

АО "Хакель"

УТВЕРЖДАЮ:

Генеральный директор АО "Хакель"

_____ Вдов В.П.

«_____» _____ 2025 г.

Альбом типовых решений К2М-АТР-ОПТИМА-25

ЗАЗЕМЛЯЮЩИЕ УСТРОЙСТВА

СЕРИИ ОПТИМА

на основе оборудования

АО "Хакель"

Материалы для проектирования и рабочие чертежи

Ленинградская область,
Виллозское городское поселение
2025 г.

ЗАЩИТА ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

Настоящий альбом типовых решений АО "Хакель" является интеллектуальной собственностью. Альбом не может быть полностью или частично воспроизведен, растиражирован и распространен в качестве официального издания без разрешения АО "Хакель". Нарушения авторских и иных прав преследуются по закону.

УТВЕРЖДАЮ

Руководитель Дирекции
импортозамещения и
взаимодействия с производителями
оборудования ПАО "Россети"



Осинцев К.А.
2025 г

**Оборудование, материалы и системы, допущенные к применению на объектах ПАО "Россети"
(Раздел I. Первичное оборудование)**

на 14.03.2025

№ п/п	Производитель / Заявитель	Наименование оборудования	Дата утверждения ЗАК	Срок действия ЗАК/ срок ИПП	№ ЗАК
687	АО «Хакель» Ленинградская обл., Ломоносовский м.р-н, Виллозское г.п., тер. Южная часть промзоны Горелово, ул. Сименса, д. 2/4, помещ. 314	Заземлители электролитические серий Оптима-ВН-3-3, Оптима-ВН-6-3, Оптима-ГН-3-3, Оптима-ГН-6-3, Оптима-ВН-3-Т, Оптима-ВН-6-Т, Оптима-ГН-3-Т, Оптима-ГН-6-Т и заземлители модульные серий Оптима-МЦ-4,5-3, Оптима-МЦ-6-3, Оптима-МЦ-9-3, Оптима-МЦ-4,5-Т, Оптима-МЦ-6-Т, Оптима-МЦ-9-Т, изготавливаемые по Техническим условиям РБНМ.685543.063ТУ. РЕКОМЕНДУЕТСЯ для применения на объектах филиалов и дочерних общества ПАО «Россети» с учетом допустимых токов короткого замыкания для единичного электролитического заземлителя при длительности 3 секунды – 9,2 кА, при длительности 5 секунд – 7,1 кА; для единичного модульного заземлителя при длительности 3 секунды – 9,4 кА, при длительности 5 секунд – 7,3 кА	03.02.2025	03.02.2030	13-12/25

Перв. примен.
Справ. №

Подп. и дата
Инд. № дубл.
Взам. инд. №
Подп. и дата
Инд. № подл.

Обозначение	Наименование	Страница
АТР-ОПТИМА-ЗУ-25-01ПЗ	Пояснительная записка	1
АТР-ОПТИМА-ЗУ-25-02	Структура обозначения, принцип работы и назначение заземлителей	6
АТР-ОПТИМА-ЗУ-25-03	Заземляющее устройство Оптима на базе необслуживаемых электролитических заземлителей	7
АТР-ОПТИМА-ЗУ-25-04	Комплектность поставки Оптима на базе необслуживаемых электролитических заземлителей	9
АТР-ОПТИМА-ЗУ-25-05	Расчет количества электролитических заземлителей Оптима в зависимости от удельного сопротивления грунта	10
АТР-ОПТИМА-ЗУ-25-06	Схема установки Оптима на базе необслуживаемых электролитических заземлителей	11
АТР-ОПТИМА-ЗУ-25-07	Заземляющее устройство Оптима на базе модульных заземлителей	12
АТР-ОПТИМА-ЗУ-25-08	Комплектность поставки Оптима на базе модульных заземлителей	13
АТР-ОПТИМА-ЗУ-25-09	Схема установки Оптима на базе модульных заземлителей	14
АТР-ОПТИМА-ЗУ-25-10	Узлы 1, 2, 3, 4, 5	15
АТР-ОПТИМА-ЗУ-25-11	Узлы 6, 7	16
АТР-ОПТИМА-ЗУ-25-12	Узлы 8, 9, 10	17
АТР-ОПТИМА-ЗУ-25-13	Пример расчета ЗУ на базе необслуживаемых электролитических заземлителей	18
АТР-ОПТИМА-ЗУ-25-14	Пример расчета ЗУ на базе модульных заземлителей	19
АТР-ОПТИМА-ЗУ-25-15	Массогабаритные характеристики комплектов	20
АТР-ОПТИМА-ЗУ-25-16	Таблица соответствия	21

					АТР-ОПТИМА-ЗУ-25					
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Содержание					
Разраб.	Клещ			02.25				Лит.	Лист	Листов
Пров.	Носков			02.25				A		1
Н. контр.								АО "Хакель"		
Утв.	Соловьев			02.25						

Перв. примен.

Справ. №

Подп. и дата

Инд. № дубл.

Взам. инд. №

Подп. и дата

Инд. № подл.

1. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ.

1.1. В разработке настоящего альбома были использованы:

- ГОСТ Р 50571.5.54-2024 (МЭК 60364-5-54:2021) Электроустановки низковольтные. Часть 5-54. Выбор и монтаж электрического оборудования. Заземляющие устройства и защитные проводники;
- ГОСТ Р 58882-2020 Заземляющие устройства. Системы уравнивания потенциалов. Заземлители. Заземляющие проводники;
- СП 76.13330.2016 Электротехнические устройства;
- «Правила устройства электроустановок» (седьмое издание);
- другие справочные и нормативные материалы.

2. НАЗНАЧЕНИЕ.

2.1 Комплектный заземлитель Оптима предназначен для использования в качестве:

- ЗУ электроустановок напряжением до 1 кВ;
- ЗУ электроустановок напряжением выше 1 кВ;
- ЗУ молниезащиты;
- ЗУ взрыво- и пожароопасных объектов;
- ЗУ высоковольтных испытательных лабораторий;
- ЗУ электрохимической защиты.

2.2 Комплектный заземлитель Оптима выполняет следующие функции:

- защитное заземление – для обеспечения электробезопасности;
- помехозащитное заземление – для обеспечения электромагнитной совместимости оборудования;
- молниезащитное заземление – для отвода в грунт токов молнии;
- рабочее заземление – для обеспечения требуемых режимов и надежной работы электроустановки, системы или оборудования.

3. ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ.

3.1. В альбоме приведены рабочие чертежи и требования к заземляющим устройствам с использованием искусственных заземлителей. Выбор и расчет заземляющего устройства рассматривается в п. 5.

4. ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ.**4.1. ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ.**

- 4.1.1. Заземлитель – проводящая часть или совокупность соединенных между собой проводящих частей, находящихся в электрическом контакте с землей непосредственно или через промежуточную проводящую среду. (ПУЭ п. 1.7.15);
- 4.1.2. Искусственный заземлитель – заземлитель, специально выполняемый для целей заземления. (ПУЭ п. 1.7.16);
- 4.1.3. Естественный заземлитель – сторонняя проводящая часть, находящаяся в электрическом контакте с землей непосредственно или через промежуточную проводящую среду, используемая для целей заземления. (ПУЭ п. 1.7.17);
- 4.1.4. Заземляющий проводник – проводник, соединяющий заземляемую часть (точку) с заземлителем. (ПУЭ п. 1.7.18);
- 4.1.5. Заземляющее устройство (далее ЗУ) – совокупность заземлителя и заземляющих проводников. (ПУЭ п. 1.7.19);

- 4.1.6. Заземление – преднамеренное электрическое соединение какой-либо точки сети, электроустановки или оборудования с заземляющим устройством. (ПУЭ п. 1.7.28);
- 4.1.7. Защитное заземление – заземление, выполняемое в целях электробезопасности. (ПУЭ п. 1.7.29);
- 4.1.8. Рабочее (функциональное) заземление – заземление точки или точек токоведущих частей электроустановки, выполняемое для обеспечения работы электроустановки (не в целях электробезопасности). (ПУЭ п. 1.7.30);
- 4.1.9. Главная заземляющая шина – шина, являющаяся частью заземляющего устройства электроустановки до 1 кВ и предназначенная для присоединения нескольких проводников с целью заземления и уравнивания потенциалов. (ПУЭ п. 1.7.37);

4.2. ОСНОВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ.

- 4.2.1. В зависимости от требований к электроустановкам заземляющие устройства могут быть предназначены для выполнения только защитного заземления и только функционального заземления или для выполнения и защитного заземления, и функционального заземления. При этом требования к выполнению защитного заземления всегда являются главными. (ГОСТ Р 50571.5.54-2024, п.54.2.1.1) Для связи заземлителей с главной заземляющей шиной применяют заземляющие проводники;
- 4.2.2. Для заземления в электроустановках разных назначений и напряжений, территориально сближенных, следует, как правило, применять одно общее заземляющее устройство. Для объединения ЗУ разных электроустановок в одно общее ЗУ могут быть использованы естественные и искусственные заземляющие проводники. Их число должно быть не менее двух. (ПУЭ п. 1.7.55).

4.3. ЗАЗЕМЛИТЕЛИ.

- 4.3.1. Необходимо, чтобы типы, материалы и размеры заземляющих электродов обеспечивали коррозионную и требуемую механическую прочность на весь срок службы. С точки зрения коррозии рассматривают такие факторы: pH, удельное сопротивление грунта, влажность грунта, переменные и постоянные блуждающие токи и токи утечки, химическое загрязнение и близость несовместимых материалов. (ГОСТ Р 50571.5.54-2024, п. 54.2.2.1);
- 4.3.2. Искусственные заземлители могут быть из черной стали монолитной в бетон, нержавеющей, оцинкованной или омедненной стали или медными. Оцинкованную сталь для заземлителей допускается применять, если площадь оцинкованной поверхности, находящейся в грунте, существенно больше площади поверхности заземляемой арматуры железобетонных фундаментов и других подземных, не изолированных от грунта, связанных с ЗУ металлических сооружений. Прокладка в земле алюминиевых неизолированных проводников не допускается. (ПУЭ п. 1.7.113). Минимальные размеры заземляющих электродов из наиболее распространенных материалов с точки зрения коррозионной и механической стойкости, проложенных в грунте и монолитных в бетон, приведены в таблице 1. (ГОСТ Р 50571.5.54-2024 п. 54.2.2.1).

