ВОЛЬТ-СПБ

АЛЬБОМ ТИПОВЫХ РЕШЕНИЙ ВОЛЬТ-СПБ.АТР2-ОГЭ-10/22

ОБЪЕМНЫЙ ГРАФИТОВЫЙ ЭЛЕКТРОД «АСПИД» ТУ 3418-001-65897260-2012

МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И РАБОЧИЕ ЧЕРТЕЖИ

2022 г.

ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ «ВОЛЬТ-СПБ»

АЛЬБОМ ТИПОВЫХ РЕШЕНИЙ
ВОЛЬТ-СПБ.АТР 2-ОГЭ-10/22

ОБЪЕМНЫЙ
ГРАФИТОВЫЙ ЭЛЕКТРОД «АСПИД»
ТУ 3418-001-65897260-2012

МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И РАБОЧИЕ ЧЕРТЕЖИ

УТВЕРЖДАЮ:
Генеральный директор ООО «ВОЛЬТ-СПБ»

_____ А.Б. Стрелов

2022 г.

Перв. примен.

Справ. №

Содержание

Обозначение	Наименование	Стр.
ВОЛЬТ-СПБ.АТР2-ОГЭ-10/22.ЭС	Общие данные	2-3
ВОЛЬТ-СПБ.АТР2-ОГЭ-10/22.ЭС.ГЧ	Комплектующие электрода «АСПИД»	4
ВОЛЬТ-СПБ.АТР2-ОГЭ-10/22.ЭС.И	Инструкция по монтажу объемного графитового электрода ОГ-АСПИД-М3О-А	5
ВОЛЬТ-СПБ.АТР2-ОГЭ-10/22.ЭС.РР	Рекомендации по расчетам заземляющего устройства	6
ВОЛЬТ-СПБ.АТР2-ОГЭ-10/22.ЭС.ТЧ1	Пример расчета защитного заземления опоры ВЛ с использованием электродов «АСПИД»	7
ВОЛЬТ-СПБ.АТР2-ОГЭ-10/22.ЭС.ТЧ2	Пример расчета защитного заземления ТП-6(10)/0,4 кВ с использованием электродов «АСПИД»	8
Приложение А	Таблица усредненных значений удельных сопротивлений грунтов	9
Приложение Б	Таблица значений коэффициента понижения сопротивления объемного графитового электрода ($k_{Б3}$) в зависимости от категории грунта	10

Пояснительная записка

1. Вводная часть

1.1. Альбом типовых решений ВОЛЬТ-СПБ.АТР2-ОГЭ-10/22 «Объемный графитовый электрод «АСПИД» ТУ 3418-001-65897260-2012 (далее - Альбом) разработан ООО «ВОЛЬТ-СПБ» (г. Санкт-Петербург).

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 «Электроустановки низковольтные. Часть 5-54. Выбор и монтаж электрооборудования. Заземляющие устройства, защитные проводники и защитные проводники уравнивания потенциалов»;
- 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 ОАО «Газпром»;
- Другие справочные и нормативные документы.
- 1.2. Материалы альбома предназначены для выполнения расчетов, проектных и монтажных работ по организации заземляющего устройства объемными графитовыми электродами «АСПИД» электроустановок переменного и постоянного тока до и выше 1 кВ, а также заземления устройств молниезащиты.

2. Область применения

2.1. Объемные графитовые электроды «АСПИД» предназначены для применения в грунтах с высоким удельным сопротивлением от 100 до 1000 Ом·м или в водонасыщенных грунтах, например, болотистой местности.

3. Принцип работы

3.1. Принцип действия объемного графитового электрода основан на локальной замене околоэлектродного грунта на низкоомную многокомпонентную активную токопроводящую смесь «МАСТ» (далее - «МАСТ»), в состав которой входит графитовая смесь с добавлением специальных добавок. Благодаря добавкам «МАСТ» не подвержена вымыванию и растрескиванию в процессе эксплуатации и образует зону вокруг электрода, которая хорошо проводит электрический ток. Значение удельного сопротивления смеси «МАСТ» остается стабильным круглый год. Замена околоэлектродного грунта смесью «МАСТ» существенно уменьшает сопротивление заземлителя за счет многократного увеличения площади токоотдающей поверхности системы.

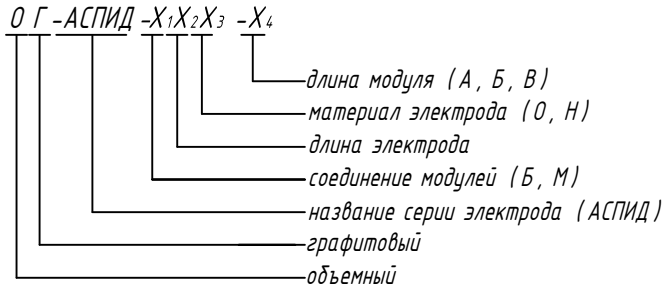
3.2. Объемный графитовый электрод «АСПИД» является необслуживаемым и не требует дополнительных эксплуатационных затрат на протяжении всего срока службы.

3.3. Монтаж объемного графитового электрода «АСПИД» можно выполнить двумя способами:

- в скважину диаметром 80 мм (рекомендуемый способ);
- погружение электрода с помощью виброинструмента.

При монтаже электрода с помощью виброинструмента необходимо подготовить инъекционный насос для закачивания токопроводящего раствора «МАСТ».

