ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ «БОЛТА»

ТИПОВОЙ ПРОЕКТ
BOLTA- ТП -3М -Med -23

Устройство системы заземления в медицинском учреждении

2023 г.

ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ «БОЛТА»

ТИПОВОЙ ПРОЕКТ
BOLTA- ТП -3М -Med -23

МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И РАБОЧИЕ ЧЕРТЕЖИ

УТВЕРЖДАЮ:
Генеральный директор ООО «БОЛТА»

_____ Т.С. Степанова

2023 г.

Перв. примен.

Справ. №

Содержание

Обозначение	Наименование	Стр.
BOLTA- ТП -ЗМ -Мед -23	Содержание	2
BOLTA- ТП -ЗМ -Мед -23	Общие данные	3
BOLTA- ТП -ЗМ -Мед -23	Исходные данные. Заземляющее устройство на основе вертикальных штыревых и горизонтальных электродов.	4
BOLTA- ТП -ЗМ -Мед -23	Рекомендации по расчету заземляющего устройства на основе вертикальных штыревых электродов	5
BOLTA- ТП -ЗМ -Мед -23	Поликлиника. Заземляющее устройство на основе вертикальных штыревых электродов. Расчёт.	6
BOLTA- ТП -ЗМ -Мед -23	Поликлиника. Заземляющее устройство на основе вертикальных штыревых электродов. План.	7
BOLTA- ТП -ЗМ -Мед -23	Поликлиника. Заземляющее устройство на основе вертикальных штыревых электродов. Вид А, Узел Б, Спецификация.	8
BOLTA- ТП -ЗМ -Мед -23	МРТ. Заземляющее устройство на основе вертикальных штыревых электродов. Расчёт.	9
BOLTA- ТП -ЗМ -Мед -23	МРТ. Заземляющее устройство на основе вертикальных штыревых электродов. План.	10
BOLTA- ТП -ЗМ -Мед -23	МРТ. Заземляющее устройство на основе вертикальных штыревых электродов. Спецификация. Вид В.	11
BOLTA- ТП -ЗМ -Мед -23	Рекомендации по расчету заземляющего устройства. Горизонтальные электролитические электроды.	12
BOLTA- ТП -ЗМ -Мед -23	Рекомендации по расчету заземляющего устройства. Горизонтальные соединительные электроды.	13
BOLTA- ТП -ЗМ -Мед -23	Поликлиника. Заземляющее устройство на основе горизонтальных электролитических электродов. Расчёт.	14
BOLTA- ТП -ЗМ -Мед -23	Поликлиника. Заземляющее устройство на основе горизонтальных электролитических электродов. План.	15
BOLTA- ТП -ЗМ -Мед -23	Поликлиника. Заземляющее устройство на основе горизонтальных электролитических электродов. Спецификация. Разрез 1-1.	16
BOLTA- ТП -ЗМ -Мед -23	МРТ. Заземляющее устройство на основе горизонтальных электролитических электродов. Расчёт.	17
BOLTA- ТП -ЗМ -Мед -23	МРТ. Заземляющее устройство на основе горизонтальных электролитических электродов. План.	18
BOLTA- ТП -ЗМ -Мед -23	МРТ. Заземляющее устройство на основе горизонтальных электролитических электродов. Спецификация. Разрез 2-2.	19
BOLTA- ТП -ЗМ -Мед -23	Молниезащита поликлиники. План.	20
BOLTA- ТП -ЗМ -Мед -23	Молниезащита поликлиники. Спецификация.	21

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

Формат А4

Общие данные

1. Вводная часть

1.1 Типовой проект BOLTA- ТП-3-Мед-23 (далее - ТП) разработан ООО «БОЛТА» (г.Тольятти). ТП 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»;
- РД 34.21.122-87 "Инструкция по устройству молниезащиты зданий и сооружений";
- Технический циркуляр Ассоциации «Росэлектромонтаж» №24/2009 «Об обеспечении электробезопасности в медицинских учреждениях»
- Другие справочные и нормативные документы.

2. Содержание ТП

2.1 В проекте представлены узлы, детали и расчеты системы заземления и молниезащиты оборудования в медицинских учреждениях:

2.1.1 Устройство общего контура заземления медицинского учреждения;
2.1.2 Устройство контура заземления аппарата МРТ;
2.1.3 Устройство молниезащиты медицинского учреждения с плоской кровлей;
2.1.4 Устройство молниезащиты медицинского учреждения со скатной кровлей;

3. Область применения

3.1 Материалы альбома предназначены для выполнения расчетов, проектных и монтажных работ по организации устройства заземления и молниезащиты медицинских учреждений.
3.2 В альбоме представлены материалы для организации заземляющего устройства на основе вертикальных штыревых электродов и горизонтальных электролитических электродов. Комплекты горизонтального электролитического заземления используются на объектах, где ограничена возможность применения глубинных вертикальных электродов (вечная мерзлота или скальные породы на небольшой глубине).

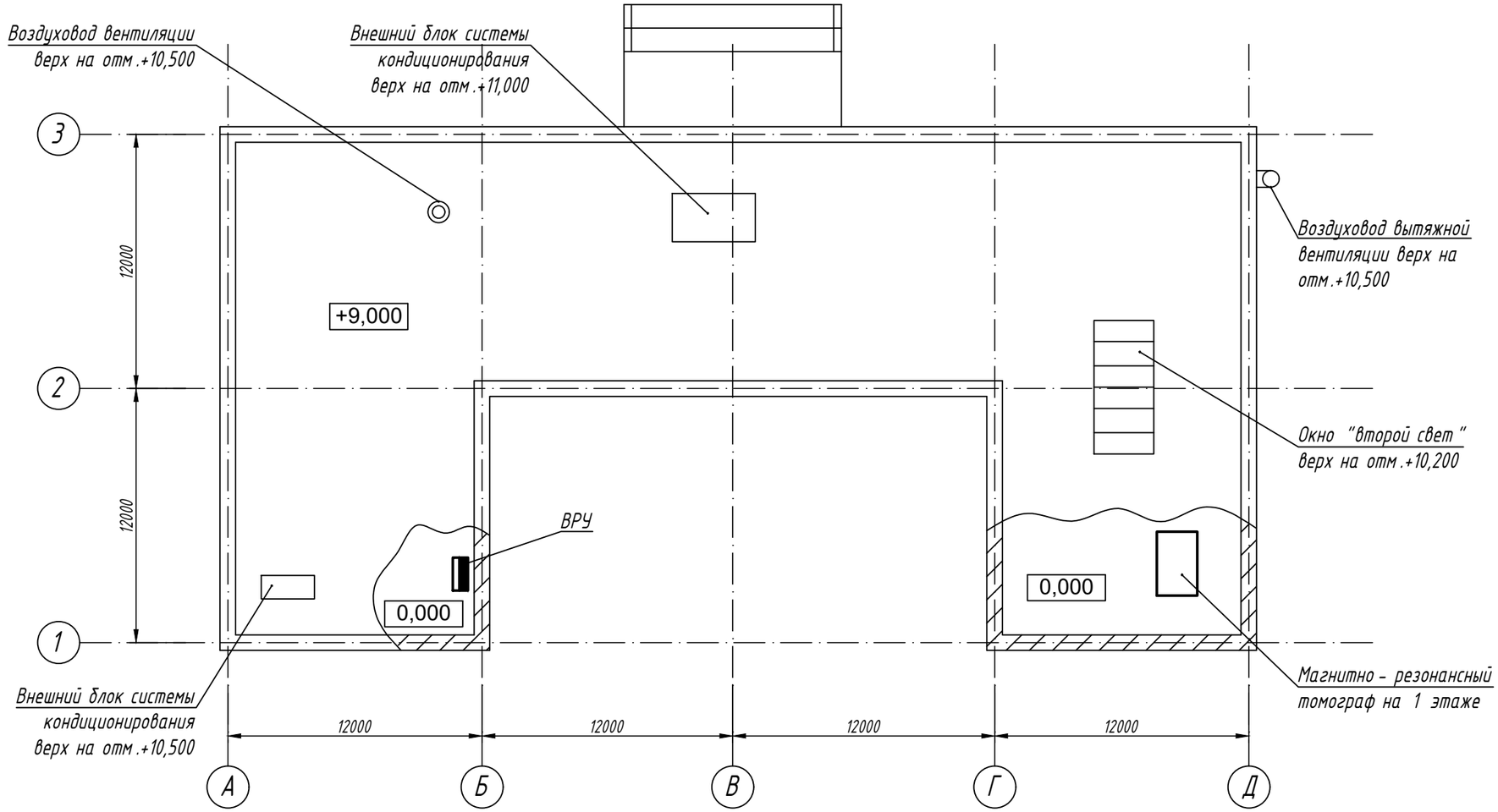
4. Основные положения

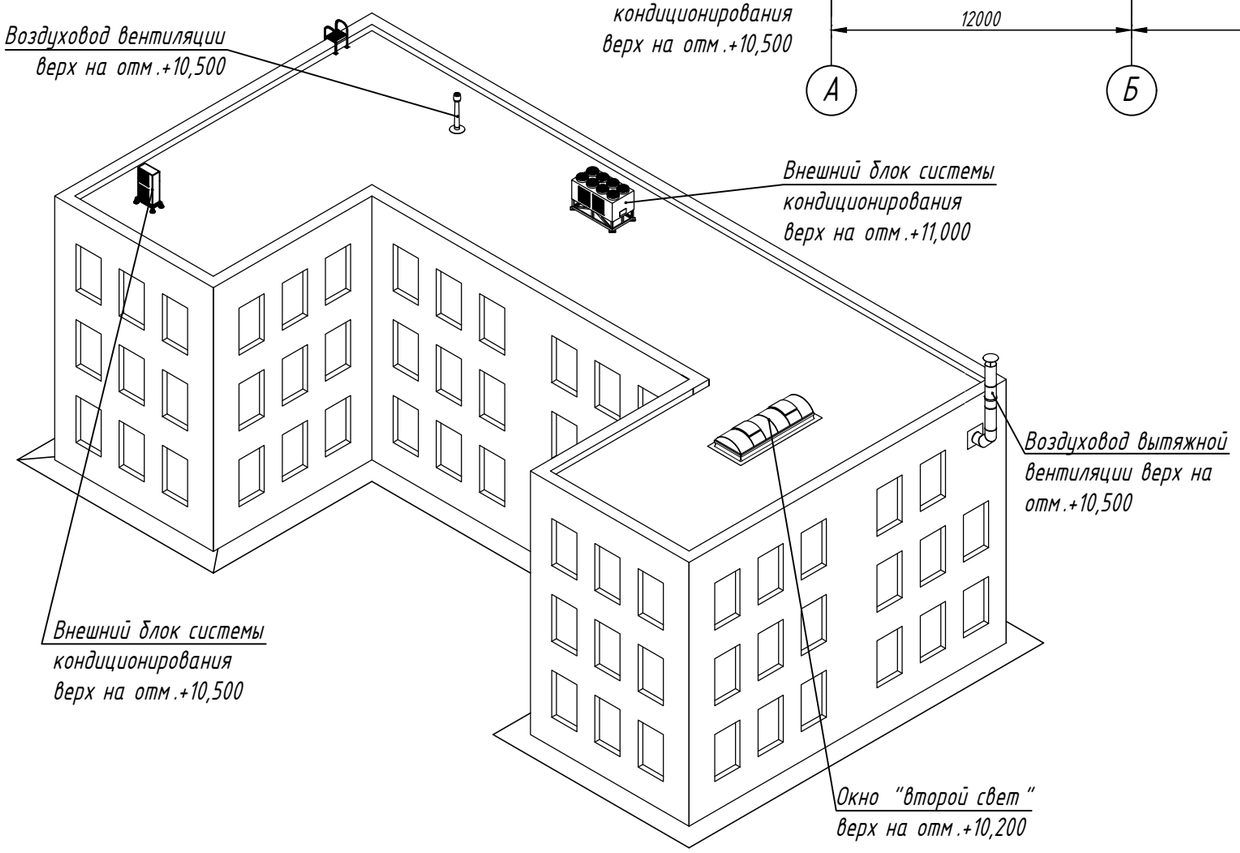
4.1 Устройство заземления - система, позволяющая защитное заземление и зануление электрооборудования. Она включает в себя следующие устройства:

- Заземляющий проводник - часть заземляющего устройства, предназначенная для электрического соединения нетоковедущих частей, которые могут оказаться под напряжением с заземлителем;
- Заземлитель - проводник или совокупность соединённых между собой проводников, находящихся в электрическом контакте с землёй непосредственно или через проводящую среду. В данном случае используется заполнитель грунтовый SX-3;
- Заземляющий контур - заземляющий проводник в виде замкнутой петли вокруг здания в земле или на её поверхности.