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	АТР-ОПТИМА-ЗУ-25-01ПЗ			
Разраб.		Клещ		02.25	Пояснительная записка	Лит.	Лист	Листов
Пров.		Носков		02.25		A	1	5
Н. контр.					АО "Хакель"			
Утв.		Соловьев		02.25				

Таблица 1. Минимальные размеры обычно используемых заземляющих электродов, проложенных в грунте или в бетоне, применяемых для предотвращения коррозии и обеспечения механической стойкости

Материал и поверхность электрода	Профиль	Диаметр, мм	Площадь поперечного сечения, мм ²	Толщина, мм	Масса покрытия, г/мм ²	Толщина покрытия/оболочки, мкм
Сталь, замоноличенная в бетон (без покрытия, горячего цинкования или нержавеющая)	Круглая проволока	10	-	-	-	-
	Сплошная лента или полоса	-	75	3	-	-
Сталь горячего цинкования	Полоса или профилированная полоса/пластина – сплошная пластина – перфорированная пластина	-	90	3	500	63
	Круглый стержень, установленный вертикально	16	-	-	350	45
	Круглая проволока, установленная горизонтально	10	-	-	350	45
	Трубный	25	-	2	350	45
	Многопроволочный провод (замоноличенный в бетон)	10	-	-	350	45
	Многопроволочный провод (замоноличенный в бетон)	10	-	-	350	45
	Перекрестный профиль, установленный вертикально	-	(290)	3	-	-
	Сталь в медной оболочке	Круглый стержень, установленный вертикально	(15)	-	-	-
Сталь с гальваническим медным покрытием	Круглый стержень, установленный вертикально	14	-	-	-	250*
	Круглая проволока, установленный горизонтально	(8)	-	-	-	70
	Полоса, установленная горизонтально	-	90	3	-	70

Продолжение таблицы 1

Материал и поверхность электрода	Профиль	Диаметр, мм	Площадь поперечного сечения, мм ²	Толщина, мм	Масса покрытия, г/мм ²	Толщина покрытия/оболочки, мкм
Нержавеющая сталь	Полоса или профилированная полоса/пластина	-	-	-	-	-
	Круглый стержень, установленный вертикально	16	-	-	-	-
	Круглая проволока, установленный горизонтально	10	-	-	-	-
	Трубный	25	-	3	-	-
Медь	Полоса	-	50	2	-	-
	Круглая проволока, установленный горизонтально	-	(25)50	-	-	-
	Сплошной круглый стержень, установленный вертикально	(12)15	-	-	-	-
	Многопроволочный провод	1,7 для отдельных жил провода	(25)50	-	-	-
	Трубный	20	-	2	-	-
	Сплошная пластина	-	-	(1,5)2	-	-
	Перфорированная пластина	-	-	2	-	-

Примечание – Размеры в скобках применимы только для защиты от поражения электрическим током, в то время как назначения не в скобках применимы для защиты от удара молнии и поражения электрическим током.

* Толщина обеспечивает защиту от механического повреждения медного покрытия во время монтажа. Она может быть уменьшена, но не менее чем до 100 мкм.

4.3.3. При выборе типа и глубины установки заземлителей должны быть учтены возможности механического повреждения и минимизации воздействия высыхания или промерзания грунта. (ГОСТ Р 50571.5.54–2024, п. 54.2.2.4);

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

АТР-ОПТИМА-ЗУ-25-01ПЗ

Лист
2

Перв. примен.
Справ. №

4.3.4. При применении в заземляющих устройствах разных материалов исключить возможность механического повреждения и минимизации воздействия высыхания или промерзания грунта ;
4.3.5. Если заземлитель состоит из частей, которые должны быть соединены вместе, соединение выполняют сваркой, в том числе экзотермической, опрессовкой, зажимами или другим разрешенным механическим соединителем. (ГОСТ Р 50571.5.54–2024, п. 54.2.2.8).

4.4. ЗАЗЕМЛЯЮЩИЕ ПРОВОДНИКИ.

4.4.1. Соединения и присоединения заземляющих проводников, защитных проводников и проводников системы уравнивания и выравнивания потенциалов должны быть надежными и обеспечивать непрерывность электрической цепи. Соединения стальных проводников рекомендуется выполнять при помощи сварки (ГОСТ Р 58882–2020 п. 7.4.6.1);

4.4.2. Площадь их поперечного сечения должна быть не менее 6 мм² для меди и 50 мм² для стали. Если неизолированный заземляющий проводник прокладывают в грунте, необходимо, чтобы его размеры и характеристики соответствовали указанным в табл.1. Алюминиевые проводники не должны использоваться в качестве заземляющих проводников (ГОСТ Р 50571.5.54–2024, п. 54.2.3.1);

4.4.3. Соединение заземляющего проводника с заземлителем должно быть надежным с соответствующими электрическими характеристиками. Соединение может быть выполнено с помощью сварки, опрессовки, соединительного зажима или другим механическим соединителем. Установка соединительного зажима не должна приводить к повреждению заземлителя или заземляющего проводника. Если применяют вертикальные электроды, должна быть обеспечена возможность контроля соединения. (ГОСТ Р 50571.5.54–2024, п. 54.2.3.2).

5. РАСЧЕТ ЗАЗЕМЛЯЮЩЕГО УСТРОЙСТВА.

5.1. Методика расчета заземления предполагает определение сопротивления растеканию тока. Эта величина зависит от многих факторов, в частности, от характеристик грунта, от глубины залегания в земле заземлителя и его конструкции ;

5.2. Электрическая проводимость грунта определяется через его удельное сопротивление ρ. Его величина зависит от строения грунта в данной местности, влажности грунта, глубины промерзания грунта в зимний период ;

5.4. Расчет сопротивления ЗУ, выполненного на модульных заземлителях.

5.4.1. Для расчетов используется методика, приведенная в справочнике «Дулицкий Г.А., Комаревцев А.П. Электробезопасность при эксплуатации электроустановок напряжением до 1000 В»;

5.4.2. Расчет сопротивления растеканию тока одного вертикального модульного заземлителя R_в производится по формуле:

$$R_b = \frac{\rho_b}{2 \cdot \pi \cdot L_b} \cdot \left(\ln \left(2 \cdot \frac{L_b}{D_b} \right) + \frac{1}{2} \cdot \ln \left(\frac{4 \cdot T + L_b}{4 \cdot T - L_b} \right) \right), \text{ где}$$

ρ_в – удельное электрическое сопротивление глубинного слоя земли с учетом сезонного климатического коэффициента в соответствии с таб. 2 (Ом·м) (таб. 7.23 Маньков В.Д. Заграничный С.Ф. Защитное заземление и зануление электроустановок);

L_в – длина вертикального модульного заземлителя (м);

D_в – диаметр вертикального модульного заземлителя (м);

T – глубина заложения электрода (м), рассчитывается по формуле:

$$T = T_0 + \frac{L_b}{2}, \text{ где}$$

T₀ – расстояние от поверхности земли до верхнего края заземлителя.

5.4.3. Расчет количества модульных заземлителей.

В соответствии с табл.3 выбирается коэффициент использования вертикальных заземлителей η_в (таб. 7.24, 7.25 Маньков В.Д. Заграничный С.Ф. Защитное заземление и зануление электроустановок); Расчет количества электродов производится по формуле:

$$N_b = \frac{R_{тр}}{R_b \cdot \eta_b}, \text{ где}$$

R_в – сопротивление растеканию тока одного вертикального модульного заземлителя ;

R_{тр} – требуемое сопротивление растеканию тока заземляющего устройства ;

η_в – коэффициент использования вертикальных модульных заземлителей .

Полученное при расчете число заземлителей округляется до ближайшего большего .

5.4.4. Расчет общего сопротивления растеканию тока вертикальных заземлителей производится по формуле:

$$R_b = \frac{R_b}{N_b \cdot \eta_b}, \text{ где}$$

R_в – сопротивление растеканию тока одного вертикального модульного заземлителя ;

N_в – количество вертикальных модульных заземлителей ;

η_в – коэффициент использования вертикальных модульных заземлителей (справочные данные).

5.4.5. Расчет сопротивления растеканию тока горизонтального заземлителя производится по формуле:

$$R_z = \frac{\rho_z}{2 \cdot \pi \cdot L_z} \cdot \ln \left(\frac{L_z^2}{D_z \cdot T_0} \right), \text{ где}$$

ρ_z – удельное электрическое сопротивление поверхностного слоя земли с учетом сезонного климатического коэффициента в соответствии с табл.4 (Ом·м);

T₀ – глубина заложения горизонтального заземлителя (м);

L_z – длина горизонтального заземлителя (м);

D_z – эквивалентный диаметр горизонтального заземлителя (м); для прямоугольного сечения горизонтального заземлителя D_z = 0,5·B, где B – ширина полосы (м).

5.4.6. Расчет сопротивления горизонтального проводника с учетом влияния вертикальных электродов.

В соответствии с табл.4 выбирается коэффициент использования горизонтальных заземлителей η_z (таб. 7.26, 7.27 Маньков В.Д. Заграничный С.Ф. Защитное заземление и зануление электроустановок); Расчет сопротивления горизонтального проводника производится по формуле:

$$R_z = \frac{R_z}{\eta_z}, \text{ где}$$

R_z – сопротивление растеканию тока только горизонтального заземлителя ;

η_z – коэффициент использования горизонтального заземлителя .

5.4.7. Расчет общего сопротивления растеканию тока заземляющего устройства производится по формуле:

$$R_{общ} = \frac{R_b \cdot R_z}{R_b + R_z}, \text{ где}$$

R_в – сопротивление растеканию тока одного вертикального модульного заземлителя (Ом);

R_z – сопротивление растеканию тока горизонтального заземлителя (Ом);

R_{тр} – требуемое сопротивление растеканию тока заземляющего устройства ;

Полученное R_{общ} должно удовлетворять условию R_{общ} ≤ R_{тр}.

Подп. и дата
И/№, № дубл.
Взам. инв. №
Подп. и дата
И/№, № подл.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

АТР-ОПТИМА-ЗУ-25-01ПЗ

Таблица 2. Сезонный климатический коэффициент

Характеристики климатических зон	Климатические зоны Кс			
	I	II	III	IV
Средняя многолетняя низшая температура (январь)	От -20 °С до -15 °С	От -14 °С до -10 °С	От -10 °С до 0 °С	От 0 °С до +5 °С
Средняя многолетняя высшая температура (июль)	От +16 °С до +18 °С	От +18 °С до +22 °С	От +22 °С до +24 °С	От +24 °С до +26 °С
Среднегодовой уровень осадков, мм	~400	~500	~5000	~300-500
Продолжительность замерзания вод (дней)	190-170	150	100	0
Кс стержневых электродов (l=2-3 м, глубина заземления 0,5-0,8 м)	1,8-2	1,5-1,8	1,4-1,6	1,2-1,4
Кс протяженных электродов (глубина заземления 0,5-0,8 м)	4,5-7,0	3,5-4,5	2,0-2,5	1,5-2,0
Кс при длине стержней 5 м и глубине заземления 0,7-0,8 м)	1,35	1,25	1,15	1,1

Таблица 3. Коэффициент использования вертикальных заземлителей

Число электродов	По контуру		
	Отношение расстояния между электродами к их длине a/L		
	1	2	3
4	0,66-0,72	0,76-0,80	0,84-0,86
6	0,58-0,65	0,71-0,75	0,78-0,82
10	0,52-0,58	0,66-0,71	0,74-0,78
20	0,44-0,50	0,61-0,66	0,68-0,73
40	0,38-0,44	0,55-0,61	0,64-0,69
60	0,36-0,42	0,52-0,58	0,62-0,67
100	0,33-0,39	0,49-0,55	0,59-0,65
Число электродов	В ряд		
	Отношение расстояния между электродами к их длине a/L		
	1	2	3
2	0,84-0,87	0,50-0,92	0,93-0,95
3	0,76-0,80	0,85-0,88	0,90-0,92
3	0,67-0,72	0,79-0,83	0,85-0,88
10	0,56-0,62	0,72-0,77	0,79-0,83
15	0,51-0,56	0,66-0,73	0,76-0,80
20	0,47-0,50	0,65-0,70	0,74-0,79

Таблица 4. Коэффициент использования горизонтального проводника с учётом влияния вертикальных электродов

Число электродов	По контуру		
	Отношение расстояния между электродами к их длине a/L		
	1	2	3
4	0,45	0,55	0,65
5	0,40	0,48	0,64
8	0,36	0,43	0,60
10	0,34	0,40	0,56
20	0,27	0,32	0,45
30	0,24	0,30	0,41
50	0,21	0,28	0,37
65	0,20	0,26	0,35
Число электродов	В ряд		
	Отношение расстояния между электродами к их длине a/L		
	1	2	3
4	0,77	0,89	0,92
5	0,74	0,86	0,90
8	0,67	0,79	0,85
10	0,62	0,75	0,82
20	0,42	0,56	0,68
30	0,31	0,46	0,58
50	0,21	0,36	0,49
65	0,20	0,34	0,47

Перв. примен.