Расшифровка условного обозначения



Длина модуля: А - 1,5 м; Б - 3 м; В - 6 м.

Материал электрода: О - оцинкованная сталь; Н - нержавеющая сталь.

Длина электрода: 1,5/3/4,5/6/7,5/9/10,5/12 м, электроды длиной более 6 м изготавливаются исключительно модульного типа.

Соединение модулей: Б - цельнометаллический; М - соединение модулей между собой при помощи резьбовых муфтовых соединений.

Пример записи: ОГ-АСПИД-Б3О-Б - объемный графитовый электрод, цельнометаллический, длина электрода - 3 м, материал - оцинкованная сталь, длина модуля - 3 м.

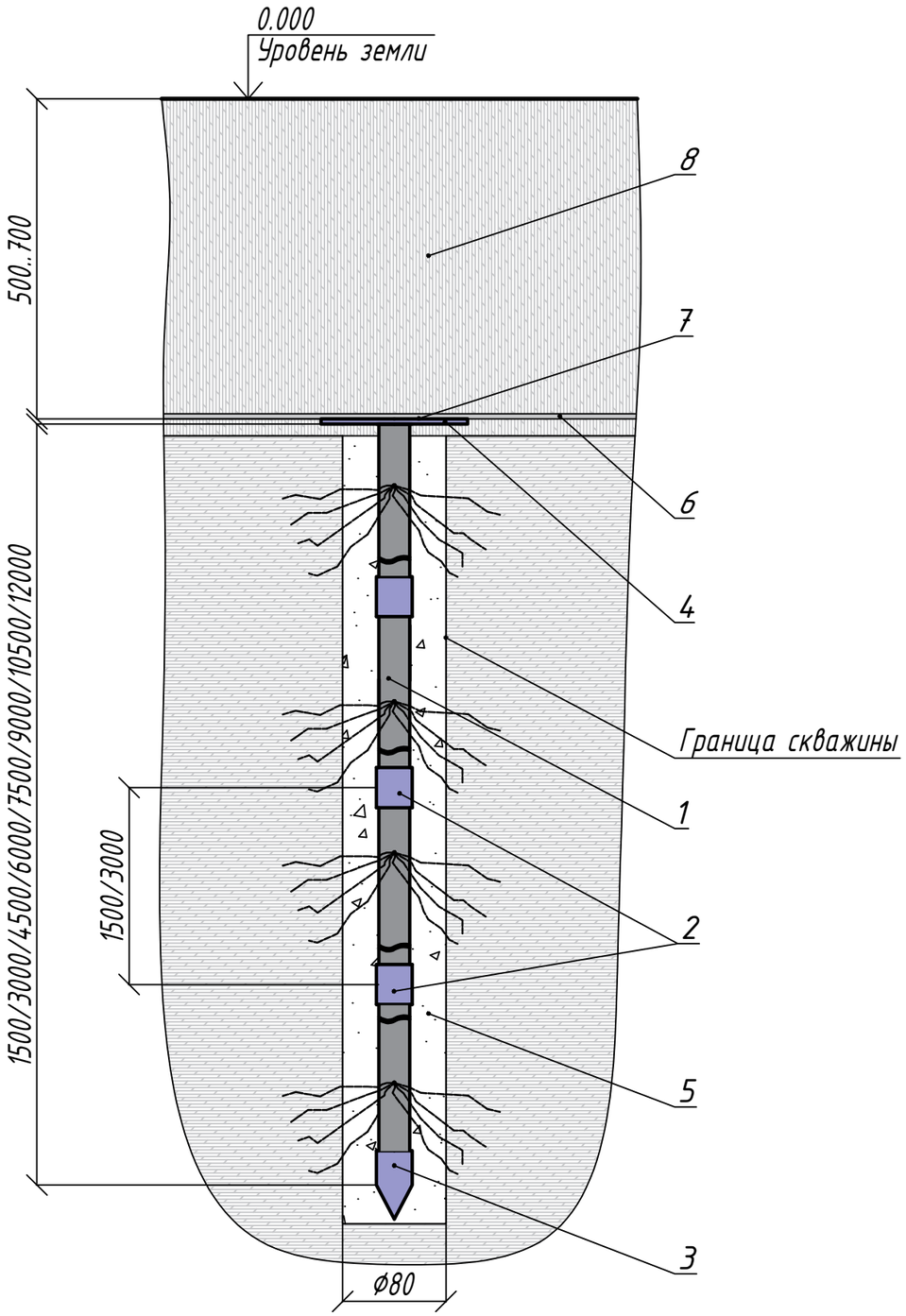
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	ВОЛЬТ-СПБ.АТР2-ОГЭ-10/22.ЭС		
Разраб.		Осташов		10.22	Общие данные	Лит.	Лист 1 / Листов 2
Пров.		Васильев		10.22		ООО «ВОЛЬТ-СПБ»	
Н.контр		Паламарчук		10.22			
Утв.		См.тит.лист					

Копировал Формат А3

Перв. примен.