Перв. примен.

Справ. №





Исходные данные: 3- х этажное здание поликлиники с плоской кровлей. На 1 этаже в правом крыле расположен кабинет с магнито -резонансным томографом, в левом крыле помещение щитовой с ВРУ.
Над кровлей выступает следующее оборудование:

1. *Воздуховод вентиляции на 1,5 м;*
2. *Внешний блок системы кондиционирования на 1,5 м;*
2. *Внешний блок системы кондиционирования на 2,0 м;*
3. *Воздуховод вытяжной вентиляции на 1,5 м;*
4. *Окно "второй свет" на 1,2 м.*

Грунт двухслойный:
Верхний слой - супесь (толщина 3,0 м), ρ=300 Ом·м
Нижний слой - глина каменистая, ρ=100 Ом·м

Климатическая зона - II.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	BOLTA- ТП -3М -Мед -23		
Разраб.					Исходные данные. Заземляющее устройство на основе вертикальных штыревых и горизонтальных электродов	Лит.	Лист 4 / Листов
Пров.						ООО «БОЛТА»	
Н.контр							
Утв.							

Перв. примен.

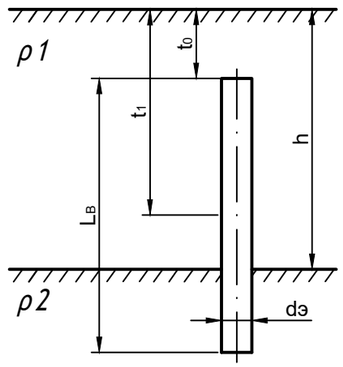
Справ. №

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 А.А.Федорова «Справочник по электроснабжению промышленных предприятий» 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. А.А.Федорова:

Сопротивление одиночного вертикального электрода *:

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

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.

https://bolta.pro/calc
Online калькулятор расчёта контура заземления

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.

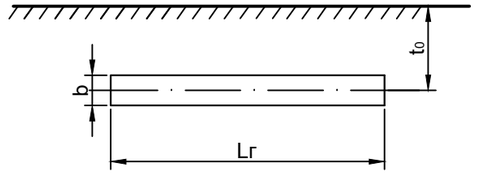
4) Суммарное сопротивление вертикальных электродов:

$$R_\Sigma = \frac{R_B}{n \cdot K_{ив}}$$, где

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

5) Сопротивление горизонтального заземлителя:

$$R_г = \left(\frac{\rho_{гр}}{2 \cdot \pi \cdot L_г}\right) \cdot \ln\left(\frac{L_г^{\,2}}{b \cdot t_0}\right)$$, где



$R_г$ - сопротивление горизонтального заземлителя, Ом;

$L_г$ - длина горизонтального заземлителя, м;

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

6) Суммарное сопротивление горизонтальных заземлитлей:

$$R_{\sum г} = \frac{R_г \cdot K}{K_{иг}}$$, где

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

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

7) Полное сопротивление заземляющего устройства:

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

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 при L=2-3 м	1,9	1,65	1,5	1,3
Значение коэф. - К при L=2-3 м	5,75	4	2,25	1,75
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-ТП-3М-Мед-23		
Разраб.					Рекомендации по расчету заземляющего устройства на основе вертикальных штыревых электродов	Лит.	Лист 5 / Листов
Пров.						ООО «БОЛТА»	
Н.контр							
Утв.							

Копировал

Формат А3

Перв. примен.

Справ. №

Расчёт основного заземляющего устройства медицинского учреждения

Пример расчета контура заземления для поликлиники.
Расчёт для варианта заземляющего устройства с вертикальными и горизонтальными электродами.
Исходные данные: (см. лист 4)

Грунт двухслойный:
Верхний слой - супесь (толщина 3,0 м), ρ=300 Ом·м
Нижний слой - глина каменистая, ρ=100 Ом·м
Климатическая зона - II.

https://bolta.pro/calc
Online калькулятор расчёта контура заземления

Задача: обеспечить сопротивление контура заземления не более 2,5 Ом.
Решение: используя формулы на листе 5, рассчитаем сопротивление заземляющего устройства. Принимаем длину вертикального электрода L_B=6,0 м

Выполняем расчёт:

1) Эквивалентное удельное сопротивление двухслойного грунта:

$$\rho_{гр} = \frac{\rho_1 \cdot \rho_2 \cdot k \cdot L_b}{\rho_1 \cdot (t_0 + k \cdot L_B - h) + \rho_2 \cdot (h - t_0)} = \frac{300 \cdot 100 \cdot 1{,}6}{300 \cdot (0{,}7 + 1{,}6 - 3) + 100 \cdot (3 - 0{,}7)} = 134{,}3 \text{ Ом}^*$$

2) Сопротивление одиночного вертикального электрода длиной 9,0 м.:

$$R_B = \frac{\rho_{гр}}{2 \cdot \Pi \cdot L_B} \cdot \left(\ln\left(\frac{2 \cdot L_B}{d_э}\right) + \frac{1}{2} \ln\left(\frac{4 \cdot t_1 + L_B}{4 \cdot t_1 - L_B}\right)\right) =$$

$$= \frac{134{,}3}{2 \cdot 3{,}14 \cdot 6} \cdot \left(\ln\left(\frac{2 \cdot 6}{0{,}016}\right) + \frac{1}{2} \ln\left(\frac{4 \cdot 3{,}7 + 6}{4 \cdot 3{,}7 - 6}\right)\right) = 13{,}23 \text{ Ом}$$

где $t_1 = t_0 + \frac{1}{2} \cdot L_B = 0{,}7 + \frac{1}{2} \cdot 6 = 3{,}7$

3) Количество необходимых активных электролитических электродов:

$$n = \frac{R_B}{R_н \cdot K_{ив}} = \frac{13{,}23}{2{,}5 \cdot 0{,}76} = 13{,}23 \approx 14 \text{ шт.}, \text{ округляем до ближайшего большего целого числа.}$$

Где: $K_{ив}$ = 0,76 - коэффициент использования вертикальных электродов

$$R_\Sigma = \frac{R_B}{n \cdot K_{ив}} = \frac{13{,}23}{14 \cdot 0{,}76} = 2{,}36 \text{ Ом}$$

4) Сопротивление горизонтального заземлителя. Горизонтальный заземлитель сталь полосовая оцинкованная 40 х 4 мм. Длина горизонтального заземлителя равна 180 м (по периметру здания на расстоянии не менее 1 м от фундамента). Горизонтальный электрод расположен в верхнем слое грунта на глубине 0,7 м. По исходным данным тип грунта в этой области - супесь ρ=300 Ом·м

$$R_г = \left(\frac{\rho_{гр}}{2 \cdot \Pi \cdot L_г}\right) \cdot \ln\left(\frac{L_г^2}{b \cdot t_0}\right) = \left(\frac{300}{2 \cdot 3{,}14 \cdot 180}\right) \cdot \ln\left(\frac{180^2}{0{,}04 \cdot 0{,}7}\right) = 3{,}705 \text{ Ом}$$

4.1) Сопротивление горизонтальных электродов с учётом коэффициента использования.

$$R_{\Sigma г} = \frac{R_г \cdot K}{K_{иг}} = \frac{3{,}705 \cdot 1{,}65}{0{,}64} = 9{,}553 \text{ Ом}$$

5) Полное сопротивление заземляющего устройства:

$$R = \frac{R_\Sigma \cdot R_{\Sigma г}}{R_\Sigma + R_{\Sigma г}} = \frac{2{,}36 \cdot 9{,}553}{2{,}36 + 9{,}553} = 1{,}894 \text{ Ом} < 2{,}5 \text{ Ом}.$$

Заземляющее устройство образует единую систему с системой молниезащиты. Вертикальные электроды необходимо располагать в местах опусков токоотводов от молниеприёмного устройства на кровле. В случае если опусков токоотводов больше чем вертикальных электродов допускается увеличивать число вертикальных электродов, также присоединяя их к контуру заземления. По расчёту суммарное сопротивление вертикальных электродов (R_Σ) составляет 2,36 Ом. < 2,5 Ом. В данной конфигурации возможно не применять горизонтальные электроды для заземления, тем не менее нельзя исключать их из состава заземляющего устройства, т.к. они необходимы также для соединения вертикальных электродов, образуя замкнутый контур по периметру здания. В этом случае соединительная стальная полоса может быть проложена по стене здания. Такую конфигурацию допускается применять если заземляющее устройство монтируется на существующее здание и прокладка горизонтального электрода в траншее по периметру здания затруднена ввиду благоустроенной территории.

Итого: Основное заземляющее устройство поликлиники состоит из 14 вертикальных электродов длиной 6 м и горизонтального длиной 180 м.

Примечание:
* - Применение заполнителя грунтового SX-3 позволяет пренебречь сезонной корректировкой. Расчет сопротивления одиночного вертикального электрода приведен без учета климатического коэффициента сезонности сопротивления грунта;

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	BOLTA- ТП -ЗМ -Мед -23			
Разраб.					Поликлиника. Заземляющее устройство на основе вертикальных штыревых электродов. Расчёт.	Лит.	Лист 6	Листов
Пров.						ООО «БОЛТА»		
Н.контр								
Утв.								

