ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ «БОЛТА»

АЛЬБОМ ТИПОВЫХ РЕШЕНИЙ ЗАЗЕМЛЕНИЯ BOLTA-АТР-ШЗУ-23

МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И РАБОЧИЕ ЧЕРТЕЖИ

УТВЕРЖДАЮ:
Генеральный директор ООО «БОЛТА»

_____ Т.С. Степанова

2026 г.

Перв. примен.

Справ. №

Содержание

Обозначение	Наименование	Стр.
БОЛТА-АТР-ШЗУ-23	Содержание	2
БОЛТА-АТР-ШЗУ-23	Общие данные	3
БОЛТА-АТР-ШЗУ-23	Комплектующие заземления л.1	4
БОЛТА-АТР-ШЗУ-23	Комплектующие заземления л.2	5
БОЛТА-АТР-ШЗУ-23	Комплектующие заземления л.3	6
БОЛТА-АТР-ШЗУ-23	Комплектующие заземления л.4	7
БОЛТА-АТР-ШЗУ-23	Комплектующие заземления л.5	8
БОЛТА-АТР-ШЗУ-23	Инструкция по монтажу вертикального электрода	9
БОЛТА-АТР-ШЗУ-23	Инструкция по монтажу безмуфтового вертикального электрода	10
БОЛТА-АТР-ШЗУ-23	Рекомендации по расчету заземляющего устройства	11
БОЛТА-АТР-ШЗУ-23	Примеры организации заземления вертикальными электродами	12
БОЛТА-АТР-ШЗУ-23	Пример расчета защитного заземления опоры ВЛ	13
БОЛТА-АТР-ШЗУ-23	Пример расчета защитного заземления ТП-6(10)/0,4 кВ (начало)	14
БОЛТА-АТР-ШЗУ-23	Пример расчета защитного заземления ТП-6(10)/0,4 кВ (окончание)	15
БОЛТА-АТР-ШЗУ-23	Пример расчета защитного заземления здания (начало)	16
БОЛТА-АТР-ШЗУ-23	Пример расчета защитного заземления здания (окончание)	17
БОЛТА-АТР-ШЗУ-23	Таблица усредненных значений удельных сопротивлений грунтов	18

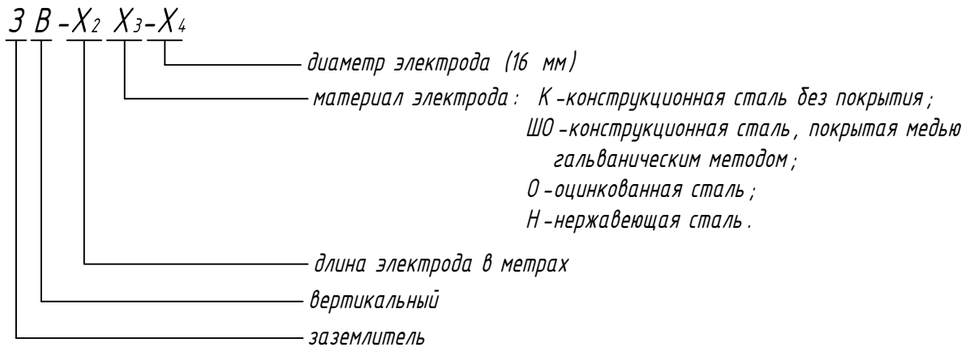
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	BOLTA-АТР-ШЗУ-23		
Разраб.					Содержание	Лит.	Лист 2 / Листов 18
Пров.							
Н.контр						ООО «БОЛТА»	
Утв.							

Формат А4

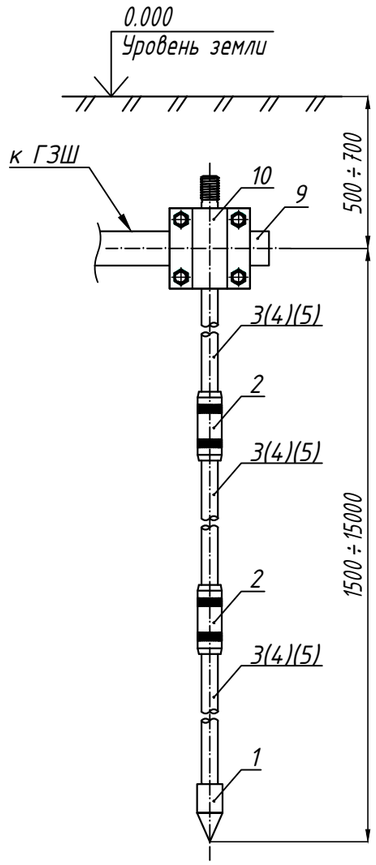
Перв. примен.

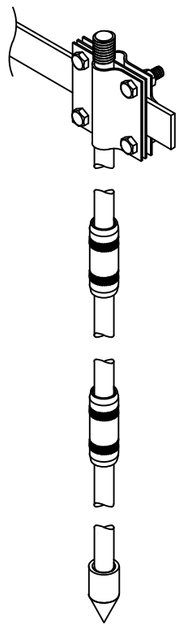
Справ. №

5. Расшифровка условного обозначения



Пример: ЗВ-15 Н-16 - вертикальный заземляющий электрод, длина 15 м, материал нержавеющая сталь, диаметр 16 мм.





Пояснительная записка

1. Вводная часть

1.1 Альбом типовых решений БОЛТА-АТР-ШЗУ-23 (далее - Альбом) разработан ООО «БОЛТА» (г.Тольятти). Альбом выполнен с учетом требований следующих нормативных документов:

- ПУЭ «Правила устройства электроустановок» 7-е издание;
- ПТЭЭП «Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей»;
- СП 76.13330.2016 «Электрические устройства». Актуализированная редакция СНиП 3.05.06-85;
- ГОСТ Р 50571.5.54-2013/МЭК 60364-5-54:2011 «Заземляющие устройства и защитные проводники»;
- ГОСТ Р МЭК 60050-195-2005 «Заземление и защита от поражения электрическим током. Термины и определения»;
- ГОСТ Р МЭК 62561.2-2014 «Компоненты системы молниезащиты. Часть 2. Требования к проводникам и заземляющим электродам»;
- СТО Газпром 2-1.11-170-2007 «Инструкция по устройству молниезащиты зданий, сооружений и коммуникаций ПАО «Газпром»;
- Другие справочные и нормативные документы.

2. Содержание альбома

2.1 В альбоме представлены узлы, детали и расчеты заземляющих устройств и заземлителей.

3. Область применения

3.1 Материалы альбома предназначены для выполнения расчетов, проектных и монтажных работ по организации заземляющего устройства типовыми глубинными электролитическими электродами (далее - электроды) электроустановок переменного и постоянного тока до и выше 1000 В, а также заземления устройств молниезащиты.

4. Основные положения

4.1 Электроды применяются для организации заземляющего устройства и рассчитаны на глубину погружения от 1,5 до 15 метров. Муфтовая система соединения стержней обеспечивает качественный электрический и механический контакт между ними.

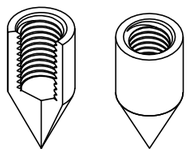
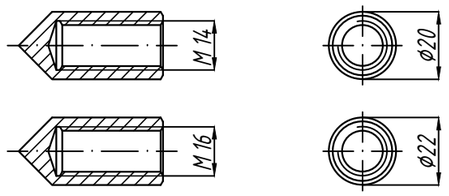
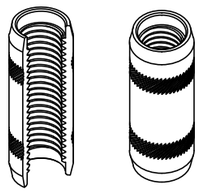
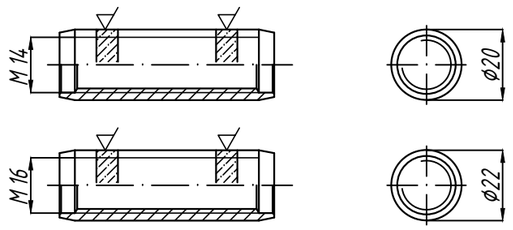
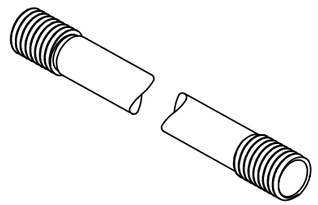
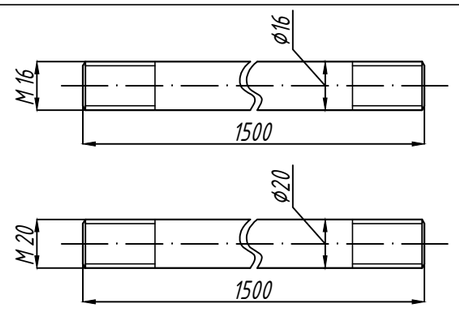
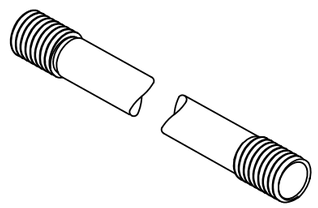
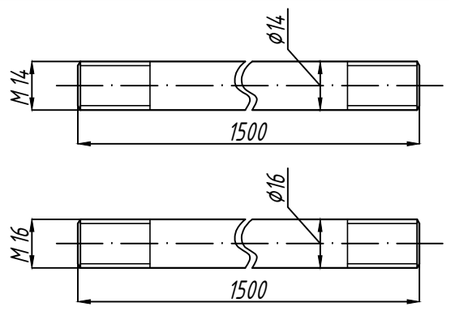
4.2 Электроды эксплуатируются в различных почвенно-климатических условиях. При соблюдении всех требований данного альбома и инструкции по монтажу срок службы составляет 30 лет.

4.3 Соединение электрода с горизонтальным заземлителем, проложенным к главной заземляющей шине (далее - ГЗШ), осуществляется при помощи зажима универсального крестообразного (болтовое соединение).

Примечание: спецификацию изделий, составляющих устройство заземления см листы 4-7

					BOLTA-АТР-ШЗУ-23
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	
Разраб.					Общие данные
Пров.					Лит. / Лист 3 / Листов 18
					ООО «БОЛТА»
Н.контр					
Утв.					