Справ. №

Подп. и дата

Инд. № дубл.

Взам. инд. №

Подп. и дата

Инд. № подл.

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

АТР-ОПТИМА-ЗУ-25-01ПЗ

Лист
4

5.5. Расчет сопротивления ЗУ, выполненного на вертикальных электролитических заземлителях.
5.5.1. Для расчётов используется методика, приведённая в "Руководстве по проектированию, строительству и эксплуатации заземлений в установках проводной связи и радиотрансляционных узлов" с учётом коэффициента солевой обработки грунта;

5.5.2. Расчёт сопротивления растеканию тока одного электролитического заземлителя производится по формуле:

$$R_{\text{в}} = \frac{C}{2 \cdot \pi \cdot L_{\text{в}}} \cdot \left(\rho_{\text{моз}} \cdot \ln \left(\frac{4 \cdot L_{\text{в}}}{d} \right) + 0,5 \cdot (\rho - \rho_{\text{моз}}) \cdot \ln \left(\frac{\sqrt{(L_{\text{в}}^2 + (d/4)^2) + L_{\text{в}}}}{\sqrt{(L_{\text{в}}^2 + (d/4)^2) - L_{\text{в}}}} \right) \right), \text{ где}$$

C – коэффициент солевой обработки (рекомендуется 0,2);

ρ – удельное электрическое сопротивление грунта (Ом·м);

$\rho_{\text{моз}}$ – удельное электрическое сопротивление материала оптимизации заземления (далее МОЗ) 0,5 Ом·м;

d – диаметр электролитического заземлителя (м);

D – диаметр скважины МОЗ (м);

$L_{\text{в}}$ – длина электролитического заземлителя (м).

5.5.3. Расчёт количества электролитических заземлителей производится по формулам 5.4.3;

5.5.4. Расчёт сопротивления растеканию тока горизонтального заземлителя производится по формулам пунктов 5.4.5 и 5.4.6;

5.5.5. Расчёт общего сопротивления растеканию тока заземляющего устройства производится по формуле п.5.4.7;

Полученное $R_{\text{общ}}$ должно удовлетворять условию $R_{\text{общ}} \leq R_{\text{тр}}$.

5.6. Расчет сопротивления ЗУ, выполненного на горизонтальных электролитических заземлителях.

5.6.1. Для расчётов используется методика, приведённая в РД 153-39.4-039-99 "Нормы проектирования электрохимической защиты магистральных трубопроводов и площадок МН" с учётом коэффициента солевой обработки грунта.

5.6.2. Расчёт сопротивления растеканию тока одного электролитического заземлителя производится по формуле:

$$R_{\text{г}} = \frac{C \cdot \rho_{\text{экв}}}{2 \cdot \pi \cdot L} \cdot \left(\ln \frac{2 \cdot L_{\text{а}}}{D_{\text{а}}} + \ln \frac{L_{\text{а}} + \sqrt{(L_{\text{а}}^2 + 16 \cdot T^2)}}{4 \cdot T} + \frac{\rho_{\text{моз}}}{\rho_{\text{экв}}} \cdot \ln \frac{D_{\text{а}}}{d} \right), \text{ где}$$

C – коэффициент солевой обработки (рекомендуется 0,2);

$\rho_{\text{экв}}$ – эквивалентное удельное электрическое сопротивление грунта (Ом·м);

$\rho_{\text{моз}}$ – удельное электрическое сопротивление МОЗ (0,5 Ом·м);

d – диаметр горизонтального электролитического заземлителя (м);

$D_{\text{а}}$ – эквивалентный диаметр МОЗ (м); для прямоугольного сечения МОЗ: $D_{\text{а}} = a \cdot b$, где a и b – глубина и ширина засыпки МОЗ (м) соответственно;

L – длина горизонтальной части электролитического заземлителя (м);

$L_{\text{а}}$ – длина наполнителя МОЗ (м);

T – средняя расчётная точка глубины залегания электролитического заземлителя (м).

5.6.3. Расчёт количества электролитических заземлителей.

В соответствии с табл.3 выбирается коэффициент использования электролитических заземлителей η .

Расчёт количества электродов производится по формуле:

$$N = \frac{R_{\text{г}}}{R_{\text{тр}} \cdot \eta}, \text{ где}$$

$R_{\text{г}}$ – сопротивление растеканию тока одного электролитического заземлителя (Ом);

$R_{\text{тр}}$ – требуемое сопротивление растеканию тока заземляющего устройства (Ом);

η – коэффициент использования электролитических заземлителей.

Полученное при расчёте число заземлителей округляется до ближайшего большего.

5.6.4. Сопротивление растеканию тока горизонтального заземлителя не учитывается из-за минимального влияния на конечный результат;

5.6.5. Расчёт общего сопротивления растеканию тока заземляющего устройства производится по формуле:

$$R_{\text{общ}} = \frac{R_{\text{г}}}{N \cdot \eta}, \text{ где}$$

$R_{\text{г}}$ – сопротивление растеканию тока одного электролитического заземлителя (Ом);

η – коэффициент использования электролитических заземлителей (справочные данные);

N – количество электролитических заземлителей.

Полученное $R_{\text{общ}}$ должно удовлетворять условию $R_{\text{общ}} \leq R_{\text{тр}}$

Перв. примен.

Справ. №

Подп. и дата

Изм. № дубл.

Взам. инв. №

Подп. и дата

Изм. № подл.

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

АТР-ОПТИМА-ЗУ-25-01ПЗ

Лист
5

СТРУКТУРА ОБОЗНАЧЕНИЯ КОМПЛЕКТНЫХ ЗАЗЕМЛИТЕЛЕЙ (ОСНОВНАЯ МАРКИРОВКА)

Оптима – XX-X-X,
 1 2 3 4

где 1 – наименование оборудования;

2 – тип конструкции заземлителя:

- ВН – вертикальный необслуживаемый, сталь нержавеющая;
- ГН – горизонтальный необслуживаемый, сталь нержавеющая;
- МЦ – вертикальный модульный, сталь горячеоцинкованная;

3 – длина заземлителя, м:

- 3 или 6 – для ВН, ГН;
- 4, 5, 6 или 9 – МЦ;

7 – тип соединения горизонтальных и вертикальных заземляющих электродов:

- З – зажим;
- Т – термитная сварка;
- X – иной тип соединения (допускается не указывать);

Пример обозначения при заказе: «Комплектный заземлитель Оптима-ВН-3-Т. ТУ РБНМ.685543.063ТУ»

ПРИНЦИП РАБОТЫ НЕОБСЛУЖИВАЕМЫХ ЭЛЕКТРОЛИТИЧЕСКИХ ЗАЗЕМЛИТЕЛЕЙ

Электрод, входящий в состав комплекта, представляет собой полую перфорированную трубу, заполненную смесью электролитических солей, в верхней части электрода устанавливается колодец с электролитическим соляным модулем. Данный тип электрода не требует обслуживания в течение всего срока эксплуатации не менее 40 лет.

Принцип работы электролитических заземлителей основан на искусственном изменении электрических свойств грунта. Многократное уменьшение электрического сопротивления грунта происходит за счёт пропитки околоэлектродного пространства электролитом, выщелачиваемым из находящейся в электроде электролитической соли через отверстия перфорации. При эксплуатации электрода электролитического типа необходимо учесть, что электрическое сопротивление грунта в процессе эксплуатации будет неуклонно снижаться и достигнет своего минимума примерно через 2-3 года.

Насыщение околоэлектродного грунта электролитом позволяет исключить промерзание грунта вокруг электрода, что позволяет сохранять неизменным сопротивление заземляющего устройства в зимний период.

Уменьшению сопротивления электрода, так же, способствует частичная замена высокоомного околоэлектродного грунта на материал оптимизации заземления с низким удельным сопротивлением (0,3...0,6 Ом*м), входящим в состав комплекта.

Подключение к контуру заземления осуществляется при помощи гибкого заземляющего проводника (входит в состав заземлителя) сечением 70 мм². В общем случае рекомендовано использование вертикальных заземлителей. В случае отсутствия возможности проведения буровых работ рекомендовано применение горизонтального электролитического заземлителя.

Применяется в грунтах с высоким удельным сопротивлением, как правило от 300 Ом*м. Рекомендовано для применения, в том числе, в вечномёрзлых и каменных грунтах.

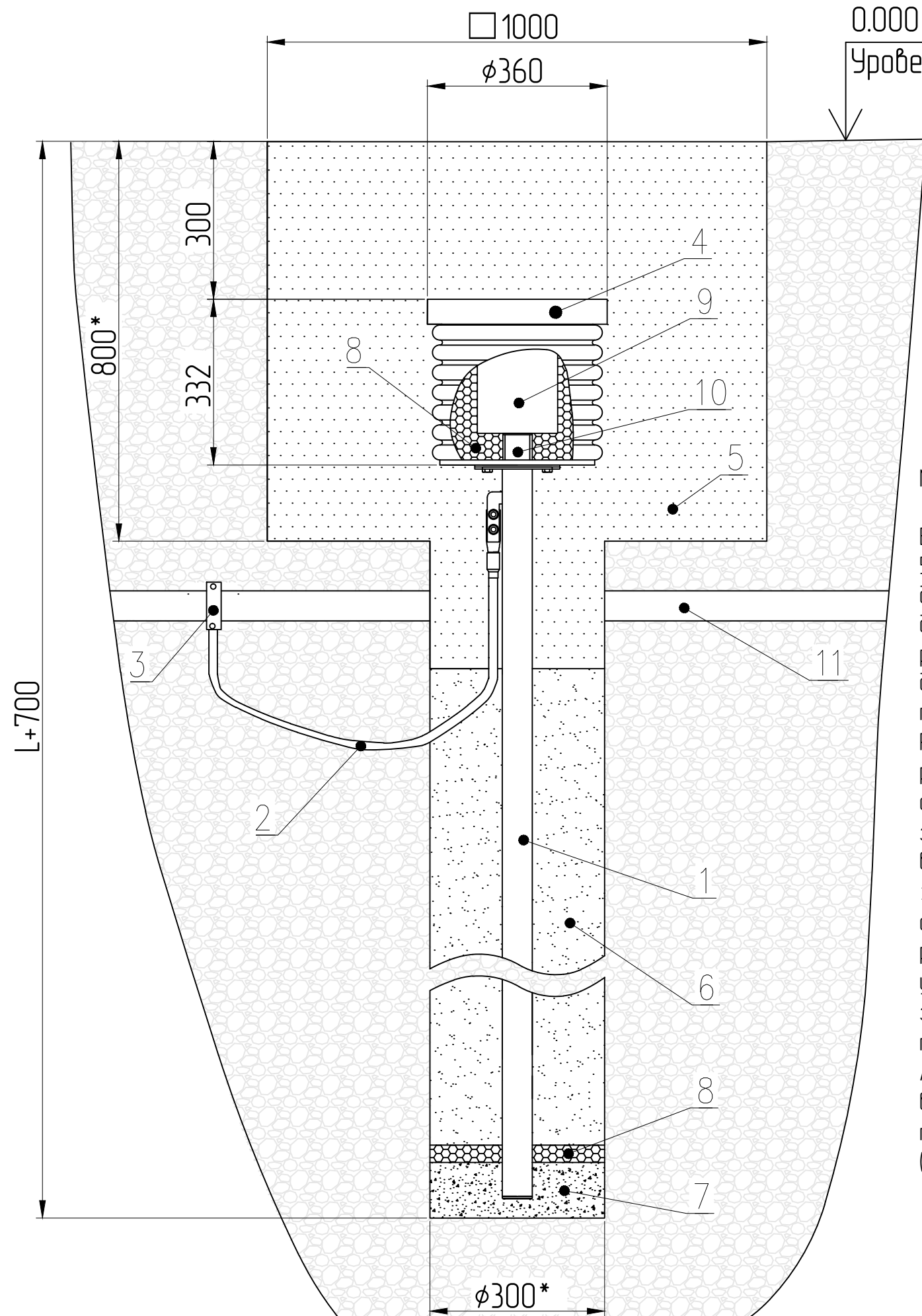
Заземлитель электролитический комплектный является изделием максимальной заводской готовности. В состав комплекта входит всё необходимое для монтажа.

