э}}}{n \cdot K_{\text{ИБ}}} = \frac{74,26}{4 \cdot 0,69} = 26,91 \text{ Ом} \leq 30 \text{ Ом} \left( R_{\Sigma\text{Э}} \leq R_{\text{Н}} \right).$$

### 3. Суммарное сопротивление горизонтального заземлителя рассчитывается по формулам:

#### 3.1. Сопротивление горизонтального заземлителя (сталь полосовая 5x40 мм) (согласно «Справочнику по проектированию электрических сетей и электрооборудования» под ред. Ю.Г. Барыбина):

$$R_{\Gamma} = \frac{K \cdot 0,366 \cdot \rho_1}{L_{\Gamma}} \cdot \lg \left( \frac{2 \cdot L_{\Gamma}^2}{b \cdot t_0} \right) = \frac{1,5 \cdot 0,366 \cdot 500}{20} \cdot \lg \left( \frac{2 \cdot 20^2}{0,04 \cdot 0,6} \right) = 62,08 \text{ Ом},$$

где:

$R_{\Gamma}$  – сопротивление горизонтального заземлителя, Ом;

$K$  – климатический коэффициент сезонности. Для IV климатического района  $K = 1,5$  (см. таблицу 1 Приложения 3);

$\rho_1$  – удельное электрическое сопротивление верхнего слоя грунта, Ом·м;  $\rho_1 = 500 \text{ Ом·м}$ ;

$L_{\Gamma}$  – длина горизонтального заземлителя, м;  $L_{\Gamma} = 20 \text{ м}$ ;

$b$  – ширина полосы, м;  $b = 0,04 \text{ м}$ ;

$t_0$  – глубина заложения горизонтального заземлителя, м;  $t_0 = 0,6 \text{ м}$ .

*Для расчёта сопротивления горизонтального заземлителя учитывается удельное сопротивление только верхнего слоя грунта, в котором он полностью расположен (поскольку  $h > t_0$ ).*

#### 3.2. Суммарное сопротивление горизонтального заземлителя:

$$R_{\Sigma\Gamma} = \frac{R_{\Gamma}}{K_{\text{ИГ}}} = \frac{62,08}{0,4} = 155,2 \text{ Ом},$$

где:

$R_{\Sigma\Gamma}$  – суммарное сопротивление горизонтального заземлителя;

$K_{\text{ИГ}}$  – коэффициент использования (экранирования) горизонтального заземлителя. В этом случае он равен 0.4 (электроды расположены по контуру, количество электродов 4 шт., отношение расстояния между электродами к их длине равно 1) (см. таблицу 3 Приложения 3).

### 4. Полное сопротивление заземляющего устройства рассчитывается по формуле:

$$R = \frac{R_{\Sigma\text{Э}} \cdot R_{\Sigma\Gamma}}{R_{\Sigma\text{Э}} + R_{\Sigma\Gamma}} = \frac{29,94 \cdot 155,2}{29,94 + 155,2} = 25,1 \text{ Ом} \leq 30 \text{ Ом} \left( R \leq R_{\text{Н}} \right).$$

*Расчётные данные получены при использовании 4 типовых глубинных электродов длиной 6 метров ТГ-КОБРА-60-16.*

*Расчет количества электродов заземления выполнен на указанные исходные данные. При изменении исходных данных (удельное электрическое сопротивление грунта, глубина слоев грунта, нормируемое сопротивление) необходим пересчет количества электродов.*

