

**СЕРИЯ 5.407-157.16**

**Заземление электроустановок. Заемлителъ «ИГУР».**

**Выпуск 1**

**Материалы для проектирования и рабочие чертежи**

ТИПОВЫЕ СТРОИТЕЛЬНЫЕ КОНСТРУКЦИИ, ИЗДЕЛИЯ И УЗЛЫ

СЕРИЯ 5.407-157.16

Заземление электроустановок.  
Заземлитель "Игур".

Выпуск 1

Материалы для проектирования и рабочие чертежи

Разработаны Унитарным предприятием "ИГУР"

Утверждены и введены в действие  
приказом УП «ИГУР» №12 от 03.11.2016

Директор  И.Н. Урбанович

Зам. директора  Н.Н. Руденко

## Содержание

Обозначение документа	Наименование	Стр.
5.407-157.16-С	Содержание	2
5.407-157.16-ПЗ	Пояснительная записка	3
ПЗ-01	1. Цель разработки	3
ПЗ-01	2. Область применения	3
ПЗ-01	3. Термины и определения	3
ПЗ-01	4. Ссылочные нормативные документы	3
ПЗ-01	5. Заземляющие устройства	3-4
ПЗ-02	5.1. Расчет заземляющего устройства	4-6
ПЗ-04	5.2. Эффективность применения глубинных вертикальных заземлителей	6-10
ПЗ-08	5.3. Коррозионная стойкость	10
ПЗ-08	5.3.1. Факторы воздействия внешней среды	10-12
ПЗ-10	5.3.2. Особенности заземления нефтегазовых объектов и объектов железнодорожной инфраструктуры	12-13
ПЗ-11	5.3.3. Близость не совместимых материалов	13-14
ПЗ-12	5.3.4. Коррозионная стойкость контактных соединений стержней	14
ПЗ-12	6. Вертикальный составной глубинный заземлитель «ИГУР»	14
ПЗ-12	6.1. Конструктивное решение	14
ПЗ-12	6.2. Коррозионная стойкость заземлителей «ИГУР»	14-15
ПЗ-13	6.3. Испытания в лабораториях	15
ПЗ-13	6.4. Механическая и термическая стойкость	15
ПЗ-13	6.5. Новизна и технический уровень	15
ПЗ-13	6.6. Преимущества	15-16
ПЗ-14	7. Заземляющее устройство с использованием заземлителей «ИГУР»	16
ПЗ-14	7.1. Методика монтажа	16-17
ПЗ-15	7.2. Инструмент для погружения	17
ПЗ-15	7.3. Описание узлов и элементов	17-19
ПЗ-17	8. Привязка и ссылка при заказе	19
ПЗ-18	Список использованных источников	20

## Содержание

Обозначение документа	Наименование	Стр.
ПЗ-19	Приложение А	21-22
ПЗ-21	Приложение Б	23
5.407-157.16-СМЗ	Схемы монтажа заземлителей	24-26
5.407-157.16-УСЗ	Узлы соединений заземлителей	27-29
5.407-157.16-СПЭ	Стеновой проходной элемент	30
5.407-157.16-ЭЗ	Элементы заземлителя	31-34

Инв. № подл.	Подп. и дата
Взам. инв. №	Инв. № дубл.
Подп. и дата	Подп. и дата

					5.407-157.16-С			
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Содержание	Стадия	Лист	Листов
Разраб.		Урбанович		11.16		С		1
Проб.		Руденко		11.16		УП "ИГУР"		
Н.контр.		Пашкович		11.16				
Утв.		Урбанович		11.16				

## Пояснительная записка

### 1. Цель разработки.

Целью настоящей работы является разработка типовых решений по выбору, проектированию и монтажу искусственных заземлителей электроустановок с учетом современных достижений отечественной и зарубежной практики, ресурсосберегающих технологий, опыта эксплуатации и действующих технических нормативных правовых актов в области технического нормирования и стандартизации (далее – ТНПА).

### 2. Область применения.

Настоящее типовое решение предназначено для применения проектными, строительно-монтажными организациями, предприятиями, иными юридическими и физическими лицами при проектировании и строительстве заземляющих устройств электроустановок жилых и административных зданий, объектов социально-культурного и коммунально-бытового назначения, объектов и инженерных сооружений систем коммунальной и транспортной инфраструктуры и иных объектов (объекты культуры, образования, здравоохранения, спортивные здания и сооружения, здания и сооружения производственного назначения, здания и сооружения энергетики, нефтегазового комплекса, транспорта, связи, сельского и водного хозяйства) для всех видов грунтов, исключая скальные и вечномерзлые грунты.

### 3. Термины и определения.

**главная заземляющая шина:** Шина, являющаяся частью заземляющего устройства электроустановки напряжением до 1 кВ и предназначенная для присоединения нескольких проводников с целью заземления и уравнивания потенциалов.

**заземление:** Преднамеренное электрическое соединение какой-либо точки сети, электроустановки или оборудования с заземляющим устройством.

**заземлитель (заземляющий электрод):** Проводящая часть или совокупность соединенных между собой проводящих частей, находящихся в электрическом контакте с землей непосредственно или через промежуточную проводящую среду.

**заземляющее устройство:** Совокупность заземлителя, заземляющих проводников и главной заземляющей шины, предназначенных для использования в целях безопасности, обеспечения нормальной работы электроустановок и защиты электрооборудования от перенапряжений в течение всего периода эксплуатации.

**заземляющий проводник:** Проводник, соединяющий заземляемую точку системы или установки, или оборудования с заземлителем.

**проводник:** Часть, предназначенная для проведения электрического тока определенного значения.

**электрооборудование:** Изделие, предназначенное для производства, передачи и изменения характеристик электрической энергии, а также для ее преобразования в другой вид энергии.

**электроустановка:** Совокупность взаимосвязанного электрооборудования, имеющего согласованные характеристики, предназначенные выполнять определенные цели.

### 4. Ссылочные нормативные документы.

ГОСТ 9.005-72 Металлы, сплавы, металлические и неметаллические неорганические покрытия. Допустимые и недопустимые контакты с металлами и неметаллами.

ГОСТ 10434-82 Соединения контактные электрические. Классификация. Общие технические требования.

ГОСТ 17441-84 Соединения контактные электрические. Правила приемки и методы испытаний.

ГОСТ Р 50571.5.54-2013 Электроустановки низковольтные. Выбор и монтаж электрооборудования. Заземляющие устройства, защитные проводники и проводники уравнивания потенциалов.

ПУЭ, СО 153-34.20.120-2003 Правила устройства электроустановок, издание 7.

### 5. Заземляющие устройства.

#### Заземлители (заземляющие электроды)

Согласно ГОСТ Р 50571.5.54-2013 типы, материалы и размеры заземляющих электродов должны обеспечивать термическую, коррозионную стойкость и необходимую механическую прочность на весь срок службы. В качестве основных воздействующих факторов внешней среды с точки зрения коррозии рассматриваются: pH почвы, блуждающие токи и токи утечки, близость установок катодной защиты, а также близость не совместимых материалов.

					5.407-157.16-ПЗ			
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Пояснительная записка	Стадия	Лист	Листов
Разраб.		Урбанович		11.16		С	1	21
Проб.		Руденко		11.16		УП "ИГУР"		
Н.контр.		Пашкович		11.16				
Утв.		Урбанович		11.16				

В качестве искусственных заземлителей могут быть применены находящиеся в соприкосновении с землей и расположенные вертикально или горизонтально металлические электроды в виде стержней, проволоки, ленты, труб или полосы.

Минимальные размеры заземляющих электродов из наиболее распространенных материалов с точки зрения коррозионной и механической стойкости приведены в ГОСТ Р 50571.5.54-2013.

При выборе глубины установки заземляющих электродов должна быть учтена возможность минимизации воздействия высыхания и промерзания грунта.

При применении в заземляющих устройствах разных материалов должна быть предотвращена возможность возникновения электро-контактной коррозии.

Если заземлитель состоит из частей, которые должны быть соединены вместе, соединение должно быть выполнено экзотермической сваркой, опрессовкой, зажимами или другим допустимым механическим способом соединения. В соответствие с ГОСТ 10434 допустимость применения соединений, а также электропроводящих материалов (электропроводящих смазок) должна быть подтверждена результатами испытаний по ГОСТ 17441 и указана в технических условиях на электротехнические устройства конкретных видов.

#### Заземляющие проводники

Согласно ГОСТ Р 50571.5.54-2013 заземляющий проводник должен быть надежно присоединен к заземлителю и иметь с ним удовлетворяющий требованиям ГОСТ 10434 электрический контакт. Соединение может быть выполнено с помощью сварки, опрессовки, соединительного зажима или другим механическим соединителем. Установка соединительного зажима не должна приводить к повреждению электрода или заземляющего проводника. При этом должна быть предусмотрена возможность контроля соединения. Соединение должно быть доступно для осмотра, выполнения испытаний и измерений. Для этих целей в узле соединения заземлителя с заземляющим проводником предусмотрен контрольно-измерительный колодец, обеспечивающий доступ к соединению.

#### 5.1. Расчет заземляющего устройства.

В основе расчета заземлителей лежит величина удельного сопротивления грунта  $\rho$ , Ом м.

Достоверность расчета зависит от величины удельного сопротивления, характеризующей грунт по всей глубине заложения будущего заземления.

Расчет сопротивления одиночного вертикального заземлителя:

$$R_1 = \frac{\rho}{2\pi L} (\ln(\frac{2L}{d}) + 0,5 \ln(\frac{4T+L}{4T-L})), \quad (1)$$

где  $\rho$  – удельное электрическое сопротивление грунта (Ом м);

$L$  – длина заземлителя (м);

$d$  – диаметр заземлителя (м);

$T$  – заглубление (расстояние от поверхности земли до середины заземлителя, м).

Как правило, с учетом соединительного проводника между вертикальными заземлителями на глубине 0,5 м,  $T=L/2+0,5$ ;

$\pi$  – математическая константа;

$K$  – коэффициент сезонности (определяется по таблице 1, коэффициент сезонности заземлителей при их длине 10 м и глубже приблизительно равен 1).

Расчет сопротивления одиночного вертикального заземлителя при двухслойном грунте:

$$R_2 = 1 / (2\pi (\frac{h}{K\rho_1} + (L-h)\frac{1}{\rho_2})) \ln(\frac{4L}{d}), \quad (2)$$

где  $h$  – глубина верхнего слоя грунта, м;

$K$  – коэффициент сезонности (определяется по таблице 1, коэффициент сезонности заземлителей при их длине 10 м и глубже приблизительно равен 1);

$\rho_1$  – удельное электрическое сопротивление верхнего слоя грунта (Ом м);

$\rho_2$  – удельное электрическое сопротивление нижнего слоя грунта (Ом м);

$\pi$  – математическая константа;

$L$  – длина заземлителя (м);

$d$  – диаметр заземлителя (м).

При необходимости получения требуемой минимальной величины сопротивления заземления, вертикальных электродов заземления может быть несколько. Отдельные вертикальные электроды соединяются между собой с помощью круглых или плоских горизонтальных электродов сваркой, или специальными зажимами. При соединении одиночных вертикальных электродов заземления следует принимать во внимание эффект взаимного экранирования, который сказывается в том, что общее сопротивление заземления уменьшается не пропорционально их числу, а несколько меньше. Экранирование сказывается тем больше, чем ближе друг к другу расположены одиночные вертикальные электроды.

Полное сопротивление  $R$  нескольких вертикальных электродов одинакового сопротивления, соединенных между собой посредством горизонтальных электродов (полоса, круг) определяется по формуле:

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	5.407-157.16-ПЗ	Лист
						2

$$R=R_1R_3/(\eta_1R_1+\eta_2nR_3), \quad (3)$$

где:  $R_1$  – сопротивление вертикального электрода заземления, Ом;  
 $R_3$  – сопротивление горизонтального электрода (полоса, круг), Ом;  
 $\eta_1$  – коэффициент использования горизонтального проводника (расположение в ряд смотри таблицу 2, расположение по замкнутому контуру смотри таблицу 3);  
 $\eta_2$  – коэффициент использования вертикальных заземлителей (расположение в ряд смотри таблицу 4, расположение по замкнутому контуру смотри таблицу 5);  
 $n$  – количество вертикальных электродов заземления.

Сопротивление горизонтального плоского проводника рассчитывается по формуле:

$$R_3=\frac{K\rho}{\pi L}\ln\left(\frac{1,5L}{bh\sqrt{2}}\right), \quad (4)$$

где:  $L$  – длина проводника, м;  
 $b$  – ширина полосы, м;  
 $h$  – глубина прокладки полосы, м;  
 $\rho$  – удельное сопротивление грунта, Ом м;  
 $K$  – коэффициент сезонности.

Сопротивление горизонтального электрода круглого сечения рассчитывается по той же формуле с подстановкой вместо значения  $b$  величины  $2d$  (где  $d$  – диаметр круглого электрода, м).

Таблица 1 – Коэффициент сезонности

Климатическая зона	Характеристика климатических зон				Коэффициент сезонности, К	
	Средняя многолетняя температура, °С		Среднее годовое количество осадков, см	Продолжительность периода замерзания грунтовых вод, дней	При вертикальных заземлителях на глубине заложения 0,5-0,8 м	При горизонтальных заземлителях на глубине заложения ≥0,8 м
	низкая (январь)	высокая (июль)				
I	-20..-15	16..18	40	170..190	1,8-2,0	4,5-7,0
II	-14..-10	18..22	50	150	1,5-1,8	3,5-4,5
III	-10..0	22..24	50	100	1,4-1,6	2,0-2,5
IV	0..5	24..26	30..50	0	1,2-1,4	1,5-2,0

Таблица 2 – Коэффициент использования горизонтального проводника

Отношение расстояния между заземляющими электродами к их длине	Коэффициент использования $\eta_1$ при числе электродов $n$ в ряду							
	4	5	8	10	20	30	50	65
1	0,77	0,74	0,67	0,62	0,42	0,31	0,21	0,20
2	0,89	0,86	0,79	0,75	0,56	0,46	0,36	0,34
3	0,92	0,90	0,85	0,82	0,68	0,58	0,49	0,47

Таблица 3 – Коэффициент использования горизонтального проводника

Отношение расстояния между заземляющими электродами к их длине	Коэффициент использования $\eta_1$ при числе электродов $n$ в контуре заземления								
	4	5	8	10	20	30	50	70	100
1	0,45	0,40	0,36	0,34	0,27	0,24	0,21	0,20	0,19
2	0,55	0,48	0,43	0,40	0,32	0,30	0,28	0,26	0,24
3	0,70	0,64	0,60	0,56	0,45	0,41	0,37	0,35	0,33

Таблица 4 – Коэффициент использования вертикальных заземлителей

Отношение расстояния между заземляющими электродами к их длине	Коэффициент использования $\eta_2$ при числе электродов $n$ в ряду					
	2	3	5	10	15	20
1	0,84-0,87	0,76-0,80	0,67-0,72	0,56-0,62	0,51-0,56	0,47-0,52
2	0,90-0,92	0,85-0,88	0,79-0,83	0,72-0,77	0,66-0,73	0,65-0,70
3	0,93-0,95	0,90-0,92	0,85-0,88	0,79-0,83	0,76-0,80	0,74-0,79

По формуле (1), либо (2) рассчитывают сопротивление одиночного заземляющего электрода, погруженного на глубину  $L$  при значении удельного сопротивления грунта. Глубина погружения (порядка 20 м) выбирается исходя из предполагаемых свойств грунтов в месте устройства заземления (чем больше удельное сопротивление грунтов, тем больше глубина погружения). Для получения оптимального результата предпочтительно назначать максимальную глубину заложения вертикальных электродов.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	5.407-157.16-ПЗ	Лист
						3

Таблица 5 – Коэффициент использования вертикальных заземлителей

Отношение расстояния между заземляющими электродами к их длине	Коэффициент использования $\eta_2$ при числе электродов $n$ в контуре заземления						
	4	6	10	20	40	60	100
1	0,66–0,72	0,58–0,65	0,52–0,58	0,44–0,50	0,38–0,44	0,36–0,42	0,33–0,39
2	0,76–0,80	0,71–0,75	0,66–0,71	0,61–0,66	0,55–0,61	0,52–0,58	0,49–0,55
3	0,84–0,86	0,78–0,82	0,74–0,78	0,68–0,73	0,64–0,69	0,62–0,67	0,59–0,65

По формуле (3) определяют количество  $n$  вертикальных электродов, необходимых для достижения заданного значения сопротивления заземления  $R$ , при условии, что сопротивление каждого одиночного вертикального электрода составляет  $R_1$ , с учетом сопротивления горизонтального электрода  $R_3$ .

Задача расчета упрощается, когда на площадке сооружения заземления имеется информация о геоэлектрическом разрезе земли с указанием мощности слоев и их удельного сопротивления. В таких случаях эффективная длина заземляющих электродов и их количество определяются на основе данных по геоэлектрическому разрезу земли.

Электрические характеристики грунтов могут быть получены и методом вертикального электрического зондирования (ВЭЗ), основанном на связи электрической структуры нижележащих слоев грунта с формой электрического поля на поверхности земли от точечного источника, расположенного так же на поверхности земли, с последующей интерпретацией данных в характеристики, пригодные для расчета заземления. Исследование электрической структуры грунта проводится с помощью специальных приборов, например, измерителя MRU-200 производства компании SONEL.

В случаях, когда информация о геоэлектрическом разрезе земли отсутствует, определить эффективные параметры заземления можно только в процессе погружения в землю и замера величины сопротивления конкретного заземляющего электрода.

В этом случае применяется так называемый метод прямого электродного зондирования (ПЭЗ). Предложенный метод позволяет получить истинные усредненные характеристики грунта на данной площадке по всей глубине заложения будущего заземления или так называемое «эквивалентное удельное сопротивление».

Примечание – согласно ПУЭ 7 изд. п.1.7.27 эквивалентным удельным сопротивлением земли с неоднородной структурой называется такое удельное сопротивление земли с однородной структурой, в которой сопротивление заземляющего устройства имеет то же значение, что и в земле с неоднородной структурой. Термин «удельное сопротивление» для земли с неоднородной структурой следует понимать как «эквивалентное удельное сопротивление».

Сущность метода состоит в том, что на стадии изысканий в зоне планируемого заземления погружают первый (пробный) вертикальный электрод. По мере погружения измеряют сопротивление электрода.

Окончательное значение сопротивления заземляющего электрода принимают на глубине погружения, при которой существенно замедляется падение сопротивления. В последующем пробный электрод включается в работу заземляющего устройства и является его частью.

Таким образом, получают истинную величину  $R_1$  из формулы (1). Затем расчетным путем по формуле (3) при заданном значении  $R$  вычисляют количество вертикальных электродов  $n$ , необходимых для достижения заданного значения сопротивления заземляющего устройства. Для предварительных расчетов вкладом горизонтального электрода пренебрегают.

На основании изложенных выше теоретических зависимостей и практического опыта применения составных глубинных заземлителей, для удобства подбора количества элементов, необходимого для достижения заданного сопротивления заземления в таблицах 6, 7, 8 и 9 представлены комплекты заземлителей соответственно для 1, 2, 4 и 10 Ом в зависимости от свойств грунтов.

В настоящее время отмечается возрастание потребности в реконструкции (восстановлении) существующих заземляющих устройств (ЗУ), вызванной накоплением их отказов преимущественно из-за применения в течение длительного периода времени в качестве материала заземлителей обычной черной стали (углеродистая и низколегированная сталь, подверженная коррозии), не обладающей стойкостью к естественным коррозионным процессам, происходящим в грунте (почвенная коррозия, последствия воздействия блуждающих токов и т. п.).

Предприятием «ИГУР» разработана методика расчета восстановления существующего заземляющего устройства до нормируемых параметров с учетом его остаточного сопротивления. Методика расчета изложена в приложении А.

## 5.2. Эффективность применения глубинных вертикальных заземлителей.

Выполнение ЗУ электроустановок различных напряжений наиболее экономично, когда искусственный заземлитель сооружается в пределах территории электроустановки. Расширение искусственного заземлителя за пределы территории электроустановки вызывает увеличение стоимости ЗУ.

Во многих случаях необходимость расширения искусственного заземлителя обуславливается тем, что стандартные вертикальные заземлители (электроды из проката черного металла, погружаемые на ограниченную глубину в поверхностные слои грунта) длиной, как правило, до 5 м не всегда эффективно работают по отводу в землю тока.