Формат А3

№	Наименование	Внешний вид	Габаритный чертеж	Материал	Масса ед., кг	Примечание
1	Стартовый наконечник М 14 (4001) М 16 (4002)			Конструкционная сталь	0,09	
2	Муфта соединительная МС -16 (630977) МС -14- Н (3001) МС -16- Н (3003) МС -14- Л (630973) МС -16- Л (630974)			Конструкционная / нержавеющая сталь , латунь	0,2	
3	Стержень заземления СЗ -16-1500 (630964) СЗ -20-1500 (630120)			Конструкционная сталь	2,4 3,0	
4	Стержень заземления СЗН -14-1500 (630901) СЗН -16-1500 (630902)			Нержавеющая сталь	1,8 2,4	

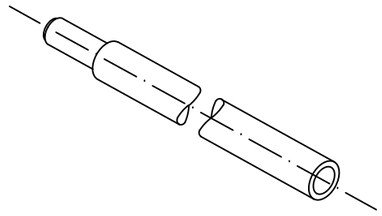
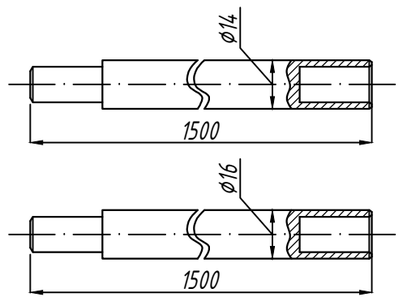
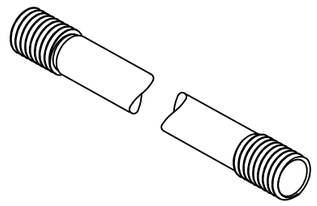
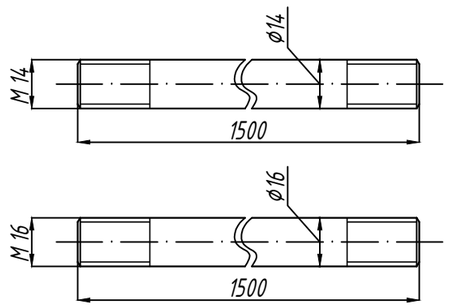
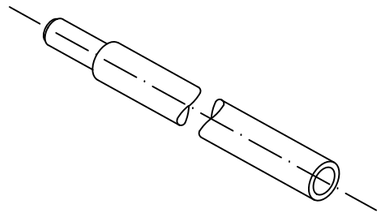
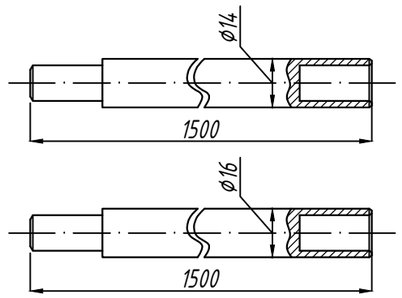
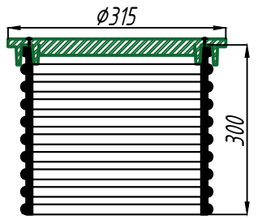
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	BOLTA- АТР -ШЗУ -23		
Разраб.					Комплектующие заземления л.1	Лит.	Лист 4 / Листов 18
Пров.							
Н.контр						ООО «БОЛТА»	
Утв.							

Перв. примен.

Справ. №

Копировал

Формат А3

№	Наименование	Внешний вид	Габаритный чертеж	Материал	Масса ед., кг	Примечание
5	Стержень заземления для безмуфтового комплекта			Нержавеющая сталь	1,8 2,4	
6	Стержень заземления омеднённый ШО 14 ШО 16			Конструкционная сталь, покрытая медью гальваническим методом	1,8 2,4	
7	Стержень заземления омеднённый для безмуфтового комплекта			Конструкционная сталь, покрытая медью гальваническим методом	1,8 2,4	
8	Колодец смотровой ревизионный КР-315			Гофрированный полипропилен	3,0	

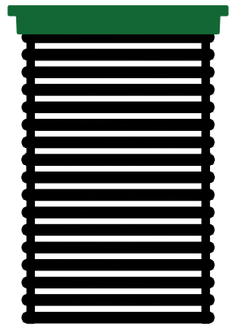
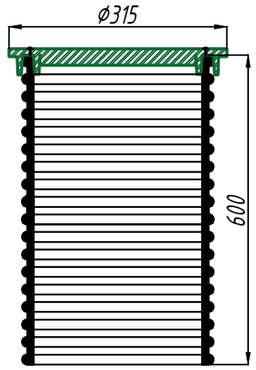
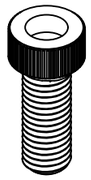
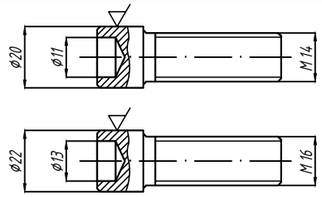
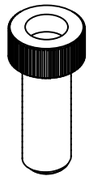
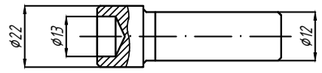
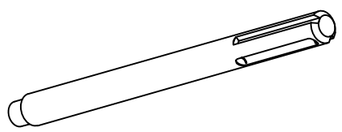
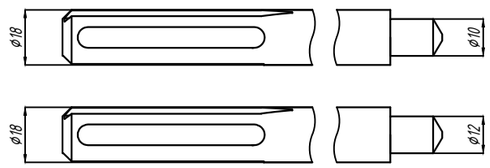
Перв. примен.

Справ. №

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	BOLTA-АТР-ШЗУ-23		
Разраб.					Комплектующие заземления л.2	Лит.	Лист 5 / Листов 18
Пров.							
Н.контр						ООО «БОЛТА»	
Утв.							

Копировал

Формат А3

№	Наименование	Внешний вид	Габаритный чертеж	Материал	Масса ед., кг	Примечание
9	Колодец смотровой ревизионный КР-3151			Гофрированный полипропилен	5,0	
10	Болт удароприёмный БУ-14 (5001) БУ-16 (5002)			Сталь	0,15	
11	Боёк удароприёмный для безмуфтового комплекта			Сталь	0,15	
12	Насадка на перфоратор SDS-Max			Сталь	0,4	

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	BOLTA-ATP-ШЗУ-23		
Разраб.					Комплектующие заземления л.3	Лит.	Лист 6 / Листов 18
Пров.							
Н.контр						ООО «БОЛТА»	
Утв.							

Перв. примен.

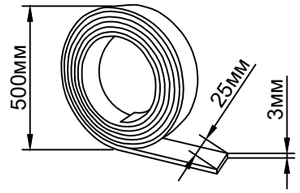
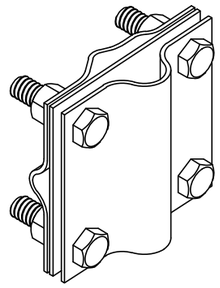
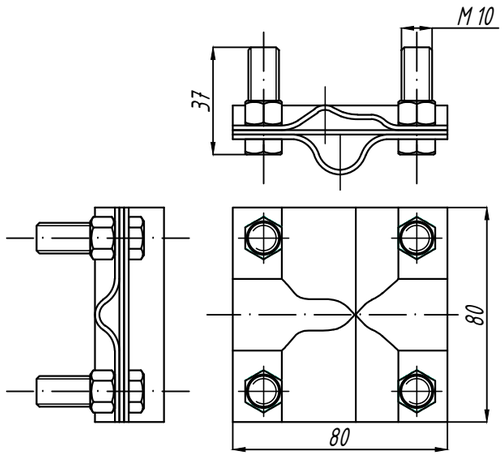
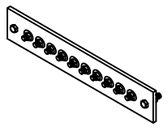
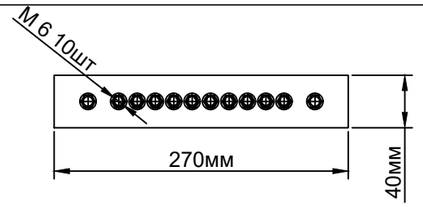
Справ. №

Копировал

Формат А3

Перв. примен.

Справ. №

№	Наименование	Внешний вид	Габаритный чертеж	Материал	Масса ед., кг	Примечание
13	Полоса медная			Электротехническая медь	2,7	
14	Зажим универсальный крестообразный ЗУК-О (631114) ЗУК-Н (631102)			Оцинкованная / нержавеющая сталь	0,45	
15	Медная шина заземления ГЗШ-10			Электротехническая медь 4х40 и стальные болты М6х50 под наконечники		

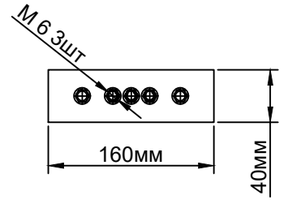
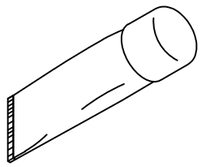
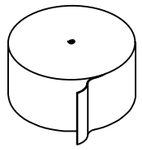
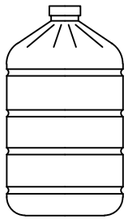
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	BOLTA-АТР-ШЗУ-23		
Разраб.					Комплектующие заземления л.4	Лит.	Лист 7 / Листов 18
Пров.							
Н.контр						ООО «БОЛТА»	
Утв.							

Копировал

Формат А3

Перв. примен.

Справ. №

№	Наименование	Внешний вид	Габаритный чертеж	Материал	Масса ед., кг	Примечание
16	Медная шина заземления ГЗШ-3			Электротехническая медь 4 х 40 и стальные болты М 6 х 50 под наконечники		
17	Паста контактная проводящая		Тюбик размерами 160 х 30 х 50 мм*		0,10	
18	Лента гидроизоляционная		Ширина ленты 150 мм, * длина ленты 1000 мм		0,75	
19	Заполнитель грунтовый SX-3		160 х 160 х 350 мм *	Специальная углеродная смесь с высокой электрической проводимостью, компонентов улучшающих проводимость грунта и ингибиторов коррозии	4,0	

Примечания:

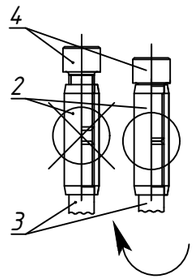
* – габаритные размеры и внешний вид упаковки может отличаться от указанного.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	BOLTA- АТР -ШЗУ -23		
Разраб.					Комплектующие заземления л.5	Лит.	Лист 8 / Листов 18
Пров.							
Н.контр						ООО «БОЛТА»	
Утв.							