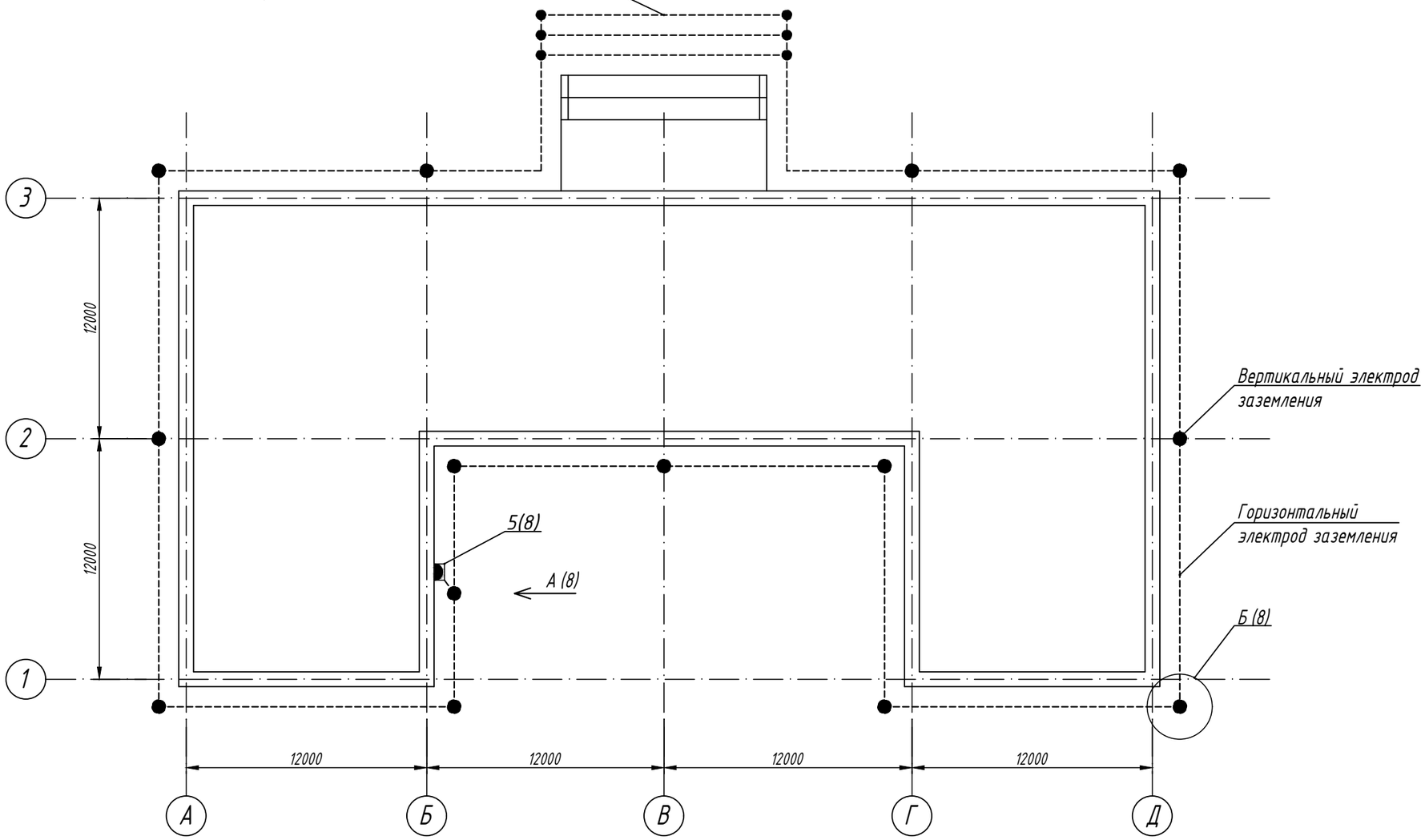
Копировал Формат А3

Перв. примен.

Справ. №

План

Для выравнивания потенциалов у входа в здание прокладываются проводники на расстоянии 1 и 2 м. от заземлителя на глубине 1 и 1,5 м. соответственно и выполняется соединение этих проводников с заземлителем.



Спецификацию изделий и оборудования см. лист 8

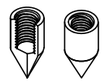
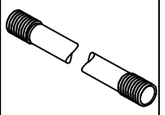
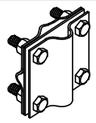
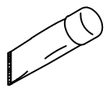
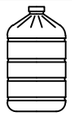
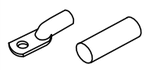
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	BOLTA- ТП-ЗМ-Мед-23		
Разраб.					Поликлиника. Заземляющее устройство на основе вертикальных штыревых электродов. План.	Лит.	Лист 7 / Листов
Пров.							
Н.контр						ООО «БОЛТА»	
Утв.							

Копировал Формат А3

Перв. примен.

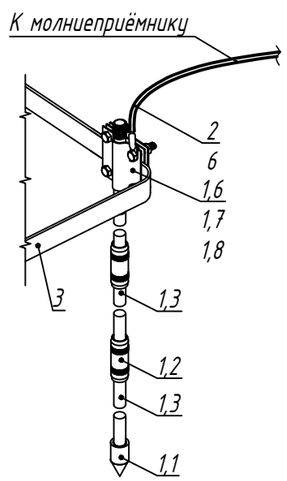
Справ. №

Спецификация материалов, необходимых для основного заземляющего устройства.

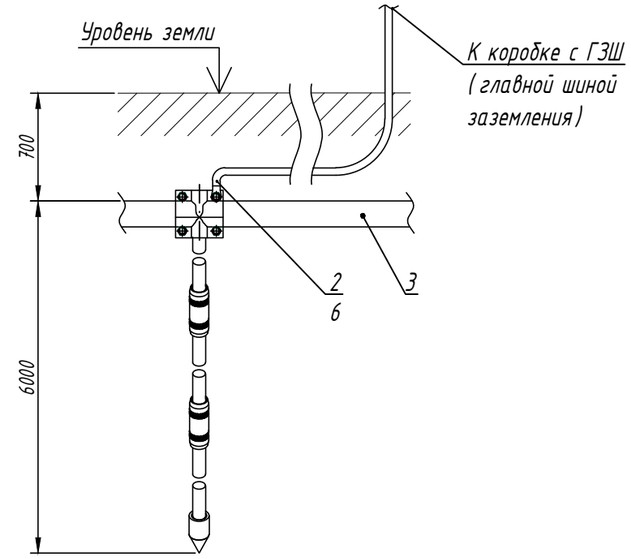
Поз	Внешний вид	Обозначение / артикул	Наименование	Кол-во	Ед.изм.
1			Типовой вертикальный электрод заземления	14	компл.
В один комплект вертикального электрода входит:					
1,1		4002	Стартовый наконечник М-16	1	шт.
1,2		3003	Муфта соединительная МС-16	4	шт.
1,3		630902	Стержень заземления СЗН-16-1500	4	шт.
1,4		5002	Болт удароприёмный БУ-16	1	шт.
1,5		КР-315	Колодец смотровой ревизионный	1	шт.
1,6		631102	Зажим универсальный крестообразный ЗУК-Н	1	шт.
1,7		630702	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		SDS-Max	Насадка на перфоратор	1	шт.
3		178547	Комплект заделки изолированного токоотвода в составе: наконечник медный луженый, термоусаживаемая муфта.	13	шт.

Поз	Внешний вид	Обозначение / артикул	Наименование	Кол-во	Ед.изм.
4		112358	** Трос алюминиевый изолированный Ø8 мм	10	м
5		ГЗШ-10	Коробка с шиной заземления	1	шт.
6			* Сталь полосовая оцинкованная	180	м

Узел Б (7)
вертикальный электрод



Вид А (7)



*Горизонтальный заземлитель допускается в трёх разных форм-факторах:

1. Медная полоса 25 х 3 мм (арт.765530);
2. Катанка медная 8 мм;
3. Сталь полосовая оцинкованная 40 х 4 мм.

**Трос алюминиевый изолированный также используется в качестве молниеотвода от молниеприёмника.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	BOLTA-ТП-3М-Мед-23			
Разраб.					Поликлиника. Заземляющее устройство на основе вертикальных штыревых электродов. Вид А, Узел Б, Спецификация.	Лит.	Лист	Листов
Пров.							8	
Н.контр						ООО «БОЛТА»		
Утв.								

Копировал Формат А3

Перв. примен.

Справ. №

Расчёт заземляющего устройства магнитно-резонансного томографа

Пример расчета контура заземления для магнитно-резонансного томографа. Величину сопротивления заземления определяем из документа "Технический циркуляр" Ассоциации "Росэлектромонтаж" №24/2009 Об обеспечении безопасности в медицинских помещениях. Нормируемое сопротивление 2 Ом.
Расчёт для варианта заземляющего устройства с вертикальными и горизонтальными электродами.
Исходные данные: (см. лист 4)

Грунт двухслойный:
Верхний слой - супесь (толщина 3,0 м), ρ=300 Ом·м
Нижний слой - глина каменистая, ρ=100 Ом·м
Климатическая зона - II.

https://bolta.pro/calc
Online калькулятор расчёта контура заземления

Задача: обеспечить сопротивление контура заземления не более 2 Ом.
Решение: используя формулы на листе 5, рассчитаем сопротивление заземляющего устройства. Принимаем длину вертикального электрода L_B=9,0 м

Выполняем расчёт:

1) Эквивалентное удельное сопротивление двухслойного грунта:

$$\rho_{гр} = \frac{\rho_1 \cdot \rho_2 \cdot k \cdot L_b}{\rho_1 \cdot (t_0 + k \cdot L_B - h) + \rho_2 \cdot (h - t_0)} = \frac{300 \cdot 100 \cdot 1{,}9}{300 \cdot (0{,}7 + 1 \cdot 9 - 3) + 100 \cdot (3 - 0{,}7)} = 120{,}54 \text{ Ом}^*$$

2) Сопротивление одиночного вертикального электрода длиной 9,0 м.:

$$R_B = \frac{\rho_{гр}}{2 \cdot П \cdot L_B} \cdot \left(\ln\left(\frac{2 \cdot L_B}{d_э}\right) + \frac{1}{2} \ln\left(\frac{4 \cdot t_1 + L_B}{4 \cdot t_1 - L_B}\right)\right) =$$

$$= \frac{120{,}5}{2 \cdot 3{,}14 \cdot 9} \cdot \left(\ln\left(\frac{2 \cdot 9}{0{,}016}\right) + \frac{1}{2} \ln\left(\frac{4 \cdot 5{,}2 + 9}{4 \cdot 5{,}2 - 9}\right)\right) = 15{,}97 \text{ Ом}$$

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

3) Количество необходимых активных электролитических электродов:

$$n = \frac{R_B}{R_н \cdot K_{ив}} = \frac{15{,}97}{2{,}0 \cdot 0{,}76} = 10{,}5 \approx 11 \text{ шт., округляем до ближайшего большего целого числа.}$$

Где: $K_{ив}$ = 0,76 - коэффициент использования вертикальных электродов

$$R_\Sigma = \frac{R_B}{n \cdot K_{ив}} = \frac{15{,}97}{11 \cdot 0{,}76} = 1{,}91 \text{ Ом}$$

4) Сопротивление горизонтального заземлителя. Горизонтальный заземлитель сталь полосовая оцинкованная 40х4 мм. Длина горизонтального заземлителя равна 50 м. Горизонтальный электрод расположен в верхнем слое грунта на глубине 0,7 м. По исходным данным тип грунта в этой области - супесь ρ=300 Ом·м

$$R_г = \left(\frac{\rho_{гр}}{2 \cdot П \cdot L_г}\right) \cdot \ln\left(\frac{L_г^2}{b \cdot t_0}\right) = \left(\frac{300}{2 \cdot 3{,}14 \cdot 50}\right) \cdot \ln\left(\frac{50^2}{0{,}04 \cdot 0{,}7}\right) = 10{,}89 \text{ Ом}$$

4.1) Сопротивление горизонтальных электродов с учётом коэффициента использования.

$$R_{\Sigma г} = \frac{R_г \cdot K}{K_{иг}} = \frac{10{,}89 \cdot 1{,}65}{0{,}34} = 52{,}86 \text{ Ом}$$

5) Полное сопротивление заземляющего устройства:

$$R = \frac{R_\Sigma \cdot R_{\Sigma г}}{R_\Sigma + R_{\Sigma г}} = \frac{1{,}91 \cdot 52{,}86}{1{,}91 + 52{,}86} = 1{,}84 \text{ Ом} < 2{,}0 \text{ Ом}.$$

Итого: Заземляющее устройство магнитно-резонансного томографа состоит из 11 вертикальных электродов длиной 9 м и горизонтального длиной 50 м.