Инв. № подл.	Подп. и дата
Взам. инв. №	Инв. № дубл.
Подп. и дата	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	5.407-157.16-ПЗ	Лист
						4

Таблица 6 – Комплект заземляющего устройства для достижения сопротивления 1 Ом в зависимости от свойств грунтов

Состав грунта	Эквивалентное удельное сопротивление грунта * Ом м	Обозначение комплекта **	Вертикальный электрод заземления, состоящий из отдельных стержней длиной 1,5 м, соединенных между собой посредством муфт (рисунок 1)					Профильный зажим (при соединении болтовым зажимом)	Планка стальная 4мм, 80x96мм (при соединении сваркой)	
			Число вертикальных электродов	Число стержней в одном электроде (поз.1)	Всего стержней	Муфты соединительные (поз.3)	Наконечники (поз.2)			Оголовки (поз.4)
Илы, глина тяжелая, торфяники	40	И 1-3-10 (15)	3	10	30	30	3	3	3	3
Суглинки, пески глинистые и илестые	100	И 1-5-12 (18)	5	12	60	60	5	5	5	5
Пески глинистые и пылеватые	200	И 1-9-13 (19,5)	9	13	117	117	9	9	9	9
Пески луговые, гравий	400	И 1-16-15 (22,5)	16	15	240	240	16	16	16	16

Таблица 7 – Комплект заземляющего устройства для достижения сопротивления 2 Ом в зависимости от свойств грунтов

Состав грунта	Эквивалентное удельное сопротивление грунта * Ом м	Обозначение комплекта **	Вертикальный электрод заземления, состоящий из отдельных стержней длиной 1,5 м, соединенных между собой посредством муфт (рисунок 1)					Профильный зажим (при соединении болтовым зажимом)	Планка стальная 4мм, 80x96мм (при соединении сваркой)	
			Число вертикальных электродов	Число стержней в одном электроде (поз.1)	Всего стержней	Муфты соединительные (поз.3)	Наконечники (поз.2)			Оголовки (поз.4)
Илы, глина тяжелая, торфяники	40	И 2-1-12 (18)	1	12	12	12	1	1	1	1
Суглинки, пески глинистые и илестые	100	И 2-3-11 (16,5)	3	11	33	33	3	3	3	3
Пески глинистые и пылеватые	200	И 2-5-12 (18)	5	12	60	60	5	5	5	5
Пески луговые, гравий	400	И 2-9-13 (19,5)	9	13	117	117	9	9	9	9

\* Для повышения достоверности расчета принимается по всей глубине заложения вертикальных электродов.

\*\* Используется для отражения в проектах и последующих закупках.

Расчетное количество элементов заземления, необходимое для достижения заданного значения сопротивления в конкретных грунтовых условиях маркируется следующим образом, например: И 4-3-11 (16,5),

где И – производитель заземлителей УП «ИГУР»; 4 – нормируемое значение сопротивления заземления, Ом; 3 – число вертикальных глубинных электродов заземления; 11 – число стержней в каждом вертикальном электроде; (16,5) – общая длина единичного вертикального электрода.

Дополнительно учитывается горизонтальный электрод заземления, объединяющий вертикальные электроды, а также заземляющий проводник, соединяющий заземляющее устройство с главной заземляющей шиной.

Дополнительно соединения вертикального и горизонтального электродов заземления необходимо комплектовать для защиты специальной стойкой к неорганическим кислотам, щелочам, солям и микроорганизмам, герметичной в отношении воды и водяных паров изоляционной лентой из расчета 0,8м на одно соединение.

Инв. № подл.	Подп. и дата
Взам. инв. №	Инв. № дубл.
Подп. и дата	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
------	------	----------	-------	------

5.407-157.16-ПЗ

Лист

5



Таблица 8 – Комплект заземляющего устройства для достижения сопротивления 4 Ом в зависимости от свойств грунтов

Состав грунта	Эквивалентное удельное сопротивление грунта* Ом м	Обозначение комплекта**	Вертикальный электрод заземления, состоящий из отдельных стержней длиной 1,5 м, соединенных между собой посредством муфт (рисунок 1)					Профильный зажим (при соединении болтовым зажимом)	Планка стальная 4мм, 80х96мм (при соединении сваркой)	
			Число вертикальных электродов	Число стержней в одном электроде (поз.1)	Всего стержней	Муфты соединительные (поз.3)	Наконечники (поз.2)			Оголовки (поз.4)
Илы, глина тяжелая, торфяники	40	И 4-1-8 (12)	1	8	8	8	1	1	1	1
Суглинки, пески глинистые и илестые	100	И 4-2-10 (15)	2	10	20	20	2	2	2	2
Пески глинистые и пылеватые	200	И 4-3-11 (16,5)	3	11	33	33	3	3	3	3
Пески луговые, гравий	400	И 4-5-12 (18)	5	12	60	60	5	5	5	5

Таблица 9 – Комплект заземляющего устройства для достижения сопротивления 10 Ом в зависимости от свойств грунтов

Состав грунта	Эквивалентное удельное сопротивление грунта* Ом м	Обозначение комплекта**	Вертикальный электрод заземления, состоящий из отдельных стержней длиной 1,5 м, соединенных между собой посредством муфт (рисунок 1)					Профильный зажим (при соединении болтовым зажимом)	Планка стальная 4мм, 80х96мм (при соединении сваркой)	
			Число вертикальных электродов	Число стержней в одном электроде (поз.1)	Всего стержней	Муфты соединительные (поз.3)	Наконечники (поз.2)			Оголовки (поз.4)
Илы, глина тяжелая, торфяники	40	И 10-1-5 (7,5)	1	5	5	5	1	1	1	1
Суглинки, пески глинистые и илестые	100	И 10-1-9 (13,5)	1	9	9	9	1	1	1	1
Пески глинистые и пылеватые	200	И 10-1-13 (19,5)	1	13	13	13	1	1	1	1
Пески луговые, гравий	400	И 10-2-13 (19,5)	2	13	26	26	2	2	2	2

\* Для повышения достоверности расчета принимается по всей глубине заложения вертикальных электродов.

\*\* Используется для отражения в проектах и последующих закупках.

Расчетное количество элементов заземления, необходимое для достижения заданного значения сопротивления в конкретных грунтовых условиях маркируется следующим образом, например: И 4-3-11 (16,5),

где И – производитель заземлителей УП «ИГУР»; 4 – нормируемое значение сопротивления заземления, Ом; 3 – число вертикальных глубинных электродов заземления; 11 – число стержней в каждом вертикальном электроде; (16,5) – общая длина единичного вертикального электрода.

Дополнительно учитывается горизонтальный электрод заземления, объединяющий вертикальные электроды, а также заземляющий проводник, соединяющий заземляющее устройство с главной заземляющей шиной.

Дополнительно соединения вертикального и горизонтального электродов заземления необходимо комплектовать для защиты специальной стойкой к неорганическим кислотам, щелочам, солям и микроорганизмам, герметичной в отношении воды и водяных паров изоляционной лентой из расчета 0,8м на одно соединение.

Инв. № подл.	Подп. и дата
Взам. инв. №	Инв. № дубл.
Подп. и дата	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
------	------	----------	-------	------

5.407-157.16-ПЗ

Лист

6

Объясняется это двумя причинами: условием промерзания грунта в зимний период и ограниченной длиной самих электродов, не достигающих благоприятных слоев грунта с низким удельным сопротивлением.

Глубина сезонного промерзания грунта для средней полосы Российской Федерации составляет порядка 1,5 м. При длине электрода 5 м его активная длина по отводу в землю тока составляет лишь 3,5 м или 70% от фактической длины электрода. Поэтому для достижения нормированных величин электрических параметров ЗУ требуется дополнительное количество вертикальных электродов и соответственно дополнительная площадь под искусственный заземлитель.

Анализ результатов геоэлектрического разреза верхних слоев земли на электроэнергетических объектах Российской Федерации показывает, что грунты с повышенной проводимостью часто располагаются на глубине более 5 м. В этих условиях эффективность работы стандартных электродов весьма низкая.

Проблему низкой эффективности стандартных (мелко заглубленных) вертикальных электродов можно принципиально решить путем применения глубинных вертикальных заземлителей. Целесообразность применения глубинных заземлителей обосновывается двумя основными факторами:

- глубинные заземлители могут достигать более плотных и, как правило, более водонасыщенных нижележащих слоев земли с низким удельным сопротивлением, что позволяют достигать нормируемое значение сопротивления заземления с минимальными затратами и на ограниченной площади;

- сезонный коэффициент таких заземлителей при их длине 10 м и выше приблизительно равен 1.

Глубинные заземлители могут выполняться из цельных труб или составных заземлителей.

Заземлители из цельных труб погружаются в землю с помощью бурения или вибрации. В их качестве могут быть использованы обсадные трубы и другие металлические сооружения, которые имеют электрический контакт с землей по всей их длине.

Глубинные составные заземлители состоят из системы отдельных секций определенной длины, которые соединяются между собой и погружаются в грунт с помощью вибромолота.

Глубинные составные вертикальные заземлители сооружаются относительно просто, без применения тяжелой буровой техники и с меньшими затратами по сравнению с заземлителями из цельных труб. Поэтому широкое распространение в практике получили именно глубинные составные заземлители.

Глубинные составные вертикальные заземлители состоят из отдельных секций (стержней), которые могут соединяться между собой следующими способами:

- 1) вбивание секции в секцию;
- 2) вкручивание секции в секцию;
- 3) соединение секций с помощью соединительных муфт.

Первая конструкция заземлителей во время погружения распирает стенки соединения, что может привести к большому люфту в месте соединения и не обеспечит достижение долговременного контакта между секциями.

Вторая конструкция заземлителей имеет уменьшенное сечение вкручиваемого элемента, что может вызвать излом заземлителя в месте соединения секций.

Среди соединений отдельных секций с помощью соединительных муфт встречаются безрезьбовые муфты и муфты с резьбой.

Отверстие соединительных муфт без резьбы имеет коническую форму, соответствующую форме окончания стержня, что обеспечивает токопроводящее соединение за счет ободного обжатия стержня и муфты. Получаемое соединение является жестким, не допускающим какой-либо его дальнейшей деформации. Применение данного типа стержней оправдано для монтажа электродов на небольшую глубину (4-6 м). Дальнейшее погружение заземлителей на большую глубину (порядка 20 - 30 м) с помощью виброударного инструмента требует значительных динамических усилий по преодолению сопротивления глубинных слоев грунтов, что в жестком соединении, имеющем коническую форму, неизбежно вызывает горизонтальную составляющую силу, распирающую тонкостенную муфту. Величину этой силы невозможно контролировать, а значит невозможно обеспечить стойкость соединения против разрушающих сил.

Наиболее стойкой к силам, возникающим при погружении заземлителей, является конструкция заземлителей, соединяемых посредством соединительных муфт с цилиндрической резьбой, накручиваемых на концы соединяемых стержней. Муфта при таком соединении не подвергается воздействию продольных сил в момент погружения, поскольку стержни стыкуются между собой в ее середине. Вследствие того, что диаметр муфты несколько больше диаметра стержня, основное истирающее воздействие от грунта приходится на муфту, благодаря чему значительно снижается боковое давление на сам заземлитель, что позволяет производить погружение на глубину до 30 м.

Использование глубинных заземлителей приводит к существенной экономии средств, труда и материалов.

Основным критерием для определения эффективности составных глубинных заземлителей является коэффициент эффективности их работы, который определяется условием

$$K_{эф} = \frac{P_{эд} R_{эд}}{P_{эх} R_{эх}} \geq 0,9,$$

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	5.407-157.16-ПЗ	Лист
						7

где:  $n_{эб}$  – число секций базового заземлителя, длина которого порядка длины стандартного заземлителя 5 м ( $n_{эб} \approx 3$  шт.);

$n_{эж}$  – общее число секций погруженного в землю заземлителя, шт.;

$R_{эб}$  – сопротивление базового заземлителя, Ом;

$R_{эж}$  – сопротивление погруженного в землю заземлителя, Ом.

На практике коэффициент эффективности означает: во сколько раз меньше требуется секций составного глубинного заземлителя для достижения заданного значения сопротивления заземления в сравнении с числом секций стандартного 5 метрового заземлителя для получения того же сопротивления:

$$n_{эж} = \frac{n_{эб}}{K_{эф}}$$

Анализ большого числа полученных практических результатов показывает, что значение коэффициента эффективности может колебаться в диапазоне 4 – 10. Этот коэффициент свидетельствует об экономии затрат на материалы, хотя в данном случае затраты на материалы не являются определяющими. Более весомая составляющая – снижение затрат на строительные-монтажные работы, включая затраты на земляные работы.

### 5.3. Коррозионная стойкость.

Опасность коррозии стальных заземлителей в грунте состоит как в потере массы заземлителя, так и в образовании в зоне контакта «заземлитель/грунт» рыхлой прослойки из окислов железа, имеющих более высокое удельное электрическое сопротивление ( $5,0 \times 10^{-4}$  Ом м) по сравнению с чистым железом ( $1,0 \times 10^{-7}$  Ом м), что снижает эффективность заземляющего устройства.

В соответствии с ГОСТ Р 50571.5.54 для обеспечения коррозионной стойкости в качестве материала глубинных заземлителей рекомендована сталь, оцинкованная горячим способом или нержавеющая, а также сталь с гальваническим медным покрытием. Из-за высокой цены заземлителей из нержавеющих материалов наибольшее применение в практике получили стальные заземлители со стойкими к коррозии покрытиями.

#### 5.3.1. Факторы воздействия внешней среды.

pH почвы

Присутствие в нормах одновременно и оцинкованных, и омедненных стержней заземления не случайно и обусловлено возможностью выбора тех или иных материалов для разных геологических условий.

Так, согласно [1] медь не рекомендуется к использованию в кислой среде из-за ее низкой коррозионной стойкости в этих условиях. Известно, что кислая среда характеризуется концентрацией ионов водорода со значением водородного показателя  $pH \leq 7$ . Т.е. медные (омедненные) заземлители не могут быть использованы в кислых почвах (грунтах).

Повышение кислотности почв является общемировой тенденцией, обусловленной рядом естественных причин, а также причин, связанных с деятельностью человека (антропогенных).

К естественным причинам могут быть отнесены случаи, когда реакция среды отдельных почв, например серых лесных, изначально кислая. В почве также могут присутствовать свободные органические кислоты типа уксусной, щавелевой, лимонной, образовавшиеся в результате жизнедеятельности микроскопических грибов и бактерий, разложения остатков растительности, корней и насекомых. В некоторых случаях, к примеру, при выветривании горных пород и минералов, образуются сильные минеральные кислоты -- соляная, серная. Также кислая реакция почвенной среды возникает там, где климат влажный и часто идут дожди. В этом случае растворимые в воде минеральные вещества вымываются. Почвенный комплекс постепенно разрушается, и происходит замена кальция и магния на водород, вызывая кислую реакцию.

Один из основных антропогенных факторов – регулярное внесение большого количества физиологически кислых минеральных удобрений, которые сильно подкисляют земли. Значительное антропогенное воздействие связано также с выбросом сернистого ангидрида при взрывах железистых кварцитов на железорудных бассейнах. Изменяют уровень pH и кислотные осадки: дождь, град, снег, туман. Оксиды серы в нижней тропосфере реагируют с водяными парами и образуют серную кислоту. Подкисляются атмосферные осадки, а затем почвы, нижележащие грунты, водоемы и грунтовые воды: pH снижается до 4–5 единиц. Если в доиндустриальную эпоху pH дождевых вод составлял примерно 5,6, то сейчас во многих регионах нередко опускается ниже 4,5.

На территории Российской Федерации наиболее распространены кислые почвы в Центральном (54,4 % от общей площади пахотных земель) и Дальневосточном (74,2%) федеральном округах. В отдельных областях Центрального округа площади, занимаемые кислыми почвами, достигают 67,3% (Смоленская), 67,5% (Рязанская), 72,4% (Тамбовская), 73,2% (Костромская), 73,9% (Орловская), Приволжского федерального округа – 69,0% (Нижегородская), 73,0% (Кировская) [2]. По прогнозным оценкам специалистов площадь пахотных почв со средним показателем  $pH=5,5$  и менее может достигнуть 87,7% [3].

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	5.407-157.16-ПЗ	Лист
						8

Таким образом, для грунтовых условий Российской Федерации предпочтительным является применение оцинкованных заземлителей, не содержащих медь.

#### Блуждающие токи и токи утечки, близость установок катодной защиты

Будучи гальванически связанным с оборудованием и объединенным в единую заземляющую цепь, заземление оказывает влияние на систему обеспечения длительной работоспособности всех подземных металлических сооружений: электрические силовые кабели, кабели связи, сигнализации, автоматики, телеуправления, стальные и чугунные трубопроводы, подземные стальные резервуары, стальная арматура подземных частей железобетонных фундаментов и опор контактной сети, фундаменты мостов, путепроводов, пассажирских и грузовых платформ, пункты параллельного соединения контактной сети, релейные шкафы, светофорные мачты и шпалы и т.д. (объекты нефтегазовой отрасли, объекты железнодорожной инфраструктуры).

Условия эксплуатации подземных металлических сооружений связаны с подземной (почвенной) коррозией (нефтегазовые и железнодорожные объекты) и коррозией блуждающими токами (железнодорожные объекты), характеризующиеся общим понятием «электрохимическая коррозия металла» (разрушение металла в результате взаимодействия с коррозионной средой или под действием тока от внешнего источника).

#### Подземная (почвенная) коррозия

Почвенная влага представляет собой электролит различного состава и концентрации. Участки подземных металлических сооружений, погруженных в почву, имеют различные электрические потенциалы, приводящие к возникновению цепи электрического тока. Участок металлического сооружения, имеющий по отношению к окружающей почве более высокий потенциал, является анодной зоной, соответственно участок с более низким потенциалом -- катодной зоной. В анодных зонах токи стекают с металлических сооружений, повреждая (разрушая) их.

#### Коррозия блуждающими токами

Источником блуждающих токов являются в основном рельсовые пути магистрального, промышленного и городского железнодорожного транспорта. Отсутствие полной изоляции путевого хозяйства от земли, несовершенство устройств электроснабжения и другие причины вызывают утечку тяговых токов из рельсов в землю. Характерным примером является возникновение блуждающих токов на электрифицированных участках железных дорог постоянного тока. Здесь в качестве цепи обратного провода используются ходовые рельсы.

Протекание тока создает в рельсах падение напряжения, и разные точки рельсовой цепи приобретают различные потенциалы по отношению к земле. В месте приложения тяговой нагрузки расположена анодная зона, в зоне приложения отрицательных питающих линий (так называемый «отсос») – катодная зона. В промежуточных точках наблюдается знакопеременная полярность рельсов. Поскольку рельсы не изолированы от земли, вблизи анодной зоны часть тяговых токов ответвляется в различные близко расположенные металлические сооружения, образуя в них катодную зону. Около катодных участков рельсовой сети подземные металлические сооружения приобретают анодный потенциал. В анодных зонах сооружений, аналогично явлению почвенной коррозии, происходит стекание токов и, следовательно, разрушение металла.

#### Защита от почвенной коррозии и коррозии блуждающими токами

Поскольку в основе явлений почвенной коррозии и коррозии блуждающими токами лежит процесс электрохимической коррозии металла, представляется возможным обеспечить защиту подземных металлических сооружений одними и теми же средствами.

Способы защиты включают пассивную защиту, обеспечивающую сохранность подземных металлических сооружений конструктивными мерами, снижающими уровень воздействия агрессивных факторов и активную защиту, предусматривающую применение специальных электрических защитных устройств.

Основной принцип активной (электрической) защиты заключается в том, чтобы защищаемое подземное металлическое сооружение на всем протяжении имело по отношению к земле отрицательный потенциал. Отрицательный потенциал на металле сооружения гарантирует прекращение стекания тока, т. е. предотвращает коррозию металла сооружения.

Согласно [4] подземные сооружения считаются защищенными как от почвенной коррозии, так и от коррозии блуждающими токами, при средних значениях отрицательных потенциалов по отношению к земле, приведенных в таблице 5.1.

Наиболее действенным способом активной защиты является защита с помощью внешних источников тока или так называемая катодная защита. Основным элементом катодной установки (станция катодной защиты) является источник постоянного тока в соответствии с рисунком 5.1, а). Защита подземных сооружений катодными установками заключается в компенсации стекающих с подземного сооружения блуждающих токов встречным током, создаваемым в земле катодной установкой. Для создания этого тока минусовой вывод катодной установки подключают к подземному сооружению, а плюсовой – к специальному анодному заземлению.

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	5.407-157.16-ПЗ	Лист
						9

При токе катодной установки, большем стекающего блуждающего тока с подземного сооружения, на последнем создается его катодная поляризация, т.е. достигается отрицательный потенциал относительно земли.