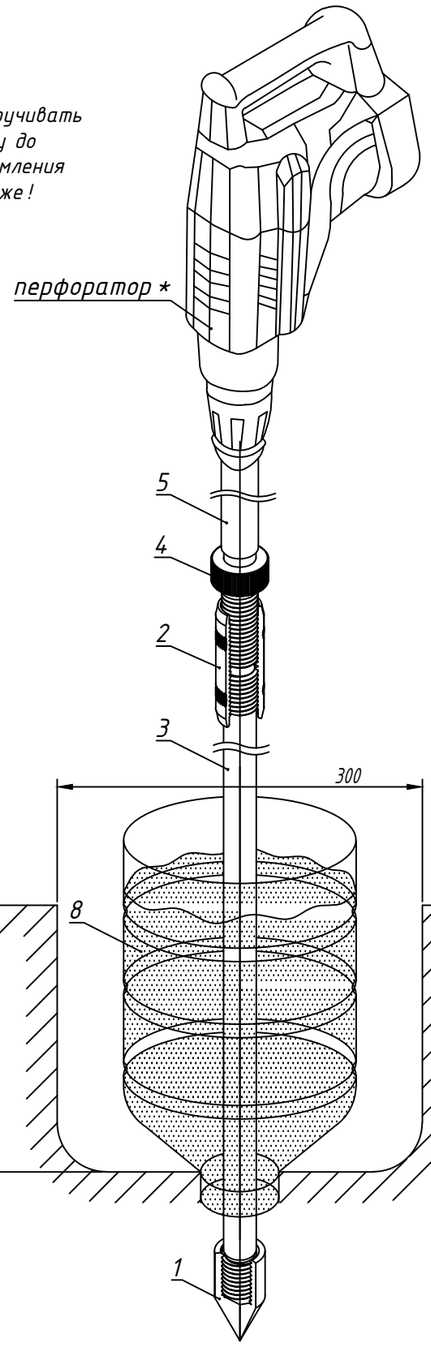
Копировал Формат А3

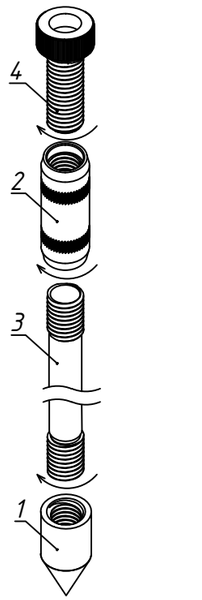
Перв. примен.

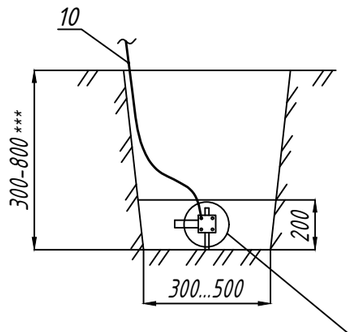
Справ. №

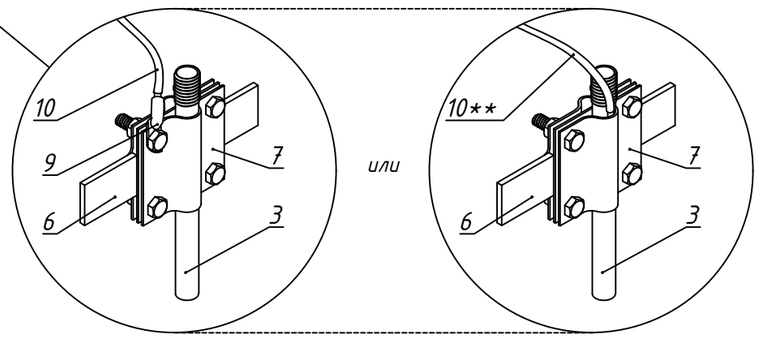


Болт удароприемный вкручивать в соединительную муфту до упора в стержень заземления Подтягивать при монтаже!









Инструкция по монтажу вертикального электрода

При разработке технологии монтажа электродов заземления учитывались требования ПУЭ, ПТЭЭП, ПОТ при ЭЭ, отраслевых норм технологического проектирования и отраслевых правил безопасности.

Перед установкой заземлителей в проектное положение необходимо выполнить:

- разметку участка под контур заземления;
- снятие плодородного слоя почвы с площадки заземления и его складирование;
- выкапывание приямка диаметром 0,3 м на глубину 0,3.

Работы по установке заземлителей в проектное положение проводятся в следующей последовательности:

- Ёмкость с заполнителем грунтовым SX-3 со снятой крышкой устанавливается вверх дном в приямок, дно срезается;
- Погрузить заземлители в проектное положение сквозь ёмкость с грунтовым заполнителем посредством перфоратора или кувалды;
- После погружения всех заземлителей пролить водой сквозь бутылку с грунтовым заполнителем, остатки заполнителя высыпать на дно приямка;
- Произвести подключение токоотвода к полосе заземлителя, при помощи зажима универсального крестообразного, место подключения покрыть гидроизоляционной лентой;
- провести инструментальный и визуальный контроль качества контактных соединений и их изоляционных покрытий;
- выполнить установку смотрового колодца заземлителя так, чтобы отметка крышки колодца была на уровне верха грунта;
- выполнить окончательную засыпку траншеи местным грунтом (предпочтительно без камней и комков) и возврат плодородного слоя.

Спецификация изделий и материалов	
1	Стартовый наконечник
2	Муфта соединительная
3	Стержень резьбовой
4	Болт удароприёмный
5	Насадка на перфоратор
6	Горизонтальный заземлитель
7	Зажим универсальный крестообразный
8	Заполнитель грунтовый SX-3
9	Комплект заделки
10	Заземляющий проводник сечением не менее 50 мм^2

Примечания:

* – Перфоратор не входит в объем поставки.

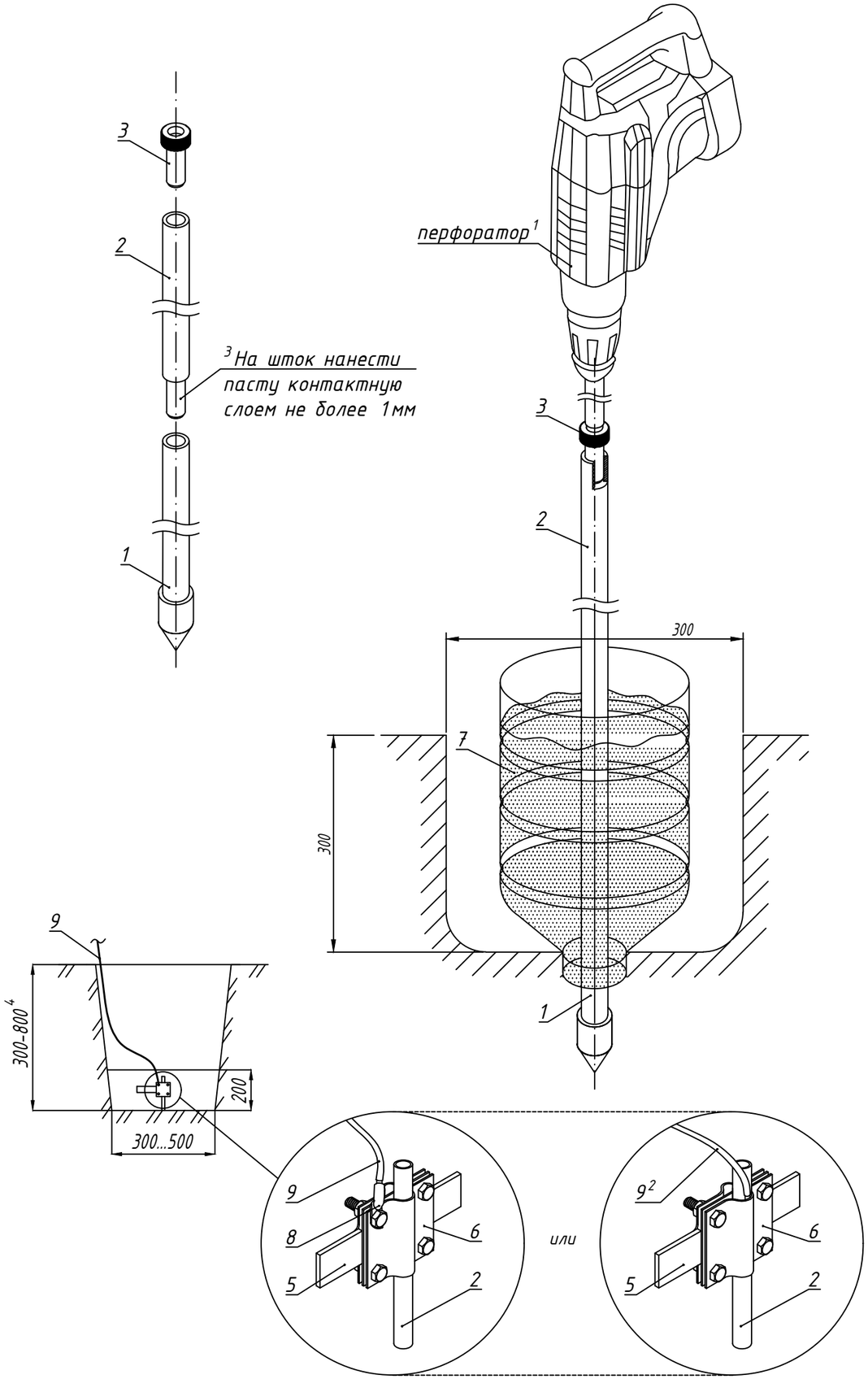
** – При отсутствии комплекта заделки допускается зажать заземляющий проводник между стержнем и зажимом, предварительно зачистив от изоляции на длину зажима.