Примечание:
* - Применение заполнителя грунтового SX-3 позволяет пренебречь сезонной корректировкой. Расчет сопротивления одиночного вертикального электрода приведен без учета климатического коэффициента сезонности сопротивления грунта;

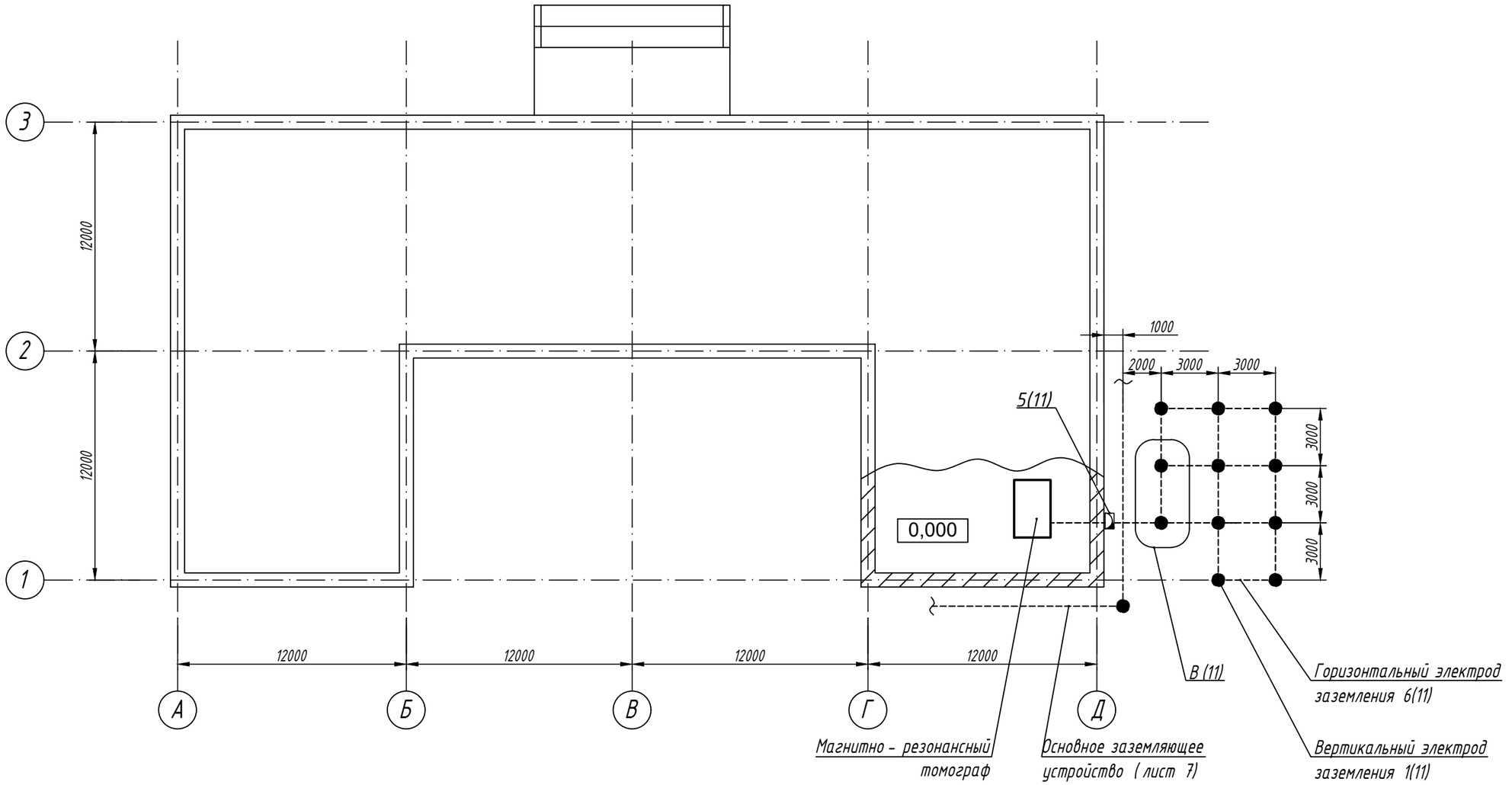
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	BOLTA-ТП-3М-Мед-23		
Разраб.					МРТ. Заземляющее устройство на основе вертикальных штыревых электродов. Расчёт.	Лит.	Лист 9 / Листов
Пров.						ООО «БОЛТА»	
Н.контр							
Утв.							

Копировал Формат А3

Перв. примен.

Справ. №

План



Позиции спецификации см.лист 11

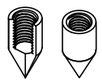
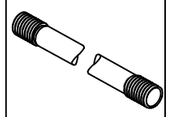
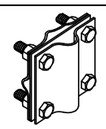
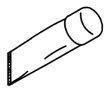
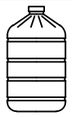
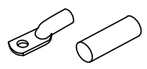
Заземляющий проводник от заземляющего устройства МРТ присоединяется к шине функционального заземления в коробке на стене здания. Шина функционального заземления присоединяется к главной заземляющей шине здания в рамках системы уравнивания потенциалов.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	BOLTA- ТП -ЗМ -Мед -23		
Разраб.					МРТ. Заземляющее устройство на основе вертикальных штыревых электродов. План.	Лит.	Лист 10 / Листов
Пров.							
Н.контр						ООО «БОЛТА»	
Утв.							

Копировал

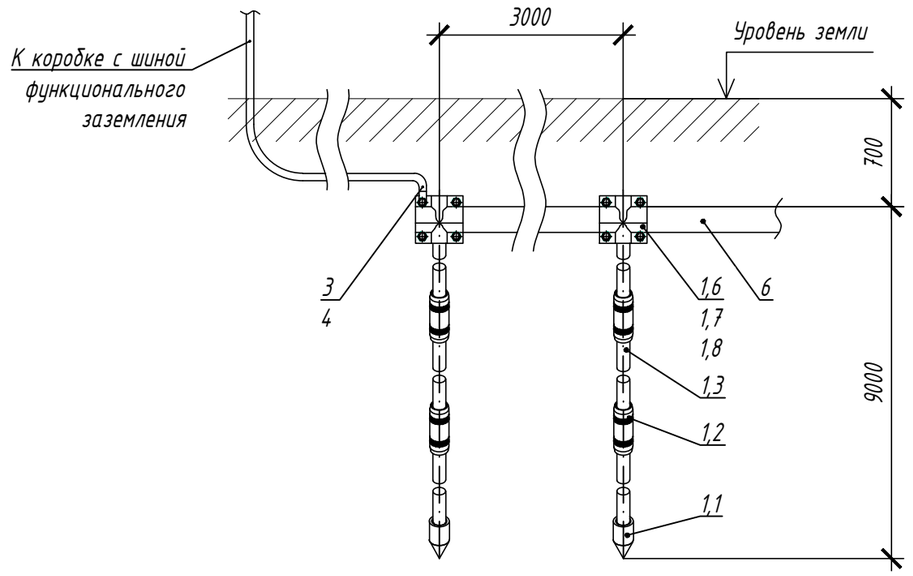
Формат А3

Спецификация материалов, необходимых для заземляющего устройства МРТ.

Поз	Внешний вид	Обозначение / артикул	Наименование	Кол-во	Ед.изм.
1			Типовой вертикальный электрод заземления	10	компл.
В один комплект вертикального электрода входит:					
1,1		4002	Стартовый наконечник М-16	1	шт.
1,2		3003	Муфта соединительная МС-16	6	шт.
1,3		630902	Стержень заземления СЗН-16-1500	6	шт.
1,4		5002	Болт удароприёмный БУ-16	1	шт.
1,5		КР-315	Колодец смотровой ревизионный	1	шт.
1,6		631102	Зажим универсальный крестообразный ЗУК-Н	1	шт.
1,7		630702	Лента гидроизоляционная, длина 1 м, ширина 150 мм	1	шт.
1,8			Паста контактная проводящая	0,2	тюбик
1,9		SX-3	Заполнитель грунтовый	4/1	кг / бут.
2		SDS-Max	Насадка на перфоратор	1	шт.
3		178547	Комплект заделки изолированного токоотвода в составе: наконечник медный луженый, термоусаживаемая муфта.	2	шт.

Поз	Внешний вид	Обозначение / артикул	Наименование	Кол-во	Ед.изм.
4		112358	** Трос алюминиевый изолированный Ø8 мм	10	м
5		ГЭШ-10	Коробка с шиной заземления	1	шт.
6			* Сталь полосовая оцинкованная	50	м

Вид В (10)



*Горизонтальный заземлитель допускается в трёх разных форм-факторах:

1. Медная полоса 25 х 3 мм (арт.765530);
2. Катанка медная 8 мм;
3. Сталь полосовая оцинкованная 40 х 4 мм.

** Трос алюминиевый изолированный также используется в качестве молниеотвода от молниеприёмника.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	BOLTA-ТП-3М-Мед-23		
Разраб.					МРТ. Заземляющее устройство на основе вертикальных штыревых электродов. Спецификация. Вид В.	Лит.	Лист 11 / Листов
Пров.						ООО «БОЛТА»	
Н.контр							
Утв.							

Копировал

Формат А3

Перв. примен.

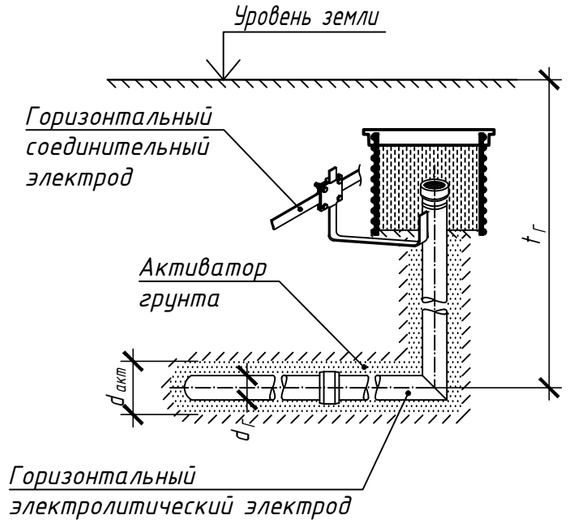
Справ. №

Перв. примен.