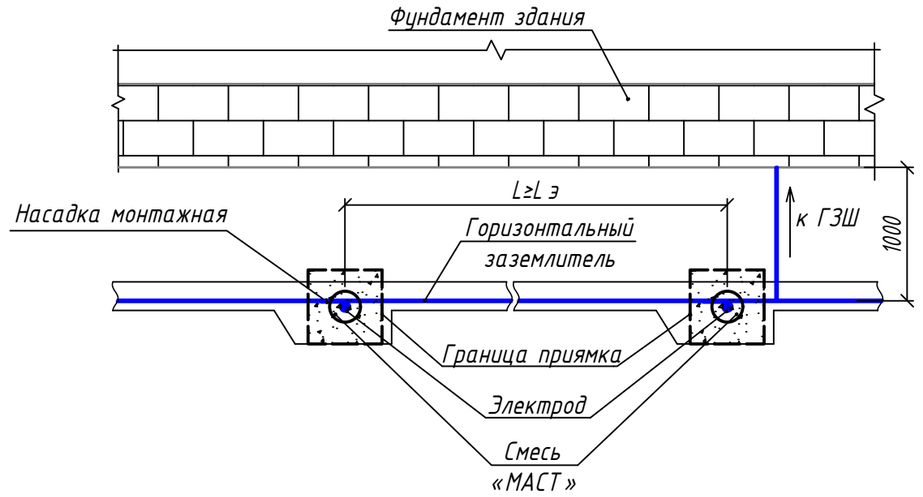
Справ. №

Внешний вид и основные элементы электрода серии «АСПИД» (монтаж в скважину)



1 - электрод трубный модульный; 2 - муфта резьбовая соединительная; 3 - коронка стартовая; 4 - насадка монтажная; 5 - многокомпонентная активная смесь токопроводящая «МАСТ»; 6 - горизонтальный заземлитель; 7 - сварное / болтовое соединение; 8 - обратный грунт.

Схема монтажа



1. Для максимально эффективного использования объемных графитовых электродов минимальное расстояние (L) между ними должно быть больше или равно их длине.
2. Расстояние от объемных графитовых электродов до фундаментов зданий, сооружений должно составлять не менее одного метра.

Пример спецификации материалов

Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Прим.
1	ТУ 3418-001-65897260-2012	Объемный графитовый электрод ОГ-АСПИД-М30-А	1	компл.
В один комплект объемного графитового электрода ОГ-АСПИД-М30-А входит:				
1.1		Электрод трубный оцинкованный, L=1500 мм, d=27 мм	2	шт.
1.2		Муфта резьбовая соединительная	1	шт.
1.3		Коронка стартовая	1	шт.
1.4		Насадка монтажная оцинкованная	1	шт.
1.5		Многокомпонентная активная смесь токопроводящая «МАСТ»	12	кг
1.6		Насадка на отбойный молоток (на партию)	1	шт.
1.7		Инструменты, расходные материалы для монтажа (на один ящик)	1	компл.
1.8		Паспорт (на партию)	1	шт.
1.9		Инструкция по монтажу (на один ящик)	1	шт.
2		Сталь полосовая оцинкованная 5х40 мм*	50	м

Примечание: *- сталь полосовая не входит в объем поставки (поставляется отдельно от электрода).

Перв. примен.

Справ. №

В комплект объемного графитового электрода «АСПИД» (ТУ 3418-001-65897260-2012) входит:

№	Наименование	Назначение	Кол-во	Примечание
1	Электрод	Используется в качестве основного элемента объемного графитового заземлителя. Представляет собой полый электрод диаметром не менее 25 мм, толщина стенки не менее 2,5 мм, с перфорационными отверстиями.	1	шт.
2	Муфта резьбовая соединительная	Предназначена для соединения электродов трубных модульных между собой (при модульном исполнении заземлителя).	1	шт.
3	Коронка стартовая	Предназначена для облегчения монтажа заземлителя в грунт.	1	шт.
4	Насадка монтажная	Предназначена для соединения объемного графитового электрода с контуром заземляющего устройства. Крепление к горизонтальному заземлителю осуществляется при помощи сварного или болтового соединения.	1	шт.
5	Многокомпонентная активная смесь токопроводящая «МАСТ»	Представляет из себя токопроводящую активную смесь с добавлением морозоустойчивого пластификатора. «МАСТ» не подвержена вымыванию и растрескиванию на протяжении всего процесса эксплуатации.	1	компл.
6	Насадка на отбойный молоток / перфоратор	Используется для монтажа заземлителя с помощью отбойного молотка или перфоратора.	1	шт.

Масса комплектов объемных графитовых электродов «АСПИД»

Длина электрода, м	Масса смеси «МАСТ», кг	Масса электрода, кг	Масса всего комплекта, кг
1,5	6	2,5	8,5
3	12	6	18
4,5	18	9	27
6	24	12	36
7,5	30	15	45
9	36	18	54
10,5	42	21	63
12	48	24	72

Масса смеси «МАСТ» в таблице рассчитана для монтажа объемного графитового электрода «АСПИД» в скважину диаметром 80 мм.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	ВОЛЬТ-СПБ.АТР 2-ОГЭ-10/22.ЭС.ГЧ		
Разраб.		Осташов		10.22	Комплектующие электрода «АСПИД»	Лит.	Лист	Листов
Пров.		Васильев		10.22				1
Н.контр		Паламарчук		10.22		ООО «ВОЛЬТ-СПБ»		
Утв.		См.тит.лист						

Копировал

Формат А3

Перв. примен.