КОНСТРУКЦИЯ МОДУЛЬНЫХ ЗАЗЕМЛИТЕЛЕЙ

Электрод, входящий в состав комплекта, представляет собой модульный глубинный заземлитель на основе вертикальных заземляющих электродов, состоящих из стержней, соединяемых между собой муфтовым резьбовым соединением. Заглубление заземлителей на заданную глубину осуществляется с помощью виброударного инструмента с использованием специальной насадки и ударприёмной головки, без производства сварных работ и применения тяжёлой техники. Применяется в грунтах с низким удельным сопротивлением, как правило до 300 Ом*м. Не рекомендовано для применения в вечномёрзлых, скалистых и каменных грунтах.

Заземлитель модульный комплектный является изделием максимальной заводской готовности. В состав комплекта входит всё необходимое (кроме виброударного инструмента) для монтажа.

					АТР-ОПТИМА-ЗУ-25-02		
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Структура обозначения, принцип работы и назначение заземлителей		
Разраб.	Клещ			02.25			
Пров.	Носков			02.25	A		1
Н. контр.					АО "Хакель"		
Утв.	Соловьев			02.25			



1. Электрод вертикальный;
2. Проводник 70 мм²;
3. Зажим плоский;
4. Солевой модуль;
5. Обратная засыпка местным грунтом;
6. Материал оптимизации заземления К2М-МОЗ;
7. Бентонитовая глина К2М-БГ;
8. Смесь электролитических солей К2М-СЭС-3;
9. Смесь электролитических солей К2М-СЭС-4;
10. Смесь электролитических солей К2М-СЭС-2;
11. Заземляющий проводник.

Монтаж вертикального необслуживаемого заземлителя

Выкопать траншею для горизонтального проводника прямоугольного сечения шириной 400 мм, глубиной 500–700 мм. На расстоянии 600–800 мм от траншеи пробурить вертикальные скважины для электродов диаметром не менее 300 мм, на глубину, равную длине электрода плюс 700 мм. Расстояние между скважинами должно быть не менее, чем длина электрода, умноженная на 2,2. В верхней части скважины выкопать приямок размером 1000x1000 мм, глубиной 800 мм. Сделать прокоп для гибкого заземляющего проводника от скважины до траншеи, шириной 200–250 мм и глубиной 500–700 мм. Для удобства присоединения гибкого проводника к проводнику прямоугольного сечения в траншее напротив скважины выкопать приямок 1500x1500x700 мм. Развести бентонитовую глину (К2М-БГ) с водой до густой сметанообразной консистенции и поместить раствор на дно скважины. Поместить заземлитель в скважину до конца. Открыть заглушку и через отверстие при помощи воронки заполнить заземлитель смесью электролитических солей (К2М-СЭС-2). После засыпки вернуть заглушку обратно. Смесью электролитических солей (К2М-СЭС-3) в количестве 5 кг. засыпать в скважину поверх бентонитовой глины. Для ускорения повышения проводимости грунта сделать раствор электролита из расчёта 100 л воды на 10 кг смеси электролитических солей (К2М-СЭС-5). Заполнить околоэлектродное пространство материалом оптимизации заземления (К2М-МОЗ), утрамбовывая и проливая раствором электролита через каждые 0,5 м. Установить солевой модуль на стержни с резьбой и закрепить в упоре. Поместить смесь электролитических солей брикетированной (К2М-СЭС-4) в солевой модуль и засыпать смесью электролитических солей таблетированной (К2М-СЭС-3). Используя гибкий заземляющий проводник, подсоединить электрод к проводнику прямоугольного сечения с помощью зажима (узел 1) стр.15 (см. АТР-ОПТИМА-ЗУ-25-10) или термитной сварки (узел 10) стр.17 (см. АТР-ОПТИМА-ЗУ-25-12). Перед соединением внутренние поверхности зажима рекомендуется обработать антикоррозионной электропроводящей пастой (К2М-ПЗА-100). Гидроизолировать зажим или термитное соединение гидроизоляционной лентой (К2М-321-АО2). Закрыть крышку солевого модуля, присыпать грунтом. Утрамбовать.

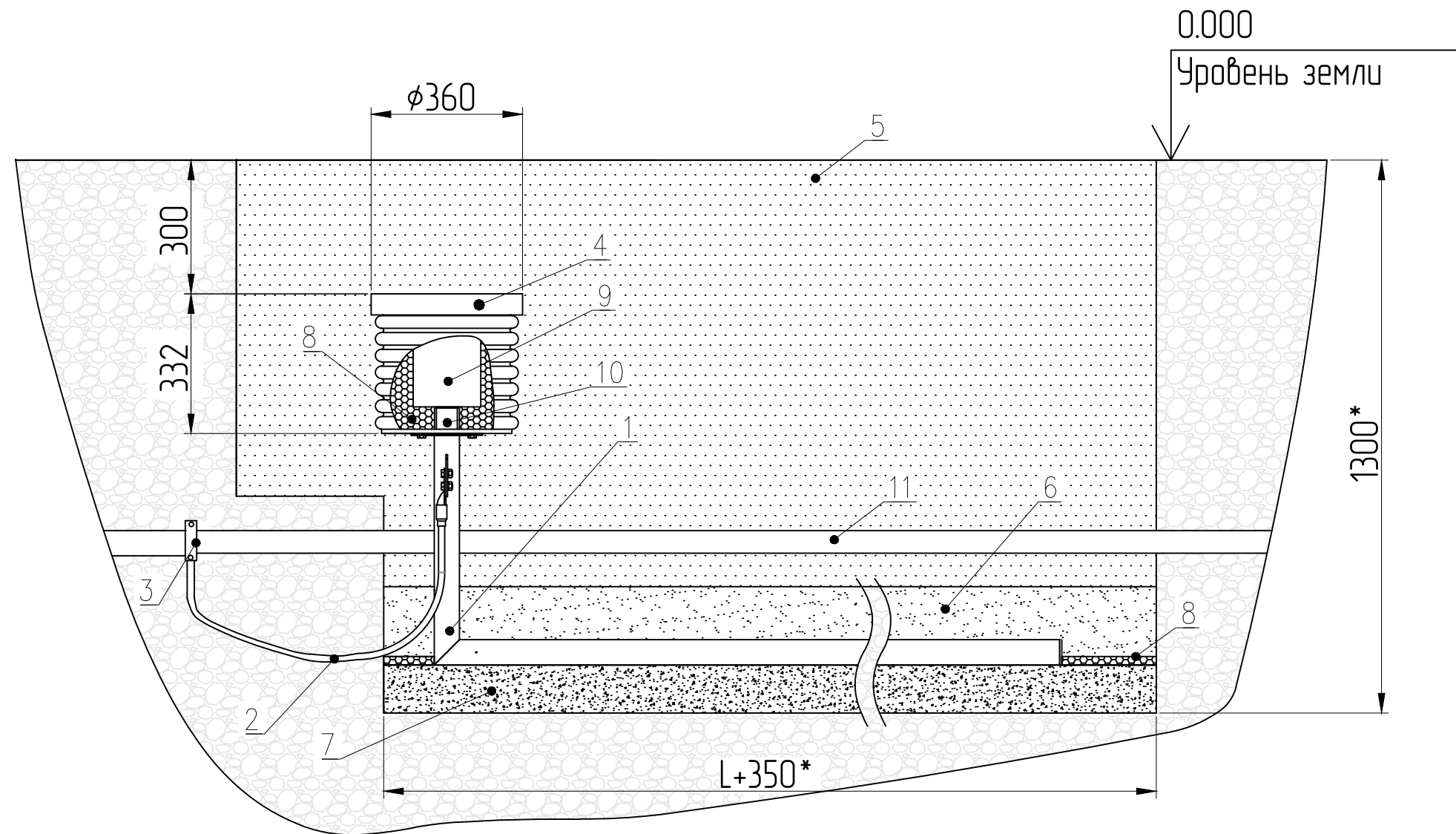
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.	Клещ			02.25
Пров.	Насков			02.25
Н. контр.				
Утв.	Соловьев			02.25

АТР-ОПТИМА-ЗУ-25-03

ОПТИМА на базе
необслуживаемых
электролитических
заземлителей

Лит.	Лист	Листов
A	1	2

АО "Хакель"



1. Электрод горизонтальный;
2. Проводник 70 мм²;
3. Зажим плоский;
4. Солевой модуль;
5. Обратная засыпка местным грунтом;
6. Материал оптимизации заземления К2М-МО3;
7. Бентонитовая глина К2М-БГ;
8. Смесь электролитических солей К2М-СЭС-3;
9. Смесь электролитических солей К2М-СЭС-4;
10. Смесь электролитических солей К2М-СЭС-2;
11. Заземляющий проводник.