Справ. №

Рекомендации по расчету заземляющего устройства на основе горизонтальных электролитических электродов.

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:
   - 4.1. «Справочник по электроснабжению промышленных предприятий» А.А.Федорова;
   - 4.2. «Проектирование электроустановок жилых и общественных зданий и сооружений» Е.Г. Титова;
   - 4.3. «Руководство по проектированию, строительству и эксплуатации заземлений в установках проводной связи и радиотрансляционных узлов Издательство «Связь» МОСКВА 1971».



1. Горизонтальные электролитические электроды применяются как правило в случаях когда применение вертикальных штыревых или электролитических электродов затруднено из за особенностей грунтов: неглубокое залегание скальных пород, вечная мерзлота и т.п. Горизонтальные электроды располагаются в одном слое грунта, что позволяет не считать эквивалентное сопротивление двухслойного грунта.
2. Сопротивление растеканию одиночного горизонтального элетролитического электрода:

$$R_{ГЭ} = 0{,}37 \cdot C_{ас} \cdot K_2 \cdot \frac{\rho_{гр}}{l_Г} \cdot \left[lg \frac{2 \cdot L_Г}{d_Г} + lg \frac{L_Г}{2 \cdot t_Г} + \frac{\rho_{акт}}{\rho} \cdot lg \frac{d_{акт}}{d_Г} \right] \text{(Ом)}$$

Где:

$C_{ас}$=0,125- Коэффициент понижения сопротивления активного соляного электрода, получаемый за счёт замены околоэлектродного грунта низкоомным катализатором и образования электролита из соляного наполнителя, способствующих лучшему растеканию тока и снижению сопротивления окружающего грунта;

K_2 - Коэффициент промерзания, учитывающий сезонные колебания температуры грунта для горизонтальных заземлителей (см.табл.2 лист 13)

ρ - Удельное сопротивление грунта Ом·м;

$\rho_{акт}$ =2,5 Ом - Удельное сопротивление актватора грунта Ом·м;

$t_Г$ - Глубина прокладки электрода м;

$L_Г$ - Длина горизонтального электрода м;

$d_Г$ - Наружный диаметр электрода м;

$d_{акт}$ - Наружный диаметр активатора м;

3. Количество необходимых горизонтальных электролитических электродов:

$$n = \frac{R_{ГЭ}}{R_Н \cdot K_и}$$

Где:

n - количество электродов, шт. (всегда округляется до большего целого);

$R_Н$ - нормируемое сопротивление заземляющего устройства, Ом.

$K_и$ - коэффициент использования (экранирования) заземлителей (см. табл. 1 лист 13).

4. Суммарное сопротивление горизонтальных электролитических электродов:

$$R_\Sigma = \frac{R_{ГЭ}}{n \cdot K_и}$$

Примечание:

* - расчет сопротивления одиночного горизонтального электролитического электрода приведен без учета климатического коэффициента сезонности сопротивления грунта.

https://bolta.pro/calc
Online калькулятор расчёта контура заземления

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	BOLTA-ТП-ЗМ-Мед-23		
Разраб.					Рекомендации по расчету заземляющего устройства. Горизонтальные электролитические электроды	Лит.	Лист 12 / Листов
Пров.						ООО «БОЛТА»	
Н.контр							
Утв.							

Копировал Формат А3

Перв. примен.
Справ. №

5 Сопротивление горизонтального заземлителя (горизонтального соединительного электрода):

$$R_г = \left(\frac{\rho}{2 \cdot \Pi \cdot L_г}\right) \cdot \ln\left(\frac{L_г^2}{b \cdot t_0}\right)$$

Где:

$R_г$ – сопротивление горизонтального заземлителя, Ом;

$L_г$ – длина горизонтального заземлителя, м;

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

6 Суммарное сопротивление горизонтальных заземлитлей:

$$R_{\Sigma г} = \frac{R_Г \cdot K}{K_{иг}}$$

Где:

$K_{иг}$ – коэффициент использования горизонтального заземляющего проводника (см. табл. 1);

K – климатический коэффициент сезонности (см. табл. 2);

7 Полное сопротивление заземляющего устройства:

$$R = \frac{R_\Sigma \cdot R_{\Sigma г}}{R_\Sigma + R_{\Sigma г}}$$

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

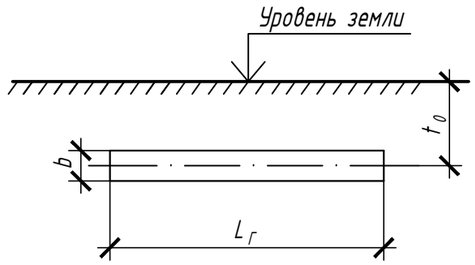


Таблица 1 – Значения коэффициента использования (экранирования) заземлителей

Для горизонтальных заземлителей							
Количество заземлителей	Расположение заземлителей в ряд			Количество заземлителей	Расположение заземлителей в ряд		
	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
-	-	-	-	70	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 при L=2–3 м	1,90	1,65	1,50	1,30
Значение коэф. промерзания – K_2	1,65	1,45	1,30	1
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

https://bolta.pro/calc
Online калькулятор расчёта контура заземления

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	BOLTA-ТП-3М-Мед-23		
Разраб.					Рекомендации по расчету заземляющего устройства. Горизонтальные соединительные электроды	Лит.	Лист 13 / Листов
Пров.						ООО «БОЛТА»	
Н.контр							
Утв.							

Копировал Формат А3

Перв. примен.

Справ. №

Расчёт основного заземляющего устройства медицинского учреждения

Пример расчета контура заземления для поликлиники.
Расчёт для варианта заземляющего устройства с горизонтальными электролитическими электродами.
Исходные данные за исключением состава грунта: (см. лист 4)

Грунт двухслойный:
Верхний слой - супесь (толщина 1,0 м), ρ=300 Ом·м
Нижний слой - скала, ρ=4000 Ом·м
Климатическая зона - II.

https://bolta.pro/calc
Online калькулятор расчёта контура заземления

Задача: обеспечить сопротивление контура заземления не более $R_н$=2,5 Ом.
Решение: используя формулы на листе 7, рассчитаем сопротивление заземляющего устройства. Принимаем длину электролитического электрода $L_г$=3,0 м

Выполняем расчёт:

1. Эквивалентное удельное сопротивление грунта:
В данном варианте на глубине больше 1м. скальные грунты, сильно затрудняющие применение вертикальных заземлителей, следовательно применяем горизонтальные элекролитические электроды. Глубина залегания такого электрода не превышает 1,0 м, следовательно для расчёта применяем сопротивление только верхнего слоя грунта ρ=300 Ом·м.

2. Сопротивление одиночного вертикального электрода длиной 3,0 м.:

$$R_{ГЭ} = 0{,}37 \cdot C_{ас} \cdot K_2 \cdot \frac{\rho_{гр}}{l_г} \cdot \left[lg \frac{2 \cdot L_г}{d_г} + lg \frac{L_г}{2 \cdot t_г} + \frac{\rho_{акт}}{\rho} \cdot lg \frac{d_{акт}}{d_г} \right] =$$

$$= 0{,}37 \cdot 0{,}125 \cdot 1{,}45 \cdot \frac{300}{3} \cdot \left[lg \frac{2 \cdot 3}{0{,}06} + lg \frac{3}{2 \cdot 0{,}7} + \frac{2{,}5}{300} \cdot lg \frac{0{,}25}{0{,}06} \right] = 15{,}67 \text{ Ом}$$

3. Количество необходимых горизонтальных электролитических электродов:

$$n = \frac{R_{ГЭ}}{R_н \cdot K_и} = \frac{15{,}67}{2{,}5 \cdot 0{,}76} = 8{,}25 \approx 9 \text{ шт.}$$

Где:
n - количество электродов, шт. (всегда округляется до большего целого);
$R_н$ - нормируемое сопротивление заземляющего устройства, Ом;
$K_и$ - коэффициент использования (экранирования) заземлителей (см. табл. 1 лист 13).

4. Суммарное сопротивление горизонтальных электролитических электродов:

$$R_Σ = \frac{R_{ГЭ}}{n \cdot K_и} = \frac{15{,}67}{9 \cdot 0{,}76} = 2{,}3 \text{ Ом}$$

5 Сопротивление горизонтального заземлителя (горизонтального соединительного электрода):

$$R_г = \left(\frac{\rho}{2 \cdot П \cdot L_г} \right) \cdot ln \left(\frac{L_г^2}{b \cdot t_0} \right) = \left(\frac{300}{2 \cdot 3{,}14 \cdot 180} \right) \cdot ln \left(\frac{180^2}{0{,}04 \cdot 0{,}7} \right) = 3{,}7 \text{ Ом}$$

6 Суммарное сопротивление горизонтальных заземлитлей:

$$R_{Σг} = \frac{R_г \cdot K}{K_{иг}} = \frac{3{,}7 \cdot 1{,}65}{0{,}34} = 17{,}98$$

Где:
$K_{иг}$ - коэффициент использования горизонтального заземляющего проводника (см. табл.1 лист 13);
K - климатический коэффициент сезонности (см. табл.2 лист 13);

7 Полное сопротивление заземляющего устройства:

$$R_{Σг} = \frac{R_Σ \cdot R_{Σг}}{R_Σ + R_{Σг}} = \frac{2{,}3 \cdot 17{,}98}{2{,}3 + 17{,}98} = 2{,}03 \text{ Ом} < 2{,}5 \text{ Ом}.$$

Заземляющее устройство образует единую систему с системой молниезащиты. Горизонтальные электролитические электроды необходимо располагать в местах опусков токоотводов от молниеприёмного устройства на кровле. В случае если опусков токоотводов больше чем электродов допускается увеличивать число электролитических электродов, также присоединяя их к контуру заземления. По расчёту суммарное сопротивление горизонтальных электролитических электродов ($R_Σ$) составляет 2,3 Ом. < 2,5 Ом. В данной конфигурации возможно не применять горизонтальные соединительные электроды для заземления, тем не менее нельзя исключать их из состава заземляющего устройства, т.к. они необходимы также для соединения электролитических электродов, образуя замкнутый контур по периметру здания. В этом случае соединительная стальная полоса может быть проложена по стене здания. Такую конфигурацию допускается применять если заземляющее устройство монтируется на существующее здание и прокладка горизонтального электрода в траншее по периметру здания затруднена ввиду благоустроенной территории.

Итого: Основное заземляющее устройство поликлиники состоит из 9 горизонтальных электролитических электродов длиной 3 м и горизонтальной соединительной полосы длиной 180 м.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	BOLTA-ТП-ЗМ-Мед-23		
Разраб.					Поликлиника. Заземляющее устройство на основе горизонтальных электролитических электродов. Расчёт.	Лит.	Лист 14 / Листов
Пров.							
Н.контр						ООО «БОЛТА»	
Утв.							