Справ. №

Инструкция по монтажу объемного графитового электрода «ОГ-АСПИД-М30-А»

1. Выполнить разметку участка под контур заземления согласно проекту.
2. Подготовить:
- воду температурой не ниже плюс 50 °С в зимний период и не ниже плюс 5 °С в летний период - 24 л;
- емкость для приготовления раствора;
- верхнюю и нижнюю части электрода;
- многокомпонентную активную смесь токопроводящую «МАСТ» - 1 мешок (12 кг);
- цинковый спрей, битумный лак, кисть;
- насадку на отбойный молоток / перфоратор;
- газовый / трубный ключ;
- отбойный молоток / перфоратор;
- ручной строительный миксер или аналогичный электроинструмент;
- гидропресс.

4. В случае отсутствия траншеи для прокладки горизонтального заземлителя, в месте монтажа электрода выкопать приямок длиной и шириной не менее 400 мм на глубину прокладки горизонтального заземлителя 500...700 мм для дальнейшего соединения электрода с контуром заземления. Приямок должен быть удобен для выполнения работ с помощью ручного инструмента и сварочного оборудования. Стенки приямка при необходимости утрамбовать или укрепить для предотвращения осыпания.
5. При работах, связанных с монтажом, следует руководствоваться положениями следующих нормативных документов:
- СНиП 12-03-2001. Безопасность труда в строительстве. Часть 1. Общие требования;
- ПТЭЭП «Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей»;
- Приложение к приказу Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 15 декабря 2020 г. № 903 н «Правила по охране труда при эксплуатации электроустановок».

Работы по монтажу проводятся в следующей последовательности:

1. В центре выкопанного приямка (либо траншеи) пробурить скважину диаметром 80 мм и глубиной 3000 мм от уровня дна приямка. После завершения бурения очистить приямок от лишнего грунта;
2. Соединить модули электрода (поз. 1) при помощи муфты резьбовой соединительной (поз. 2). Резьбовые соединения закрутить до упора вручную, при необходимости использовать газовый/трубный ключ;
3. Установить электрод коронкой стартовой (поз. 3) на дно скважины. Если после бурения скважина частично заплыла, необходимо завершить погружение собранного электрода (поз. 1) при помощи перфоратора и насадки на отбойный молоток (перфоратор), входящей в комплект поставки (1 шт. на партию). Верх электрода должен быть на 500...700 мм ниже нулевой отметки уровня земли (в зависимости от глубины прокладки горизонтального заземлителя (поз. 6));
4. Произвести центровку электрода в скважине для обеспечения равномерного заполнения околоэлектродного пространства раствором со смесью «МАСТ» (поз. 5);
5. Подготовить емкость с водой (количество воды - 18 л) температурой не ниже плюс 50 °С в зимний период и не ниже плюс 5 °С в летний период. Количество воды для приготовления раствора определяется из соотношения 1:1,5 («МАСТ»:вода). Данное соотношение является минимальным и при необходимости может быть увеличено для получения текучего раствора, который равномерно заполнит околоэлектродное пространство;
6. Небольшими частями, равномерно перемешивая, засыпать «МАСТ» (12 кг) (поз. 5) в подготовленную емкость с водой. Полученную смесь тщательно размешать в течение 5 минут с помощью строительного миксера или аналогичного электрического инструмента до однородной консистенции, избегая образования комков;
7. Готовый раствор хранить при температуре выше 0 °С и использовать в течение 1 часа после приготовления;
8. Полученным раствором равномерно со всех сторон заполнить околоэлектродное пространство (между стенкой скважины и стенкой электрода) до уровня дна приямка. В случае нехватки раствора для окончательного заполнения скважины, использовать мелкий просеянный обратный грунт. При наличии остатка раствора, вылить его в приямок, равномерно распределяя по дну от электрода до стенок приямка (после соединения (см. п. 13) насадки монтажной (поз. 4) с горизонтальным заземлителем (поз.6));
9. Подготовить емкость с водой (количество воды - 6 л) температурой не ниже плюс 50 °С в зимний период и не ниже плюс 5 °С в летний период. Количество воды определяется из соотношения 3 л воды : 1,5 м электрода.
10. Присоединить шланг гидропресса к верху электрода (поз. 1). С помощью гидропресса закачать весь объем подготовленной воды внутрь электрода;
11. Отсоединить от электрода (поз. 1) шланг гидропресса;
12. Перед сборкой и на протяжении всего процесса подключения электрода к горизонтальному заземлителю проводить визуальный контроль качества контактных соединений. Контактные соединения должны быть чистыми, без пыли, грязи и частиц грунта, плотно прилегать друг к другу. Соединить насадку монтажную (поз. 4) и горизонтальный заземлитель (поз. 6) методом сварки. Длина сварного шва должна быть не менее двойной ширины горизонтального заземлителя из стальной полосы или не менее шести диаметров горизонтального заземлителя из круглой стали. В месте сварного соединения (поз. 7) восстановить поврежденное цинковое покрытие насадки монтажной электрода и горизонтального заземлителя при помощи цинкового спрея, входящего в комплект поставки (1 шт. на 1 ящик). После того как цинковый спрей высохнет, сварные швы, расположенные в земле, покрыть битумным лаком, входящим в комплект поставки (1 шт. на 1 ящик) (п. 2.3.4 «Инструкция по устройству сетей заземления и молниезащите» ВНИИПроектэлектромонтаж. Москва, 1992);
13. Приямок заполнить мелким просеянным обратным грунтом (поз. 8) до нулевой отметки уровня земли, тщательно его утрамбовывая;
14. При просадке грунта произвести дополнительную подсыпку до нулевой отметки уровня земли.