*** – Верхний торец электрода с зажимом рекомендуется располагать выше уровня грунтовых вод. При уровне грунтовых вод выше указанных отметок допускается корректировка по месту.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	BOLTA-АТР-ШЗУ-23		
Разраб.					Инструкция по монтажу вертикального электрода	Лит.	Лист 9 / Листов 18
Пров.						ООО «БОЛТА»	
Н.контр							
Утв.		См.тит.лист					

Копировал Формат А3

Перв. примен.
Справ. №



Инструкция по монтажу вертикального электрода

При разработке технологии монтажа электродов заземления учитывались требования ПУЭ, ПТЭЭП, ПОТ при ЭЭ, отраслевых норм технологического проектирования и отраслевых правил безопасности.

Перед установкой заземлителей в проектное положение необходимо выполнить:

- разметку участка под контур заземления;
- снятие плодородного слоя почвы с площадки заземления и его складирование;
- выкапывание приямка диаметром 0,3 м на глубину 0,3.

Работы по установке заземлителей в проектное положение проводятся в следующей последовательности:

- Ёмкость с заполнителем грунтовым SX-3 со снятой крышкой устанавливается вверх дном в приямок, дно срезается;
- Погрузить заземлители в проектное положение сквозь ёмкость с грунтовым заполнителем посредством перфоратора или кувалды;
- После погружения всех заземлителей пролить водой сквозь бутылку с грунтовым заполнителем, остатки заполнителя высыпать на дно приямка;
- Произвести подключение токоотвода к полосе заземлителя, при помощи зажима универсального крестообразного, место подключения покрыть гидроизоляционной лентой;
- провести инструментальный и визуальный контроль качества контактных соединений и их изоляционных покрытий;
- выполнить установку смотрового колодца заземлителя так, чтобы отметка крышки колодца была на уровне верха грунта;
- выполнить окончательную засыпку траншеи местным грунтом (предпочтительно без камней и комков) и возврат плодородного слоя.

Спецификация изделий и материалов	
1	Стержень со стартовым наконечником
2	Стержень промежуточный
3	Боёк удароприёмный
4	Насадка на перфоратор
5	Горизонтальный заземлитель
6	Зажим универсальный крестообразный
7	Заполнитель грунтовый SX-3
8	Комплект заделки
9	Заземляющий проводник диаметром не менее 10 мм

Примечания:

1 – Перфоратор не входит в объем поставки.

2 – При отсутствии комплекта заделки допускается зажать заземляющий проводник между стержнем и зажимом, предварительно зачистив от изоляции на длину зажима.

3 – для правильной установки стержня рекомендуется наносить пасту контактную только на шток, не в отверстие.

4 – Верхний торец электрода с зажимом рекомендуется располагать выше уровня грунтовых вод. При уровне грунтовых вод выше указанных отметок допускается корректировка по месту.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	BOLTA-АТР-ШЗУ.1-26		
Разраб.					Инструкция по монтажу безмуфтового вертикального электрода	Лит.	Лист 10 / Листов 18
Пров.							
Н.контр						ООО «БОЛТА»	
Утв.		См.тит.лист					

Перв. примен.

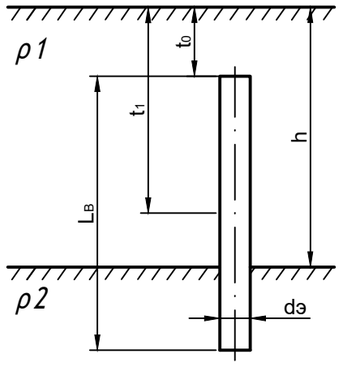
Справ. №

Рекомендации по расчету заземляющего устройства

1. Выбор длины и материала электрода осуществляется в соответствии с требованиями ПУЭ, а также в зависимости от геологического строения грунтов, плотности застройки в зоне установки электрода, технико-экономических показателей или технического задания заказчика.
2. Расстояние между электродами должно быть больше или равно их длине.
3. Подключение электрода к горизонтальному заземлителю осуществляется при помощи зажима универсального крестообразного (болтовое соединение).
4. Для расчета сопротивления заземляющего устройства применяется методика по справочникам Ю.Г. Барыбина «Справочник по проектированию электрических сетей и электрооборудования» и Е.Г. Титова «Проектирование электроустановок жилых и общественных зданий и сооружений»:

1) В случае наличия на объекте двухслойного грунта, сначала необходимо рассчитать его эквивалентное удельное сопротивление (согласно справочнику Е.Г. Титова):

$$\rho_{гр} = \frac{\rho_1 \cdot \rho_2 \cdot k \cdot L_B}{\rho_1 \cdot (t_0 + k \cdot L_B - h) + \rho_2 \cdot (h - t_0)}$$, где



ρ_1 - удельное электрическое сопротивление верхнего слоя грунта, Ом·м;

ρ_2 - удельное электрическое сопротивление нижнего слоя грунта, Ом·м;

$k = 1$ при $\rho_1 > \rho_2$ и $k = 1{,}2$, при $\rho_1 < \rho_2$;

L_B - длина электрода, м;

t_0 - глубина погружения электрода от поверхности земли, м;

h - толщина верхнего слоя грунта, м.

Значения удельных сопротивлений слоев грунта выбираются согласно инженерно-геологическим изысканиям в предполагаемом месте монтажа электродов. При отсутствии значений удельных сопротивлений грунтов можно воспользоваться таблицей усредненных значений удельных сопротивлений грунтов в Приложении А.

2) Согласно справочнику под ред. Ю.Г. Барыбина:

Сопротивление одиночного вертикального электрода *:

$$R_B = \frac{0{,}366 \cdot P_{гр}}{L_B} \cdot \left(lg\left(\frac{2 \cdot L_B}{d_э}\right) + \frac{1}{2} lg\left(\frac{4 \cdot t_1 + L_B}{4 \cdot t_1 - L_B}\right)\right),$$

где $t_1 = t_0 + \frac{1}{2} \cdot L_B$;

$d_э$ - диаметр электрода, м;

t_1 - средняя глубина погружения электрода от поверхности земли, м.

3) Количество необходимых вертикальных электродов:

$n = \frac{R_B}{R_н}$, где n - количество электродов, шт. (всегда округляется до большего целого);

$R_н$ - нормируемое сопротивление заземляющего устройства, Ом.

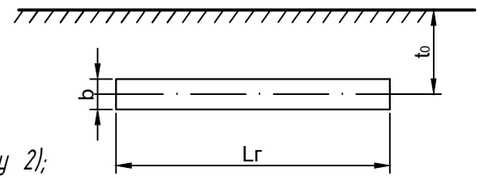
4) Суммарное сопротивление вертикальных электродов:

$$R_\sum = \frac{R_B}{n \cdot K_{uв}}$$, где

$K_{uв}$ - коэффициент использования (экранирования) вертикальных заземлителей (см. таблицу 1).

5) Сопротивление горизонтального заземлителя:

$$R_г = \left(\frac{0{,}366\ \rho_{гр} \cdot K}{L_г}\right) \cdot lg\left(\frac{2 \cdot L_г^{\,2}}{b \cdot t_0}\right)$$, где



$R_г$ - сопротивление горизонтального заземлителя, Ом;

K - климатический коэффициент сезонности (см. таблицу 2);

$L_г$ - длина горизонтального заземлителя, м;

b - ширина полосы или двойной диаметр круглого горизонтального заземлителя, м.

6) Суммарное сопротивление горизонтальных заземлитлей:

$$R_{\sum г} = \frac{R_г}{K_{uг}}$$, где

$K_{uг}$ - коэффициент использования горизонтального заземляющего проводника (см. таблицу 1).

7) Полное сопротивление заземляющего устройства:

$$R = \frac{R_\sum \cdot R_{\sum г}}{R_\sum + R_{\sum г}}.$$

При получении значения $R > R_н$ необходимо увеличить количество электродов (n) и/или длину электрода (L_B) и повторить расчеты пока не получится $R \leq R_н$.

Таблица 1 - Значения коэффициента использования (экранирования) заземлителей

Для горизонтальных заземлителей								Для вертикальных заземлителей							
Количество заземлителей, шт.	Расположение заземлителей в ряд. Отношение расстояния между заземлителями к их длине			Количество заземлителей, шт.	Расположение заземлителей по контуру. Отношение расстояния между заземлителями к их длине			Количество заземлителей, шт.	Расположение заземлителей в ряд. Отношение расстояния между заземлителями к их длине			Количество заземлителей, шт.	Расположение заземлителей по контуру. Отношение расстояния между заземлителями к их длине		
	1	2	3		1	2	3		1	2	3		1	2	3
4	0,77	0,89	0,92	4	0,45	0,55	0,70	2	0,86	0,91	0,94	4	0,69	0,78	0,85
5	0,74	0,86	0,90	5	0,40	0,48	0,64	3	0,78	0,87	0,91	6	0,62	0,73	0,80
8	0,67	0,79	0,85	8	0,36	0,43	0,60	5	0,70	0,81	0,87	10	0,55	0,69	0,76
10	0,62	0,75	0,82	10	0,34	0,40	0,56	10	0,59	0,75	0,81	20	0,47	0,64	0,71
20	0,42	0,56	0,68	20	0,27	0,32	0,45	15	0,54	0,71	0,78	40	0,41	0,58	0,67
30	0,31	0,46	0,58	30	0,24	0,30	0,41	20	0,49	0,68	0,77	60	0,39	0,55	0,65
50	0,21	0,36	0,49	50	0,21	0,28	0,37	–	–	–	–	100	0,36	0,52	0,62
65	0,20	0,34	0,47	70	0,20	0,26	0,35	–	–	–	–	–	–	–	–
–	–	–	–	100	0,19	0,24	0,33	–	–	–	–	–	–	–	–

Таблица 2 - Значение климатического коэффициента сезонности сопротивления грунта, К

Горизонтальный заземлитель	Климатическая зона			
	I	II	III	IV
Значение коэф. - К	5,5	3,5	2,5	1,5
Средняя многолетняя низшая температура (январь)	от -20 до -15°С	от -14 до -10°С	от -10 до 0°С	от 0 до +5°С
Средняя многолетняя высшая температура (июль)	от +15 до +18°С	от +18 до +22°С	от +22 до +24°С	от +24 до +26°С

Примечание:

* - расчет сопротивления одиночного вертикального электрод приведен без учета климатического коэффициента сезонности сопротивления грунта.