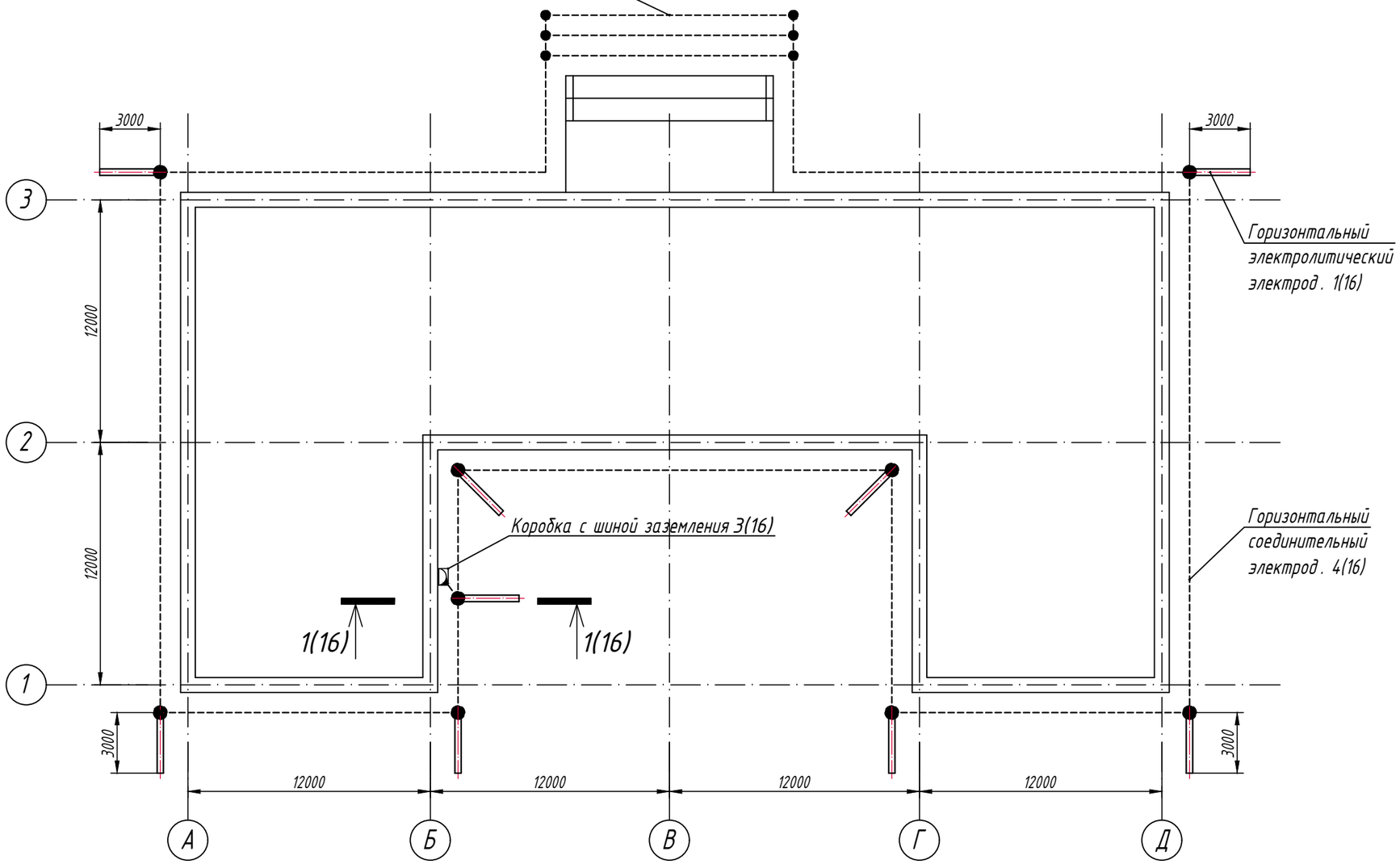
Копировал Формат А3

Перв. примен.

Справ. №

План

Для выравнивания потенциалов у входа в здание прокладываются проводники на расстоянии 1 и 2 м. от заземлителя на глубине 1 и 1,5 м. соответственно и выполняется соединение этих проводников с заземлителем.



Позиции спецификации см.лист 16

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	BOLTA- ТП -3М -Мед -23		
Разраб.					Поликлиника. Заземляющее устройство на основе горизонтальных электролитических электродов. План.	Лит.	Лист 15 / Листов
Пров.							
Н.контр						ООО «БОЛТА»	
Утв.							

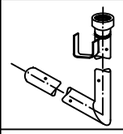
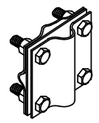
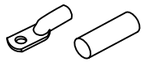
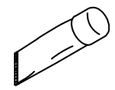
Копировал

Формат А3

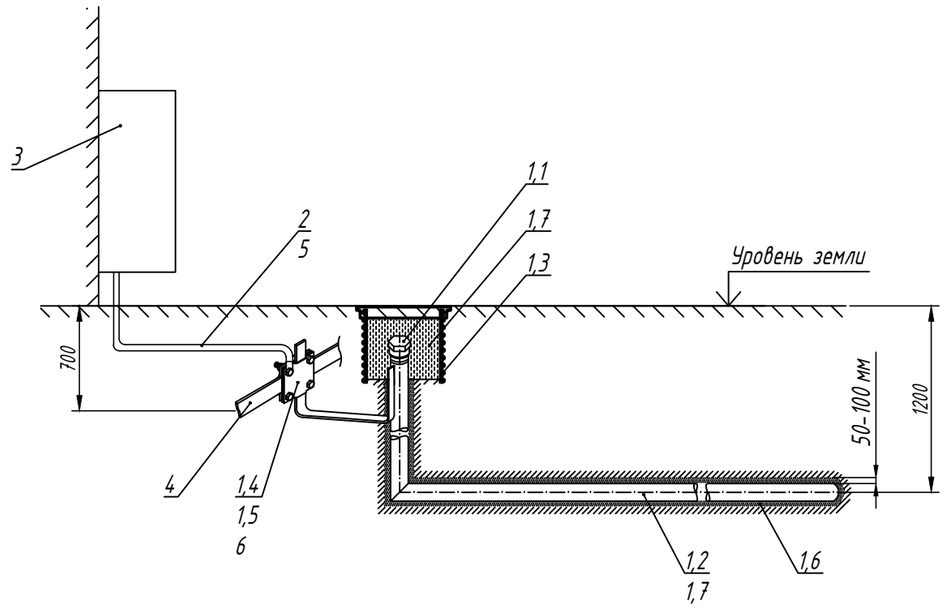
Перв. примен.

Справ. №

Спецификация материалов, необходимых для заземляющего устройства поликлиники

Поз	Внешний вид	Обозначение / артикул	Наименование	Кол-во	Ед.изм.
1			Электролитический электрод заземления горизонтального исполнения	9	компл.
В один комплект вертикального электрода входит:					
1,1		ГМ-58	Головка монтажная	1	шт.
1,2		ЗЗУ-60х4-3000	Электрод заземления угловой, стенка 4 мм L=3,0 м	1	шт.
1,3		КР-315	Колодец смотровой ревизионный	1	шт.
1,4		631102	Зажим универсальный крестообразный ЗУК-Н	1	шт.
1.5		630702	Лента гидроизоляционная, длина 1 м, ширина 150 мм	1	шт.
1.6			Активатор грунта	90/3	кг/мешок
1.7			Электролитическая смесь	15/1	кг/мешок
2		178547	Комплект заделки изолированного токоотвода в составе: наконечник медный луженый, термоусаживаемая муфта.	2	шт.
3		ГЗШ-10	Коробка с шиной заземления	1	шт.
4			*Сталь полосовая оцинкованная	180	м
5		112358	**Токоотвод изолированный - СИП-3 1х50	5	м
6			Паста контактная проводящая	3	тюбик

1-1(15)



*Горизонтальный заземлитель допускается в трёх разных форм-факторах:

1. Медная полоса 25х3 мм (арт.765530);
2. Катанка медная 8 мм;
3. Сталь полосовая оцинкованная 40х4 мм.

**Трос алюминиевый изолированный также используется в качестве молниеотвода от молниеприёмника.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	BOLTA-ТП-3М-Мед-23		
Разраб.					Поликлиника. Заземляющее устройство на основе горизонтальных электролитических электродов. Спецификация. Разрез 1-1.	Лит.	Лист 16 / Листов
Пров.						ООО «БОЛТА»	
Н.контр							
Утв.							

Копировал Формат А3

Перв. примен.
Справ. №

Расчёт заземляющего устройства магнитно-резонансного томографа

Пример расчета контура заземления для магнитно-резонансного томографа. Величину сопротивления заземления определяем из документа "Технический циркуляр" Ассоциации "Росэлектромонтаж" №24/2009 Об обеспечении безопасности в медицинских помещениях. Нормируемое сопротивление 2 Ом.
Расчёт для варианта заземляющего устройства с горизонтальными электролитическими электродами.
Исходные данные за исключением состава грунта: (см. лист 4)

Грунт двухслойный:
Верхний слой - супесь (толщина 1,0 м), ρ =300 Ом·м
Нижний слой - скала, ρ=4000 Ом·м
Климатическая зона - II.

https://bolta.pro/calc
Online калькулятор расчёта контура заземления

Задача: обеспечить сопротивление контура заземления не более 2 Ом.
Решение: используя формулы на листе 12-13, рассчитаем сопротивление заземляющего устройства. Принимаем длину электролитического электрода $L_Г$=5,0 м.
Длина горизонтального соединительного электрода составляет 30 м.

Выполняем расчёт:

1. Эквивалентное удельное сопротивление грунта:
В данном варианте на глубине больше 1 м. скальные грунты, сильно затрудняющие применение вертикальных заземлителей, следовательно применяем горизонтальные элекролитические электроды. Глубина залегания такого электрода не превышает 1,0 м, следовательно для расчёта применяем сопротивление только верхнего слоя грунта ρ =300 Ом·м.

2. Сопротивление одиночного вертикального электрода длиной 5,0 м.:

$$R_{ГЭ} = 0{,}37 \cdot C_{ас} \cdot K_2 \cdot \frac{\rho_{гр}}{l_Г} \cdot \left[lg\,\frac{2 \cdot L_Г}{d_Г} + lg\,\frac{L_Г}{2 \cdot t_Г} + \frac{\rho_{акт}}{\rho} \cdot lg\,\frac{d_{акт}}{d_Г} \right] =$$

$$= 0{,}37 \cdot 0{,}125 \cdot 1{,}45 \cdot \frac{300}{5} \cdot \left[lg\,\frac{2 \cdot 5}{0{,}06} + lg\,\frac{5}{2 \cdot 0{,}7} + \frac{2{,}5}{300} \cdot lg\,\frac{0{,}25}{0{,}06} \right] = 11{,}19 \text{ Ом}$$

3. Количество необходимых горизонтальных электролитических электродов:

$$n = \frac{R_{ГЭ}}{R_Н \cdot K_и} = \frac{11{,}19}{2{,}0 \cdot 0{,}91} = 6{,}15 \approx 7 \text{ шт.}$$

Где:
n - количество электродов, шт. (всегда округляется до большего целого);
$R_Н$ - нормируемое сопротивление заземляющего устройства, Ом;
$K_и$ - коэффициент использования (экранирования) заземлителей (см. табл. 1 лист 13).