Примечания:

1. Монтаж объемных графитовых электродов следует производить при температуре окружающей среды не ниже минус 15 °С.
2. Данную инструкцию по монтажу смотреть совместно с листом 3.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	ВОЛЬТ-СПБ.АТР 2-ОГЭ-10/22.ЭС.И		
Разраб.		Осташов		10.22	Инструкция по монтажу объемного графитового электрода ОГ-АСПИД-М30-А	Лит.	Лист	Листов
Пров.		Васильев		10.22				1
Н.контр		Паламарчук		10.22		ООО «ВОЛЬТ-СПБ»		
Утв.		См.тит.лист						

Копировал Формат А3

Перв. примен.

Справ. №

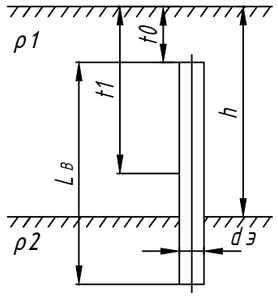
Рекомендации по расчету заземляющего устройства

1. Выбор исполнения и длины 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 технических условий Заказчика.
2. Расстояние между электродами должно быть больше или равно их длине.
3. Подключение электрода к горизонтальному заземлителю осуществляется с использованием монтажной насадки (болтовое соединение или сварное соединение).

Методика расчета заземляющего устройства

1. При двухслойном грунте рассчитывается его эквивалентное удельное сопротивление (по Е.Г. Титову «Проектирование электроустановок жилых и общественных зданий и сооружений»):

$$\rho_{гр} = \frac{\rho_1 \cdot \rho_2 \cdot k \cdot L_э}{\rho_1 \cdot (t_0 + k \cdot L_э - h) + \rho_2 \cdot (h - t_0)}$$, 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 $\rho_1 < \rho_2$;

$L_э$ – длина электрода, м;

t_0 – глубина погружения электрода от поверхности земли, м;

h – толщина первого 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. Сопротивление одиночного объемного графитового электрода вертикального исполнения (на основании таблицы 7.9 из «Справочника по проектированию электрических сетей и электрооборудования» под ред. Ю.Г. Барыбина):

Сопротивление одиночного объемного графитового электрода вертикального исполнения «АСПИД»:

$$R_{огз} = C_{огз} \cdot \frac{K \cdot 0{,}366 \cdot \rho_{гр}}{L_э} \cdot \left(\lg\left(\frac{2 \cdot L_э}{d_э}\right) + \left(\frac{1}{2} \lg \frac{4 \cdot t_1 + L_э}{4 \cdot t_1 - L_э}\right)\right)$$, где: $t_1 = t_0 + \frac{1}{2} \cdot L_э$;

$C_{огз}$ – коэффициент понижения сопротивления объемного графитового электрода. Выбор коэффициента зависит от категории грунта (см. Приложения Б);

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

$d_э$ – диаметр электрода, м;

t_1 – средняя глубина погружения электрода от поверхности земли, м, где: $t_1 = t_0 + \frac{1}{2}$.

3. Количество необходимых объемных графитовых электродов (всегда округляется до большего целого):

$n = \frac{R_{огз}}{R_н}$, где:

$R_н$ – нормируемое сопротивление заземляющего устройства, Ом.

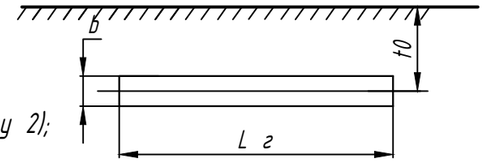
4. Суммарное сопротивление объемных графитовых электродов:

$R_{\sum огз} = \frac{R_{огз}}{n \cdot K_{ив}}$, где:

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

5. Сопротивление горизонтального заземлителя:

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



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:

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

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

7. Полное сопротивление заземляющего устройства:

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

При получении значения $R > R_н$ необходимо увеличить количество электродов (n) и/или длину электрода ($L_в$) 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, K

Характеристика районов и виды заземлителей	Климатическая зона			
	I	II	III	IV
Характеристика районов				
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
Виды заземлителей и климатические коэффициенты сезонности				
Горизонтальный заземлитель, коэфф. K	5,5	3,5	2,5	1,5
Стержневой заземлитель, коэфф. K	1,65	1,45	1,3	1,1

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	ВОЛЬТ-СПБ.АТР 2-ОГЭ-10/22.ЭС.РР		
Разраб.		Осташов		10.22	Рекомендации по расчетам заземляющего устройства	Лит.	Лист	Листов
Пров.		Васильев		10.22				1
Н.контр		Паламарчук		10.22		ООО «ВОЛЬТ-СПБ»		
Утв.		См.тит.лист						

Копировал Формат А3

Перв. примен.

Справ. №

Пример расчета заземления опоры ВЛ 35 кВ с использованием электродов «АСПИД»

Рассмотрим пример расчета заземления опоры ВЛ 35 кВ.

Исходные данные:

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

Задача: достичь сопротивления заземления опоры ВЛ равного 10 Ом объемными графитовыми электродами «АСПИД» длиной 6 м.

Решение: используя формулы на листе 6, рассчитаем сопротивление заземляющего устройства опоры ВЛ. Предполагается применить электроды ОГ-АСПИД-М60-А.