Монтаж горизонтального необслуживаемого заземлителя

Выкопать траншею для горизонтального проводника прямоугольного сечения шириной 400 мм, глубиной 500–700 мм. На расстоянии 600–800 мм. от траншеи вырыть траншею для электродов шириной 300 мм, глубиной 1300 мм и длиной равной длине горизонтальной части электрода плюс 350 мм. Расстояние между траншеями для электродов должно быть не менее, чем длина горизонтальной части электрода умноженная на 2,2. Сделать прокоп для гибкого заземляющего проводника от вертикальной части электрода до траншеи, шириной 200–250 мм и глубиной 500–700 мм. Для удобства присоединения гибкого проводника к проводнику прямоугольного сечения в траншее напротив скважины выкопать приямок 1500x1500x700 мм. Развести бентонитовую глину (К2М-БГ) с водой до густой сметанообразной консистенции и поместить раствор на дно траншеи. Открыть заглушку и через отверстие при помощи воронки заполнить заземлитель смесью электролитических солей (К2М-СЭС-2). При заполнении смесью солей вертикальной части электрода, когда смесь перестанет поступать в электрод, приподнять верхний край на высоту примерно 1,5 метра и простучать электрод по всей длине деревянной (резиновой) киянкой для равномерного его заполнения смесью солей. Повторить эту процедуру до полного заполнения электрода. После засыпки вернуть заглушку обратно. Поместить электрод в траншею. Смесь электролитических солей (К2М-СЭС-3) в количестве 5 кг. засыпать поверх бентонитовой глины. Сделать раствор электролита из расчёта 100 л воды на 10 кг смеси солей (К2М-СЭС-5) входит в состав комплекта. Засыпать электрод материалом оптимизации заземления (К2М-МО3). Утрамбовать и пролить приготовленным раствором электролита. Установить солевой модуль на стержни с резьбой и закрепить в упоре. Поместить смесь электролитических солей брикетированной (К2М-СЭС-4) в солевой модуль и засыпать смесью электролитических солей таблетированной (К2М-СЭС-3). Используя гибкий заземляющий проводник, подсоединить электрод к проводнику прямоугольного сечения с помощью зажима (узел 1) стр.15 (см. АТР-ОПТИМА-ЗУ-25-10) или термитной сварки (узел 10) стр.17 (см. АТР-ОПТИМА-ЗУ-25-12). Перед соединением внутренние поверхности зажима рекомендуется обработать антикоррозионной электропроводящей пастой (К2М-ПЗА-100). Гидроизолировать зажим или термитное соединение гидроизоляционной лентой (К2М-321-А02). Закрыть крышку солевого модуля, присыпать грунтом. Утрамбовать.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

АТР-ОПТИМА-ЗУ-25-03

Лист
2

Таблица 5. Комплектность поставки необслуживаемых электролитических заземлителей

Шифр изделия	Наименование	Количество комплектующих в комплекте							
		ОПТИМА-ВН-3-3	ОПТИМА-ВН-6-3	ОПТИМА-ГН-3-3	ОПТИМА-ГН-6-3	ОПТИМА-ВН-3-Т	ОПТИМА-ВН-6-Т	ОПТИМА-ГН-3-Т	ОПТИМА-ГН-6-Т
-	Заземлитель электролитический стальной нержавеющей необслуживаемый, L=3/6 м. с гибким заземляющим проводником L=1500 мм и сечением 70 мм ²	1 шт.	1 шт.	1 шт.	1 шт.	1 шт.	1 шт.	1 шт.	1 шт.
M321001	K2M-БГ Глина бентонитовая	2 кг.	2 кг.	75 кг.	150 кг.	2 кг.	2 кг.	75 кг.	150 кг.
M321003	K2M-M03 Материал оптимизации заземления	180 кг.	360 кг.	165 кг.	330 кг.	180 кг.	360 кг.	165 кг.	330 кг.
M321009	K2M-СЭС-2 Смесь электролитических солей	10 кг.	20 кг.	10 кг.	20 кг.	10 кг.	20 кг.	10 кг.	20 кг.
M321010	K2M-СЭС-3 Смесь электролитических солей таблетированная	20 кг.	20 кг.	20 кг.	20 кг.	20 кг.	20 кг.	20 кг.	20 кг.
M321011	K2M-СЭС-4 Смесь электролитических солей брикетированная	1 шт.	1 шт.	1 шт.	1 шт.	1 шт.	1 шт.	1 шт.	1 шт.
M321013	K2M-СЭС-5 Смесь электролитических солей	7,5 кг.	13,5 кг.	8,5 кг.	14,5 кг.	7,5 кг.	13,5 кг.	8,5 кг.	14,5 кг.
M321004	K2M-ПЭА-100 Паста электропроводящая антикоррозионная 100 г.	1 шт.	1 шт.	1 шт.	1 шт.	1 шт.	1 шт.	1 шт.	1 шт.
M321005	K2M-321-A02 Лента гидроизоляционная двухсторонняя а-50 мм, L-2 м	1 шт.	1 шт.	1 шт.	1 шт.	1 шт.	1 шт.	1 шт.	1 шт.
-*	Набор комплектующих для производства термитной сварки	-	-	-	-	-	-	-	-
M503015	K2M-503-M50 Спрей цинковый	-	-	-	-	1 шт.	1 шт.	1 шт.	1 шт.
-	Воронка	1 шт.	1 шт.	1 шт.	1 шт.	1 шт.	1 шт.	1 шт.	1 шт.
-	Руководство по эксплуатации (совмещенное с паспортом)	1 шт.	1 шт.	1 шт.	1 шт.	1 шт.	1 шт.	1 шт.	1 шт.

*Набор комплектующих для производства термитной сварки заказывается отдельно в соответствии со стр.17 (см. АТР-ОПТИМА-ЗУ-25-12)

АТР-ОПТИМА-ЗУ-25-04				
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.	Клещ			02.25
Пров.	Носков			02.25
Н. контр.				
Утв.	Соловьев			02.25
Комплектность поставки				
			Лист	Листов
			A	1
АО "Хакель"				

Таблица 6. Количество электролитических заземлителей при сопротивлении заземляющего устройства 4 Ом

Значение удельного сопротивления грунта, Ом*м	Количество вертикальных заземлителей 3(6)м, шт	Количество горизонтальных заземлителей 3(6)м, шт
100	1(1)	2(1)
200	2(2)	3(2)
300	4(2)	4(3)
400	5(3)	6(4)
500	6(3)	7(5)
1000	14(8)	16(10)
2000	30(17)	33(22)
3000	48(27)	53(34)
4000	67(37)	73(47)
5000	86(47)	94(61)
6000	105(59)	113(74)
7000	122(70)	135(88)
8000	142(81)	154(102)
9000	160(91)	173(115)
10000	178(103)	196(130)
15000	278(158)	307(198)

Таблица 7. Количество электролитических заземлителей при сопротивлении заземляющего устройства 4 Ом, учитывая поправку п. 1.7.101 ПУЭ*

Значение удельного сопротивления грунта, Ом*м	Допустимое сопротивление, Ом (согласно ПУЭ, п. 1.7.101)	Количество вертикальных заземлителей 3(6)м, шт	Количество горизонтальных заземлителей 3(6)м, шт
100	4	1(1)	2(1)
200	8	1(1)	2(1)
300	12	1(1)	2(1)
400	16	1(1)	2(1)
500	20	1(1)	2(1)
1000	40	1(1)	2(1)
2000	40	2(2)	3(2)
3000	40	4(2)	4(3)
4000	40	5(3)	6(4)
5000	40	7(3)	7(5)
6000	40	8(4)	9(6)
7000	40	9(5)	11(7)
8000	40	11(6)	12(8)
9000	40	13(7)	14(9)
10000	40	14(8)	16(10)
15000	40	22(12)	24(16)

Таблица 8. Количество электролитических заземлителей при сопротивлении заземляющего устройства 0,5 Ом

Значение удельного сопротивления грунта, Ом*м	Количество вертикальных заземлителей 3(6)м, шт	Количество горизонтальных заземлителей 3(6)м, шт
100	10(6)	12(8)
200	24(13)	24(16)
300	37(21)	37(24)
400	52(28)	56(36)
500	67(36)	72(47)
600	82(44)	89(58)
700	97(53)	105(68)
800	111(63)	120(78)
900	129(72)	137(89)
1000	141(81)	152(101)
1100	155(89)	168(111)
1200	172(99)	183(121)
1300	183(107)	202(134)
1400	201(115)	217(144)
1500	216(124)	233(154)
1600	230(134)	248(165)

Таблица 9. Количество электролитических заземлителей при сопротивлении заземляющего устройства 0,5 Ом, учитывая поправку п. 1.7.108 ПУЭ**

Значение удельного сопротивления грунта, Ом*м	Допустимое сопротивление, Ом (согласно ПУЭ, п. 1.7.90)	Количество вертикальных заземлителей 3(6)м, шт	Количество горизонтальных заземлителей 3(6)м, шт
600	4	8(4)	9(6)
700	4	9(5)	11(7)
800	4	11(6)	12(8)
900	4	13(7)	14(9)
1000	4	14(8)	16(10)
2000	4	30(17)	33(22)
3000	4	48(27)	53(34)
4000	4	67(37)	73(47)
5000	4	86(47)	94(61)
6000	4	105(59)	113(74)
7000	4	122(70)	135(88)
8000	4	142(81)	154(102)
9000	4	160(91)	173(115)
10000	4	178(103)	196(130)
15000	4	278(158)	307(198)

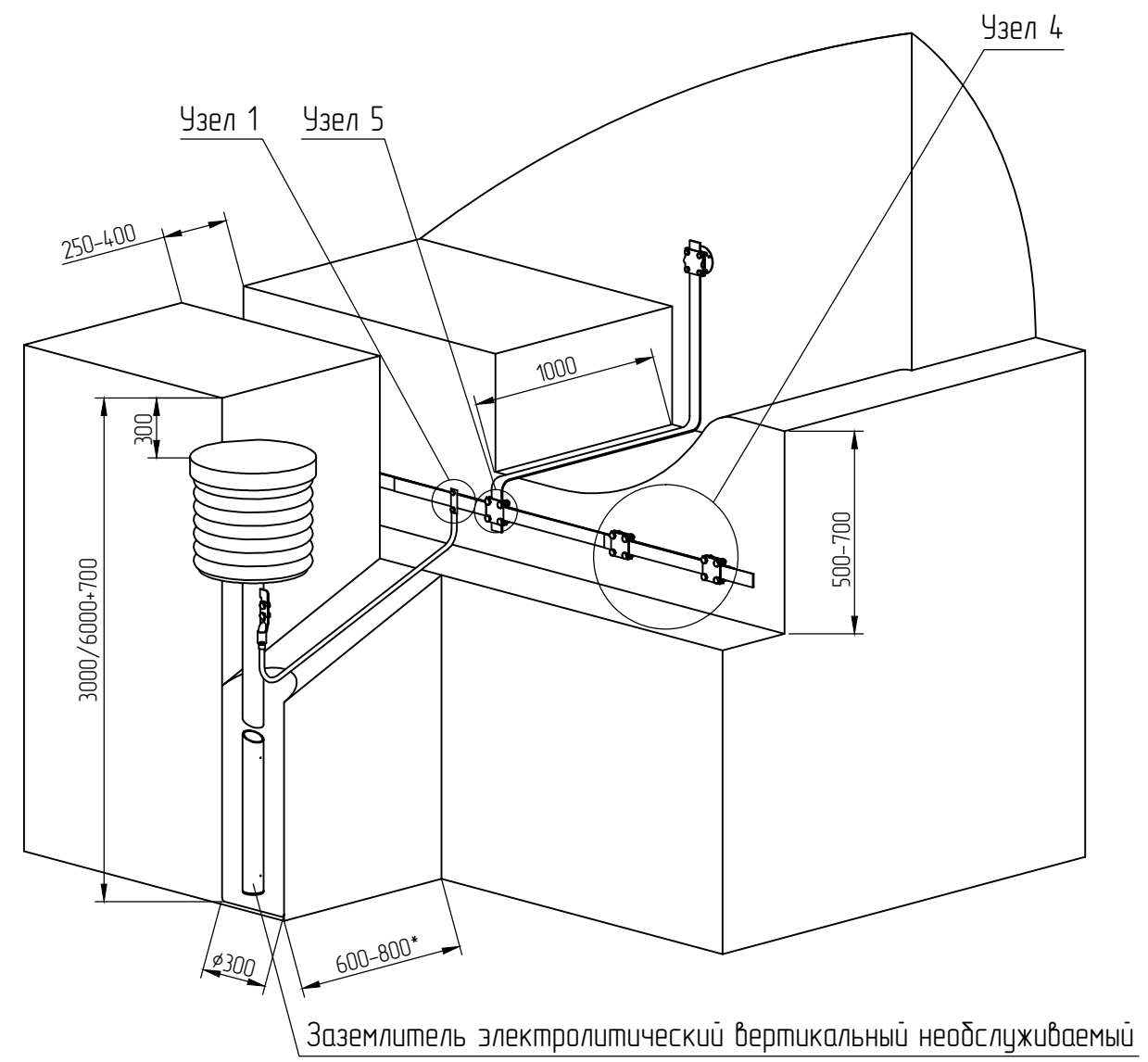
* При удельном сопротивлении земли $\rho > 100 \text{ Ом*м}$ допускается увеличить указанные нормы в 0,01р раз, но не более десятикратного (ПУЭ п.1.7.101)