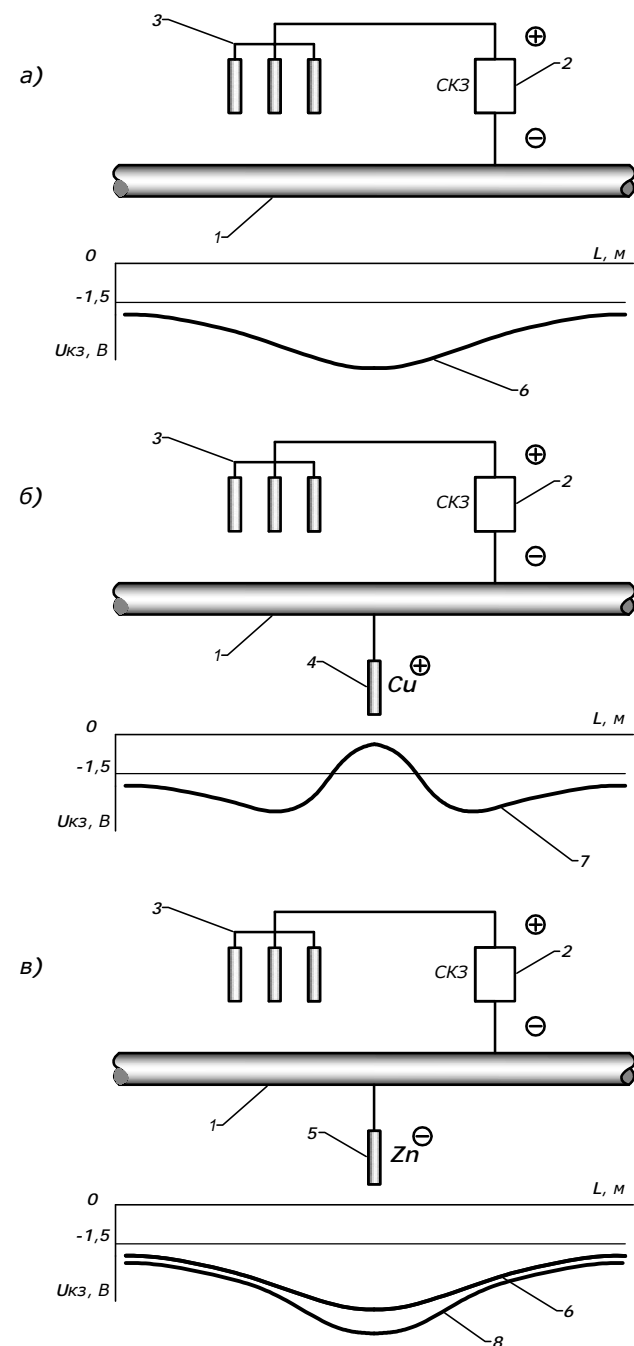


Рис. 5.1. Катодная защита подземного сооружения (трубы).

1-защищаемое сооружение; 2-станция катодной защиты; 3-анодное заземление; 4-заземлитель электроустановок (катодное заземление) с медными (омедненным) электродами; 5-заземлитель электроустановок с цинковым покрытием; 6-диаграмма распределения защитного потенциала; 7-искажение защитного потенциала в присутствии меди; 8-увеличение (улучшение) защитного потенциала под влиянием протекторных свойств цинка.

Таблица 5.1 - Показатели защищенности от коррозии подземных сооружений (блуждающими токами и почвенной коррозией)

№ п/п	Тип подземного сооружения или конструкции	Защитные значения потенциалов "сооружение-земля", В		Примечание
		Стальной электрод	Неполяризующийся медносульфатный электрод	
1.	Трубопроводы			Верхняя граница защитного потенциала ограничивается сохранностью покрытия
	Стальные	-0,3 - -2,7	-0,85 - -3,0	
2.	Чугунные	ниже -0,3	ниже -0,85	
3.	Бронированные	-0,3 - -2,7	-0,85 - -3,0	
4.	Алюминиевые (без брони)	-	-0,85 - -1,4	
5.	Свинцовые (без брони)	-	-0,7 - -1,3	

В среднем значение защитного потенциала "сооружение-земля" составляет -1,5 В.

К активным способам защиты относят также протекторную защиту. Протекторная защита по принципу действия представляет собой разновидность катодной защиты, в которой отсутствует источник внешнего тока. Если катодная поляризация в системе катодной защиты достигается соединением сооружения с минусом внешнего источника тока, то в протекторной защите - соединением сооружения с электродом, имеющим по сравнению с ним пониженный (более отрицательный) электрохимический потенциал. Защита подземного сооружения протекторами заключается в компенсации стекающего с подземного сооружения блуждающего тока встречным током от протектора.

5.3.2. Особенности заземления нефтегазовых объектов и объектов железнодорожной инфраструктуры.

Заземления подземных сооружений создаются по условиям помехозащищенности, техники безопасности и грозозащиты и могут также рассматриваться как элементы пассивной защиты, снижающие потенциал "сооружение-земля".

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	5.407-157.16-ПЗ	Лист
						10

В связи с весьма низкой эффективностью традиционных электродов из обычной черной стали с глубиной погружения 3 – 5 м, широкое применение в настоящее время получили эффективные вертикальные составные глубинные заземлители с глубиной погружения электрода до 30 м. Глубинные заземлители позволяют с минимальными затратами и на ограниченной площади достигать нормируемого значения сопротивления заземления за счёт использования для растекания тока более плотных и водонасыщенных глубинных слоёв грунта (на глубине 15 – 30 м), имеющих низкое удельное сопротивление.

Согласно ГОСТ Р 50571.5.54 в качестве материалов заземляющих электродов рекомендованы сталь, оцинкованная горячим способом с минимальной толщиной слоя покрытия 45 мкм и сталь омедненная толщиной покрытия 250 мкм.

В условиях обеспечения защиты подземных металлических сооружений от подземной коррозии и коррозии блуждающими токами выбор материала заземлителя имеет решающее значение.

Следует обратить внимание на то, что цинк и медь существенно отличаются по своим электрохимическим свойствам и в одинаковых условиях ведут себя диаметрально противоположно. Разное поведение этих металлов обуславливается различием их индивидуальных потенциалов. Мерой индивидуального потенциала для конкретного металла является его стандартный электродный потенциал. Согласно ГОСТ 9.005 цинк имеет отрицательный стандартный потенциал  $-0,760$  В. Медь, наоборот, характеризуется положительным потенциалом со значением  $+0,337$  В. Отсюда – разное поведение металлов. Так, цинк является анодным металлом, который в коррозионной паре имеет отрицательный потенциал. Медь – это катодный металл, имеющий в коррозионной паре положительный потенциал.

Использование меди в электродах заземления, имеющих гальваническую связь с сооружением, находящимся под катодной защитой, в соответствии с рисунком 5.1, б, существенно искажает потенциал катодной защиты вплоть до не возможности обеспечения требуемого уровня его катодной поляризации, что ставит под угрозу эффективность всей системы катодной защиты. Известно, что медь поляризуется хуже стали и требует в 10–20 раз большей силы тока. На поляризацию меди может быть израсходовано до 90% текущего значения силы тока для поляризации стали [5]. На практике это потребует многократного увеличения силы тока для обеспечения катодной защиты сооружения.

Напротив, применение в качестве заземлителей стали с цинковым покрытием, имеющим отрицательный стандартный потенциал ( $-0,760$  В), совпадающий с отрицательным защитным потенциалом, в соответствии с рисунком 5.1, в, оказывает благоприятное влияние на катодную защиту металлического сооружения, являясь дополнительным протектором для стали.

Таким образом, для обеспечения эффективной работы системы электро-химзащиты подземных металлических сооружений объектов нефтегазовой отрасли и объектов железнодорожной инфраструктуры следует рекомендовать применение заземлителей электроустановок из оцинкованной стали, не содержащих медь.

### 5.3.3. Близость не совместимых материалов.

Согласно [1] медь вызывает гальваническое повреждение железосодержащих материалов, контактирующих с ней.

Как известно, в состав заземляющего устройства входят вертикальные и горизонтальные электроды заземления (заземляющие проводники), соединяемые между собой. Надежность этого соединения имеет решающее значение для обеспечения непрерывности электрической цепи заземления.

В настоящее время в практике устройства заземления в качестве горизонтальных электродов заземления широко используется стальная черная (без покрытия) и стальная оцинкованная полоса (или прутки).

В случае применения в качестве вертикального электрода омедненной стали (меди) следует учитывать, что сталь, цинк и медь существенно отличаются по своим электрохимическим свойствам. Так, сталь и цинк в коррозионной паре с медью имеют отрицательный потенциал и являются анодными металлами. Медь – это катодный металл, имеющий в коррозионной паре положительный потенциал.

Согласно ГОСТ 9.005 прямой контакт между медью и сталью (оцинкованной сталью) недопустим из-за опасности контактной коррозии. На этом основании, например, не допускается заземление медными (омедненными) электродами стальных оцинкованных опор высоковольтных линий электропередач.

Следствием недопустимого контакта является то, что поврежденное в результате коррозии соединение не обеспечивает установленное минимальное переходное сопротивление электрического контакта, поскольку продукты коррозии контактирующих металлов не обладают электрической проводимостью, характерной для их первоначального состояния.

Как выход из этой ситуации поставщики омедненных стержней заземления предлагают усовершенствовать зажим для соединения разнородных металлов путем введения в него перегородки, выполненной из латуни или из нержавеющей стали. При этом возникают следующие цепочки контактирующих металлов: в первом случае «цинк – латунь – медь», во втором – «цинк – нержавеющая сталь – медь».

В соответствии с требованиями упомянутого выше стандарта во вновь образованных контактных цепочках контакты «цинк – латунь» и «цинк – нержавеющая сталь» также не допустимы.

Из выше изложенного следует, что введение дополнительных перегородок в зажим для соединения разнородных в электрохимическом отношении металлов не меняет ситуацию и контакт «цинк – перегородка – медь» остается недопустимым.

В настоящее время значительный объем работ по заземлению составляют ремонты и восстановление существующих заземляющих устройств, где не выдерживается нормируемое значение сопротивления.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	5.407-157.16-ПЗ	Лист
						11



Для целей восстановления заземления хорошо зарекомендовали себя составные глубинные заземлители. Часто достаточно одного-двух вертикальных электродов, погруженных на глубину 15–20 м и соединенных с существующим контуром заземления для его восстановления и приведения сопротивления к норме.

Подавляющее большинство существующих заземляющих устройств выполнены из черной (без покрытия) стали. Как отмечалось выше, во избежание повреждений от электро-контактной коррозии в качестве глубинных заземлителей для восстановления существующего заземления не могут быть использованы стальные омедненные (медные) электроды. Для этих целей следует применять стержни заземления с цинковым покрытием.

Как видно из вышеизложенного, медь (медное покрытие) имеет ограниченную область применения, ввиду электрохимической несовместимости меди с широко применяемыми в практике строительства стальными и оцинкованными изделиями, а также сложившимися методами защиты от коррозии (катодная защита).

Более широкую область применения имеет цинковое покрытие заземляющих электродов.

#### 5.3.4. Коррозионная стойкость контактных соединений стержней.

Как следует из определения, заземлитель (заземляющий электрод) – проводящая часть или совокупность соединенных между собой проводящих частей, находящихся в электрическом контакте с землей. Т.е. требования в отношении коррозионной стойкости и совместимости материалов в полной мере распространяются на контактные соединения отдельных стержней между собой, которые должны удовлетворять ГОСТ 10434 и ГОСТ 9.005.

#### 6. Вертикальный составной глубинный заземлитель «ИГУР».

Заземлитель «ИГУР» спроектирован и изготовлен в точном соответствии с требованиями ГОСТ Р 50571.5.54.

#### 6.1. Конструктивное решение.

Внешний вид и основные элементы заземлителя показаны на рисунке 1. Заземлитель представляет собой комплект стальных стержней 1 диаметром 16 мм, длиной 1,5 м последовательно соединяемых между собой посредством резьбовых муфт 3 и погружаемых на глубину от 1,5 до 30 м в зависимости от требуемого значения сопротивления заземления. Для облегчения прошивки грунта в процессе погружения заземлителя используют наконечник 2, наворачиваемый на первый из погружаемых стержней. На противоположный конец каждого последующего погружаемого стержня через муфту ввинчивают оголовок 4, который служит для восприятия и передачи нагрузки от виброударного инструмента непосредственно на стержень.

Таким образом, число соединительных муфт равно числу заказываемых стержней заземления. Конструкции стержня, муфты соединительной, наконечника и оголовка показаны соответственно на рисунках 21, 22, 23 и 24.

Совокупность соединенных стержней образуют вертикальный электрод заземления. При необходимости вертикальных электродов может быть несколько. Отдельные электроды соединяют между собой с помощью круглых или плоских горизонтальных проводников посредством сварки в соответствии с рисунком 4 или болтовых зажимов в соответствии с рисунком 5, обеспечивающих электрический контакт, удовлетворяющий требованиям ГОСТ 10434.

Вертикальные электроды можно располагать в ряд или в виде геометрической фигуры (квадрат, прямоугольник) в зависимости от удобства монтажа и условий используемого пространства.

#### 6.2. Коррозионная стойкость заземлителей «ИГУР».

##### Коррозионная стойкость стержней заземления

Коррозионная стойкость стержней заземления «ИГУР» обеспечивается их защитой цинковым покрытием, достигаемым методом горячего оцинкования толщиной, не менее 70 мкм.

##### Коррозионная стойкость контактного соединения стержней

Контактное соединение стержней заземления посредством резьбовой муфты разработано в соответствии с ГОСТ 9.005. Согласно требованиям стандарта контактирующие металлы подобраны таким образом, чтобы избежать контактной коррозии в процессе эксплуатации. Резьбовая соединительная муфта изготовлена из латуни, стойкой в агрессивных грунтовых условиях. Цинковое покрытие удалено из зоны контакта муфты со стержнем. При этом коррозионная стойкость соединения обеспечивается допустимостью контакта углеродистой стали (анод) с латунью (катод) при соблюдении следующих условий:

1. площадь анода (материал стержня заземлителя) не менее чем в 8 раз должна превышать площадь катода (соединительной муфты), что выполняется;
2. изоляция контакта от воздействия внешней среды;
3. введение ингибитора коррозии – специальной антикоррозионной токопроводящей смазки, предусмотренной ГОСТ 10434.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	5.407-157.16-ПЗ	Лист
						12

Сама конструкция муфты надежно изолирует контактное соединение от воздействия внешней среды. Антикоррозионная же смазка полностью устраняет (запирает) проницаемость соединения для агрессивных агентов.

Коррозионная стойкость контактного соединения подтверждена проведенными испытаниями.

Независимой аккредитованной лабораторией проведены испытания контактного соединения стержней заземления на соответствие требованиям ГОСТ 10434. Результаты испытаний, приведенные в таблице 10, подтвердили стойкость контактного соединения при длительном воздействии коррозионной среды, характерной для эксплуатации заземлителей в грунте.

### 6.3. Испытания в лабораториях.

Заземлитель «ИГУР» прошел необходимые испытания в аккредитованных лабораториях. Сведения о проведенных испытаниях представлены в таблице 10.

Таблица 10 – Испытания в аккредитованных лабораториях.

Наименование испытательной лаборатории	Аккредитация на право проведения испытаний	Вид испытания на соответствие ГОСТ 10434
Минское специализированное управление «Электроналадка» ОАО «Трест Белпромналадка»	Аттестат аккредитации №ВУ/112.02.2.0.2706 от 27 декабря 2004г.	1. Определение начального электрического сопротивления контактных соединений 2. Определение электрического сопротивления контактных соединений после испытания на стойкость при сквозных токах (протокол испытаний №1-194/05-1 от 10.11.2005г.) 3. Испытание на термическую стойкость конструкции заземлителя при сквозных токах (протокол испытаний №1-39/06-1 от 22.03.2006г.) 4. Испытание на химическую стойкость при воздействии климатических факторов внешней среды (протокол испытаний №1-63/10-01 от 13.05.2010г.)
Испытательный центр ГНУ «Институт порошковой металлургии»	Аттестат аккредитации №ВУ/112.02.1.0.0263 от 17 февраля 1997г.	Испытание химического состава, структуры и толщины цинкового покрытия заземлителя на соответствие ГОСТ Р 50571.5.54 (протокол испытаний №6612 от 30.01.2012г.)

### 6.4. Механическая и термическая стойкость.

Механическая прочность заземлителей «ИГУР» обеспечивается применением специальной упрочненной стали с пределом прочности на растяжение не менее 550 МПа, что делает их механически устойчивым при погружении в грунт на глубину до 30 м.

Термическая стойкость к токам замыкания на землю подтверждена испытанием аккредитованной лабораторией, сведения о которой изложены в таблице 10.

Химическая стойкость при воздействии климатических факторов внешней среды подтверждена испытанием аккредитованной лабораторией, данные о которой изложены в таблице 10.

### 6.5. Новизна и технический уровень.

Новизна конструкции заземлителя «ИГУР» подтверждена:

- патентом Российской Федерации на полезную модель № 89289 от 27.11.2009 г;
- патентом Республики Беларусь на полезную модель №5825 от 21.10.2009 г.

На основании проведенных лабораторных и натурных испытаний заземлителя разработаны и утверждены в установленном порядке технические условия ТУ ВУ 200001265.001-2006. В соответствии с ТУ организовано производство заземлителей.

### 6.6. Преимущества.

Вертикальный составной глубинный заземлитель «ИГУР», в отличие от традиционно применяемой технологии заземления, заключающейся в погружении в землю цельных вертикальных электродов (арматурные стержни, уголки) из черного металла на ограниченную глубину 2,5 - 5 м в поверхностные слои грунта, не эффективные с точки зрения отведения электрического тока, позволяет обеспечить:

- достижение нормированной величины сопротивления заземляющего устройства минимальным количеством вертикальных электродов с минимальными материальными затратами (2 - 3 глубинных электрода вместо 40 - 50 традиционных 2,5 - 5-ти метровых), что удешевляет стоимость заземляющего устройства преимущественно за счет уменьшения затрат на строительно-монтажные работы;
- уменьшение площади, занимаемой ЗУ;
- долговечность ЗУ, соизмеримую со сроком службы заземляемой электроустановки, что достигается защитой стержней антикоррозионным цинковым покрытием, получаемым методом горячего оцинкования и подбором металлов отдельных элементов конструкции, допустимых для длительного контакта между собой с целью предотвращения контактной коррозии в грунте;

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	5.407-157.16-ПЗ	Лист
						13



– устойчивость и неизменность нормированной величины сопротивления ЗУ от сезонных колебаний температуры за счет погружения электродов на большую глубину. Сезонный коэффициент глубинных заземлителей при погружении их на 10 м и ниже приближается к 1;

– безопасную технологию погружения путем использования стандартных эргономичных элементов заземления удобной длины, а также серийно выпускаемого ручного виброударного инструмента со специально подобранными для этой цели оптимальными параметрами;

В приложении Б рассмотрен пример из практики, свидетельствующий о преимуществе составных глубинных заземлителей в сравнении с традиционным методом заземления.

## 7. Заземляющее устройство с использованием заземлителей «ИГУР»

### 7.1. Методика монтажа

Перед погружением стержней в грунт отрывают приямок диаметром 0,5 м глубиной 0,6 – 0,8 м.

В соответствие с рисунком 1, на заостренный конец первого погружаемого стержня 1 наворачивают наконечник 2, а с противоположной стороны – муфту 3, в которую ввинчивают оголовок 4. Предварительно резьбовую часть стержня необходимо обработать антикоррозионной смазкой из расчета 5г на одно соединение.

*Примечание – смазка графитовая электропроводящая. Является всесезонным смазочным электропроводящим материалом. Предназначена для получения стабильной электрической цепи между стержнями вертикального сборного заземляющего электрода. Наносится на резьбовые соединения элементов монтажа. Обладает хорошей адгезией и в течение времени ее свойства не изменяются даже при нагревании стыка соединения током 2000 А. Внешний вид – однородная смазка черного цвета; Коррозионное воздействие на металлы – выдерживает; Фасовка – пластиковые банки по 100, 200 и 400 г. Поставляется УП «ИГУР» из расчета 5 г на одно резьбовое соединение.*

Затем с помощью виброударного инструмента 5, показанного на рисунке 2, стержень погружают на глубину, при которой уровень оголовка оказывается на 0,2 м выше дна приямка.

Для погружения последующего стержня оголовок выворачивают из муфты в соответствии с рисунком 3, а резьбовую часть стержня обрабатывают антикоррозионной смазкой. Вместо оголовка вворачивают следующий стержень (заостренным концом), на противоположный конец которого устанавливают муфту с оголовком и т.д. Во время погружения необходимо соблюдать соосность ударного инструмента и погружаемых стержней.

Оптимальным считается погружение стержней на глубину 15 – 20 м или до глубины, при которой существенно замедляется падение сопротивления. Более глубокое погружение стержней менее эффективно, поскольку не приводит к ощутимому снижению сопротивления заземлителя.

Для достижения низкого значения сопротивления заземления, как правило, погружают несколько вертикальных электродов. Отдельные электроды соединяются между собой и с заземляющим проводником с помощью горизонтальных круглых или плоских проводников посредством сварки, либо с помощью специальных зажимов. Затяжка гаек болтовых зажимов должна быть полная и производиться от руки стандартным ключом с усилием по каждому болту в пределах 5кН.

В качестве стальных проводников, соединяющих отдельные вертикальные электроды между собой, а также заземляющих проводников из стали, предпочтительно использовать плоский проводник (полоса прямоугольного сечения), поскольку он:

- обладает меньшей индуктивностью, что повышает эффективность заземляющего устройства;
- имеет большую площадь контакта с грунтом;
- более удобен при монтаже (простота сгибания по тонкой стороне).

В дальнейшем изложении стальные заземляющие проводники круглого сечения не рассматриваются.

Соединение вертикальных электродов заземления между собой посредством горизонтальных проводников показано на рисунках 4 и 5.

Горизонтальные проводники прокладывают в траншее глубиной 0,5 – 0,7 м.

Расстояние между соседними электродами  $S$  рекомендуется выбирать не менее глубины заложения вертикальных электродов  $L$ , но не менее 15 м во избежание взаимного влияния отдельных вертикальных электродов. В случае крайней необходимости, обусловленной условиями строительной площадки, допускается уменьшение расстояния между вертикальными электродами, что само по себе не является нарушением, а лишь снижает эффективность заземляющего устройства, приводя к некоторому перерасходу материала заземлителей для достижения нормируемого значения сопротивления заземления. Стержни можно располагать в ряд или в виде геометрической фигуры (квадрат, прямоугольник) в зависимости от нормативных требований, удобства монтажа и используемой площади.