Выполняем расчёт:

1. Сопротивление одиночного объемного графитового электрода вертикального исполнения «АСПИД»:

$$R_{огэ} = C_{огэ} \cdot \frac{K \cdot 0{,}366 \cdot \rho_{гр}}{L_э} \cdot \left(\lg\left(\frac{2 \cdot L_э}{d_э}\right) + \left(\frac{1}{2} \lg \frac{4 \cdot t_1 + L_э}{4 \cdot t_1 - L_э}\right)\right);$$

$$R_{огэ} = \frac{1}{2} \cdot \frac{1{,}1 \cdot 0{,}366 \cdot 90}{6} \cdot \left(\lg\left(\frac{2 \cdot 6}{0{,}027}\right) + \left(\frac{1}{2} \lg \frac{4 \cdot 3{,}5 + 6}{4 \cdot 3{,}5 - 6}\right)\right) = 8{,}6 \text{ Ом},$$

где: $t_1 = t_0 + \frac{1}{2} \cdot L_в = 0{,}5 + \frac{1}{2} \cdot 6 = 3{,}5$ м.

2. Количество необходимых электродов «АСПИД»:

$$n = \frac{R_в}{R_н} = \frac{8{,}6}{10} = 0{,}86 \approx 1 \text{ шт.}, \text{ округляем до ближайшего целого числа.}$$

3. Суммарное сопротивление электродов «АСПИД»:

$$R_\sum = \frac{R_{огэ}}{n \cdot K_{ив}} = \frac{8{,}6}{1 \cdot 1} = 8{,}6 \text{ Ом} < 10 \text{ Ом}.$$

Получаем, что для заземления опоры ВЛ необходим 1 электрод ОГ-АСПИД-М60-А.

4. Сопротивление горизонтального заземлителя:

$$R_г = \left(\frac{0{,}366 \cdot \rho_{гр} \cdot K}{L_г}\right) \cdot \left(\lg \frac{2 \cdot L_г^2}{b \cdot t_0}\right) = \left(\frac{0{,}366 \cdot 90 \cdot 1{,}5}{5}\right) \cdot \left(\lg \frac{2 \cdot 5^2}{0{,}04 \cdot 0{,}6}\right) = 32{,}8 \text{ Ом}.$$

5. Суммарное сопротивление горизонтальных заземлитлей:

$$R_{\sum г} = \frac{R_г}{K_{иг}} = \frac{32{,}8}{0{,}45} = 72{,}89 \text{ Ом}.$$

6. Полное сопротивление заземляющего устройства:

$$R = \frac{R_{\sum огэ} \cdot R_{\sum г}}{R_{\sum огэ} + R_{\sum г}} = \frac{8{,}6 \cdot 72{,}89}{8{,}6 + 72{,}89} = 7{,}69 \text{ Ом} \le 10 \text{ Ом} \ (R \le R_н).$$

Расчет необходимого количества электродов можно выполнить с помощью онлайн-калькулятора на сайте https://www.volt-spb.ru/calc/

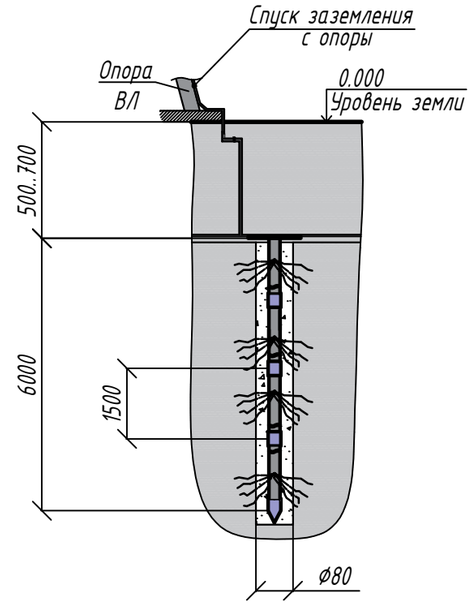
Спецификация материалов, необходимых для заземления опоры ВЛ 35 кВ

Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Прим.
1	ТУ 3418-001-65897260-2012	Объемный графитовый электрод ОГ-АСПИД-М60-А	1	компл.
В один комплект объемного графитового электрода ОГ-АСПИД-М60-А входит:				
1.1		Электрод трубный оцинкованный, L=1500 мм, d=27 мм	4	шт.
1.2		Муфта резьбовая соединительная	3	шт.
1.3		Коронка стартовая	1	шт.
1.4		Насадка монтажная оцинкованная	1	шт.
1.5		Многокомпонентная активная смесь токопроводящая «МАСТ»	24	кг
1.6		Насадка на отбойный молоток (на партию)	1	шт.
1.7		Инструменты, расходные материалы для монтажа (на один ящик)	1	компл.
1.8		Паспорт (на партию)	1	шт.
1.9		Инструкция по монтажу (на один ящик)	1	шт.
2		Сталь полосовая оцинкованная 5х40 мм*	5	м

Примечание:

*- сталь полосовая не входит в объем поставки (поставляется отдельно от электрода).

Графическое изображение подключения электрода ОГ-АСПИД-М60-А к контуру заземления опоры ВЛ



Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	ВОЛЬТ-СПБ.АТР 2-ОГЭ-10/22.ЭС.ТЧ 1		
Разраб.		Осташов		10.22	Пример расчета защитного заземления опоры ВЛ с использованием электродов «АСПИД»	Лит.	Лист 1	Листов
Пров.		Васильев		10.22				
Н.контр		Паламарчук		10.22	ООО «ВОЛЬТ-СПБ»			
Утв.		См.тит.лист						

Копировал Формат А3

Перв. примен.