** При удельном сопротивлении земли более $\rho > 500 \text{ Ом*м}$ допускается увеличить указанные нормы в 0,02р раз, но не более десятикратного (ПУЭ п.1.7.108)

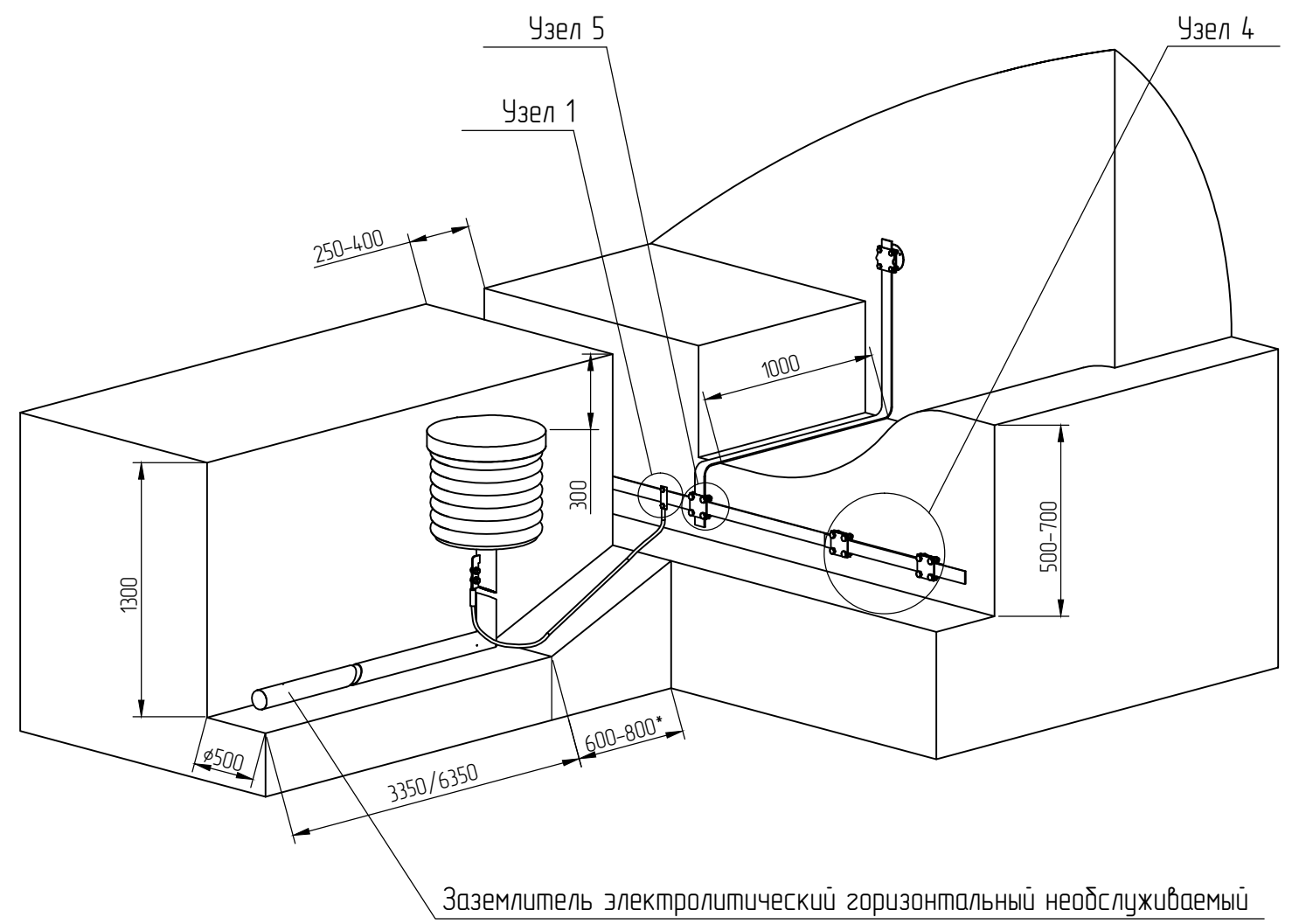
Изм.					АТР-ОПТИМА-ЗУ-25-05		
Лист	№ докум.	Подп.	Дата				
Разраб.	Клещ		02.25	Расчет количества электродов			
Пров.	Носков		02.25				
Н. контр.				АО "Хакель"			
Утв.	Соловьев		02.25				

СХЕМА УСТАНОВКИ ЭЛЕКТРОЛИТИЧЕСКОГО НЕОБСЛУЖИВАЕМОГО ЗАЗЕМЛИТЕЛЯ

ОПТИМА на базе вертикальных электролитических необслуживаемых заземлителей



ОПТИМА на базе горизонтальных электролитических необслуживаемых заземлителей



* Общее расстояние от электрода до здания должно быть не менее 2000 мм.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.	Клещ			02.25
Пров.	Носков			02.25
Н. контр.				
Утв.	Соловьев			02.25

АТР-ОПТИМА-ЗУ-25-06

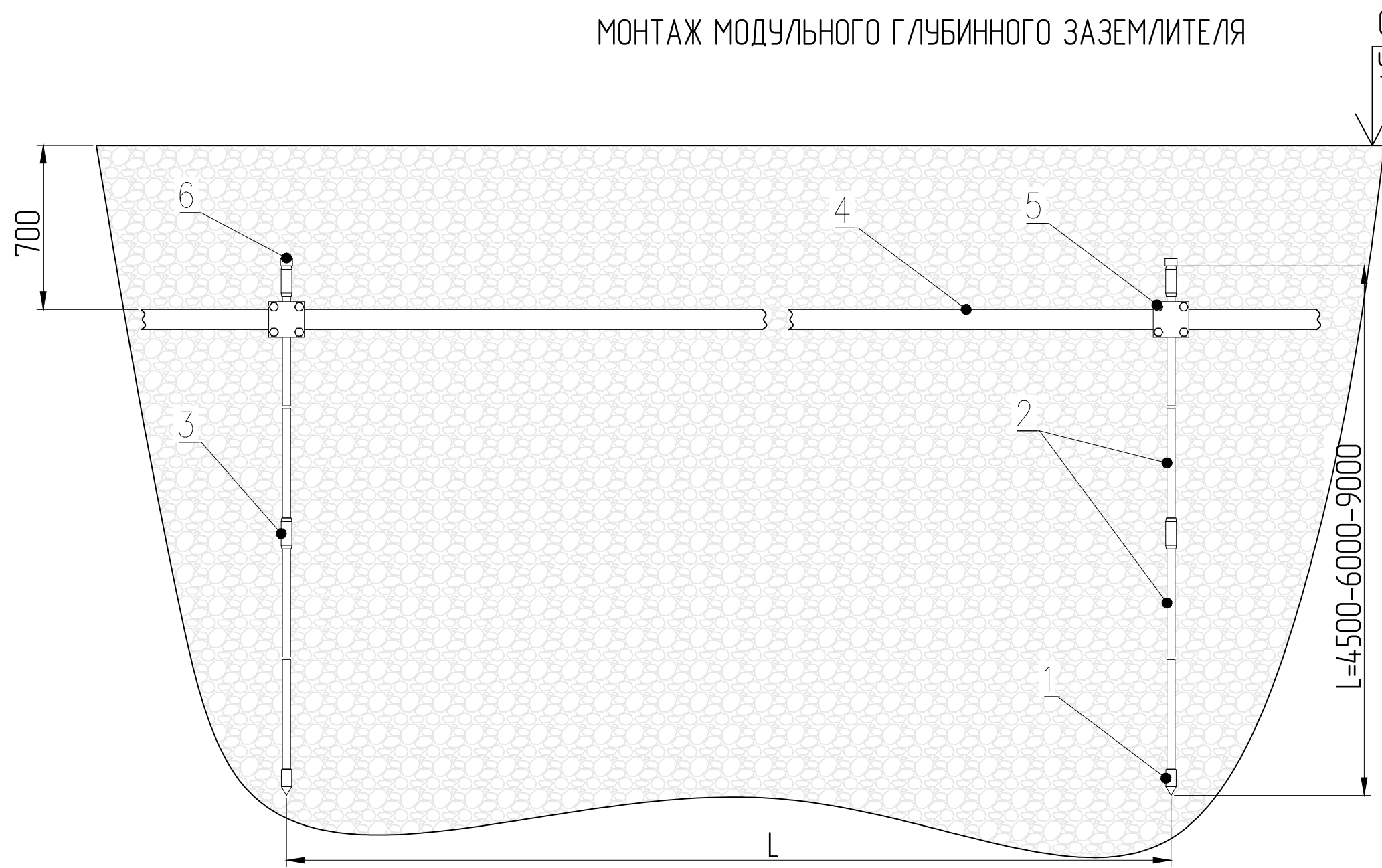
ОПТИМА на базе необслуживаемых электролитических заземлителей

Лит.	Лист	Листов
A		1

АО "Хакель"

Перб. примен. Спроб. № Подп. и дата Инв. № дубл. Взам. инв. № Подп. и дата Инв. № подл.

МОНТАЖ МОДУЛЬНОГО ГЛУБИННОГО ЗАЗЕМЛИТЕЛЯ



1. Наконечник стальной К2М-НС58;
2. Стержень заземления К2М-СЦП16-15Д58;
3. Муфта соединительная К2М-М/158;
4. Заземляющий проводник;
5. Зажим универсальный К2М-314-1640С;
6. Головка ударопрямная К2М-ГУ58.