4. Суммарное сопротивление горизонтальных электролитических электродов:

$$R_\Sigma = \frac{R_{ГЭ}}{n \cdot K_и} = \frac{11{,}19}{7 \cdot 0{,}91} = 1{,}76 \text{ Ом}$$

5 Сопротивление горизонтального заземлителя (горизонтального соединительного электрода):

$$R_г = \left(\frac{\rho}{2 \cdot П \cdot L_г} \right) \cdot ln\left(\frac{{L_г}^2}{b \cdot t_0} \right) = \left(\frac{300}{2 \cdot 3{,}14 \cdot 30} \right) \cdot ln\left(\frac{30^2}{0{,}04 \cdot 0{,}7} \right) = 16{,}53 \text{ Ом}$$

6 Суммарное сопротивление горизонтальных заземлитлей:

$$R_{\Sigma Г} = \frac{R_Г \cdot K}{K_{иг}} = \frac{16{,}53 \cdot 1{,}65}{0{,}77} = 35{,}4$$

Где:
$K_{иг}$ - коэффициент использования горизонтального заземляющего проводника (см. табл.1 лист 13);
K - климатический коэффициент сезонности (см. табл.2 лист 13);

7 Полное сопротивление заземляющего устройства:

$$R_{\Sigma Г} = \frac{R_\Sigma \cdot R_{\Sigma Г}}{R_\Sigma + R_{\Sigma Г}} = \frac{1{,}76 \cdot 35{,}4}{1{,}76 + 35{,}4} = 1{,}67 \text{ Ом} < 2{,}0 \text{ Ом}.$$

Заземляющее устройство магнитно-резонансного томографа выполняется отдельно от основного заземления здания и не присоединяется к системе молниезащиты.

Итого: Основное заземляющее устройство МРТ состоит из 8 горизонтальных электролитических электродов длиной 5 м и горизонтальной соединительной полосы длиной 30 м.

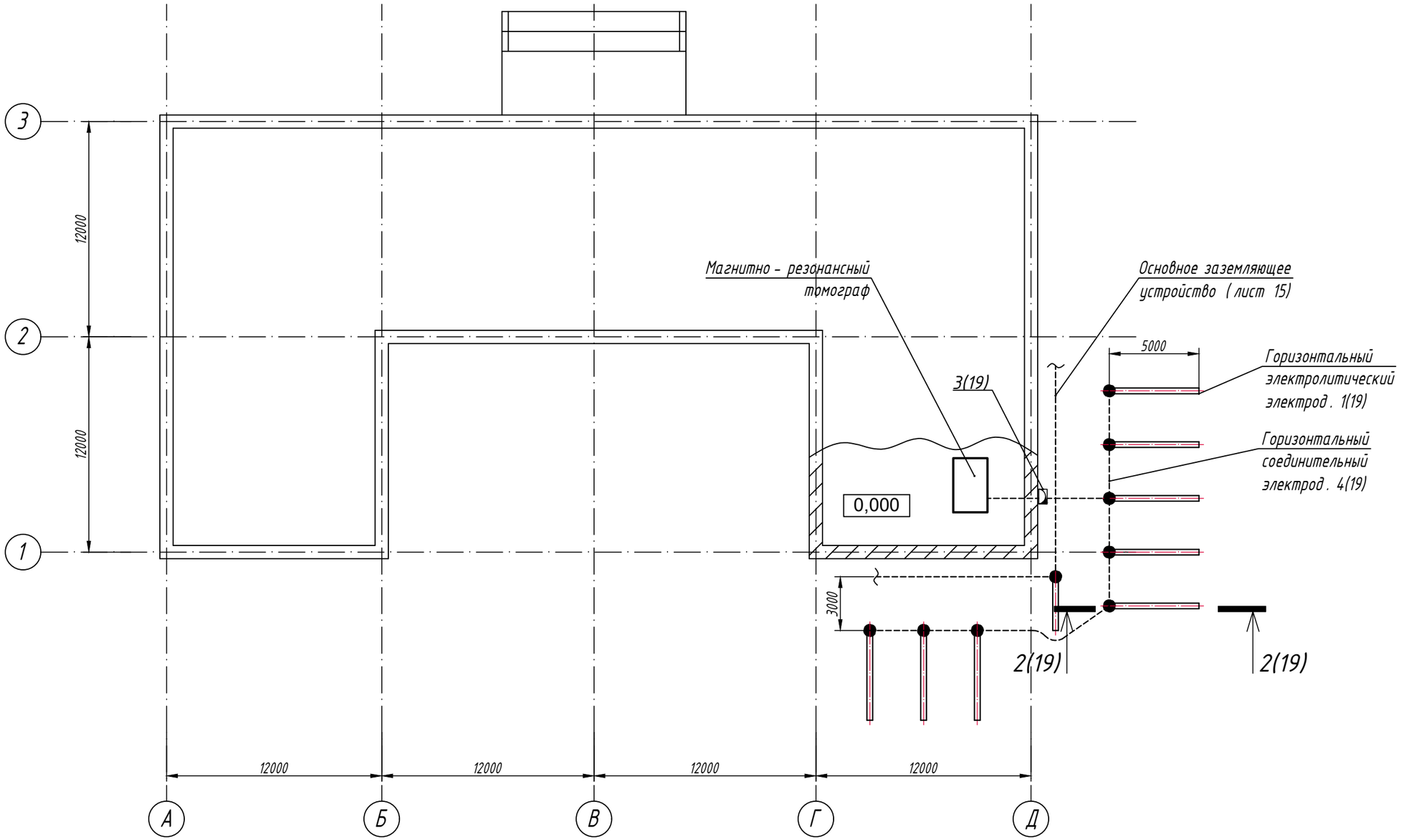
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	BOLTA-ТП-ЗМ-Мед-23		
Разраб.					МРТ. Заземляющее устройство на основе горизонтальных электролитических электродов. Расчёт.	Лит.	Лист 17 / Листов
Пров.							
Н.контр						ООО «БОЛТА»	
Утв.							

Копировал Формат А3

Перв. примен.

Справ. №

План



Позиции спецификации см.лист 19

Заземляющий проводник от заземляющего устройства МРТ присоединяется к шине функционального заземления в коробке на стене здания. Шина функционального заземления присоединяется к главной заземляющей шине здания в рамках системы уравнивания потенциалов.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	BOLTA- ТП -ЗМ -Мед -23		
Разраб.					МРТ. Заземляющее устройство на основе горизонтальных электролитических электродов. План.	Лит.	Лист 18 / Листов
Пров.							
Н.контр						ООО «БОЛТА»	
Утв.							

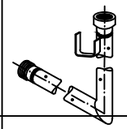
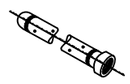
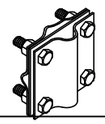
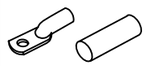
Копировал

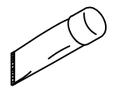
Формат А3

Перв. примен.

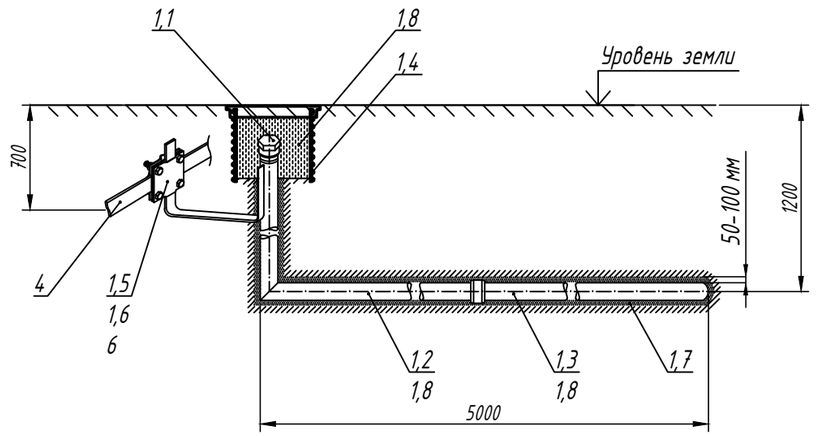
Справ. №

Спецификация материалов, необходимых для заземляющего устройства МРТ

Поз	Внешний вид	Обозначение / артикул	Наименование	Кол-во	Ед.изм.
1			Электролитический электрод заземления горизонтального исполнения	8	компл.
В один комплект горизонтального электролитического электрода входит:					
1,1		ГМ-58	Головка монтажная	1	шт.
1,2		ЗЗУ-60 х 4-2500	Электрод заземления угловой, стенка 4 мм L=2,5 м	1	шт.
1,3		ЗЗК-60 х 4-2500	Электрод заземления концевой, стенка 4 мм L=2,5 м	1	шт.
1,4		КР-315	Колодец смотровой ревизионный	1	шт.
1.5		631102	Зажим универсальный крестообразный ЗУК-Н	1	шт.
1.6		630702	Лента гидроизоляционная, длина 1 м, ширина 150 мм	1	шт.
1.7			Активатор грунта	90/3	кг / мешок
1.8			Электролитическая смесь	15/1	кг / мешок
2		178547	Комплект заделки изолированного токоотвода в составе: наконечник медный луженый, термоусаживаемая муфта.	2	шт.
3		ГЗШ-10	Коробка с шиной заземления	1	шт.

Поз	Внешний вид	Обозначение / артикул	Наименование	Кол-во	Ед.изм.
4			*Сталь полосовая оцинкованная	30	м
5		112358	**Токоотвод изолированный - СИП-3 1х50	5	м
6			Паста контактная проводящая	3	тюбик

2-2(18)



*Горизонтальный заземлитель допускается в трёх разных форм-факторах:

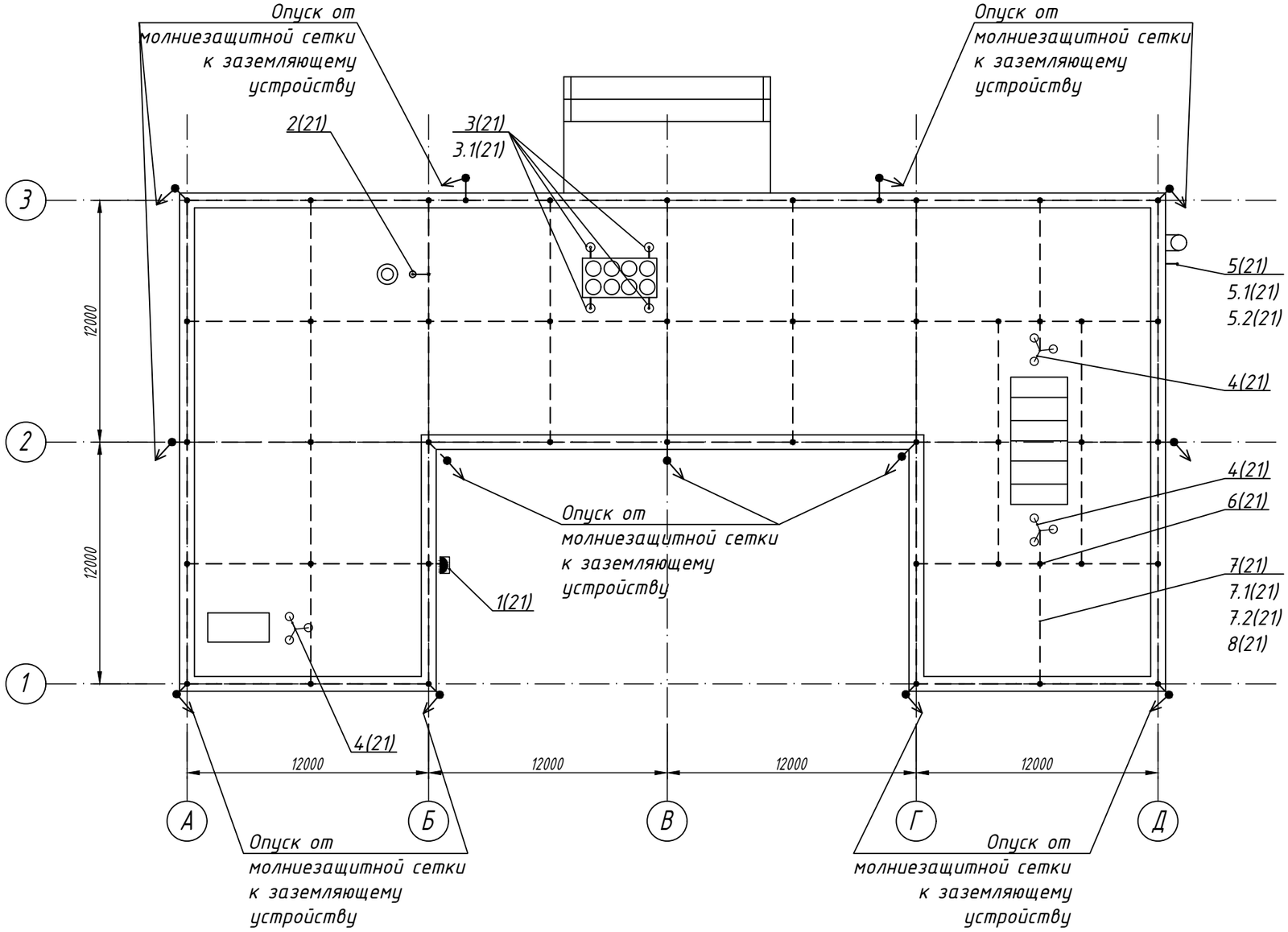
1. Медная полоса 25 х 3 мм (арт.765530);
2. Катанка медная 8 мм;
3. Сталь полосовая оцинкованная 40 х 4 мм.

**Трос алюминиевый изолированный используется для соединения контура заземления с главной заземляющей шиной.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	BOLTA-ТП-3М-Мед-23		
Разраб.					МРТ. Заземляющее устройство на основе горизонтальных электролитических электродов. Спецификация. Разрез 2-2.	Лит.	Лист 19 / Листов
Пров.							
Н.контр						ООО «БОЛТА»	
Утв.							

Копировал Формат А3

Перв. примен.
Справ. №



Основным молниеприёмником является сетка (поз. 8), которая устанавливается на плоской кровле при помощи держателей токоотвода (поз.7, 7.1, 7.2). Для защиты оборудования и архитектурных элементов, выдающихся над основной кровлей и не попадающих в зону защиты молниеприёмной сетки устанавливаются стержневые молниеприёмники. Данные молниеприёмники соединяются с молниеприёмной сеткой, образуя единое молниезащитное устройство

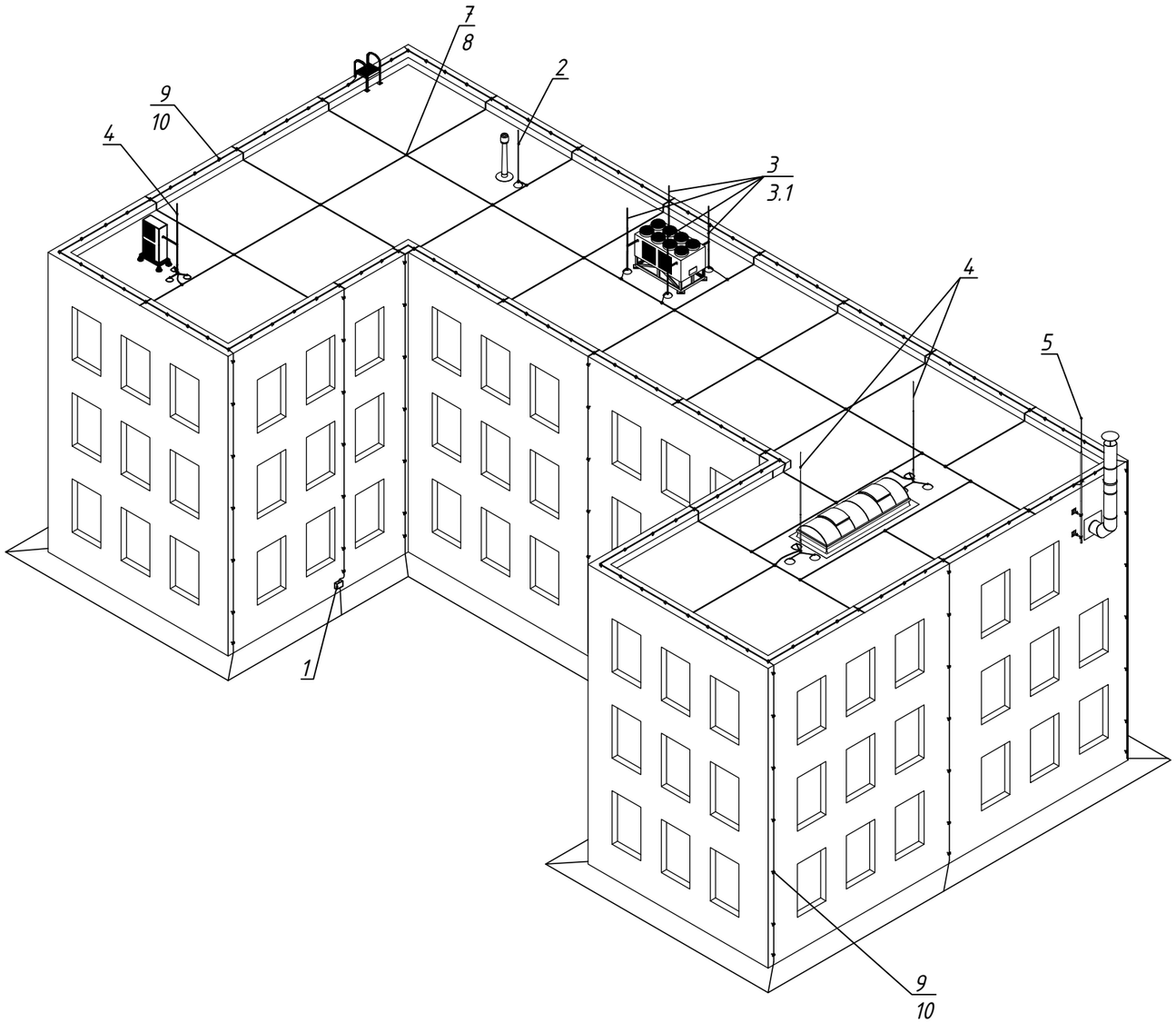
Спуск токопровода к заземляющему устройству для уменьшения токового пути выполняется не более чем через 20 м. В месте присоединения токоотвода к заземляющему устройству должен быть установлен вертикальный или горизонтальный электролитический электрод. По стене здания в роли токоотвода используется изолированный провод (поз.9). Переход от неизолированного провода к изолированному выполняется посредством зажима (поз.6) с использованием пасты контактной (поз.12). Один из опусков токоотвода к заземляющему устройству, ближайший к вводному электрощитку, провести через коробку с ГЗШ (главная заземляющая шина) (поз.1). К ГЗШ также подключается нулевой провод электроснабжения здания "N" и происходит разделение на шину "PE" и "N". Таким образом в здании организуется система заземления TN-C-S. В случае если в здании организуется система заземления TN-S, ГЗШ используется для подключения шины "PE". Для предупреждения окислительных процессов при монтаже применять комплект концевой заделки (поз.11) с использованием пасты контактной (поз.12).

Спецификацию изделий и оборудования см. лист 21

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	BOLTA- ТП -ЗМ -Мед -23		
Разраб.					Молниезащита поликлиники. План.	Лит.	Лист 20 / Листов
Пров.							
Н.контр						ООО «БОЛТА»	
Утв.							

Перв. примен.

Справ. №



Спецификация материалов, необходимых для молниезащиты поликлиники

Поз	Обозначение / артикул	Наименование	Кол-во	Ед.изм
1	443559	Коробка с зажимами заземления ГЗШ-3М	1	шт.
2	630323	Комплект молниеприёмника 2,0м	1	шт.
3	630323	Комплект молниеприёмника 4,0м	4	шт.
3.1	178737	Держатель молниеприёмника Г-образный	5	шт.
4	630352	Комплект молниеприёмника 5,0м	3	шт.
5	МС-5	Комплект молниеприёмника стенового 5,0м в составе:	1	шт.
5.1	610445	Мачта 5 метров	1	шт.
5.2	КР-5	Кронштейн для мачты и молниеприёмника	2	шт.
6	РЗА-10	Зажим		шт.
7	178515	Держатель токоотвода пластиковый для плоской крыши	260	шт.
7.1		Утяжелитель (песок, бетон)	0,17	$м^3$
7.2	630358	Лента битумная 2-х сторонняя для держателей токоотвода	1,2	м.
8	442564	Токоотвод трос алюминиевый неизолированный ⌀11мм	380	м.
9	112358	Токоотвод - трос алюминиевый изолированный ⌀8мм	115	м.
10	ДТДГ-10	Держатель токоотвода шпилька (дюбель-гвоздь)	190	шт.
11	178547	Комплект заделки изолированного токоотвода в составе: наконечник медный луженый, термоусаживаемая муфта.	4	шт.
12		Паста контактная проводящая	1	шт.

Категория молниезащиты определяется в зависимости от среднегодовой продолжительности гроз в месте нахождения здания или сооружения, а также от ожидаемого количества поражений его молнией в год. Устройство молниезащиты обязательно при одновременном выполнении условий, записанных в графах 3 и 4 табл. 1. (РД 34.21.122-87, п.1.1, табл. 1).

В соответствии с инструкцией по устройству молниезащиты зданий и сооружений РД 34.21.122-87 проектом предусматривается молниезащита обычных сооружений по III категории (зона Б).

В соответствии с РД 34.21.122-87 проектом предусмотрено молниезащита для здания поликлиники с мягкой кровлей.

В качестве молниеприемника предусмотрена молниеприемная сетка, установленная на крыше здания с шагом ячейки 10 м. Сетка выполнена из горячеоцинкованного прутка ⌀8 мм.

В качестве токоотводов используется горячеоцинкованный пруток ⌀8 мм.

В качестве горизонтального заземлителя используется стальная оцинкованная полоса 40 х 4 мм проложенная в земле на глубине 0,7 м. В местах соединения токоотвода и горизонтального заземлителя предусмотрена установка вертикальных стержней заземления или горизонтальных электролитических стержней в зависимости от конфигурации заземляющего устройства.

*Спецификация материалов, необходимых для заземляющего устройства зависит от его конфигурации и отражена отдельно см. лист 8, 16.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	BOLTA-ТП-3М-Мед-23		
Разраб.					Молниезащита поликлиники. Спецификация.	Лит.	Лист 21 / Листов
Пров.						ООО «БОЛТА»	
Н.контр							
Утв.							

Копировал Формат А3