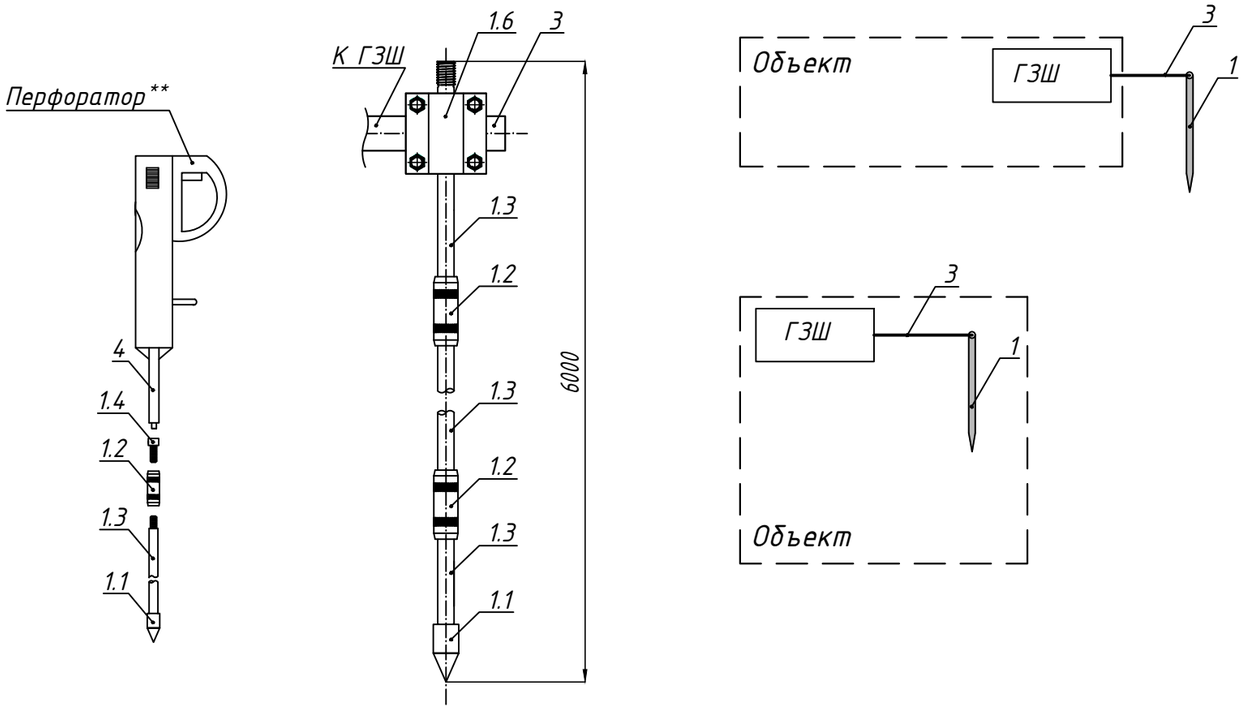
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	BOLTA-АТР-ШЗУ-23		
Разраб.					Рекомендации по расчету заземляющего устройства	Лит.	Лист 11 / Листов 18
Пров.						ООО «БОЛТА»	
Н.контр							
Утв.		См.тит.лист					

Копировал Формат А3

Перв. примен.

Справ. №

Схема расположения одиночного вертикального электрода



Спецификация изделий и материалов

Поз	Обозначение	Наименование	Кол-во	Прим.
1		Типовой вертикальный электрод заземления	1	компл.
В один комплект вертикального электрода входит:				
1,1	М-14(16)	Стартовый наконечник	1	шт.
1,2	МС-14(16)	Муфта соединительная	4	шт.
1,3	СЗ-14(16)	Стержень заземления	4	шт.
1,4	БУ-14(16)	Болт удароприёмный	1	шт.
1,5	КР-315	Колодец смотровой ревизионный***	1	шт.
1.6	ЗУК	Зажим универсальный крестообразный	1	шт.
1.7		Лента гидроизоляционная, длина 1 м, ширина 150 мм	1	шт.
1.8	SX-3	Заполнитель грунтовый	4	кг
2		Сталь полосовая оцинкованная	-	м
3		*Провод ПВ-3 1х16мм^2	-	м
4	SDS-Max	Насадка на перфоратор	1	шт.

Схема организации контура заземляющего устройства, выполненного в виде сетки

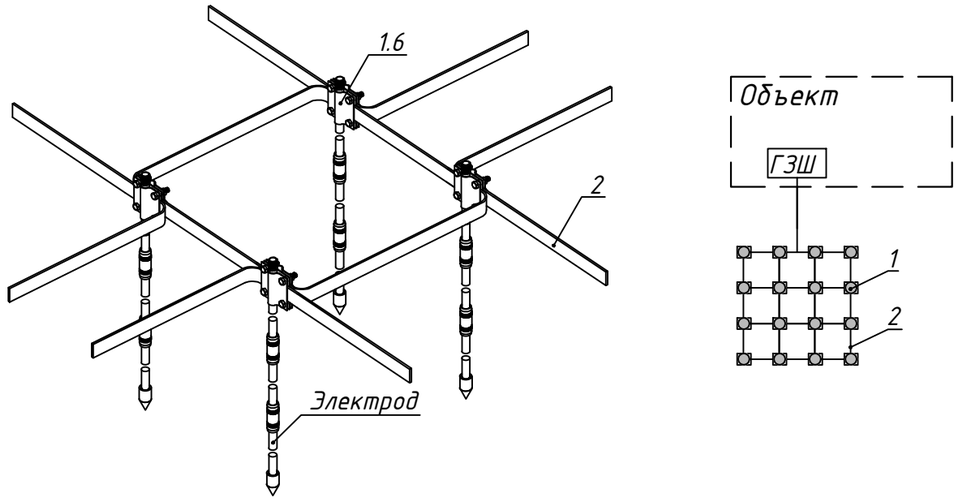
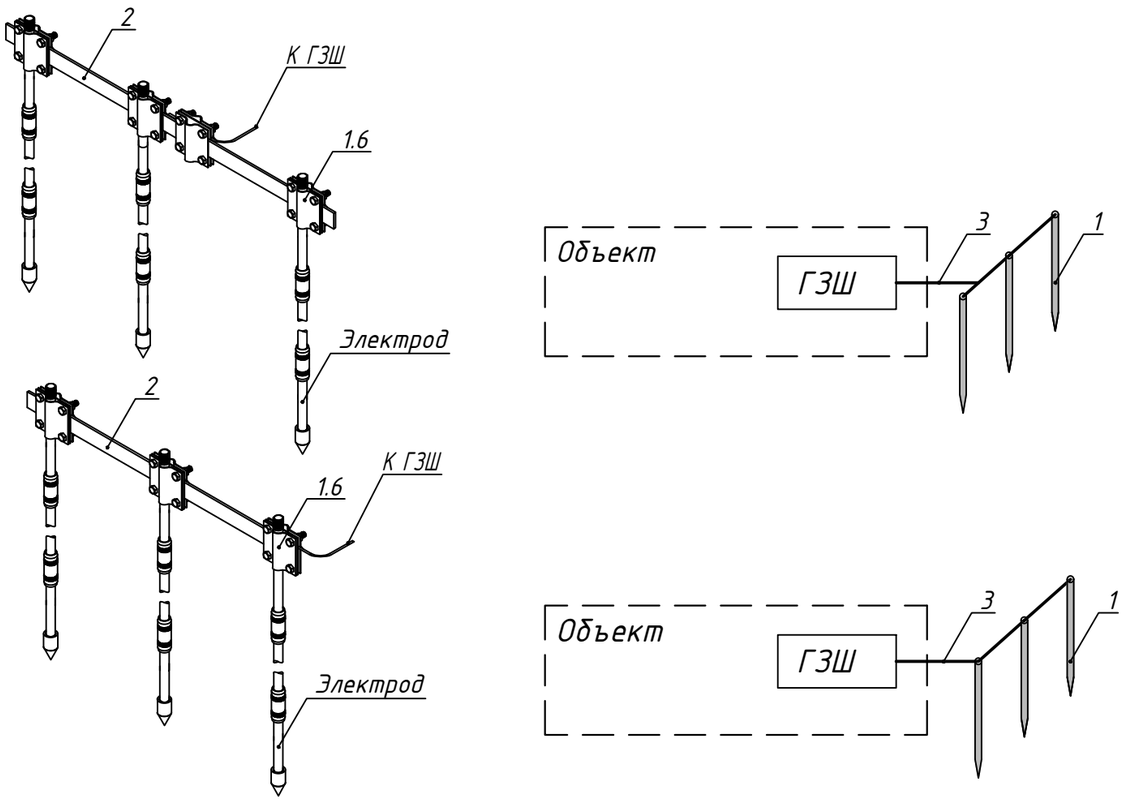


Схема расположения трех вертикальных электродов



Примечания:

* Для соединения с ГЗШ допускается использовать стальную полосу 40х4 и прочие проводники в соответствии с действующей нормативной документацией.

** Перфоратор не входит в объем поставки.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	BOLTA-АТР-ЭЗУ-23		
Разраб.					Примеры организации заземления вертикальными электродами	Лит.	Лист 12 / Листов 18
Пров.							
Н.контр						ООО «БОЛТА»	
Утв.		См.тит.лист					

Копировал

Формат А3

Перв. примен.

Справ. №

Рекомендации по расчёту заземляющего устройства

Пример расчета заземления опоры ВЛ 35 кВ.
Исходные данные:
Удельное сопротивление грунта – 90 Ом·м. Климатическая зона – II.
Задача: достичь сопротивления заземления опоры ВЛ равного 10 Ом вертикальными электродами.
Решение: используя формулы на листе 9, рассчитаем сопротивление заземляющего устройства опоры ВЛ. Для электрода заземления применяем стержень заземления СЗН-16-1500 (630902)

Выполняем расчёт:

1) Сопротивление одиночного вертикального электрода длиной 15 м:

$$R_B = \frac{0{,}366 \cdot \rho_{гр}}{L_B} \cdot \left(\lg\left(\frac{2 \cdot L_B}{d_э}\right) + \frac{1}{2} \lg\left(\frac{4 \cdot t_1 + L_B}{4 \cdot t_1 - L_B}\right)\right) =$$

$$= \frac{0{,}366 \cdot 90}{15} \cdot \left(\lg\left(\frac{2 \cdot 15}{0{,}016}\right) + \frac{1}{2} \lg\left(\frac{4 \cdot 8{,}2 + 15}{4 \cdot 8{,}2 - 15}\right)\right) = 7{,}66 \text{ Ом*},$$

где $t_1 = t_0 + \frac{1}{2} \cdot L_B = 0{,}7 + \frac{1}{2} \cdot 15 = 8{,}2$ м.