Справ. №

Пример расчета заземления трансформаторной подстанции 6(10)/0,4 кВ с использованием электродов «АСПИД»

Рассмотрим пример расчета контура заземления трансформаторной подстанции 6(10)/0,4 кВ с использованием электродов «АСПИД».

Исходные данные:

Удельное сопротивление грунта - 100 Ом·м. Климатическая зона - II.

Задача: обеспечить сопротивление контура заземления не более 4 Ом типовыми глубинными электродами «АСПИД» длиной 9 м.

Решение: используя формулы на листе 6, рассчитаем сопротивление заземляющего устройства ТП 6(10)/0,4 кВ. Предполагается применить электроды ОГ-АСПИД-М90-А.

Выполняем расчёт:

1. Сопротивление одиночного объемного графитового электрода вертикального исполнения «АСПИД»:

$$R_{огэ} = C_{огэ} \cdot \frac{K \cdot 0{,}366 \cdot \rho_{гр}}{L_э} \cdot \left(\lg\left(\frac{2 \cdot L_э}{d_э}\right) + \left(\frac{1}{2} \lg \frac{4 \cdot t_1 + L_э}{4 \cdot t_1 - L_э}\right)\right);$$

$$R_{огэ} = 1/2 \cdot \frac{1{,}45 \cdot 0{,}366 \cdot 100}{9} \cdot \left(\lg\left(\frac{2 \cdot 9}{0{,}027}\right) + \left(\frac{1}{2} \lg \frac{4 \cdot 5 + 6}{4 \cdot 5 - 6}\right)\right) = 8{,}95 \text{ Ом},$$

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

2. Количество необходимых электродов «АСПИД»:

$$n = \frac{R_{огэ}}{R_н} = \frac{8{,}95}{4} = 2{,}24 \approx 3 \text{ шт.}, \text{ округляем до ближайшего целого числа.}$$

3. Количество электродов «АСПИД» с учетом коэффициента использования (влияния соседних электродов друг на друга):

$$n = \frac{R_{огэ}}{R_н \cdot K_{ив}} = \frac{8{,}95}{4 \cdot 0{,}69} = 3{,}24 \approx 4 \text{ шт. (округляем до ближайшего целого числа).}$$

4. Суммарное сопротивление электродов «АСПИД»:

$$R_{\sum огэ} = \frac{R_{огэ}}{n \cdot K_{ив}} = \frac{8{,}95}{4 \cdot 0{,}62} = 3{,}61 \text{ Ом} < 4 \text{ Ом}.$$

Получаем, что для трансформаторной подстанции 6(10)/0,4 кВ необходимо 4 электрода ОГ-АСПИД-М90-А.

5. Сопротивление горизонтального заземлителя:

$$R_г = \left(\frac{0{,}366 \cdot \rho_{гр} \cdot K}{L^2}\right) \cdot \left(\lg \frac{2 \cdot L_г^2}{b \cdot t_0}\right) = \left(\frac{0{,}366 \cdot 100 \cdot 3{,}5}{55}\right) \cdot \left(\lg \frac{2 \cdot 55^2}{0{,}04 \cdot 0{,}6}\right) = 12{,}58 \text{ Ом}.$$

6. Суммарное сопротивление горизонтальных заземлителей:

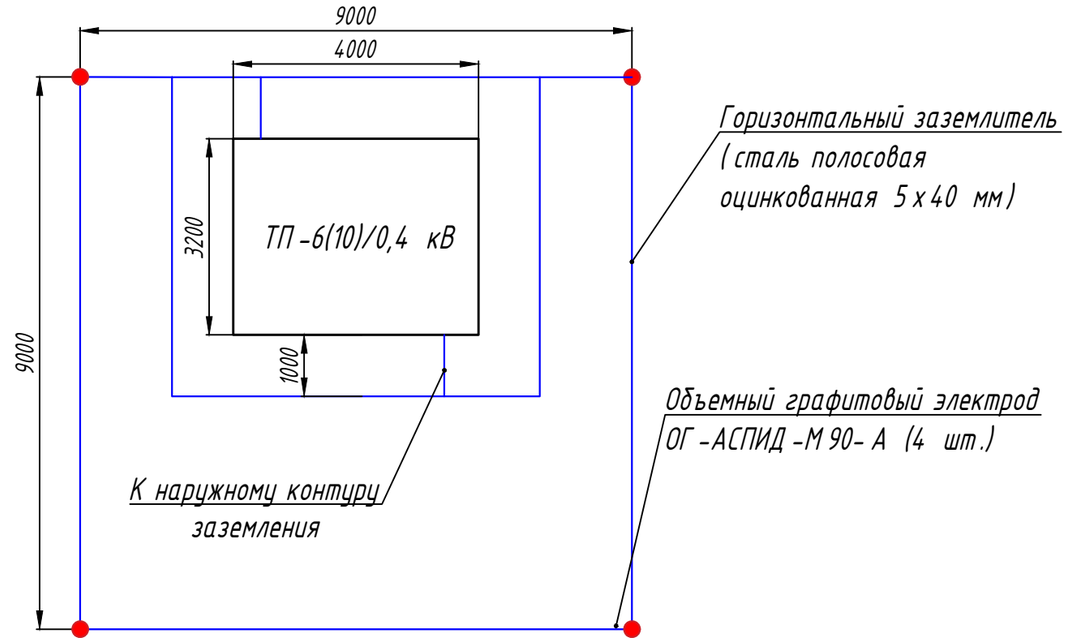
$$R_{\sum г} = \frac{R_г}{K_{иг}} = \frac{12{,}58}{0{,}4} = 31{,}45 \text{ Ом}.$$