В случае возникновения непреодолимой помехи на глубине, погружение стержней в данной точке прекращается. Положение следующей точки погружения определяется по рекомендациям настоящего раздела, изложенным выше. В дальнейшем стержни, погруженные в «неудачной» точке, присоединяются к общему контуру заземления.

Для устройства заземления с низким значением сопротивления в грунтах с высоким удельным сопротивлением (песок, гравий, скальные породы и т.п.) дополнительно применяют различные методы искусственного снижения удельного сопротивления грунта. Наиболее действенной мерой является создание вокруг заземлителя зоны с пониженным удельным сопротивлением путем замены существующего грунта на значительно более проводящую среду. Традиционно для замены существующего грунта применяют глину, торф, чернозем, суглинок, шлак и т.п.

Инв. № подл.	Подп. и дата
Взам. инв. №	Инв. № дубл.
Подп. и дата	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	5.407-157.16-ПЗ	Лист
						14

В настоящее время в практике используют специально подобранные составы, высокая эффективность которых обуславливается содержанием гигроскопических веществ, способствующих аккумулярованию грунтовой влаги вокруг заземлителя, в результате чего снижение сопротивления заземления может достигать 70%.

Примечание – На рынке РФ представлены следующие составы: Galmar Resistivity (Польша), в виде сухой смеси в мешках по 25 кг, Ground Enhancement Material (GEM) (США), в виде сухой смеси в мешках по 11,3 кг. Качество предлагаемых составов соответствует европейской норме IEC 62561-7.

Сухую смесь применяют в виде суспензии с добавлением цемента в соотношении 3/1 и воды из расчета 0,5 – 0,7 л/кг.

Указанные составы могут быть использованы как для горизонтальных, так и вертикальных электродов заземления.

На рисунках 6 и 7 показана последовательность применения эффективных составов с низким удельным сопротивлением соответственно для горизонтальных и вертикальных электродов.

При применении для горизонтальных электродов заземления в подготовленную траншею укладывают приготовленную суспензию, так, чтобы равномерно покрыть дно слоем толщиной примерно 30 мм в соответствии с рисунком 6, а, после чего смесь выдерживают в течение 20 минут до начала схватывания. Затем помещают заземляющий проводник в верхнюю часть уложенного слоя смеси в соответствии с рисунком 6, б. Поверх проводника укладывают следующий слой смеси толщиной слоя около 30 мм в соответствии с рисунком 6, в. Далее необходимо позволить смеси схватиться, выдержать до 1 часа и осуществить обратную засыпку грунта в траншею в соответствии с рисунком 6, г, утрамбовав его.

При использовании смеси для вертикальных электродов в грунте выдуривают скважину диаметром  $d$  от 10 до 25 см, на расчетную глубину заложения электрода  $h$  в соответствии с рисунком 7, а. В скважину помещают вертикальный электрод заземления в сборе на глубину на 0,3 м ниже ее дна в соответствии с рисунком 7, б, после чего выполняют все необходимые соединения заземлителя. Затем заполняют скважину приготовленной смесью в соответствии с рисунком 7, в и после часового выдерживания осуществляют обратную засыпку грунта в соответствии с рисунком 7, г, утрамбовывая его.

### 7.2. Инструмент для погружения.

Оптимальные параметры устройства для погружения стержней заземления рассчитаны на основании теории удара. С учетом этих рекомендаций разработан отбойный молоток. Этот инструмент отличается большой мощностью и специальным механизмом нанесения удара. Большая энергия удара дополняется высоким коэффициентом передачи удара.

В молотке применена так называемая безбойковая схема, то есть роль бойка выполняет ствол с глухим торцом, который и наносит удар по рабочему инструменту, что позволяет обеспечить приемлемую скорость погружения стержней при обеспечении сохранности отдельных элементов заземления от повреждения.

### Техническая характеристика:

Система зажима	– 28 – Hagsoganal (шестигранник);
Напряжение	– 230 V/50–60 Hz;
Мощность	– 1500 – 2000 W;
Частота ударов	– 1400 – 1500 уд./мин.;
Энергия одного удара	– 45 – 55 Дж;
Масса	– 16 – 26 кг.

Инструмент для погружения стержней заземления показан на рисунке 2. Для осуществления погружения выступ ударной насадки 6 молотка вставляют в углубление оголовка 4. Конструкция ударной насадки представлена на рисунке 25.

### 7.3. Узлы и элементы

На рисунке 4 показано соединение вертикальных электродов заземления полосой 7 посредством сварки. Узел 2 соединения вертикального электрода с полосой 7 посредством сварки представлен на рисунке 14. Соединение следует выполнять сваркой по ГОСТ 5264 и ГОСТ 14098 электродами Э-42 по ГОСТ 9467. При этом длина нахлестки должна быть равной ширине проводника прямоугольного сечения  $b$  и шести диаметрам  $d$  при круглом сечении проводника. Длина сварного шва должна быть не менее двойной ширины при прямоугольном и равной шести диаметрам – при круглом сечении заземляющих проводников. Для соединения используется планка из полосовой стали размером  $2b \times 6d$ .

На рисунке 5 показано соединение вертикальных электродов заземления полосой 7 посредством болтовых профильных зажимов 8. На рисунке 15 представлен узел 3 соединения вертикального электрода с полосой 7 посредством болтового профильного зажима 8. Конструкция болтового профильного зажима показана на рисунке 19.

После соединения сваркой сварочные швы следует обработать до удаления окалины, зачистить стальной щеткой и покрыть на месте защитным составом на основе цинка.

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	5.407-157.16-ПЗ	Лист
						15

Впоследствии соединение вертикальных и горизонтальных электродов должно быть изолировано от воздействия внешней среды.

Соединения посредством болтовых зажимов для увеличения срока их службы необходимо дополнительно защитить специальной антикоррозионной изолирующей лентой из расчета 0,8 м на одно соединение.

Примечание – На рынке РФ представлены следующие изолирующие материалы в виде ленты, применяемой в холодном состоянии:

1. GALMAR (Польша)
  - Лента типа Denso предназначена для болтовых (резьбовых) соединений;
  - Обеспечивает защиту соединения металлов от грунтовой и электрохимической коррозии в случае соединения разных металлов.
2. DEHN (Германия)
  - Лента для обертывания соединений, смонтированных в грунте;
  - Ширина 50 мм, в рулонах по 10 м;
3. OBO Bettermann (Германия)
  - Лента для антикоррозионной обработки соединений в грунте;
  - Ширина 50 мм, толщина 1,1 мм в рулонах по 10 м;
  - Из нетканого материала с химическими волокнами, с вазелиновым покрытием;

Соединение плоских проводников по длине осуществляется сваркой или болтовыми зажимами 21 с последующей изоляцией соединений от внешних воздействий.

На рисунке 12 показан узел соединения плоского проводника 7 по длине сваркой. Длина нахлестки должна быть равной ширине проводника. Длина сварного шва должна быть не менее двойной ширины прямоугольного проводника. Таким образом, сварка производится по двум торцам соединяемых проводников.

На рисунке 13 показан узел соединения плоского проводника 7 по длине посредством плоского болтового зажима 21. Конструкция болтового зажима показана на рисунке 18.

Соединение заземляющего проводника плоского сечения 9 с заземлителем посредством сварки представлено на рисунке 8. Здесь же показан узел ввода плоского заземляющего проводника в здание для невзрывоопасных зон помещений с помощью проходного элемента 10.

Конструкция проходного элемента 10 представлена на рисунке 17. Конструкция состоит из резьбовой шпильки 22, трубки ПВХ 23, уплотнителей из неопрена 24, стальных пластин 25 и гаек 26.

Для осуществления ввода в стене высверливают сквозное отверстие диаметром, соответствующим трубке из ПВХ, в отверстие задирают трубку наружным диаметром 16мм, а в трубку – резьбовую шпильку диаметром 12мм. С наружной и внутренней сторон стены на шпильку надевают уплотнители с пластинами и фиксируют их с помощью гаек. Такая конструкция прохода через стену препятствует проникновению внутрь помещения грунтовой влаги. Соединение плоского заземляющего проводника 9 с вертикальным электродом заземления посредством сварки аналогично тому, как показано на рисунке 14.

К проходному элементу плоский заземляющий проводник крепят следующим образом. В проводнике высверливают отверстие, накидывают на резьбовую шпильку и фиксируют гайкой.

Аналогично присоединяют плоский заземляющий проводник к противоположному концу резьбовой шпильки внутри помещения. Другой конец плоского заземляющего проводника присоединяют к клемме главной заземляющей шины.

Соединение плоского заземляющего проводника 9 с заземлителем посредством болтового зажима 8 представлено на рисунке 9. Здесь же показан ввод плоского заземляющего проводника в здание с помощью проходного элемента 10 и контрольно-измерительный колодец 11. После монтажа вертикального электрода заземления к нему с помощью болтового профильного зажима 8 присоединяют плоский заземляющий проводник, заводя его снизу, таким образом, как показано на рисунке 9. Ввод плоского заземляющего проводника в здание осуществляется аналогично тому, как изложено в описании к рисунку 8. Далее, на специально подготовленное бетонное основание устанавливают колодец 11, одевая его сверху на соединение через имеющееся в дне колодца отверстие и обваловывают его грунтом.

В случае применения в качестве заземляющего проводника меди круглого сечения, для присоединения его к заземлителю используется специальный латунный муфтовый зажим 13, накручиваемый на резьбу стержня заземления. Узел 4 соединения вертикального электрода заземления с медным заземляющим проводником круглого сечения 12 показан на рисунке 16. Конструкция муфтового зажима представлена на рисунке 20. Муфтовый зажим накручивают на резьбу свободного конца последнего погруженного стержня. В паз муфтового зажима вставляют круглый медный проводник 12 и фиксируют гайкой через плоскую прокладку.

Последующий медный проводник вставляют в паз муфтового зажима через дополнительную прокладку так, как показано на рисунке 20, б.

При накручивании муфтового зажима на резьбу стержня заземления обязательно применение электропроводящей антикоррозионной смазки. По завершению монтажа соединение следует защитить специальной антикоррозионной изолирующей лентой. Такая конструкция соединения обеспечивает его долговечность и стойкость против контактной коррозии.

Соединение заземляющего проводника из меди круглого сечения 12 с помощью муфтового зажима 13 представлено на рисунке 10. Здесь же показан контрольно-измерительный колодец 11 и ввод заземляющего проводника в здание посредством проходного элемента 14.

Конструкция проходного элемента 14, аналогичная проходному элементу 10, показана на рисунке 17. Важной особенностью проходного элемента 14 является то, что он изготовлен из нержавеющей стали с целью устранения электро-контактной коррозии соединяемых проводников.

Инв. № подл.	Подп. и дата
Взам. инв. №	Подп. и дата
Инв. № дубл.	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	5.407-157.16-ПЗ	Лист
						16

В соответствии с рисунком 10 наконечник с отверстием, изготовленный из меди или нержавеющей стали, насаженный на медный заземляющий проводник накручивают на резьбовую шпильку и фиксируют гайкой.

Аналогично присоединяют медный заземляющий проводник к противоположному концу резьбовой шпильки внутри помещения. Другой конец заземляющего проводника присоединяют к главной заземляющей шине. Устройство колодца 11 – аналогично тому, как изложено в описании к рисунку 9.

В случае применения в качестве заземляющего проводника кабеля с медной токопроводящей жилой и защитным покровом (броней) типа ББШв, для присоединения его к заземлителю используют латунный муфтовый зажим 13, как показано на рисунке 11. Кабель 16 заводят в контрольно-измерительный колодец 11 снизу в защитном кожухе 18 через отверстие в бетонном основании 19. При этом броню кабеля присоединяют к тому же зажиму 13 посредством провода 17. По завершению монтажа соединение следует защитить специальной антикоррозионной изолирующей лентой. Место прохода кабеля через бетонное основание колодца заделывают цементно-песчаным раствором 20.

#### 8. Привязка и ссылка при заказе

Привязка настоящего типового решения к конкретной площадке строительства осуществляется путем подбора комплекта элементов заземляющего устройства, необходимого для достижения величины нормированного значения его сопротивления в зависимости от эквивалентного удельного сопротивления грунта на площадке строительства в соответствии с разделом 5.1.

Пример ссылки на заземлитель при заказе и использовании в проектах.

Заземлитель вертикальный составной глубинный «ИГУР» по ТУ ВУ 200001265.001-2006 в соответствии с ГОСТ Р 50571.5.54-2013.

Ссылка на комплекты заземляющего устройства, необходимые для достижения различных значений сопротивления в зависимости от свойств грунтов при использовании в проектах и последующем заказе производится в соответствии с обозначениями, приведенными в таблицах 6, 7, 8 и 9. Ссылка на отдельные элементы заземлителя производится в соответствии с обозначениями, изложенными в таблице 11.

Таблица 11 – Обозначение элементов заземлителя «ИГУР»

Наименование	Обозначение	Назначение	Лист
Стержень вертикального электрода заземления	И-СЗ-Ц5/8-30	Для погружения на глубину 3-30 м. Упрочненная сталь с прочностью на разрыв не менее 550 МПа. Оцинков. горячим способом. Резьба 5/8" UNC. Диаметр 16 мм, Длина 1500 мм, Вес 2,45 кг	ЭЗ-2, рисунок 21
	И-СЗ-Ц5/8-9	Для погружения на глубину 3-9 м. Обычная сталь с прочностью на разрыв не более 450 МПа. Оцинков. горячим способом. Резьба 5/8" UNC. Диаметр 16 мм, Длина 1500 мм, Вес 2,45 кг	ЭЗ-2, рисунок 21
Муфта соединительная	И-МС-Л5/8	Для соединения стержней вертикального электрода заземл. Изготовлена из латуни. Резьба 5/8" UNC. Длина 70 мм, Вес 0,12 кг	ЭЗ-3, рисунок 22
	И-МС-ЦТ5/8	Для соединения стержней вертикального электрода заземл. Изготовлена из стали, оцинкованной методом термодиффузии. Резьба 5/8" UNC. Длина 70 мм, Вес 0,14 кг	ЭЗ-3, рисунок 22
Наконечник	И-Н-С5/8	Для прошивки грунта при погружении стержней заземлителя. Изготовлен из упрочненной стали. Резьба 5/8" UNC.	ЭЗ-3, рисунок 23
Оголовок	И-О-С5/8	Для передачи нагрузки от виброударного инструмента на стержень заземлителя. Изготовлен из упрочненной стали. Резьба 5/8" UNC.	ЭЗ-4, рисунок 24
Муфтовый зажим	И-МЗ-Л5/8	Для болтового соединения круглых медных заземляющих проводников со стержнем заземлителя. Изготовлен из латуни. Резьба 5/8" UNC.	ЭЗ-2, рисунок 20
Зажим соединительный плоский	И-ЗСПл-Ц	Для болтового соединения плоских проводников по длине. Изготовлен из горячеоцинкованной стали.	ЭЗ-1, рисунок 18
Зажим соединительный профильный	И-ЗСПр-Ц	Для болтового соединения плоских проводников со стержнем заземлителя. Изготовлен из горячеоцинкованной стали.	ЭЗ-1, рисунок 19
Смазка электропровод. антикоррозион.	И-СЗА	Для обеспечения лучшей электропроводимости и долговечности резьбового муфтового соединения стержней заземлителя. Использование смазки обязательно для каждого соединения.	ПЗ-12, ПЗ-14

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	5.407-157.16-ПЗ	Лист
						17

## Список использованных источников

1. МЭК 62305-3:2006. Защита от молнии. Часть 3. Физическое повреждение конструкций и опасность для жизни (IEC 62305-3:2006 Protection against lightning - Part 3: Physical damage to structures life hazard).
2. Доклад о состоянии и использовании земель сельскохозяйственного назначения. - М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2010. - 100 с.
3. Использование отходов промышленности в качестве известковых удобрений. И.А. Шильников, д.с.-х. н., Н.И. Аканова, д.с.-х. н., Н.А. Зеленев, М.Г. Маренкова. ВНИИА. Журнал «Плодородие», №6, 2009 г.
4. Инструкция по защите железнодорожных подземных сооружений от коррозии блуждающими токами. № ЦЭ-518 от 09.10.1997 г.
5. Рекомендации по совместимости заземления и катодной защиты Европейского комитета по катодной защите и связанным покрытиям (Recommendation PCRA 004 October 2005 - Rev. 0 Committee for Cathodic Protection and Associated Coatings).

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

5.407-157.16-ПЗ

Лист

18

Приложение А  
(рекомендуемое)

Методика расчета восстановления существующего заземляющего устройства  
до нормируемых параметров

Восстановление производят посредством погружения в землю дополнительных вертикальных и горизонтальных электродов заземления, не пренебрегая вкладом существующего заземляющего устройства (ЗУ).

Из-за весьма низкой эффективности стандартных вертикальных заземлителей (электроды из проката черного металла, погружаемые на ограниченную глубину в поверхностные слои грунта) глубиной 2,5 – 5 м процесс восстановления существующих ЗУ является чрезвычайно трудоемким, затратным и не всегда выполнимым.

Указанная проблема восстановления ЗУ или приведения их сопротивления к норме может быть успешно решена с минимальными затратами путем применения вертикальных составных глубинных заземлителей «ИГУР», способных достигать более плотных и, как правило, водонасыщенных нижележащих слоев грунтов с низким удельным сопротивлением (например, для сравнения, эквивалентное удельное сопротивление земли на отметке 2,5 м составляет 446 Ом м и 52 Ом м – на глубине 15–20 м).

В условиях, когда известно лишь сопротивление существующего ЗУ и отсутствует достоверная информация об удельном сопротивлении грунтов на площадке производства работ, затруднен расчет ресурсов, необходимых для восстановления ЗУ.

Предприятием «ИГУР» предложена методика, позволяющая рассчитать число дополнительных элементов заземления, не прибегая к каким-либо затратам, связанным с замером удельного сопротивления грунта в месте проведения работ.

Для этого используется метод прямого электродного зондирования (ПЭЗ) с применением вертикальных составных глубинных электродов заземления «ИГУР».

Сущность метода состоит в том, что на площадке восстанавливаемого ЗУ погружают первый (пробный) вертикальный глубинный электрод. По мере погружения электрода измеряют его сопротивление.

Окончательное значение сопротивления электрода заземления принимают на глубине погружения, при которой существенно замедляется падение сопротивления. Оптимальной принимают глубину погружения 20 м. В последующем пробный электрод включают в работу заземляющего устройства, объединив его с другими электродами.

Таким образом, измеренная величина сопротивления пробного вертикального электрода заземления при известной глубине погружения, дает представление об эквивалентном удельном сопротивлении грунта в месте производства работ. Затем, принимая во внимание значения требуемого (заданного) сопротивления ЗУ, а также измеренных значений существующего заземляющего устройства, включая естественные и искусственные заземлители, требующие модернизации и пробного

вертикального электрода, расчетным путем по известным зависимостям вычисляют необходимое дополнительное количество вертикальных глубинных электродов п. Для предварительных расчетов вкладом горизонтального электрода заземления пренебрегают.

Особенностью методики является необходимость размещения первого пробного электрода заземления вне существующего ЗУ и отнесения его на достаточно большое расстояние во избежание их взаимного влияния, снижающего эффективность дополнительных электродов заземления.

При параллельном соединении единичных заземлителей имеет место эффект взаимного экранирования заземлителей, который сказывается в том, что общее сопротивление заземления уменьшается не пропорционально числу заземлителей соединенных параллельно, а несколько меньше. Эффект экранирования сказывается тем больше, чем ближе друг к другу будут расположены единичные заземлители.

Каждый заземляющий электрод в грунте обладает некоторой эффективной рабочей околоэлектродной зоной, которая оказывает максимальное (90%) влияние на сопротивление электрода. Эта зона имеет вид некой полусферы определенного радиуса в зависимости от размера и формы ЗУ.

При этом, в качестве размера ЗУ следует принимать:

- для сложных заземлителей (заземляющей сетки, контура с вертикальными электродами) – длину большей диагонали контура  $D$ ;
- для заземлителей из одиночной горизонтальной полосы – длину полосы  $G$ ;
- для глубинного электрода заземления – длину глубинного электрода  $H$ .

Минимальное влияние эффективной зоны, например, для сложных заземлителей наблюдается при достижении расстояния  $\geq 5D$ . Для глубинного электрода заземления это расстояние оценивается как  $\geq 1,1H$ .

Для достижения максимального эффекта снижения сопротивления, зоны эффективного заземления отдельных электродов по возможности не должны перекрываться.

Так, например, для существующего контура заземления сложной конфигурации с длиной большей диагонали  $D$  оптимальное расстояние  $L$  для размещения первого пробного глубинного электрода глубиной погружения  $H$  составляет  $L = 5D + 1,1H$ . Оптимальное расстояние между последующими погружаемыми вертикальными глубинными электродами составляет  $2,2H$ .