2) Количество необходимых вертикальных электродов:

$$n = \frac{R_B}{R_н} = \frac{7{,}66}{10} = 0{,}77 \approx 1 \text{ шт., округляем до ближайшего целого числа.}$$

3) Суммарное сопротивление электродов:

$$R_\Sigma = \frac{R_B}{n \cdot K_{ив}} = \frac{7{,}66}{1 \cdot 0{,}94} = 8{,}15 \text{ Ом} < 10 \text{ Ом}.$$

Получаем, что для заземления опоры ВЛ необходим 1 вертикальный электрод.

4) Сопротивление горизонтального заземлителя:

$$R_г = \left(\frac{0{,}366 \cdot \rho_{гр} \cdot K}{L_г}\right) \cdot \lg\left(\frac{2 \cdot L_г^2}{b \cdot t_0}\right) = \left(\frac{0{,}366 \cdot 90 \cdot 3{,}5}{3}\right) \cdot \lg\left(\frac{2 \cdot 3^2}{0{,}024 \cdot 0{,}7}\right) = 116{,}4 \text{ Ом}.$$

5) Суммарное сопротивление горизонтальных заземлитлей:

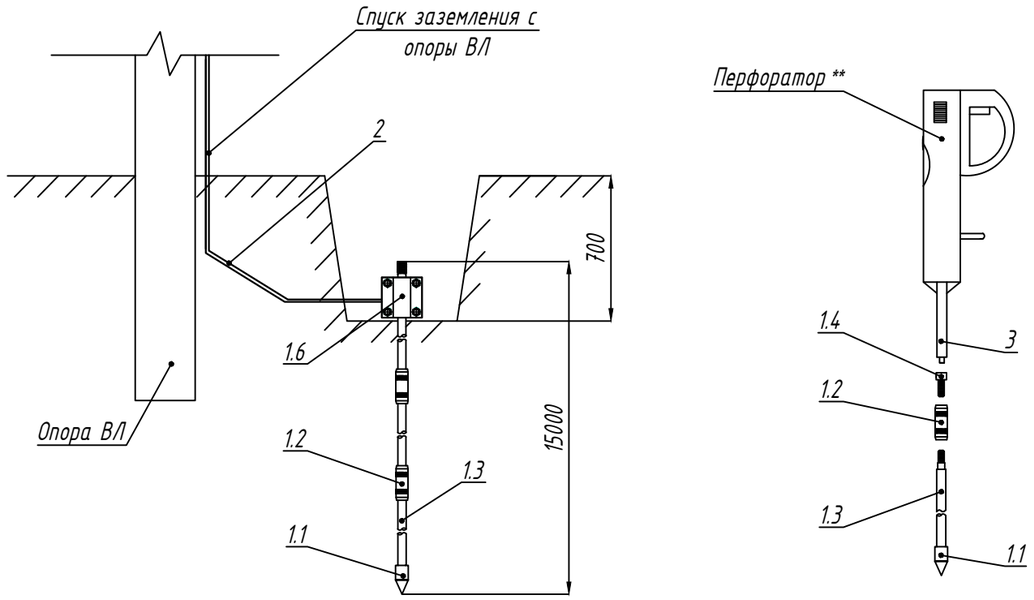
$$R_{\Sigma г} = \frac{R_г}{K_{иг}} = \frac{49{,}9}{0{,}92} = 126{,}6 \text{ Ом}.$$

6) Полное сопротивление заземляющего устройства:

$$R = \frac{R_\Sigma \cdot R_{\Sigma г}}{R_\Sigma + R_{\Sigma г}} = \frac{8{,}15 \cdot 126{,}6}{8{,}15 + 126{,}6} = 7{,}66 \text{ Ом} < 10 \text{ Ом}.$$

Спецификация изделий и материалов

Поз	Обозначение	Наименование	Кол-во	Прим.
1		Типовой вертикальный электрод заземления	1	компл.
В один комплект вертикального электрода входит:				
1,1	М-16	Стартовый наконечник	1	шт.
1,2	МС-16	Муфта соединительная	4	шт.
1,3	СЗН-16-1500	Стержень заземления	4	шт.
1,4	БУ-16	Болт удароприёмный	1	шт.
1,5	КР-315	Колодец смотровой ревизионный	1	шт.
1.6	ЗУК-Н	Зажим универсальный крестообразный	1	шт.
1.7		Лента гидроизоляционная, длина 1 м, ширина 150 мм	1	шт.
1.8	SX-3	Заполнитель грунтовый	4	кг
2		* Провод ПВ-3 1х16мм^2	–	м
3	SDS-Max	Насадка на перфоратор	1	шт.



Вертикальный электрод, длина 15 м, выполнен с применением стержней заземления СЗН-16-1500 (630902), диаметр 16 мм.

Примечание:
* Для соединения с ГЗШ допускается использовать стальную полосу 40х4 и прочие проводники в соответствии с действующей нормативной документацией.
** данные позиции не входят в объем поставки и заказываются отдельно.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	BOLTA-АТР-ЭЗУ-23		
Разраб.					Пример расчета защитного заземления опоры ВЛ	Лит.	Лист 13 / Листов 18
Пров.							
Н.контр						ООО «БОЛТА»	
Утв.							

Копировал Формат А3

Рекомендации по расчёту заземляющего устройства

Пример расчета контура заземления Трансформаторной подстанции 6(10)/0,4 кВ с использованием вертикальных электродов.

Исходные данные:

Удельное сопротивление грунта - 90 Ом·м. Климатическая зона - II.

Задача: обеспечить сопротивление контура заземления не более 4 Ом типовыми вертикальными электродами длиной 9 м.

Решение: используя формулы на листе 9, рассчитаем сопротивление заземляющего устройства ТП 6(10)/0,4 кВ.

Выполняем расчёт:

1) Сопротивление одиночного вертикального электрода:

$$R_в = \frac{0{,}366 \cdot \rho_{гр}}{L_в} \cdot \left(\lg\left(\frac{2 \cdot L_в}{d_э}\right) + \frac{1}{2} \lg\left(\frac{4 \cdot t_1 + L_в}{4 \cdot t_1 - L_в}\right)\right) =$$

$$= \frac{0{,}366 \cdot 90}{6} \cdot \left(\lg\left(\frac{2 \cdot 9}{0{,}016}\right) + \frac{1}{2} \lg\left(\frac{4 \cdot 5{,}2 + 9}{4 \cdot 5{,}2 - 9}\right)\right) = 11{,}9 \text{ Ом}$$

где $t_1 = t_0 + \frac{1}{2} \cdot L_в = 0{,}7 + \frac{1}{2} \cdot 9 = 5{,}2$ м.

2) Количество необходимых вертикальных электродов:

$n = \frac{R_в}{R_н} = \frac{11{,}9}{4} = 2{,}98 \approx 3$ шт., округляем до ближайшего целого числа.

Суммарное сопротивление вертикальных заземлителей:

$$R_\sum = \frac{R_в}{n \cdot K_{ив}} = \frac{13{,}91}{3 \cdot 0{,}69} = 5{,}75 \text{ Ом}$$

3) Сопротивление горизонтального заземлителя.

Для расчёта условно принимаем стену КТП равной 7 м, тогда длина горизонтального заземлителя будет равна 36 м

$$R_г = \left(\frac{0{,}366 \cdot \rho_{гр} \cdot K}{L_г}\right) \cdot \lg\left(\frac{2 \cdot L_г^{\,2}}{b \cdot t_0}\right) = \left(\frac{0{,}366 \cdot 90 \cdot 3{,}5}{36}\right) \cdot \lg\left(\frac{2 \cdot 36^2}{0{,}04 \cdot 0{,}7}\right) = 16{,}62 \text{ Ом.}$$

4) Суммарное сопротивление горизонтальных заземлителей:

$$R_{\sum г} = \frac{R_г}{K_{иг}} = \frac{16{,}62}{0{,}45} = 36{,}92 \text{ Ом.}$$

5) Полное сопротивление заземляющего устройства:

$$R = \frac{R_\sum \cdot R_{\sum г}}{R_\sum + R_{\sum г}} = \frac{5{,}75 \cdot 36{,}92}{5{,}75 + 36{,}92} = 4{,}98 \text{ Ом} > 4 \text{ Ом}.$$

В данной конфигурации заземляющее устройство не удовлетворяет техническому заданию. Для улучшения характеристик заземляющего устройства добавляем один вертикальный электрод, тогда:

Суммарное сопротивление вертикальных заземлителей:

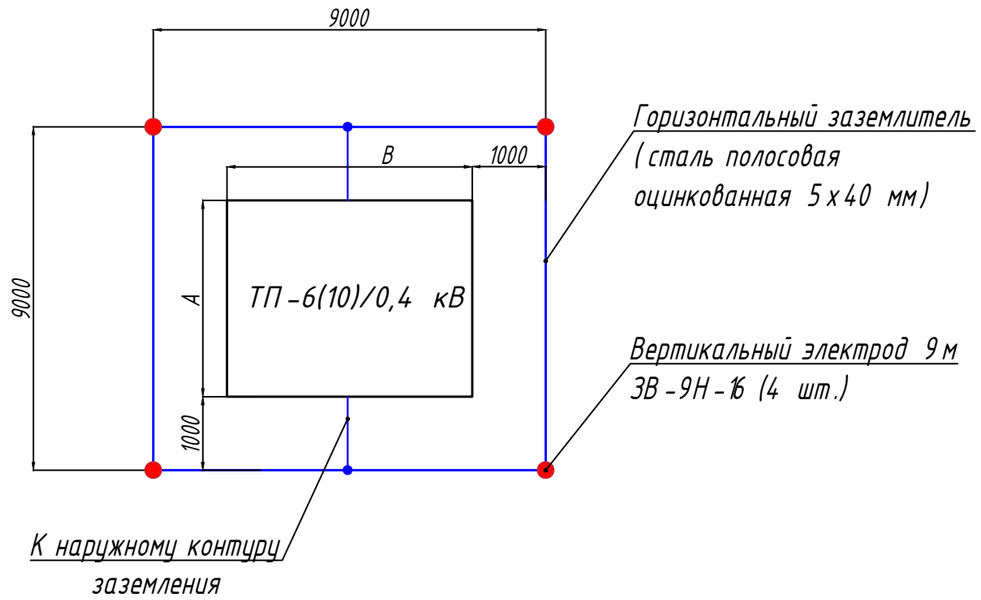
$$R_\sum = \frac{R_в}{n \cdot K_{ив}} = \frac{13{,}91}{4 \cdot 0{,}69} = 4{,}313 \text{ Ом}$$

Получаем, что для заземления ТП-6(10)/0,4 кВ необходимо 4 вертикальных электрода.