Монтаж модульного глубинного заземлителя

Выкопать траншею для горизонтального проводника прямоугольного сечения, шириной 250-400 мм и глубиной 500-700 мм. Перед погружением стержня (К2М-СЦП16-15Д58) выкопать в грунте приямок 700x700x700 мм. Все резьбовые соединения обрабатывать антикоррозионной электропроводящей пастой (К2М-ПЭА-100) непосредственно перед соединением. На один конец стержня (К2М-СЦП16-15Д58) навернуть наконечник (К2М-НС58), на другой - соединительную муфту (К2М-М/158), затянуть при помощи разводного ключа. Ввернуть ударопрямную головку (К2М-ГУ58) в эту муфту (К2М-М/158). Установить собранный стержень в вертикальном положении наконечником вниз на дно приямка. С помощью виброударного инструмента с насадкой (К2М-НП1) (сила удара не менее 25 кДж) погрузить стержень (К2М-СЦП16-15Д58) на глубину L=1250 мм. Ударопрямную головку (К2М-ГУ58) вывернуть из соединительной муфты (К2М-М/158), ввернуть следующий стержень (К2М-СЦП16-15Д58). На верхний конец стержня навернуть соединительную муфту (К2М-М/158) и затянуть. В соединительную муфту (К2М-М/158) ввернуть ударопрямную головку (К2М-ГУ58) и снова произвести погружение. Повторять до обеспечения необходимой глубины погружения электрода. Для соединения вертикальных электродов использовать горизонтальные проводники прямоугольного сечения. Соединение горизонтального проводника и вертикального электрода производить посредством зажимов (К2М-314-1640С) (узел 2) стр.15 (см. АТР-ОПТИМА-ЗУ-25-10) или термитной сварки (узел 7) стр.16 (см. АТР-ОПТИМА-ЗУ-25-11). Перед соединением внутренние поверхности зажима рекомендуется обработать токопроводящей пастой (К2М-ПЭА-100). Гидроизолировать зажим или термитное соединение гидроизоляционной лентой (К2М-321-А10). Траншею и приямок присыпать грунтом. Утрамбовать.

*Расстояние между соседними электродами рекомендуется выбирать не менее длины вертикальных электродов.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.	Клещ			02.25
Пров.	Насков			02.25
Н. контр.				
Утв.	Соловьев			02.25

АТР-ОПТИМА-ЗУ-25-07

ОПТИМА на базе
модульных
заземлителей

Лит.	Лист	Листов
A		1

АО "Хакель"

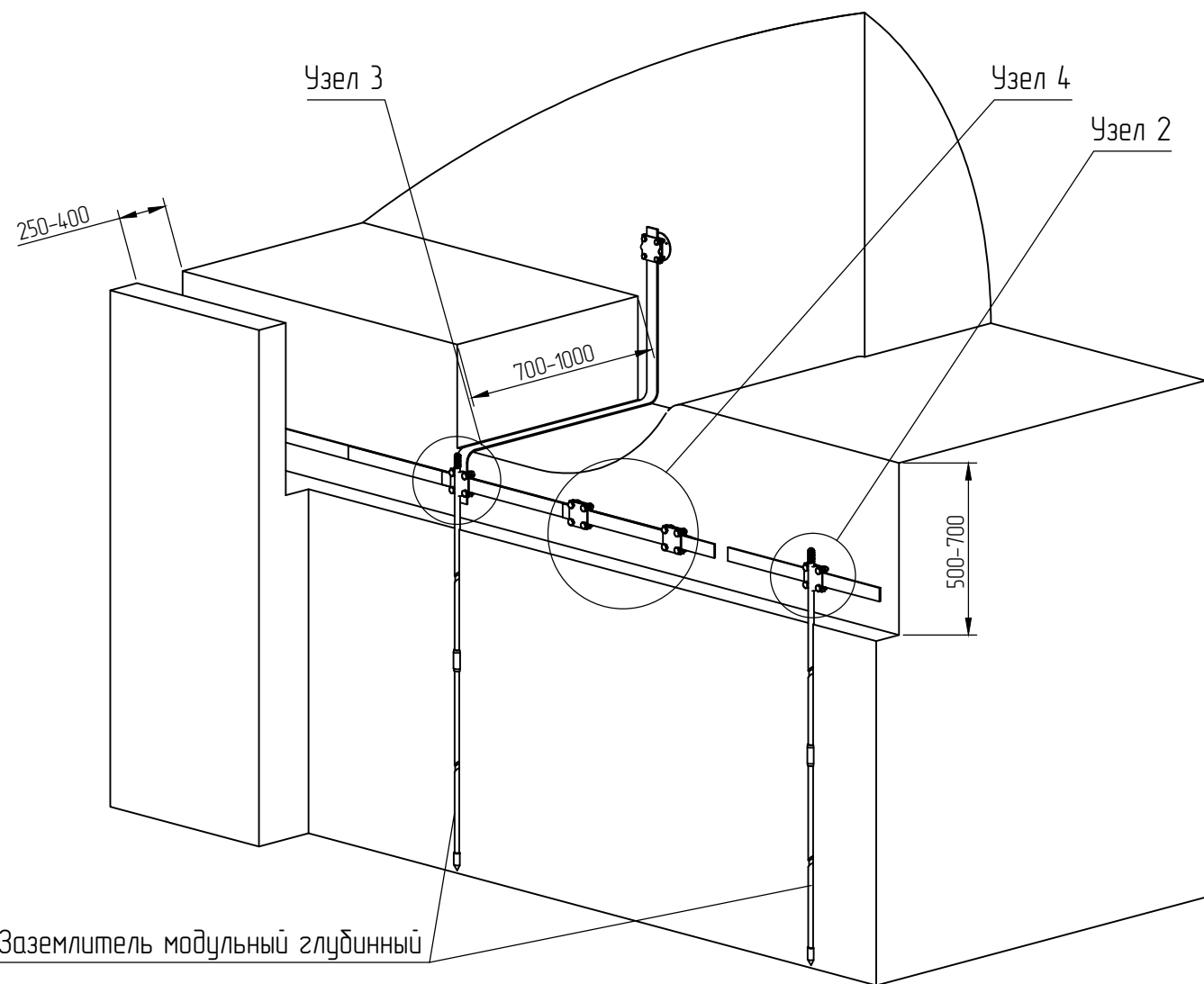
Таблица 10. Комплектность поставки модульных заземлителей

Шифр изделия	Наименование	Количество комплектующих в комплекте					
		ОПТИМА-МЦ-4,5-3	ОПТИМА-МЦ-6-3	ОПТИМА-МЦ-9-3	ОПТИМА-МЦ-4,5-Т	ОПТИМА-МЦ-6-Т	ОПТИМА-МЦ-9-Т
M302001	K2M-СЦП16-15Д58 Стержень заземления d=16 мм, L=1.5 м, сталь оцинкованная	3 шт.	4 шт.	6 шт.	3 шт.	4 шт.	6 шт.
M306001	K2M-М/58 Муфта соединительная 5/8", латунь	3 шт.	4 шт.	6 шт.	3 шт.	4 шт.	6 шт.
M309001	K2M-НС58 Наконечник стартовый 5/8", сталь	1 шт.	1 шт.	1 шт.	1 шт.	1 шт.	1 шт.
M314003	K2M-314-1640С Зажим d=16/40*4 мм, сталь оцинкованная	1 шт.	1 шт.	1 шт.	-	-	-
M311001	K2M-ГЧ58 Головка ударопримная 5/8", сталь	1 шт.	1 шт.	1 шт.	1 шт.	1 шт.	1 шт.
M312001	K2M-НП1 Насадка SDS-max, сталь	1 шт.	1 шт.	1 шт.	1 шт.	1 шт.	1 шт.
M321004	K2M-ПЭА-100 Паста электропроводящая антикоррозионная 100 г.	1 шт.	1 шт.	1 шт.	1 шт.	1 шт.	1 шт.
M321007	K2M-321-A10 Лента гидроизоляционная двухсторонняя a=50 мм, L=10 м	1 шт.	1 шт.	1 шт.	1 шт.	1 шт.	1 шт.
-*	Набор комплектующих для производства термитной сварки	-	-	-	-	-	-
M503015	K2M-503-M50 Спрей цинковый	-	-	-	1 шт.	1 шт.	1 шт.
-	Руководство по эксплуатации (совмещенное с паспортом)	1 шт.	1 шт.	1 шт.	1 шт.	1 шт.	1 шт.

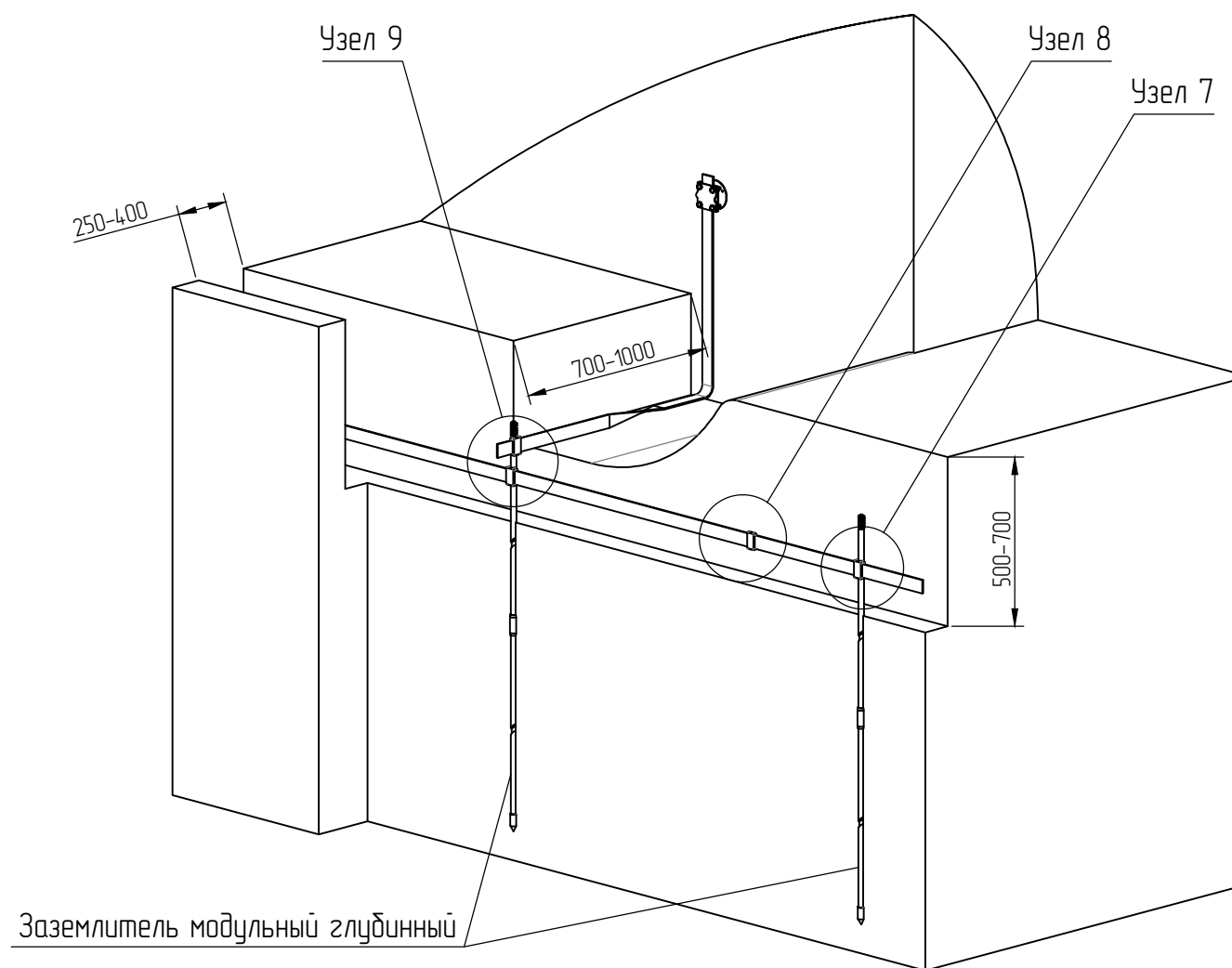
*Набор комплектующих для производства термитной сварки заказывается отдельно в соответствии со стр. 16 (см. АТР-ОПТИМА-ЗУ-25-11)

					АТР-ОПТИМА-ЗУ-25-08					
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Комплектность поставки					
Разраб.	Клещ			02.25				Лит.	Лист	Листов
Пров.	Носков			02.25				A		1
Н. контр.								АО "Хакель"		
Утв.	Соловьев			02.25						

ОПТИМА на базе модульных глубоких заземлителей, тип соединения зажим



ОПТИМА на базе модульных глубоких заземлителей, тип соединения термитная сварка



Перв. примен.