## ПРИЛОЖЕНИЕ 1. СПЕЦИФИКАЦИЯ МАТЕРИАЛОВ, ВХОДЯЩИХ В КОМПЛЕКТ ТГ-КОБРА-60-16

Поз.	Наименование	Кол-во	Ед.изм.
1	Типовой глубинный электрод ТГ-КОБРА-60-16 ТУ 3418-001-65897260-2012	4	компл.
В один комплект типового глубинного электрода ТГ-КОБРА-60-16 входит:			
1.1	Наконечник стартовый	1	шт.
1.2	Стержень резьбовой оцинкованный, L=1500 мм, d=16 мм	4	шт.
1.3	Муфта соединительная оцинкованная	4	шт.
1.4	Головка монтажная (на партию)	2	шт.
1.5	Зажим универсальный крестообразный оцинкованный, 80x80 мм, толщина пластин 2 мм	1	шт.
1.6	Паспорт (на партию)	1	шт.
1.7	Инструкция по монтажу (на партию)	1	шт.
2	Насадка на отбойный молоток/перфоратор (на партию)	1*	шт.
3	Паста контактная проводящая, масса 100 г	1*	шт.
4	Лента гидроизоляционная, длина 10 м, ширина 50 мм	1*	шт.
5	Сталь полосовая 5x40 мм ГОСТ 103-2006	20*	м
6	Комплект термитной сварки СТ-1-ПЗК2-4-ДРАКОН	1	компл.

\* – Не входит в стандартный комплект поставки типового глубинного электрода ООО «ВОЛЬТ-СПБ».

В случае, если необходимо учесть данные позиции в объёме поставки, просим Вас связаться с нами:

+7 (812) 407-28-52 (с 8:00 до 17:00, Мск), calc@volt-spb.ru.

При монтаже типовых глубинных электродов путём заглубления электрода в грунт с помощью отбойного молотка/перфоратора рекомендуется использовать 1 насадку на перфоратор (поз. 2) на 100 стержней и 1 головку монтажную (поз. 1.4) на 10 стержней.

В случае, если партия оборудования предназначается для нескольких объектов строительства/монтажа, количество насадок (поз. 2) должно соответствовать количеству объектов.

## ПРИЛОЖЕНИЕ 2. ГРАФИЧЕСКОЕ ИЗОБРАЖЕНИЕ ЭЛЕКТРОДА ТГ-КОБРА-60-16





### ПРИЛОЖЕНИЕ 3. ТАБЛИЦЫ КОЭФФИЦИЕНТОВ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В РАСЧЁТЕ

**Таблица 1. Значение климатического коэффициента сезонности сопротивления грунта, К**

На основании таблицы 7.7 из «Справочника по проектированию электрических сетей и электрооборудования» под ред. Ю.Г. Барыбина.

Характеристика районов и виды применяемых заземлителей	Климатический район			
	I	II	III	IV
Характеристика районов				
Средняя многолетняя низшая температура (январь), °С	от -20 до -15	от -14 до -10	от -10 до 0	от 0 до +5
Средняя многолетняя высшая температура (июль), °С	от +15 до +18	от +18 до +22	от +22 до +24	от +24 до +26
Виды заземлителей и климатические коэффициенты сезонности к величине удельного сопротивления грунта				
Протяжённые заземлители (полоса, круглая сталь)	5,5	3,5	2,5	1,5
Стержневые заземлители (угловая сталь, трубы)	1,65	1,45	1,3	1,1

**Таблица 2. Значение коэффициента использования (экранирования) вертикального заземлителя  $K_{ив}$  в зависимости от расстояния между электродами и от их расположения**

На основании таблицы 7.10 «Справочника по проектированию электрических сетей и электрооборудования» под ред. Ю.Г. Барыбина.

Количество заземлителей в ряду, шт.	Расположение заземлителей в ряд			Количество заземлителей по контуру, шт.	Расположение заземлителей по контуру		
	Отношение расстояния между заземлителями к их длине				Отношение расстояния между заземлителями к их длине		
	1	2	3		1	2	3
2	0,86	0,91	0,94	4	0,69	0,78	0,85
3	0,78	0,87	0,91	6	0,62	0,73	0,80
5	0,70	0,81	0,87	10	0,55	0,69	0,76
10	0,59	0,75	0,81	20	0,47	0,64	0,71
15	0,54	0,71	0,78	40	0,41	0,58	0,67
20	0,49	0,68	0,77	60	0,39	0,55	0,65
				100	0,36	0,52	0,62

**Таблица 3. Значение коэффициента использования (экранирования) горизонтального заземлителя  $K_{\text{ит}}$  в зависимости от расстояния между электродами и от их расположения**

На основании таблиц 7.11 и 7.12 «Справочника по проектированию электрических сетей и электрооборудования» под ред. Ю.Г. Барыбина.