6) Полное сопротивление заземляющего устройства:

$$R = \frac{R_\sum \cdot R_{\sum г}}{R_\sum + R_{\sum г}} = \frac{4{,}313 \cdot 36{,}92}{4{,}313 + 36{,}92} = 3{,}86 \text{ Ом} < 4 \text{ Ом}.$$

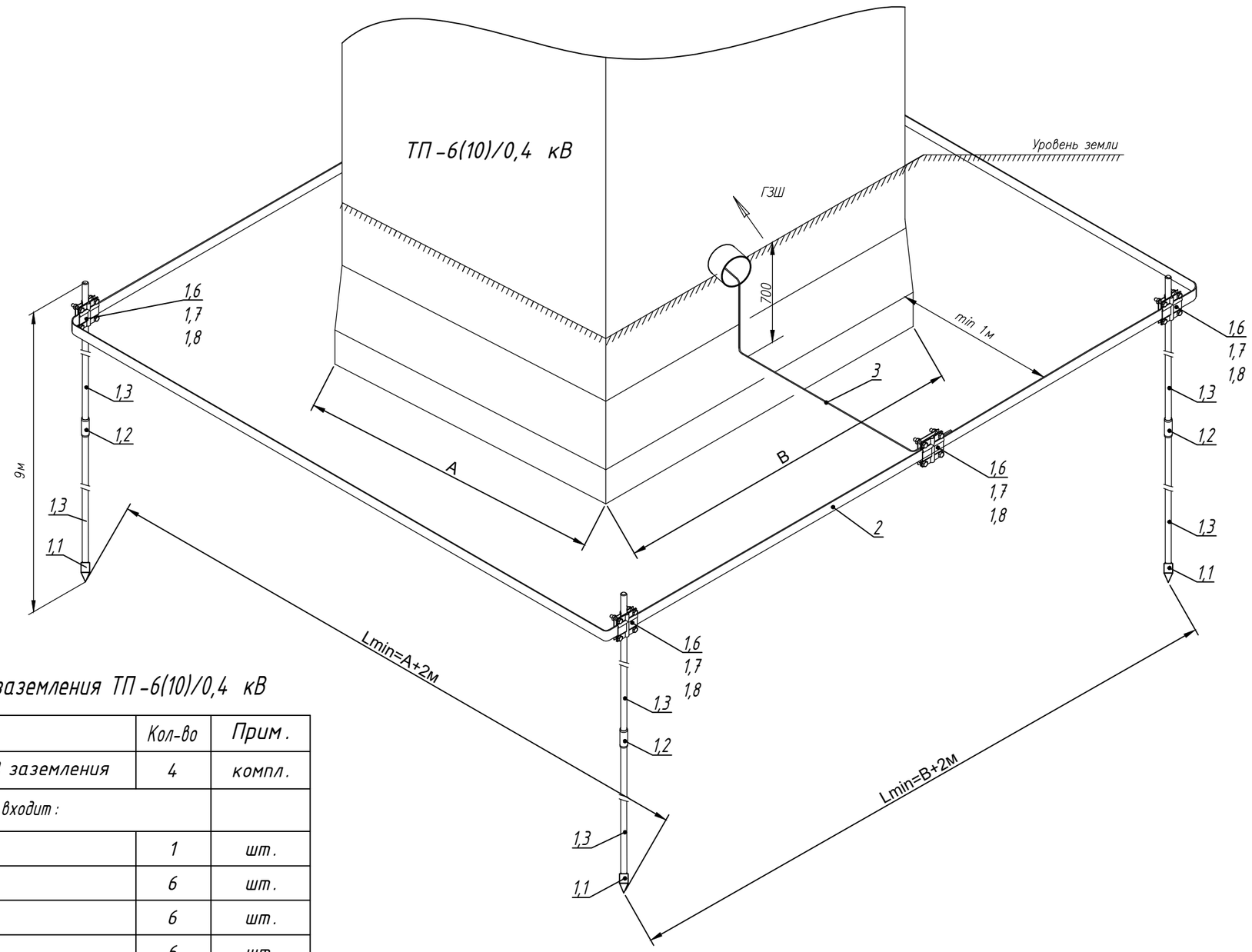
Пример организации контура заземления ТП-6(10)/0,4 кВ с использованием вертикальных электродов



Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	BOLTA-АТР-ЗЗУ-23		
Разраб.					Пример расчета защитного заземления ТП-6(10)/0,4 кВ (начало)	Лит.	Лист 14 / Листов 18
Пров.						ООО «БОЛТА»	
Н.контр							
Утв.							

Копировал | Формат А3

Перв. примен.
Справ. №



Спецификация материалов, необходимых для заземления ТП-6(10)/0,4 кВ

Поз	Обозначение	Наименование	Кол-во	Прим.
1		Типовой вертикальный электрод заземления	4	компл.
В один комплект вертикального электрода входит:				
1,1	М-16	Стартовый наконечник	1	шт.
1,2	МС-16	Муфта соединительная	6	шт.
1,3	СЗН-16-1500	Стержень заземления	6	шт.
1,4	БУ-16	Болт удароприёмный	6	шт.
1,5	КР-315	Колодец смотровой ревизионный	1	шт.
1.6	ЗУК-Н	Зажим универсальный крестообразный	1	шт.
1.7		Лента гидроизоляционная, длина 1 м, ширина 150 мм*	1	шт.
1.8		Паста контактная проводящая	0,5	тюбик
1.9	SX-3	Заполнитель грунтовый	4/1	кг/бут.
2	ГОСТ 103-2006	Сталь полосовая оцинкованная 4х40	36	м
3		*Провод ПВ-3 1х16мм^2	-	м
4	SDS-Max	Насадка на перфоратор	1	шт.

Примечание:

* Для соединения с ГЗШ допускается использовать стальную полосу 40х4 и прочие проводники в соответствии с действующей нормативной документацией.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	BOLTA-АТР-ЭЗУ-23		
Разраб.					Пример расчета защитного заземления ТП-6(10)/0,4 кВ (окончание)	Лит.	Лист 15 / Листов 18
Пров.							
Н.контр						ООО «БОЛТА»	
Утв.		См.тит.лист					

Копировал Формат А3

Перв. примен.
Справ. №

Рекомендации по расчёту заземляющего устройства жилых и общественных зданий

Пример расчета контура заземления, предназначенного для повторного заземления PEN проводника источника тока напряжением 220 В.

Исходные данные:

Удельное сопротивление грунта - 90 Ом·м. Климатическая зона - II.

Задача: достичь сопротивления заземления равного 20 Ом заземляющим устройством, состоящим из горизонтальных и вертикальных и электродов.

Решение: используя формулы на листе 9, рассчитаем сопротивление заземляющего устройства опоры ВЛ. Для вертикальных электродов заземления применяем стержень заземления СЗН-16-1500 (630902). Для горизонтальных заземлителей применяем стальную полосу сечением 4 х 40 мм.

Выполняем расчёт:

1) Сопротивление одиночного вертикального электрода длиной 4,5 м:

$$R_B = \frac{0{,}366 \cdot \rho_{гр}}{L_B} \cdot \left(\lg\left(\frac{2 \cdot L_B}{d_э}\right) + \frac{1}{2} \lg\left(\frac{4 \cdot t_1 + L_B}{4 \cdot t_1 - L_B}\right)\right) =$$

$$= \frac{0{,}366 \cdot 90}{4{,}5} \cdot \left(\lg\left(\frac{2 \cdot 4{,}5}{0{,}016}\right) + \frac{1}{2} \lg\left(\frac{4 \cdot 2{,}95 + 4{,}5}{4 \cdot 2{,}95 - 4{,}5}\right)\right) = 21{,}4 \text{ Ом},$$

где $t_1 = t_0 + \frac{1}{2} \cdot L_B = 0{,}7 + \frac{1}{2} \cdot 4{,}5 = 2{,}95$ м.

2) Количество необходимых вертикальных электродов:

$$n = \frac{R_B}{R_н} = \frac{21{,}4}{20} = 1{,}07 \approx 3 \text{ шт.}, \text{ округляем до ближайшего большего целого числа.}$$

3) Суммарное сопротивление электродов:

$$R_\Sigma = \frac{R_B}{n \cdot K_{ив}} = \frac{21{,}4}{3 \cdot 0{,}78} = 9{,}15 \text{ Ом} < 10 \text{ Ом}.$$

Получаем, что для заземляющего устройства необходимо 3 вертикальных электрода.