В случае необходимости, обусловленной реальными условиями площадки, допускается уменьшение расстояния  $L$ . При этом для отражения в расчете уменьшения действительной проводимости заземлителя вводится коэффициент использования проводимости заземлителей  $K$ .

$$K=1,4 \text{ для } 0,5 < L/H < 1$$

$$K=1,2 \text{ для } 1 < L/H < 5$$

$$K=1,0 \text{ для } L/H \geq 5,$$

Инв. № подл.	Подп. и дата
Взам. инв. №	Подп. и дата
Инв. № дубл.	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	5.407-157.16-ПЗ	Лист
						19



где:  $L$  – расстояние между единичными заземлителями;  
 $H$  – глубина погружения вертикального глубинного электрода.

#### Описание методики расчета

1. Определить требуемое (заданное) нормированное значение сопротивления заземляющего устройства « $R$ ».
2. Замерить сопротивление существующего заземляющего устройства « $R_1$ », включая естественные и искусственные заземлители, требующие модернизации.
3. Забить первый (пробный) вертикальный электрод заземления глубиной 20 м (комплект из 13 стержней длиной 1,5 м, соединенных между собой посредством муфт), отступив по возможности на расчетное расстояние  $L$  от существующего заземлителя и замерить его сопротивление « $R_2$ ».
4. Рассчитать полученное результирующее сопротивление заземляющего устройства « $R_p$ » с учетом забитого пробного вертикального электрода и существующих заземлителей.
5. Сравнить расчетное значение « $R_p$ » с требуемым нормированным значением сопротивления « $R$ »: если « $R_p$ »  $\leq$  « $R$ » – закончить расчет, если « $R_p$ »  $>$  « $R$ » – продолжить расчет.
6. Проверить результаты расчета замером сопротивления, объединив вместе существующие заземлители и пробный вертикальный электрод.
7. Рассчитать необходимое сопротивление « $R_3$ » дополнительного заземлителя (помимо первого пробного электрода), достаточное для приведения заземляющего устройства к норме.
8. Рассчитать необходимое количество вертикальных глубинных электродов заземления « $N$ », дополнительно (помимо первого пробного электрода) необходимых для приведения заземляющего устройства к норме. При получении значения « $N$ » в виде дробного числа необходимо забить количество электродов, соответствующее целой его части и начать забивать следующий вертикальный электрод до достижения требуемого значения сопротивления ЗУ. Например, расчетное количество дополнительных глубинных электродов составляет  $N = 2,4$ . Требуется дополнительно забить 2 электрода и начать забивать третий.
9. Проверить результаты расчета замером сопротивления, объединив вместе все элементы заземляющего устройства. В случае необходимости продолжить погружение дополнительных стержней до доведения сопротивления ЗУ до заданных параметров.

Например, при значениях  $R=2$  Ом,  $R_1=20$  Ом,  $R_2=6$  Ом,  $K=1,2$  по расчету дополнительно требуется 3 вертикальных глубинных электрода. При необходимости достижения  $R=1$  Ом и тех же значениях остальных параметров потребуется 7 электродов.

Расчет реализован в компьютерной программе и размещен на сайте компании «ИГУР» по адресу [www.igur.by](http://www.igur.by) в форме калькулятора в разделе «актуально».

Особое внимание следует обратить на правильность проведения измерения сопротивления протяженных контуров заземления. Измерительные электроды необходимо устанавливать вне заземляющего устройства на территории, свободной от линий электропередач и подземных коммуникаций (трубопроводы, кабели с металлической оболочкой и броней и прочие металлоконструкции, имеющие связь с испытуемым заземлителем), т.к. их влияние приводит к искажению результатов измерения.

Основная погрешность измерения обусловлена взаимным влиянием измерительных электродов и заземлителя (о взаимном влиянии единичных заземлителей упоминалось выше). В зависимости от конфигурации и размеров ЗУ, близкое к действительному значение сопротивления может быть получено при определенном соотношении расстояний от испытуемого заземлителя до измерительных электродов. Измерительные электроды рекомендуется размещать на одной линии: токовый электрод  $R_n$  на расстоянии  $\geq 5D$  от края заземляющего устройства, а потенциальный  $R_p$  – в первом приближении – на половине этого расстояния. При этом  $D$  является большей диагональю нового, окончательно построенного контура.

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	5.407-157.16-ПЗ	Лист
						20

Приложение Б  
(справочное)

Пример применения составных глубинных заземлителей  
в сравнении с традиционным методом заземления

Рассмотрим пример из практики, свидетельствующий о преимуществе составных глубинных заземлителей в сравнении с традиционным методом заземления.

Так, одной из проектных групп запроектирован контур заземления медицинского оборудования поликлиники в г. Бресте сопротивлением  $R_z \leq 2 \text{ Ом}$ .

В качестве вертикальных электродов заземления проектировщиками приняты стержни из обычной черной стали  $\varnothing 12 \text{ мм}$ . Глубина погружения стержней принята 2,5 м.

Всего для достижения нормированного сопротивления заземления проектом предусмотрено 42 вертикальных электрода, погружаемых на глубину 2,5 м и объединенных между собой круглой сталью  $\varnothing 12 \text{ мм}$  в соответствие с фрагментом плана на рисунке Б.1.

После пробного погружения нескольких поверхностных электродов, заложенных проектом, стало ясно, что таким количеством 2,5-метровых стержней не удастся получить заданное значение сопротивления, для его достижения потребуются слишком большие затраты, поэтому уже в ходе работ заказчиком принято решение об использовании глубинных заземлителей.

Дальнейшие работы проводились с использованием вертикальных составных глубинных заземлителей, производимых УП «ИГУР».

По мере погружения глубинного электрода проводились замеры его сопротивления на разной глубине с последующим расчетом эквивалентного удельного сопротивления грунта. Так, при прохождении отметки глубиной 2,5 м, зная измеренное на этой глубине сопротивление одиночного вертикального заземлителя по формуле (1) рассчитали удельное сопротивление грунта, которое составило  $446 \text{ Ом м}$ , на глубине 15 м –  $52 \text{ Ом м}$ .

Расчет по формуле (3) показал, что с учетом реального значения удельного сопротивления грунта на площадке на глубине 2,5 м для достижения заданного значения сопротивления заземления необходимо 75 электродов длиной 2,5 м, в соответствие с рисунком Б.2, вместо 42, заложенных проектом.

Фактически же нормируемое сопротивление было достигнуто двумя вертикальными электродами, погруженными на глубину 15 м, т.е. по 10 стержней в каждом в соответствие с рисунком Б.3. В пересчете на 1,5-метровые стержни, при глубинном заземлении их понадобилось в 9 раз меньше по сравнению с заземлением мелко заложения. Расход же материалов на горизонтальный электрод заземления сократился в 16 раз. Площадь, занимаемая заземляющим устройством, сократилась в 25 раз.

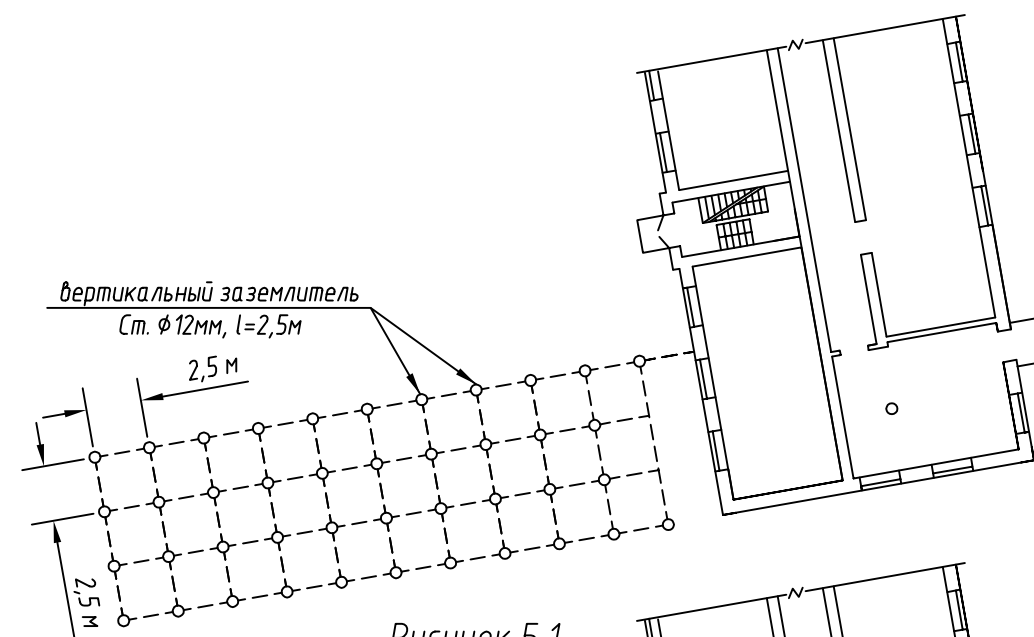


Рисунок Б.1.

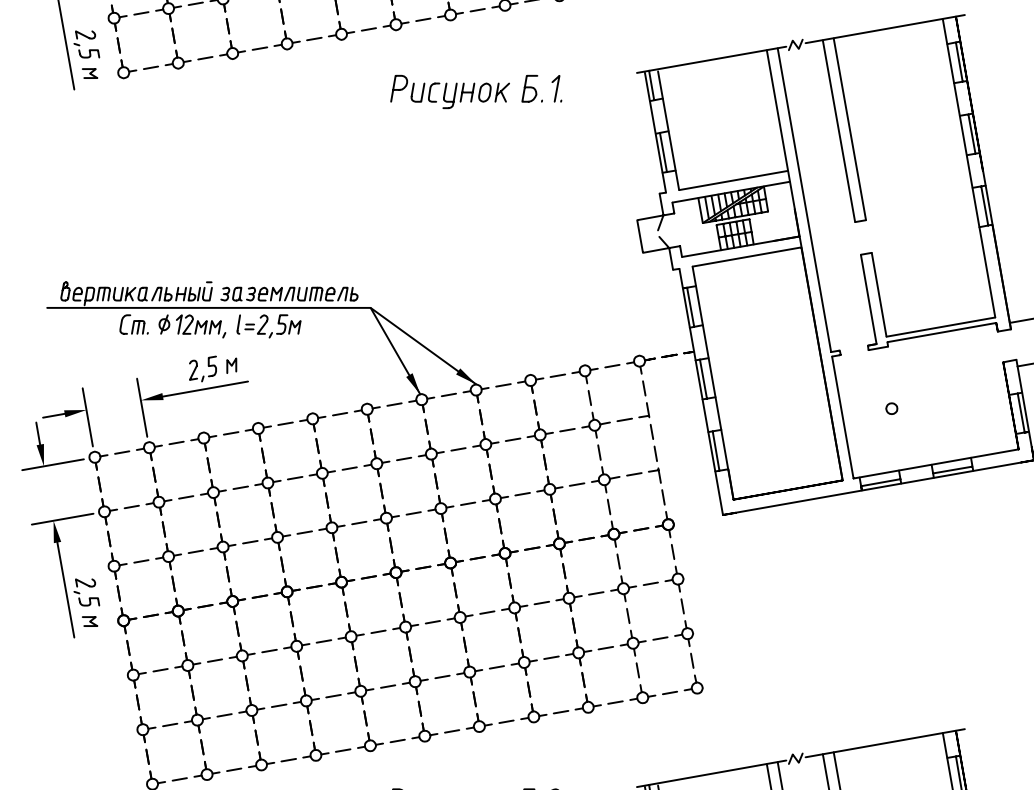


Рисунок Б.2.

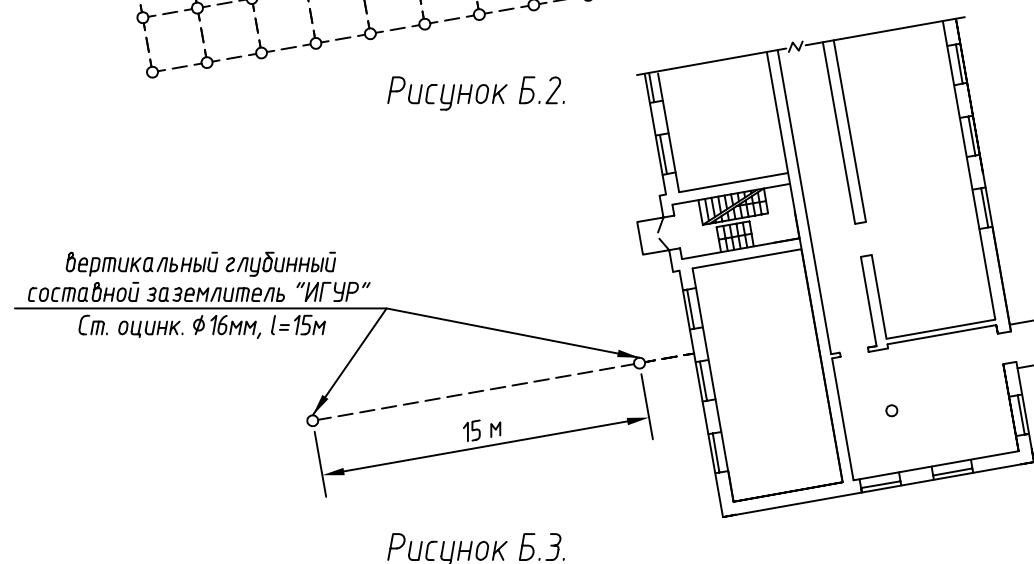


Рисунок Б.3.

Инв. № подл.	Подп. и дата
Взам. инв. №	Инв. № дубл.
Подп. и дата	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
------	------	----------	-------	------

5.407-157.16-ПЗ

Лист

21

Формат А3



Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата

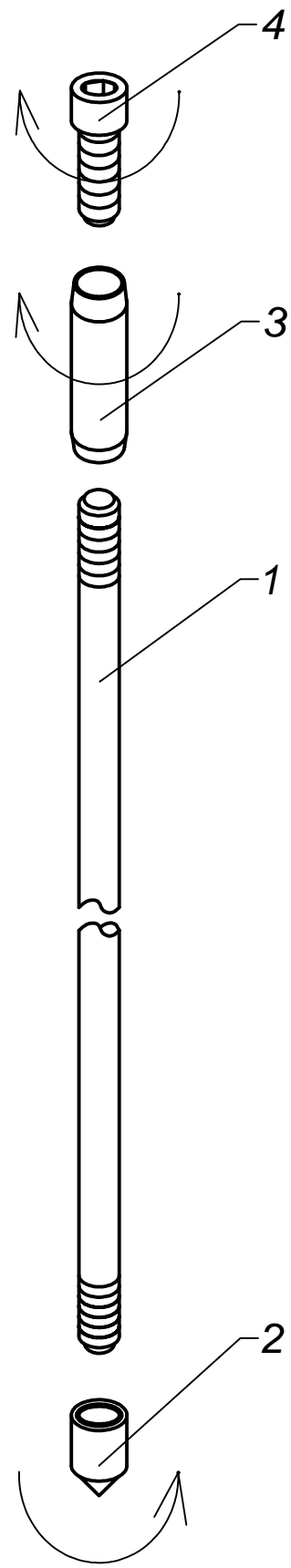


Рисунок 1

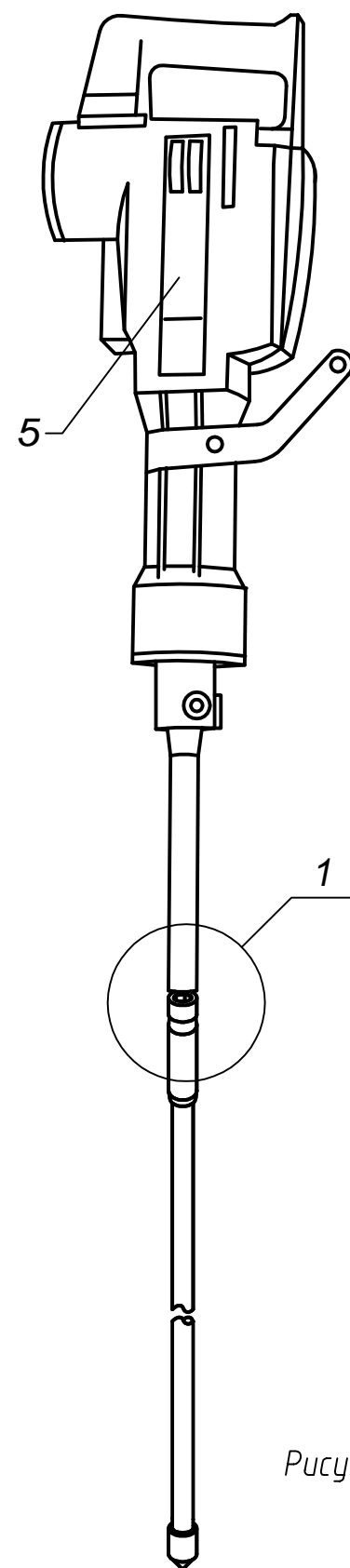


Рисунок 2

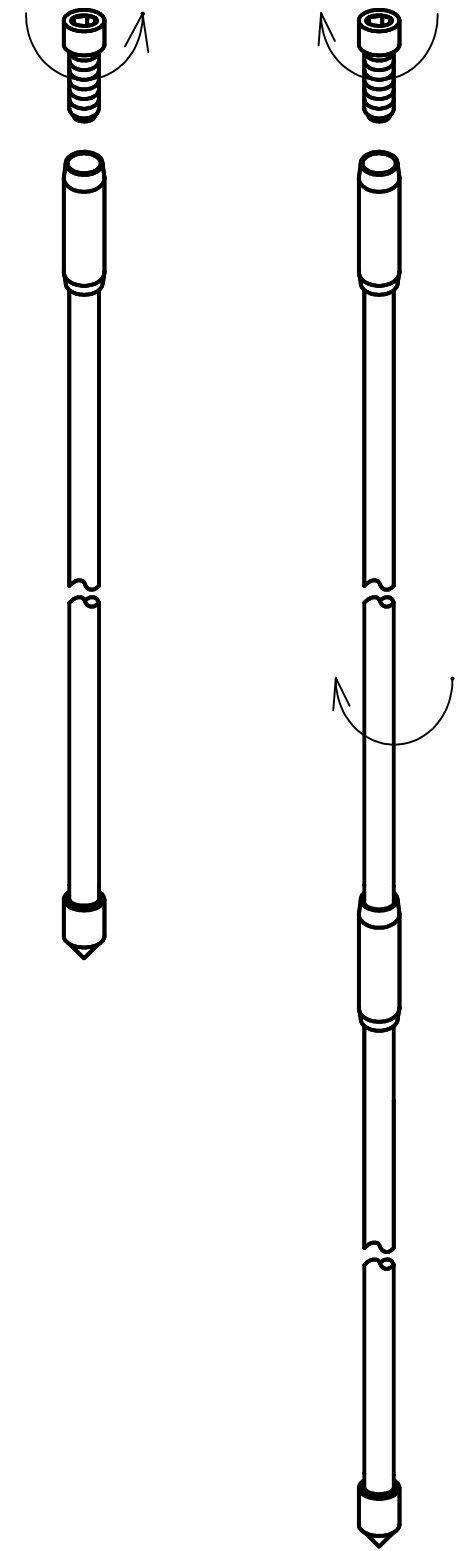
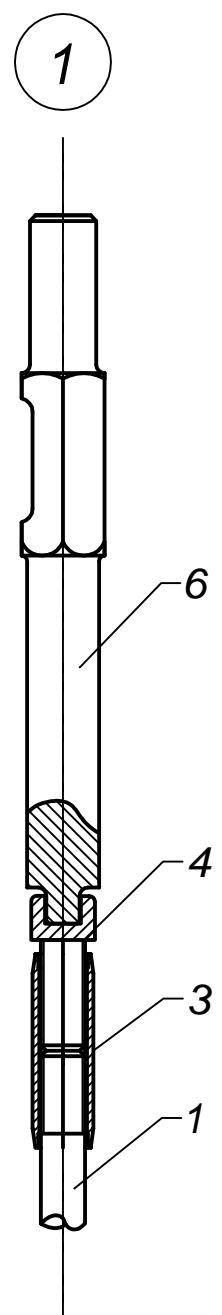


Рисунок 3

Примечание - данный лист смотреть совместно с листами ПЗ-12, ПЗ-14.