Количество заземлителей в ряду, шт.	Расположение заземлителей в ряд			Количество заземлителей по контуру, шт.	Расположение заземлителей по контуру		
	Отношение расстояния между заземлителями к их длине				Отношение расстояния между заземлителями к их длине		
	1	2	3		1	2	3
4	0,77	0,89	0,92	4	0,45	0,55	0,70
5	0,74	0,86	0,90	5	0,40	0,48	0,64
8	0,67	0,79	0,85	8	0,36	0,43	0,60
10	0,62	0,75	0,82	10	0,34	0,40	0,56
20	0,42	0,56	0,68	20	0,27	0,32	0,45
30	0,31	0,46	0,58	30	0,24	0,30	0,41
50	0,21	0,36	0,49	50	0,21	0,28	0,37
65	0,20	0,34	0,47	70	0,20	0,26	0,35
				100	0,19	0,24	0,33

## СВЕДЕНИЯ О СЕРТИФИКАЦИИ И РАЗРЕШИТЕЛЬНАЯ ДОКУМЕНТАЦИЯ

### Расчеты выполнены на основании:

- Е.Г. Титов «Проектирование электроустановок жилых и общественных зданий и сооружений»;
- Ю.Г. Барыбин «Справочник по проектированию электрических сетей и электрооборудования»;
- М.Р. Найфельд «Заземление и другие защитные меры (3-е издание)»;
- А.Л. Вайнер «Заземления»;
- Министерство связи СССР. Руководство по проектированию, строительству и эксплуатации заземлений в установках проводной связи и радиотрансляционных узлов.

### Конструктив и характеристики соответствуют требованиям:

- Правила устройства электроустановок (ПУЭ), 7-е издание;
- ГОСТ Р 58882-2020 «Заземляющие устройства. Системы уравнивания потенциалов. Заземлители. Заземляющие проводники. Технические требования»;
- ГОСТ Р 50571.5.54-2013 «Электроустановки низковольтные. Часть 5-54. Выбор и монтаж электрооборудования. Заземляющие устройства, защитные проводники и защитные проводники уравнивания потенциалов»;
- ГОСТ Р МЭК 62561.2-2014 «Компоненты системы молниезащиты. Часть 2. Требования к проводникам и заземляющим электродам»;
- ГОСТ Р МЭК 62561.7-2016 «Компоненты системы молниезащиты. Часть 7. Требования к смесям, нормализующим заземление»;
- СТО 56947007-29.130.15.114-2012 «Руководящие указания по проектированию заземляющих устройств подстанций напряжением 6-750 кВ»;
- РД 153-34.3-35.125-99 «Руководство по защите электрических сетей 6-1150 кВ от грозовых и внутренних перенапряжений».

### Сведения о сертификации:

- сертификат соответствия в рамках добровольной сертификации продукции № РОСС RU.ПБ44.Н16132 от 09.11.2023;
- сертификат соответствия системы менеджмента качества требованиям ISO 9001:2015 № 107290/A/0001/UK/RUS от 02.07.2022;
- сертификат соответствия системы менеджмента качества требованиям СТО Газпром 9001-2018 № ОГН1.RU.1417.K00065 от 10.07.2024;
- сертификат о происхождении товара по форме СТ-1 № 3002006038 от 28.03.2023;
- сертификат соответствия системы добровольной сертификации ИНТЕРГАЗСЕРТ № ОГН4.RU.1119.V03150 от 09.08.2024.