4) Сопротивление горизонтального заземлителя:

$$R_г = \left(\frac{0{,}366 \cdot \rho_{гр} \cdot K}{L_г}\right) \cdot \lg\left(\frac{2 \cdot L_г^{\,2}}{b \cdot t_0}\right) = \left(\frac{0{,}366 \cdot 90 \cdot 3{,}5}{10}\right) \cdot \lg\left(\frac{2 \cdot 10^2}{0{,}024 \cdot 0{,}7}\right) = 47 \text{ Ом}.$$

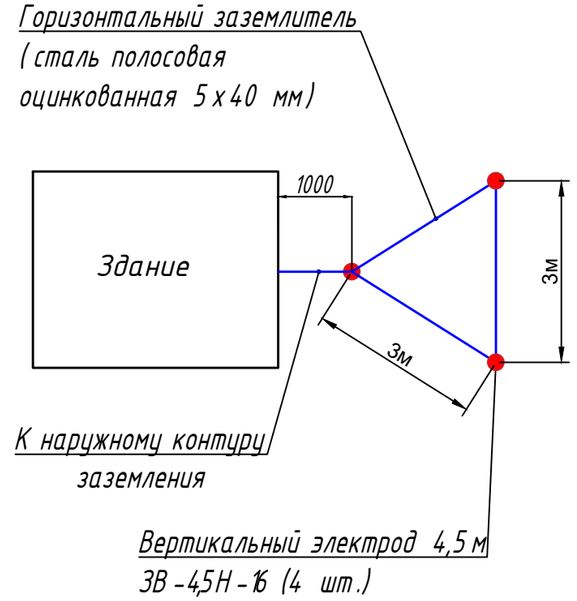
5) Суммарное сопротивление горизонтальных заземлитлей:

$$R_{\Sigma г} = \frac{R_г}{K_{иг}} = \frac{47}{0{,}92} = 51{,}1 \text{ Ом}.$$

6) Полное сопротивление заземляющего устройства:

$$R = \frac{R_\Sigma \cdot R_{\Sigma г}}{R_\Sigma + R_{\Sigma г}} = \frac{9{,}15 \cdot 51{,}1}{9{,}15 + 51{,}1} = 7{,}76 \text{ Ом} < 10 \text{ Ом}.$$

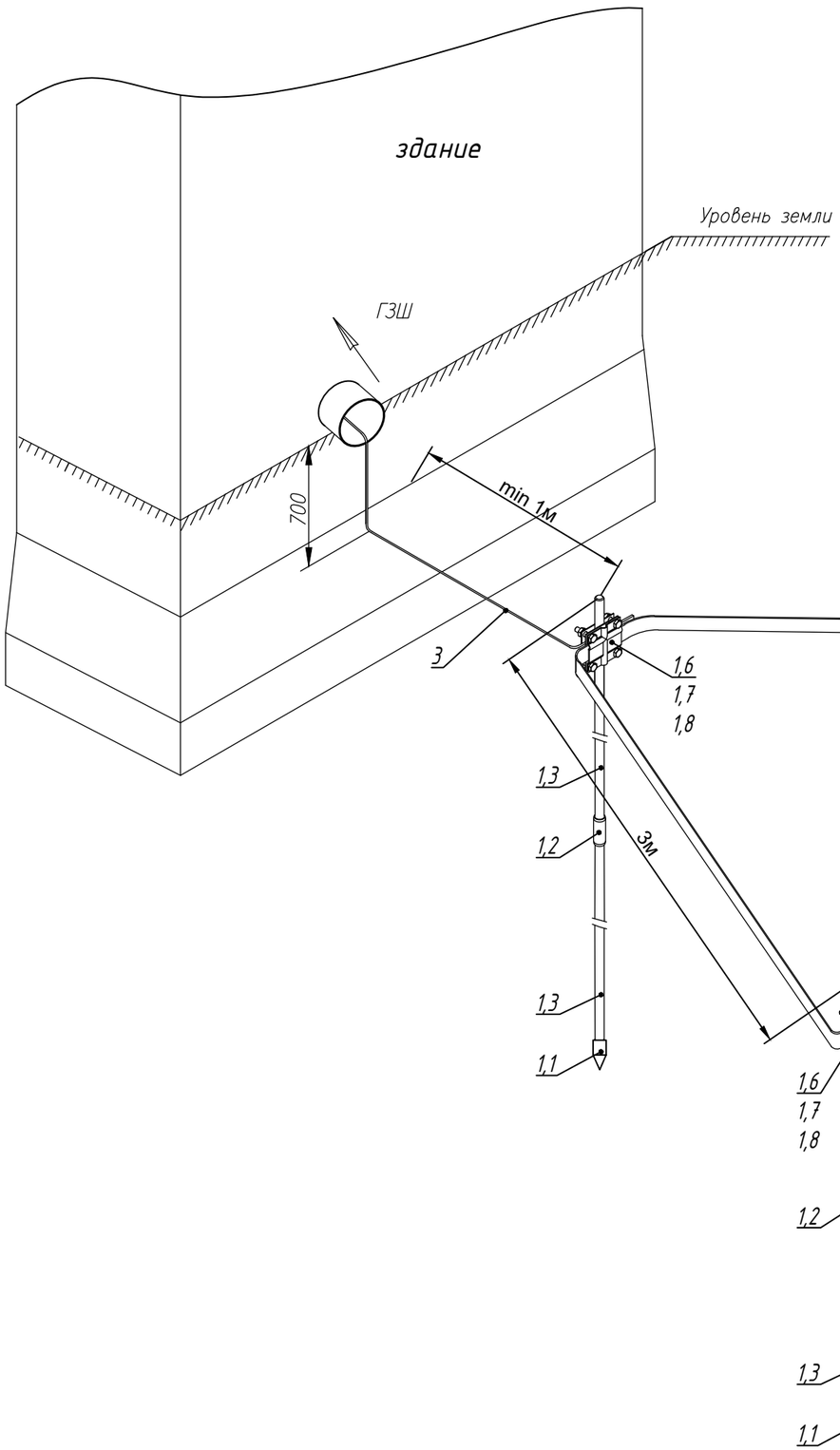
Пример организации контура заземления жилого или общественного здания с использованием вертикальных электродов



Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	BOLTA-АТР-ЭЗУ-23		
Разраб.					Пример расчета защитного заземления здания (начало)	Лит.	Лист 16 / Листов 18
Пров.							
Н.контр						ООО «БОЛТА»	
Утв.		См.тит.лист					

Перв. примен.

Справ. №



Спецификация материалов, необходимых для заземления здания

Поз	Обозначение	Наименование	Кол-во	Прим.
1		Типовой вертикальный электрод заземления	1	компл.
В один комплект вертикального электрода входит:				
1,1	М-16	Стартовый наконечник	1	шт.
1,2	МС-16	Муфта соединительная	3	шт.
1,3	СЗН-16-1500	Стержень заземления	3	шт.
1,4	БУ-16	Болт удароприёмный	1	шт.
1,5	КР-315	Колодец смотровой ревизионный	1	шт.
1.6	ЗУК-Н	Зажим универсальный крестообразный	1	шт.
1.7		Лента гидроизоляционная, длина 1 м, ширина 150 мм*	1	шт.
1.8		Паста контактная проводящая	0,5	тюбик
1.9	SX-3	Заполнитель грунтовый	4/1	кг / бут.
2	ГОСТ 103-2006	Сталь полосовая оцинкованная 4х40	10	м
3		*Провод ПВ-3 1х16мм^2	-	м
4	SDS-Max	Насадка на перфоратор	1	шт.

Примечание:

* Для соединения с ГЗШ допускается использовать стальную полосу 40х4 и прочие проводники в соответствии с действующей нормативной документацией.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	BOLTA-АТР-ЭЗУ-23		
Разраб.					Пример расчета защитного заземления здания (окончание)	Лит.	Лист 17 / Листов 18
Пров.							
Н.контр						ООО «БОЛТА»	
Утв.		См.тит.лист					

Копировал Формат А3

Приложение А

Таблица усредненных значений удельных сопротивлений грунтов

№ п/п	Тип грунта	Усредненное значение удельного сопротивления грунта, рекомендуемое при проектировании, Ом·м
1	Базальт	5 000
2	Валунно-галечные отложения с песчаным заполнением	3 000
3	Валунно-галечные отложения влажные	1 000
4	Выветренный песчаник, известняк	400
5	Галечник, гравий сухой	5 000
6	Галечник водоносный	1 000
7	Глина	50
8	Глина влажная	50
9	Глина с примесью песка	150
10	Глина с примесью щебня, известняка	150
11	Гранит	5 400
12	Гранитное основание	22 500
13	Доломит	500
14	Дресва	5 500
15	Известняк плотный	65
16	Мергель	50
17	Песок влажный	600
18	Песок водоносный	150
19	Песок с агрессивными водами	70
20	Песок сухой	1 000
21	Песок сухой сыпучий	15 000
22	Разрушенные скальные породы	1 000
23	Скальные породы (не выветренные)	5 000
24	Сланец глинистый	550
25	Суглинок	100
26	Супесь	300
27	Супесь влажная	150
28	Торф	20
29	Щебень мокрый	3 000
30	Щебень сухой	5 000

Усредненные значения удельных сопротивлений основных типов грунтов взяты из следующих источников:

1. Таблица 3.7 (стр. 81): Карякин Р.Н. Заземляющие устройства электроустановок: справочник. 2-е изд. – М.: Энергосервис, 2006. 518 с.: ил.
2. Таблица 7.5 (стр. 325): Маньков В.Д., Заграничный С.Ф. Защитное заземление и защитное зануление электроустановок: Справочник. – СПб.: Политехника, 2005. – 400 с: ил.
3. Таблица на стр. 62: Типовой проект № 3602тм (альбом 2) «Заземляющие устройства опор ВЛ 35-750 кВ». – М.: АО «Энергосетьпроект», 1975. – 72 с.

Обращаем внимание, что представленные в таблице данные являются справочными.

Для получения точных значений необходимо выполнить замеры удельного сопротивления грунта в ходе инженерно-геологических изысканий в месте планируемого монтажа электродов.

ООО «БОЛТА»

Адрес:
445091, Самарская область,
г Тольятти, ул Никонова, д. 138

Телефоны:
Москва +7-495-790-64-10
С.Петербург +7-812-982-64-10
Регионы +7-999-158-50-61

Сайт:
https://bolta.pro

Электронная почта:
Bolta2000@ya.ru

График работы:
С 8.00 до 17.00
по московскому времени

Адрес для почтовой
корреспонденции:
445091, Самарская область,
г Тольятти, ул Никонова, д. 138

Регистрационная информация:
ОГРН -1186313088840
ИНН -6321452440
КПП -638201001