5.407-157.16-СМ3				
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.	Урбанович		<i>[Signature]</i>	11.16
Проб.	Руденко		<i>[Signature]</i>	11.16
Н.контр.	Пашкович		<i>[Signature]</i>	11.16
Утв.	Урбанович		<i>[Signature]</i>	11.16
Схемы монтажа заземлителей			Стадия	Лист
			С	1
			Листов	3
УП "ИГУР"				

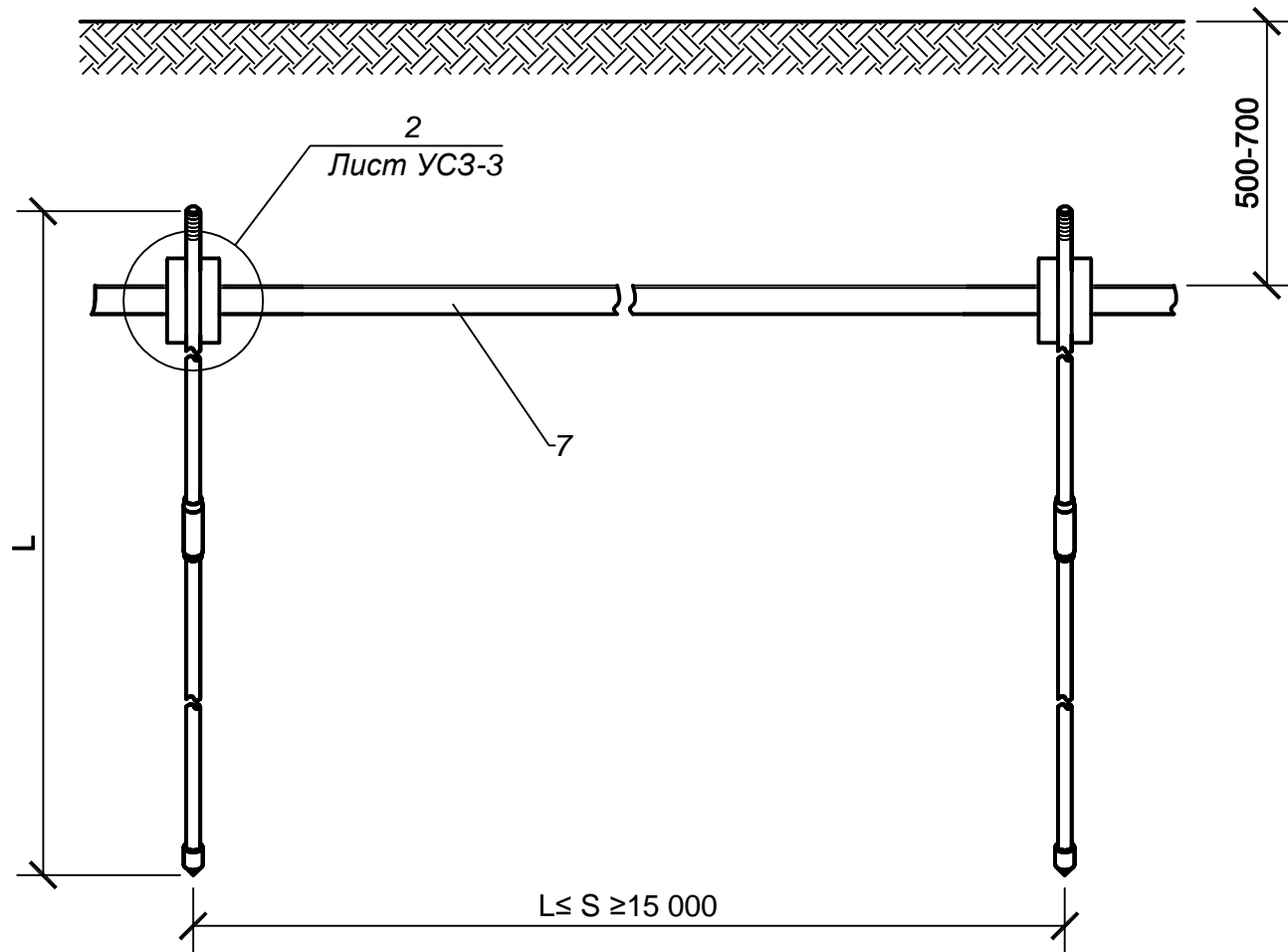


Рисунок 4

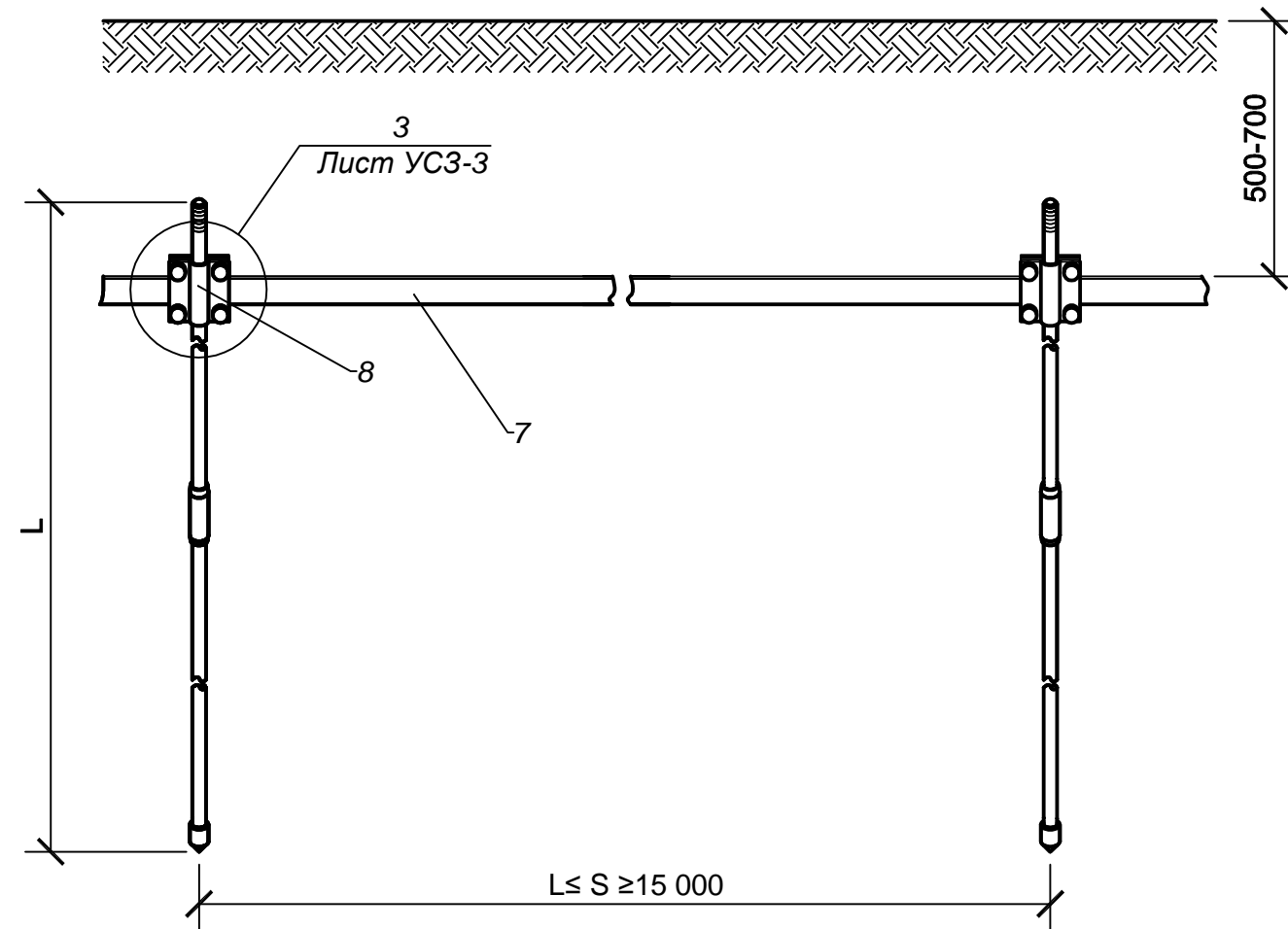


Рисунок 5

Примечание - данный лист смотреть совместно с листами ПЗ-12, ПЗ-14, ПЗ-15.

Инв. № подл.	Подп. и дата
Взам. инв. №	Инв. № дубл.
Подп. и дата	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
------	------	----------	-------	------

5.407-157.16-СМ3

Лист  
2

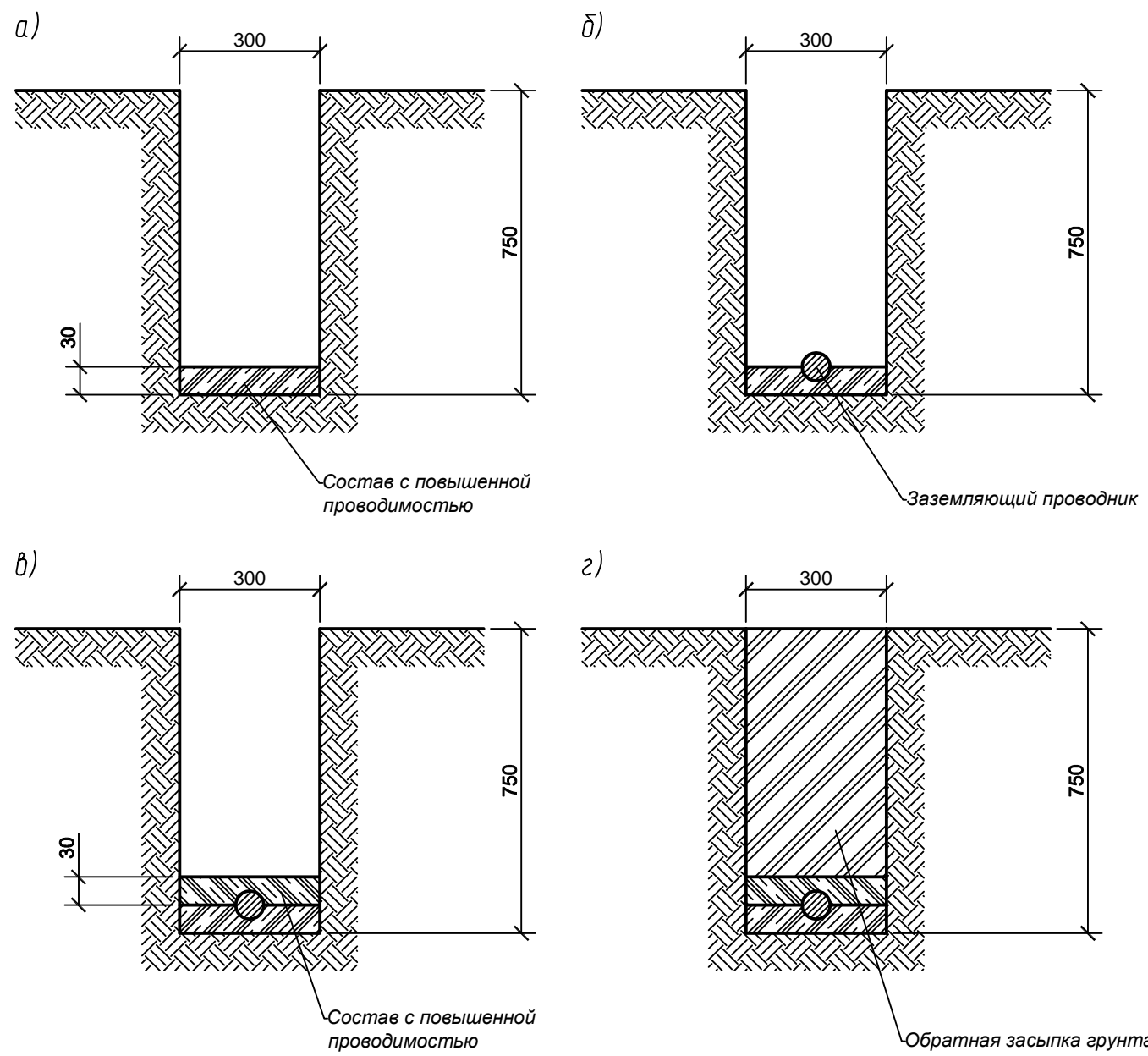


Рисунок 6

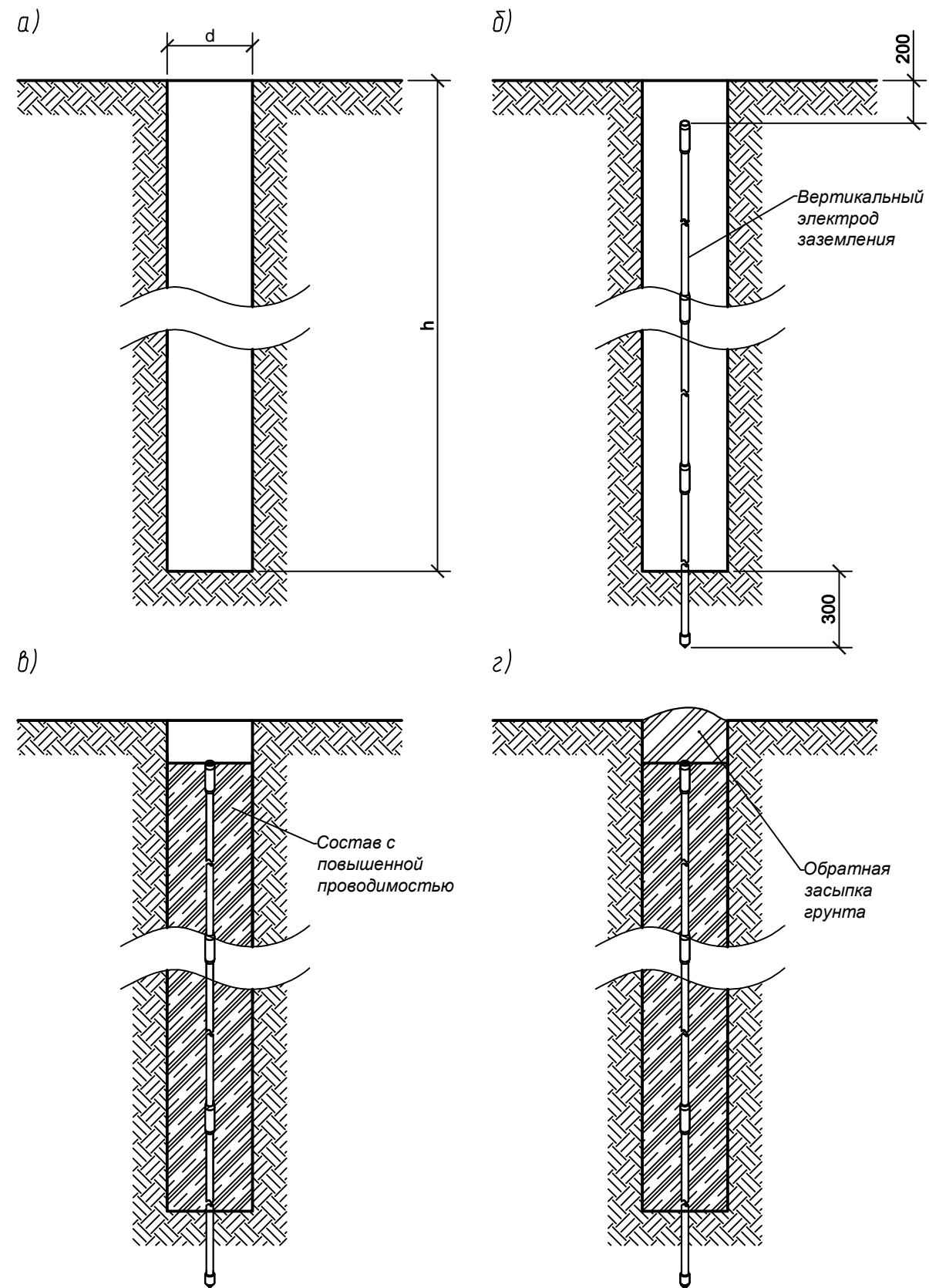


Рисунок 7

Примечание - данный лист смотреть совместно с листами ПЗ-15.

Инв. № подл.	Подп. и дата.	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

5.407-157.16-СМ3

Лист
3

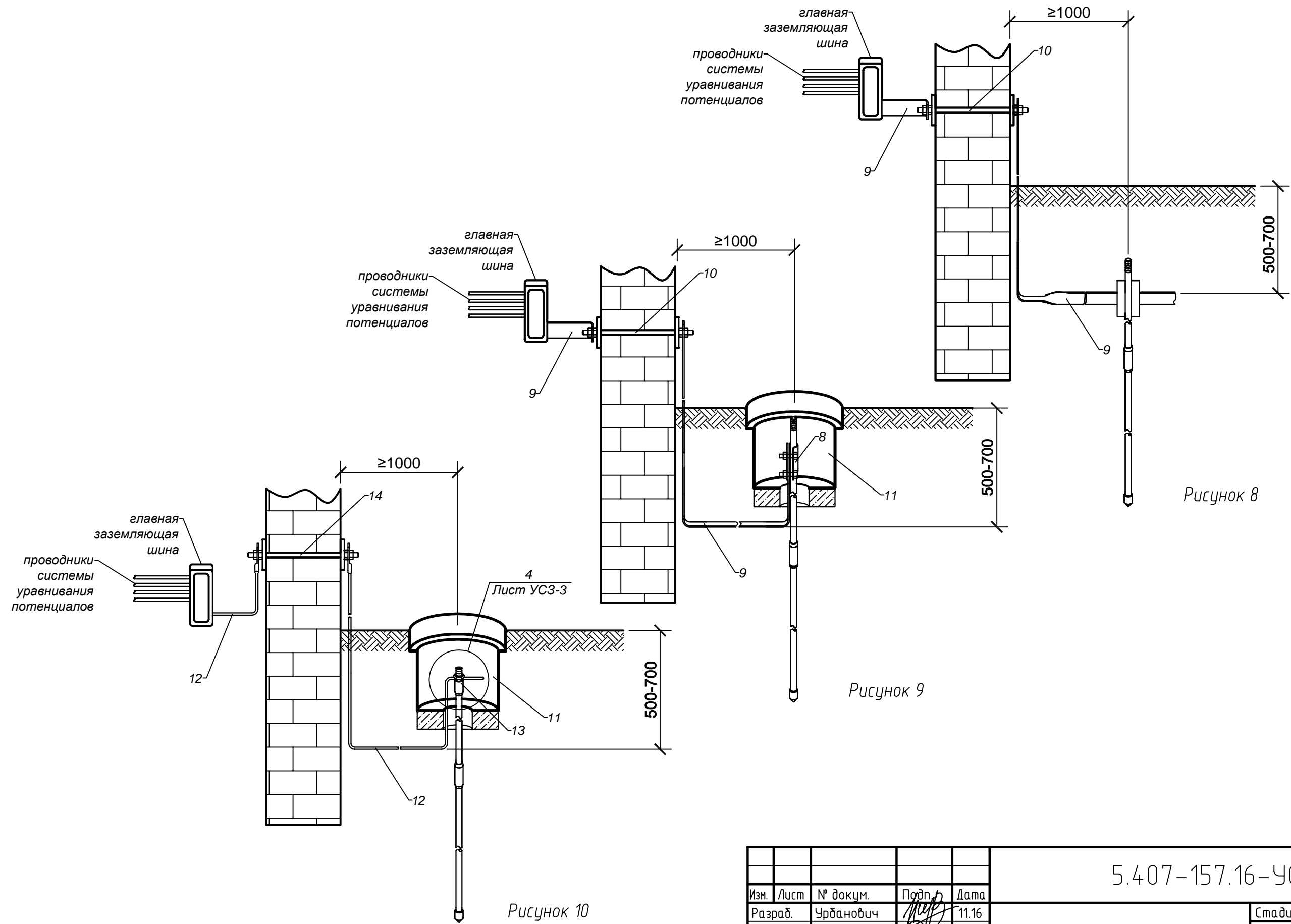


Рисунок 8

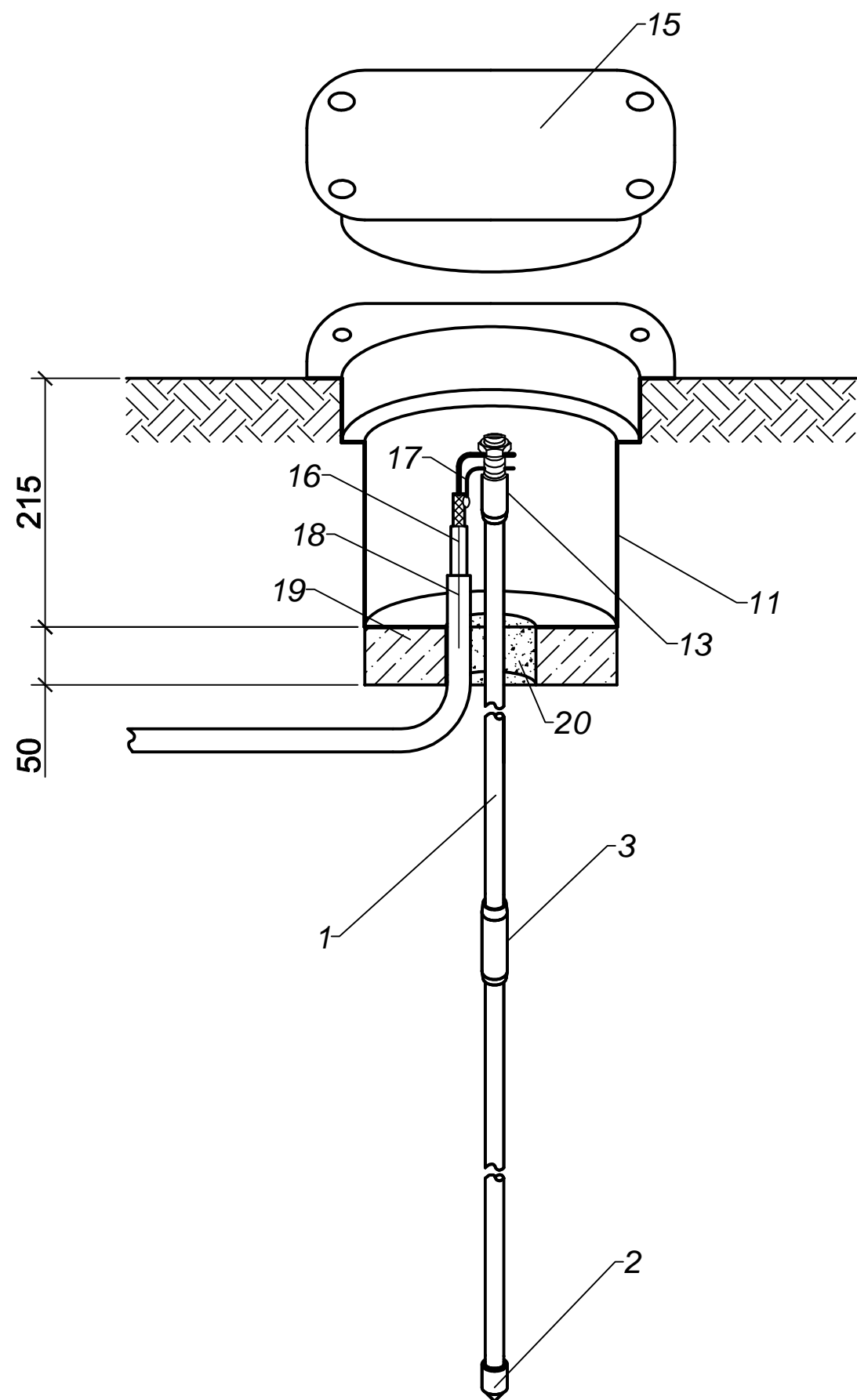
Рисунок 9

Рисунок 10

Примечание - данный лист смотреть совместно с листами ПЗ-16, ПЗ-17.