7. Полное сопротивление заземляющего устройства:

$$R = \frac{R_{\sum огэ} \cdot R_{\sum г}}{R_{\sum огэ} + R_{\sum г}} = \frac{3{,}61 \cdot 31{,}45}{3{,}61 + 31{,}45} = 3{,}24 \text{ Ом} \le 4 \text{ Ом} \quad (R \le R_н).$$

Расчет необходимого количества электродов можно выполнить с помощью онлайн-калькулятора на сайте https://www.volt-spb.ru/calc/

Пример организации контура заземления ТП-6(10)/0,4 кВ с использовнаием электродов ОГ-АСПИД-М90-А



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

Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Прим.
1	ТУ 3418-001-65897260-2012	Объемный графитовый электрод ОГ-АСПИД-М90-А	4	компл.
		В один комплект объемного графитового электрода ОГ-АСПИД-М90-А входит:		
1.1		Электрод трубный оцинкованный, L=1500 мм, d=27 мм	6	шт.
1.2		Муфта резьбовая соединительная	5	шт.
1.3		Коронка стартовая	1	шт.
1.4		Насадка монтажная оцинкованная	1	шт.
1.5		Многокомпонентная активная смесь токопроводящая «МАСТ»	36	кг
1.6		Насадка на отбойный молоток (на партию)	1	шт.
1.7		Инструменты, расходные материалы для монтажа (на один ящик)	1	компл.
1.8		Паспорт (на партию)	1	шт.
1.9		Инструкция по монтажу (на один ящик)	1	шт.
2		Сталь полосовая оцинкованная 5х40 мм*	55	м

Примечание:

*- сталь полосовая не входит в объем поставки (поставляется отдельно от электрода).

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	ВОЛЬТ-СПБ.АТР 2-ОГЭ-10/22.ЭС.ТЧ 2		
Разраб.		Осташов		10.22	Пример расчета защитного заземления ТП-6(10)/0,4 кВ с использованием электродов «АСПИД»	Лит.	Лист 1 / Листов
Пров.		Васильев		10.22			
Н.контр		Паламарчук		10.22		ООО «ВОЛЬТ-СПБ»	
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.

Приложение Б

Таблица значений коэффициента понижения сопротивления объемного графитового электрода ($C_{огэ}$) в зависимости от категории грунта

$C_{огэ}$	Категория грунта (породы)	Степень крепости	Наименование и характеристики категорий грунтов (пород)
$\frac{1}{1,2}$	I	В высшей степени крепкие	Наиболее крепкие, плотные и вязкие кварциты и базальты. Исключительные по крепости другие породы
	II	Очень крепкие	Очень крепкие гранитные породы. Кварцевый порфир, очень крепкий гранит, кремнистый сланец. Менее крепкие, нежели указанные выше кварциты. Самые крепкие песчаники и известняки
	III	Крепкие	Гранит (плотный) и гранитные породы. Очень крепкие песчаники и известняки. Кварцевые рудные жилы. Крепкий конгломерат. Очень крепкие железные руды
	III а	Крепкие	Известняки (крепкие). Некрепкий гранит. Крепкие песчаники. Крепкий мрамор. Доломит. Колчеданы
	IV	Довольно крепкие	Обыкновенный песчаник. Железные руды
	IV а	Довольно крепкие	Песчанистые сланцы. Сланцеватые песчаники
$\frac{1}{1,4}$	V	Средней крепости	Крепкий глинистый сланец. Некрепкий песчаник и известняк, мягкий конгломерат
	V а	Средней крепости	Разнообразные сланцы (некрепкие). Плотный мергель
$\frac{1}{1,6}$	VI	Довольно мягкие	Мягкий сланец, очень мягкий известняк, мел, каменная соль, гипс. Мерзлый грунт, антрацит. Обыкновенный мергель. Разрушенный песчаник, сцементированная галька, каменистый грунт
	VI а	Довольно мягкие	Щебенистый грунт. Разрушенный сланец, слежавшаяся галька и щебень. Крепкий каменный уголь. Отвердевшая глина
$\frac{1}{1,8}$	VII	Мягкие	Глина (плотная). Мягкий каменный уголь. Крепкий нанос, глинистый грунт
	VII а	Мягкие	Легкая песчанистая глина, лесс, гравий
$\frac{1}{2}$	VIII	Землистые	Растительная земля. Торф. Легкий суглинок, сырой песок
	IX	Сыпучие	Песок, осыпи, мелкий гравий, насыпная земля, добытый уголь
	X	Плывучие	Плывуны, болотистый грунт, разжиженный лесс и другие разжиженные грунты

ООО «ВОЛЬТ-СПБ»

198095, г. Санкт-Петербург,
Митрофаньевское ш., д. 5Е,
лит. А, пом. 36.

+7 812 407-28-52
www.volt-spb.ru
info@volt-spb.ru

ОГРН – 1107847080186
ИНН – 7810582416
КПП – 783901001