Инв. № подл.	Подп. и дата.	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата.

5.407-157.16-УСЗ				
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.	Урбанович		<i>[Signature]</i>	11.16
Проб.	Руденко		<i>[Signature]</i>	11.16
Н.контр.	Пашкович		<i>[Signature]</i>	11.16
Утв.	Урбанович		<i>[Signature]</i>	11.16
Узлы соединений заземлителей			Стадия	Лист
			С	1
			Листов	
			3	
УП "ИГУР"				



Узел присоединения к вертикальному заземлителю кабеля с медной проводящей жилой и защитным покровом типа БДШв

№ позиции	Наименование позиции	Материал
1	Стержень вертикального электрода заземления	Сталь черная, горячеоцинкованная
2	Наконечник	СтЗсп. по ГОСТ 380-2005
3	Муфта соединительная	Л63 ГОСТ15527-2004
11	Колодец контрольно-измерительный	Пластик
13	Муфтовый зажим	Л63 ГОСТ15527-2004
15	Крышка колодца с запорными креплениями	Пластик, армированный стекловолокном
16	Заземляющий проводник	Кабель ВБДШв-1, 1x25 мм <sup>2</sup>
17	Проводник, соединяющий защитный покров кабеля с заземлителем	Провод ПВЗ-380, 1x10 мм <sup>2</sup>
18	Защитный кожух кабеля	Труба ПЭ63, SDR 17.6 110x63
19	Основание колодца	Бетон С16/20
20	Заделка ввода кабеля в колодец	Цементно-песчаный раствор

Рисунок 11

Примечание – данный лист смотреть совместно с листами ПЗ-17.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

5.407-157.16-УСЗ

Лист

2

Формат А3

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата

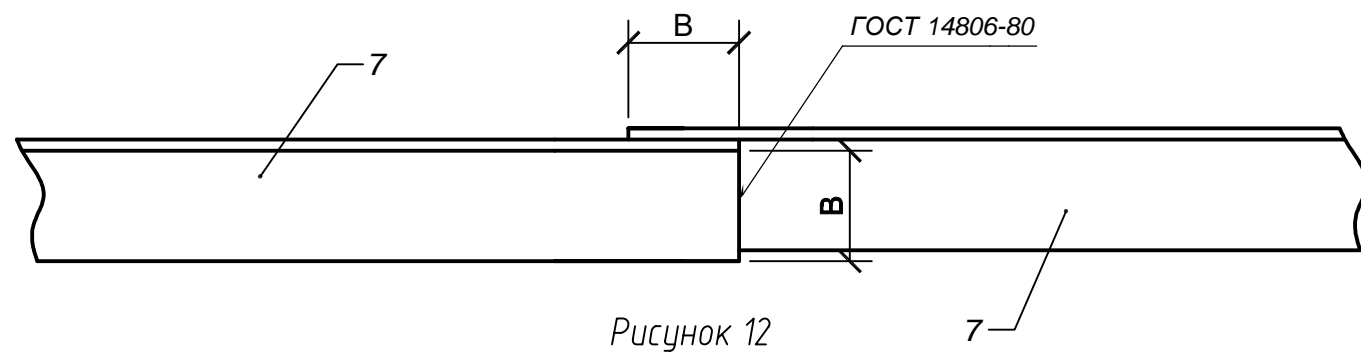


Рисунок 12

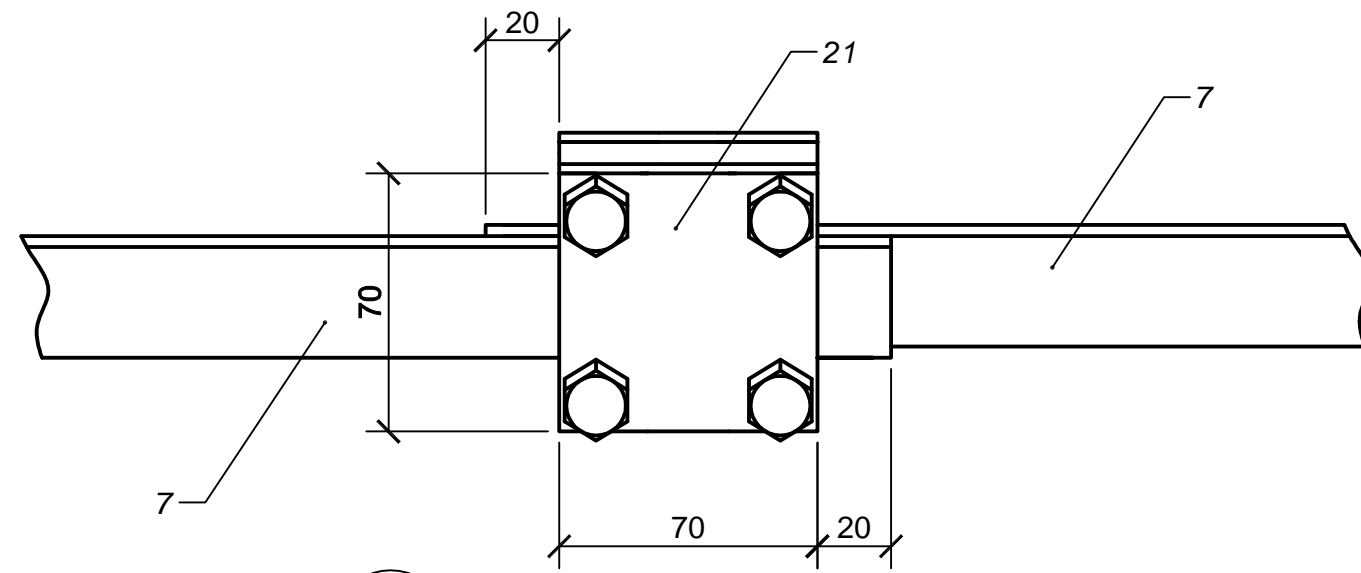


Рисунок 13

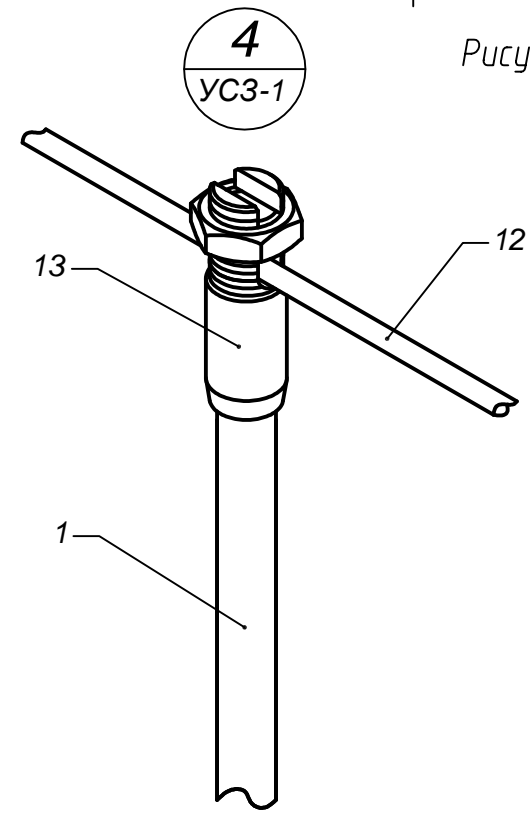


Рисунок 16

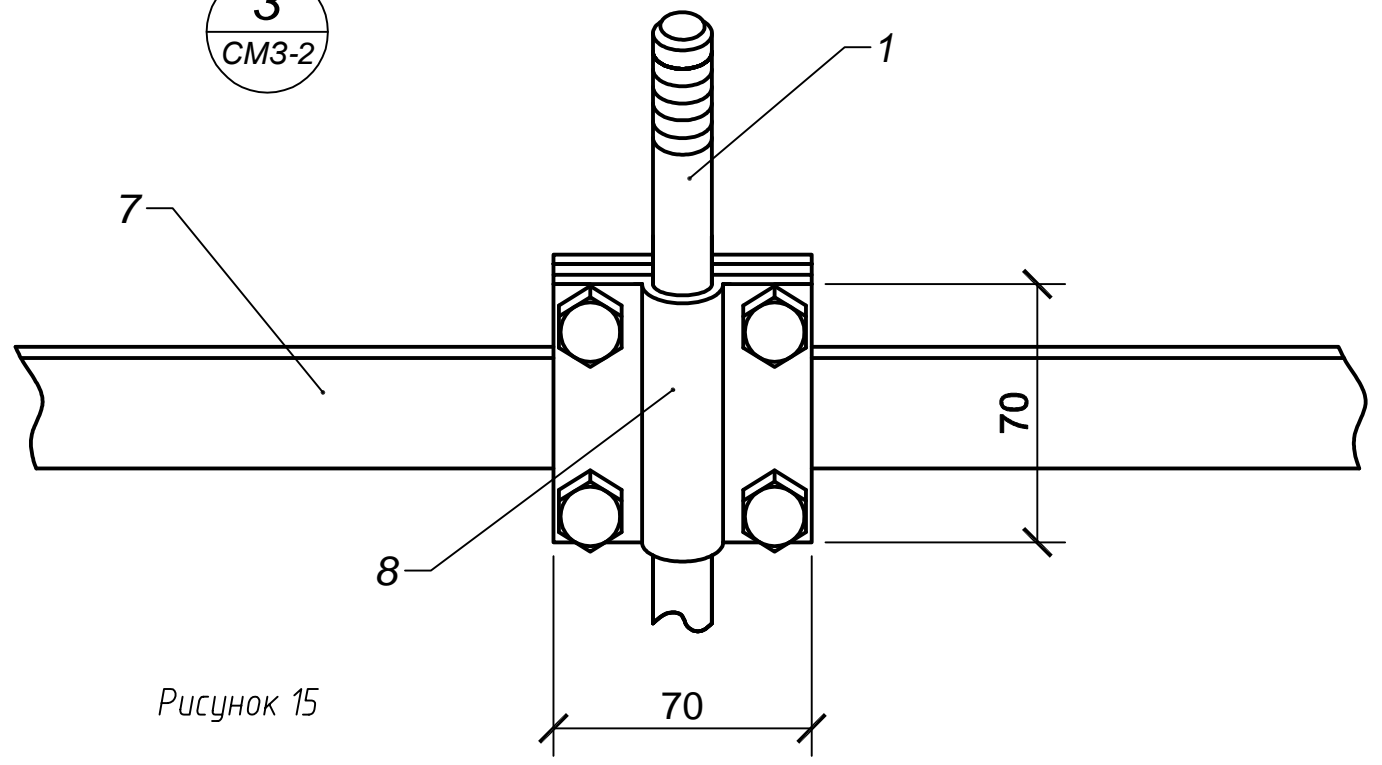
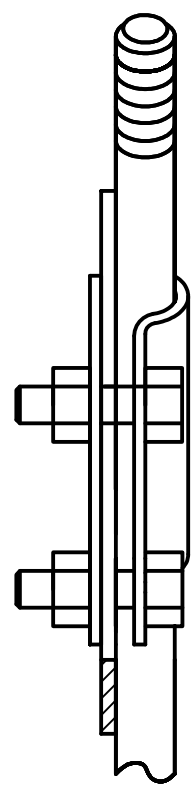


Рисунок 15

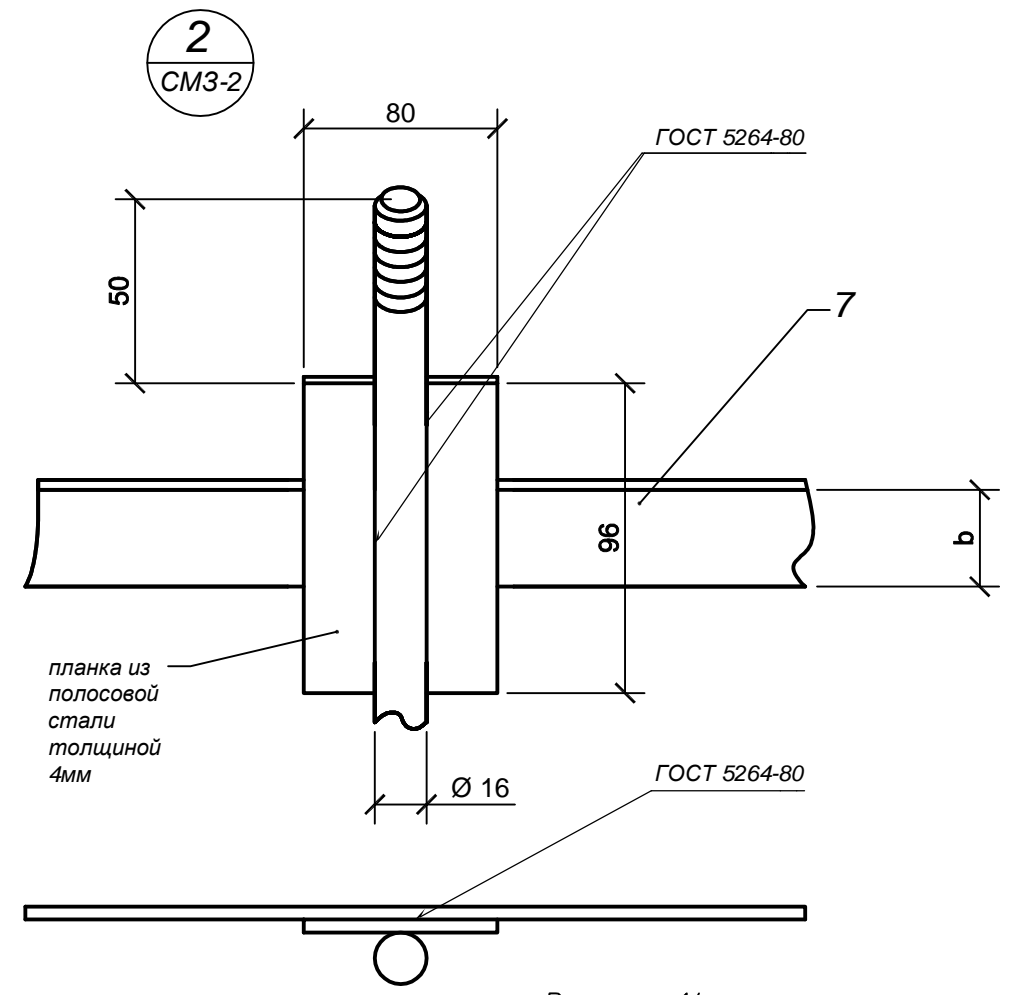


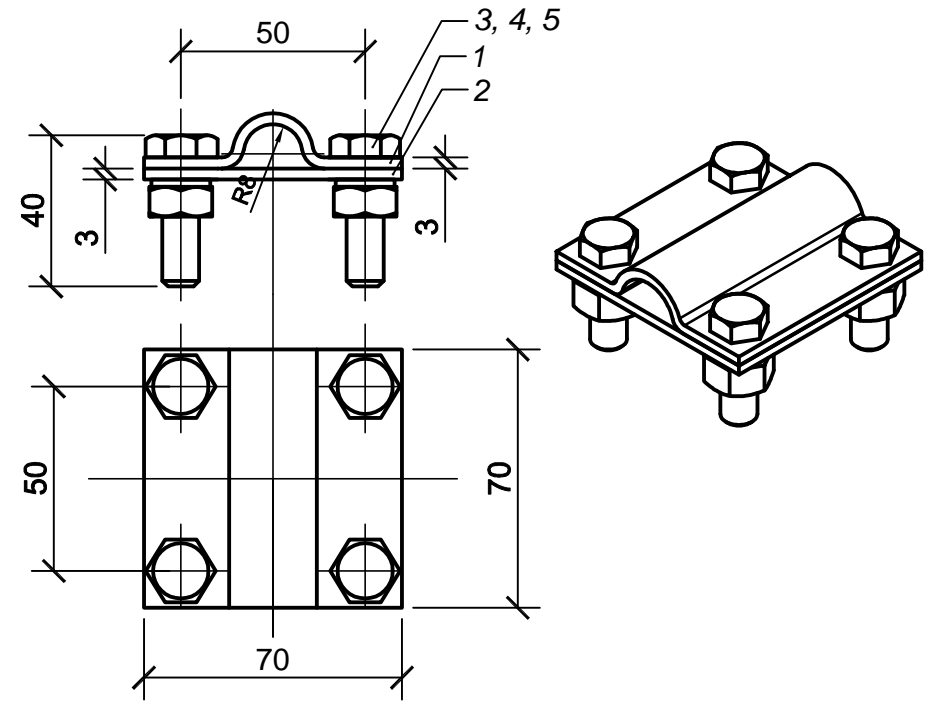
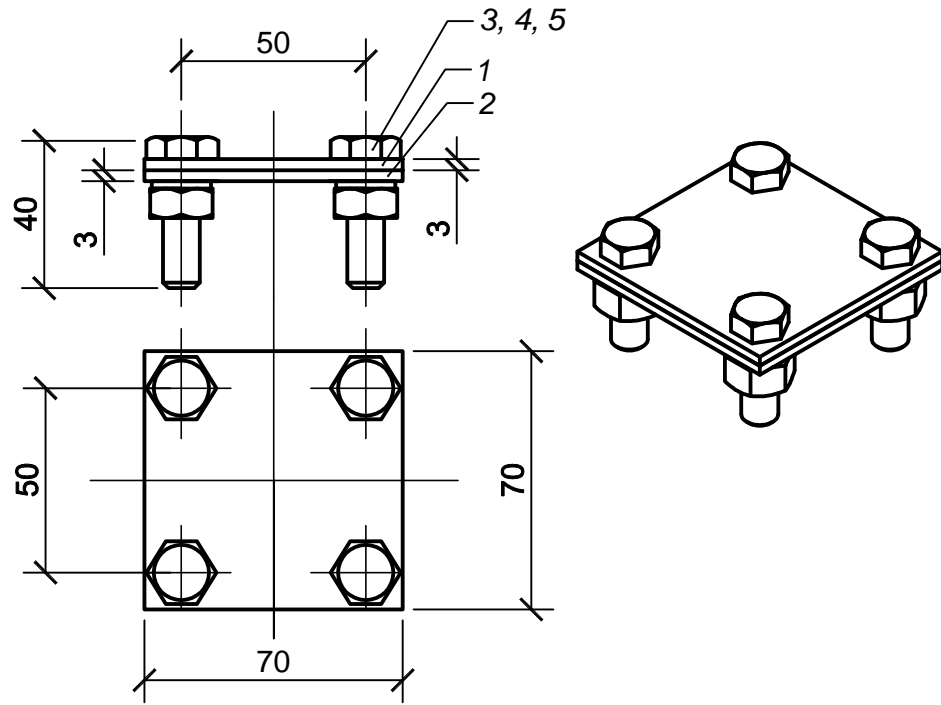
Рисунок 14

Примечание - данный лист смотреть совместно с листами ПЗ-15, ПЗ-16.

Инв. № подл.	Подп. и дата.	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	5.407-157.16-УС3	Лист
						3





Зажим соединительный плоский	
Предназначен для болтового соединения плоских проводников по длине	
Материал зажима (поз. 1, 2)	СтЗсп. по ГОСТ 380-2005
Покрытие (поз. 1, 2)	Цинковое горячее по ГОСТ 9.307-89, толщиной не менее 70 мкм
Болт М10х35 Ц6. Хр. дцв. кл. точности В, ГОСТ 7798 (поз. 3)	4 шт.
Гайка шестигранная М10 Ц6. Хр. дцв. кл. точности А, класса прочности 6 ГОСТ 5927 (поз. 4)	4 шт.
Шайба плоская ГОСТ 11371 и ГОСТ 9649 (поз. 5)	4 шт.
Максимальная ширина плоского проводника, мм	40
Масса, кг	0,40

Рисунок 18

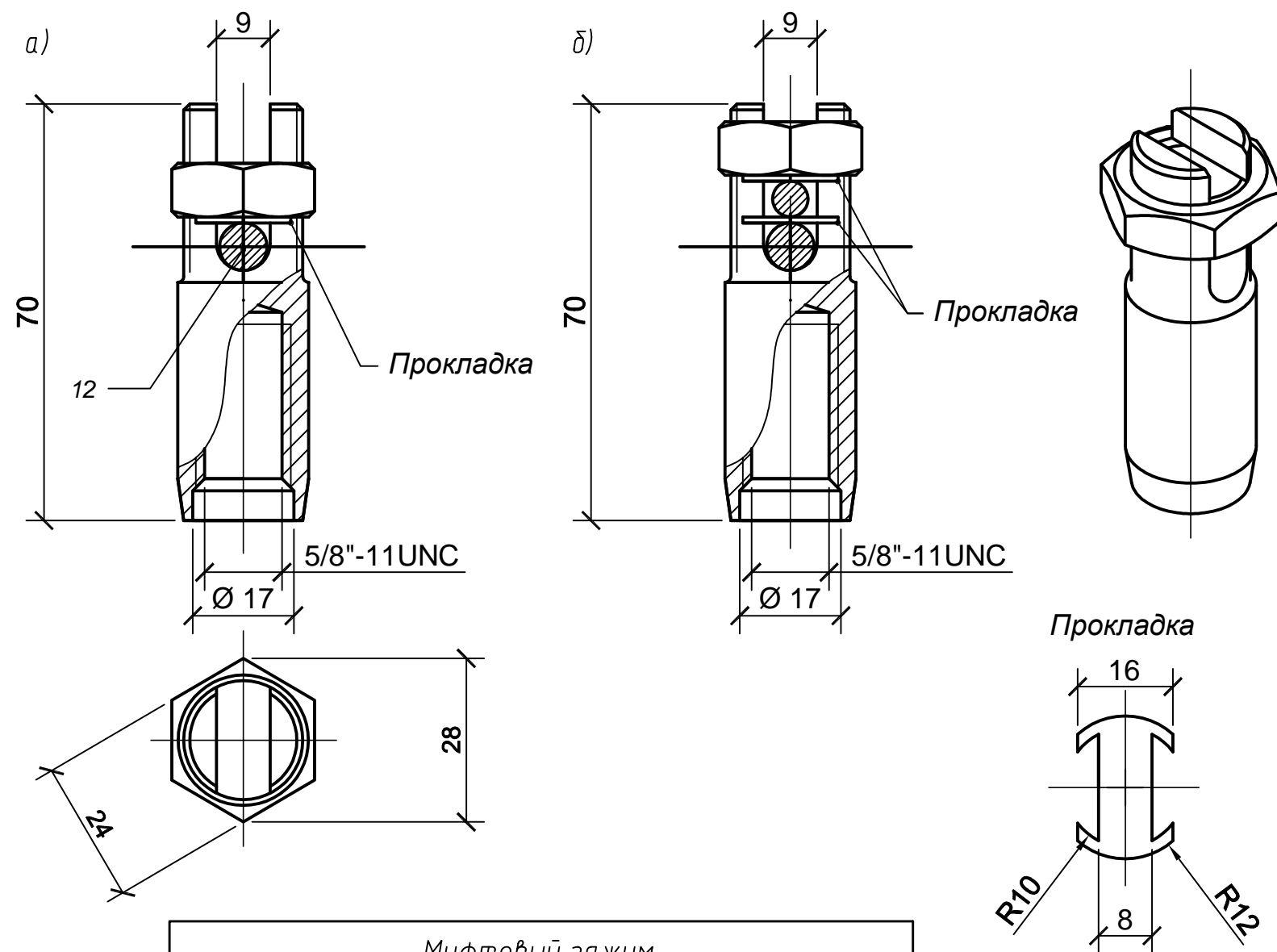
Зажим соединительный профильный	
Предназначен для болтового соединения плоских заземляющих проводников с вертикальным электродом заземления	
Материал зажима (поз. 1, 2)	СтЗсп. по ГОСТ 380-2005
Покрытие (поз. 1, 2)	Цинковое горячее по ГОСТ 9.307-89, толщиной не менее 70 мкм
Болт М10х35 Ц6. Хр. дцв. кл. точности В, ГОСТ 7798 (поз. 3)	4 шт.
Гайка шестигранная М10 Ц6. Хр. дцв. кл. точности А, класса прочности 6 ГОСТ 5927 (поз. 4)	4 шт.
Шайба плоская ГОСТ 11371 и ГОСТ 9649 (поз. 5)	4 шт.
Максимальная ширина плоского проводника, мм	40
Диаметр стержня заземления, мм	16
Масса, кг	0,41

Рисунок 19

Примечание - данный лист смотреть совместно с листами ПЗ-15, ПЗ-16.

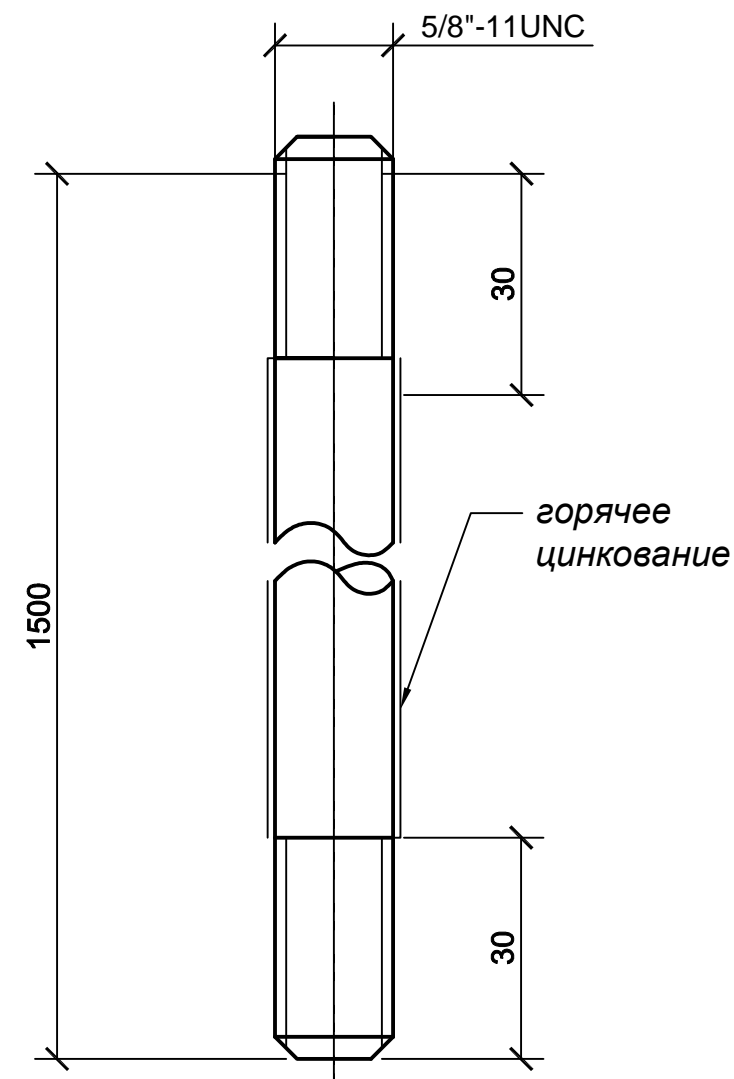
					5.407-157.16-33			
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Элементы заземлителя	Стадия	Лист	Листов
Разраб.		Урбанович	<i>[Signature]</i>	11.16		С	1	4
Проб.		Руденко	<i>[Signature]</i>	11.16		УП "ИГУР"		
Н.контр.		Пашкович	<i>[Signature]</i>	11.16				
Утв.		Урбанович	<i>[Signature]</i>	11.16				





Муфтовый зажим	
Предназначен для болтового соединения круглых медных заземляющих проводников с вертикальным электродом заземления	
Материал	Л63 ГОСТ 15527-2004
Максимальный диаметр круглого медного проводника, мм	8
Диаметр стержня заземления, мм	16
Масса, кг	0,15

Рисунок 20



Стержень вертикального электрода заземления	
Является основной проводящей частью заземлителя, находящейся в непосредственном электрическом контакте с землей	
Материал	сталь черная
Покрытие	Цинковое горячее по ГОСТ 9.307-89, толщиной не менее 70 мкм
Диаметр, мм	16
Масса, кг	2,45

Рисунок 21

Примечание - данный лист смотреть совместно с листами ПЗ-12, ПЗ-16.

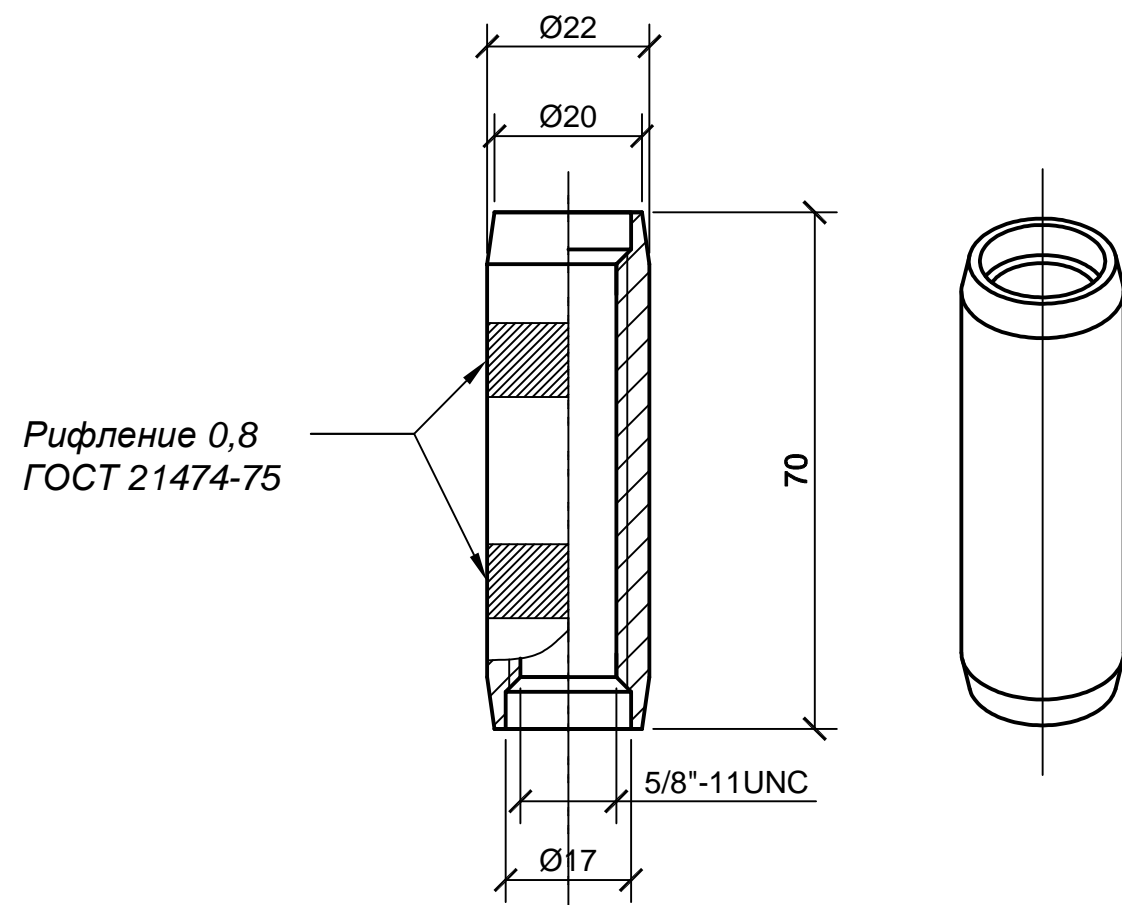
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

5.407-157.16-ЭЗ

Лист

2

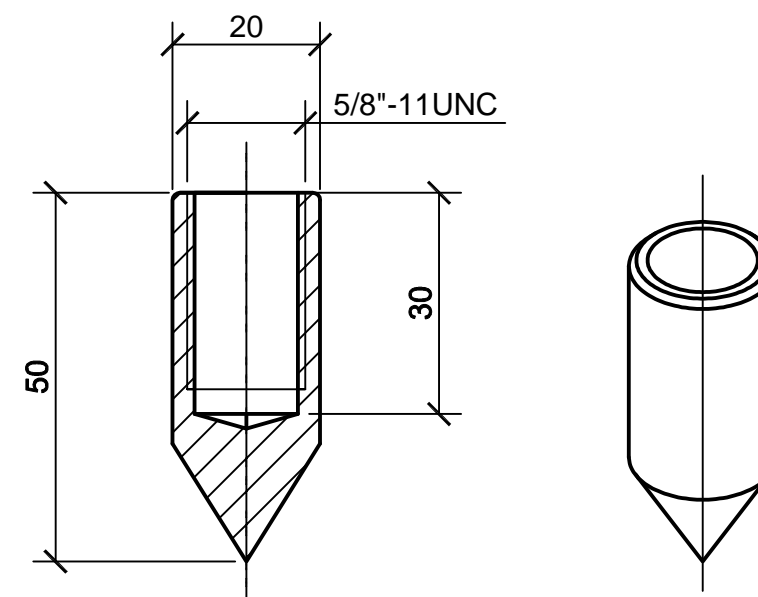
Формат А3



Рифление 0,8  
ГОСТ 21474-75

<i>Муфта соединительная</i>	
<i>Предназначена для соединения отдельных стержней заземления по длине</i>	
<i>Материал</i>	<i>Л63 ГОСТ 15527-2004</i>
<i>Диаметр соединяемых стержней заземления, мм</i>	<i>16</i>
<i>Масса, кг</i>	<i>0,12</i>

Рисунок 22



<i>Наконечник</i>	
<i>Предназначен для облегчения внедрения заземлителя Ø16мм в грунт</i>	
<i>Материал</i>	<i>СтЗсп. по ГОСТ 380-2005</i>
<i>Масса, кг</i>	<i>0,40</i>

Рисунок 23

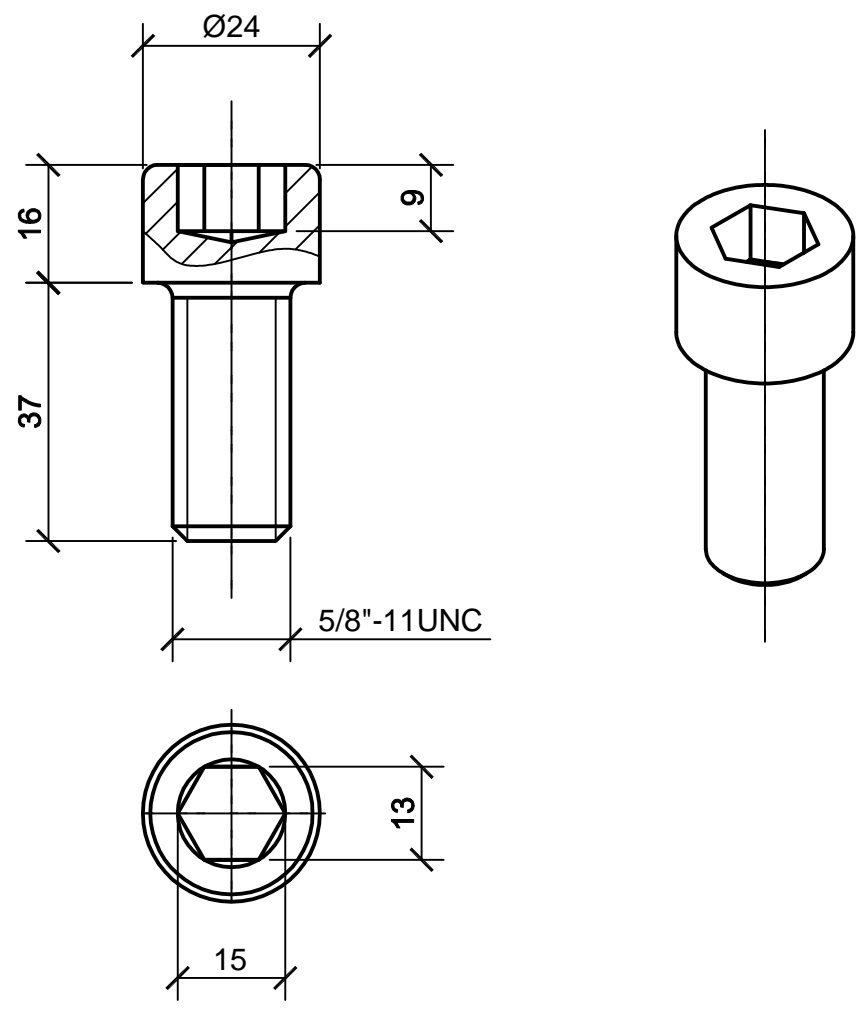
Примечание – данный лист смотреть совместно с листами ПЗ-12.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

5.407-157.16-Э3

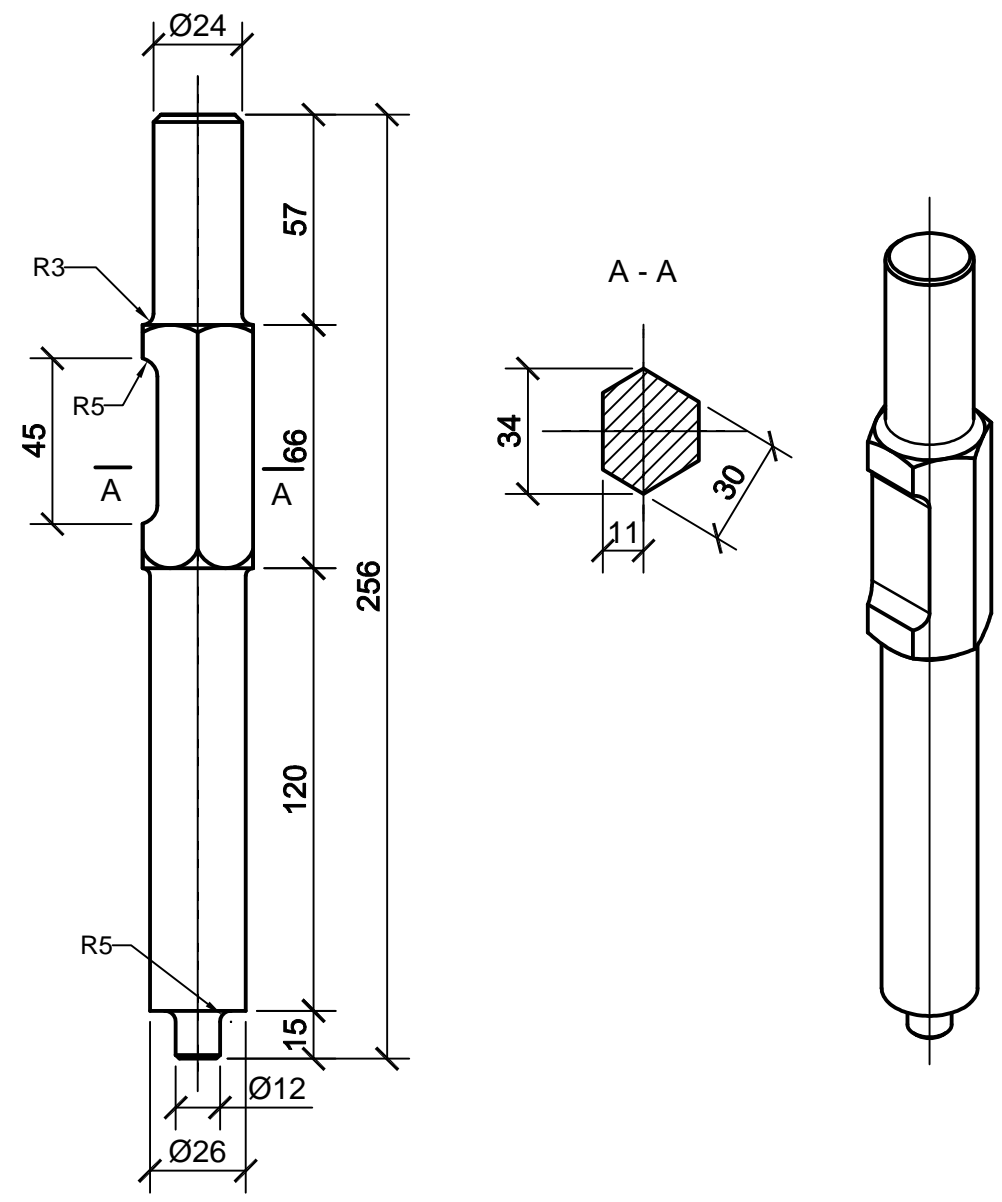
Лист

3



Оголовок	
Предназначен для передачи нагрузки от виброударного инструмента на стержень заземления	
Материал	Сталь 45 ГОСТ 1050-88
Твердость	40..50 HRC
Масса, кг	0,1

Рисунок 24



Насадка ударная	
Применяется с отбойными молотками типа HERMAN, MATRIX с энергией удара 45 - 55 Дж для нанесения удара по оголовку при погружении стержней заземления в грунт	
Материал	Сталь 12ХНЗА ГОСТ 4543-88
Система зажима	28-Гексогонал (шестигранник)
Твердость	58..60 HRC

Рисунок 25

Примечание - данный лист смотреть совместно с листами ПЗ-12, ПЗ-15.

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	5.407-157.16-ЭЗ	Лист
						4