Спроб. №

Подп. и дата

Инд. № дубл.

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инд. № подл.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.	Клещ			02.25
Пров.	Носков			02.25
Н. контр.				
Утв.	Соловьев			02.25

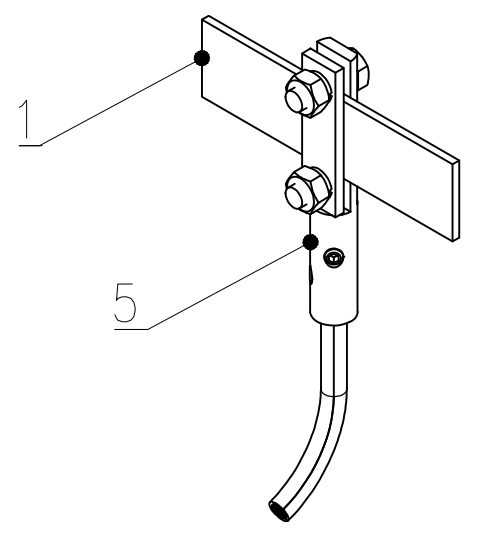
АТР-ОПТИМА-ЗУ-25-09

ОПТИМА на базе
модульных
заземлителей

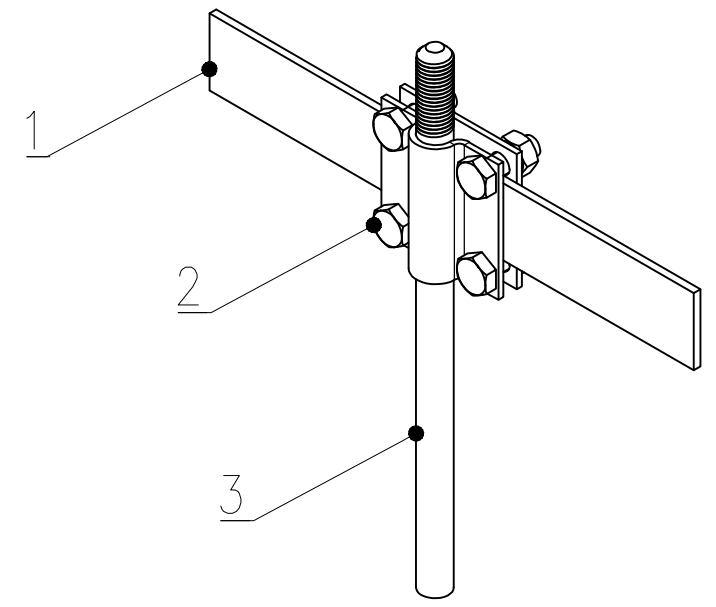
Лит.	Лист	Листов
A		1

АО "Хакель"

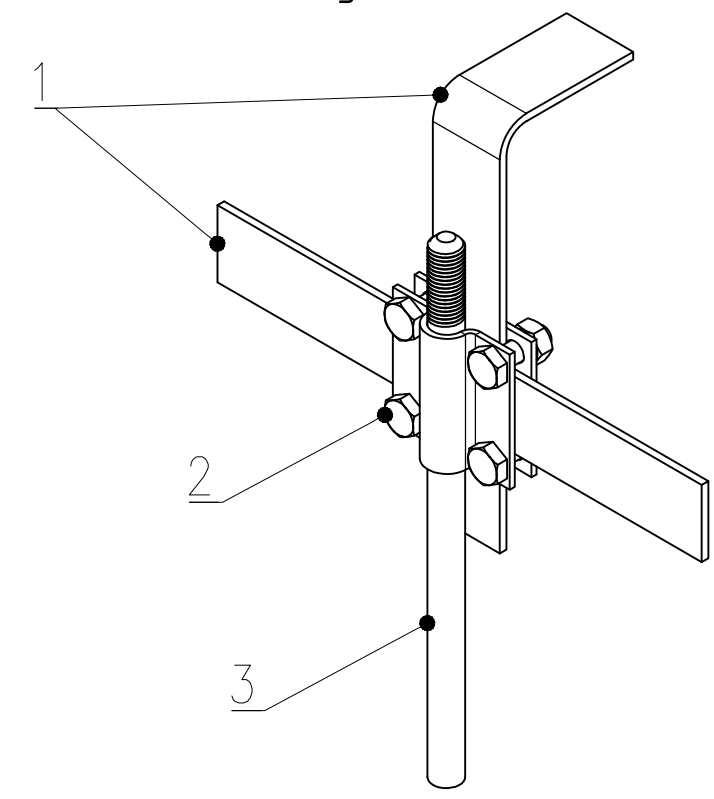
Узел 1. Соединение проводника прямоугольного сечения и гибкого проводника заземлителя



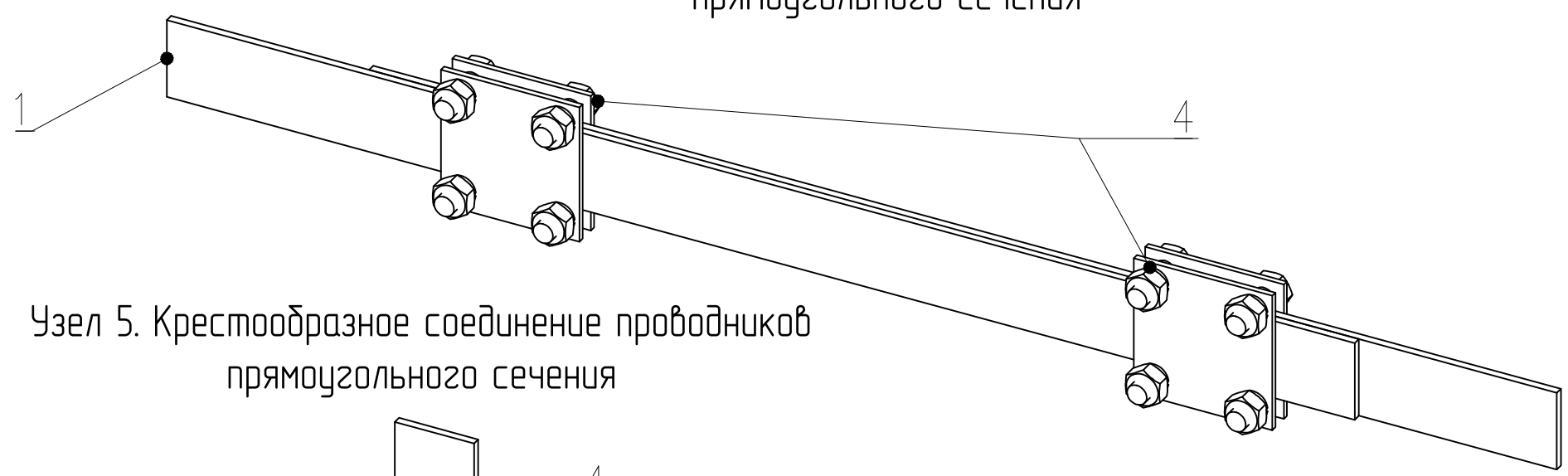
Узел 2. Соединение проводника прямоугольного сечения и модульного заземлителя



Узел 3. Соединение двух проводников прямоугольного сечения и модульного заземлителя



Узел 4. Стыковое соединение проводников прямоугольного сечения



Узел 5. Крестообразное соединение проводников прямоугольного сечения

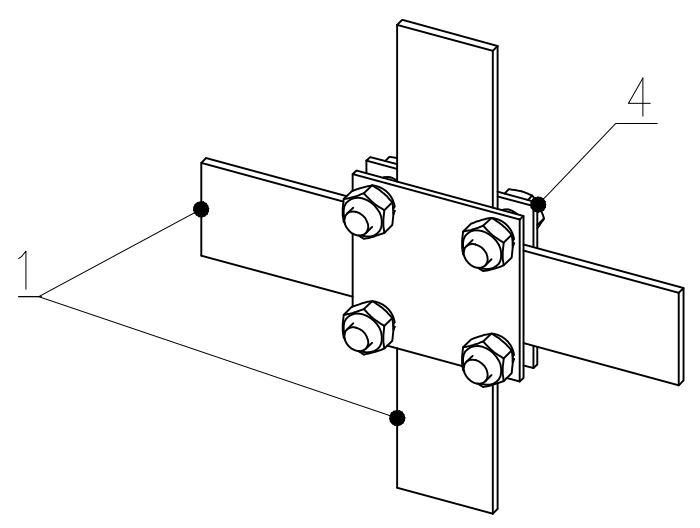


Таблица 11. Наименования комплектующих

Номер по каталогу	Шифр изделия	Наименование	Позиция
M101002	K2M-101-4040C	Плоский токоотвод (полоса) 40*4 мм, сталь оцинкованная	1
M314003	K2M-314-1640C	Зажим d-16/40*4 мм, сталь оцинкованная	2
M302001	K2M-CCП16-15Д58	Стержень заземления d-16 мм, L-1,5 м, сталь оцинкованная	3
M314001	K2M-314-4040C	Зажим 40*4 мм, сталь оцинкованная	4
M315017	K2M-315-50H	Зажим для гибких проводников 50 мм ² , сталь нержавеющая	5

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.		Клещ		02.25
Пров.		Насков		02.25
Н. контр.				
Утв.		Соловьев		02.25

АТР-ОПТИМА-ЗУ-25-10

Узлы 1,2,3,4,5

Лит.	Лист	Листов
A		1

АО "Хакель"

Перв. примен.

Справ. №

Подп. и дата

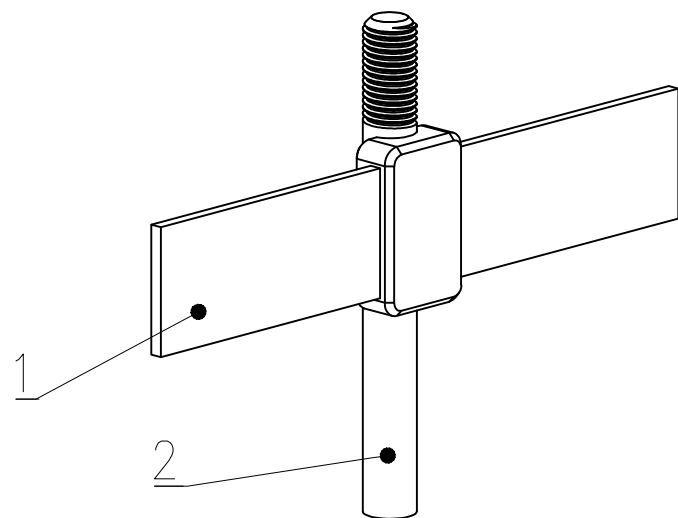
Инд. № дубл.

Взам. инд. №

Подп. и дата

Инд. № подл.

Узел 6. Соединение проводника
прямоугольного сечения и
модульного заземлителя



Узел 7. Соединение двух проводников
прямоугольного сечения и
модульного заземлителя

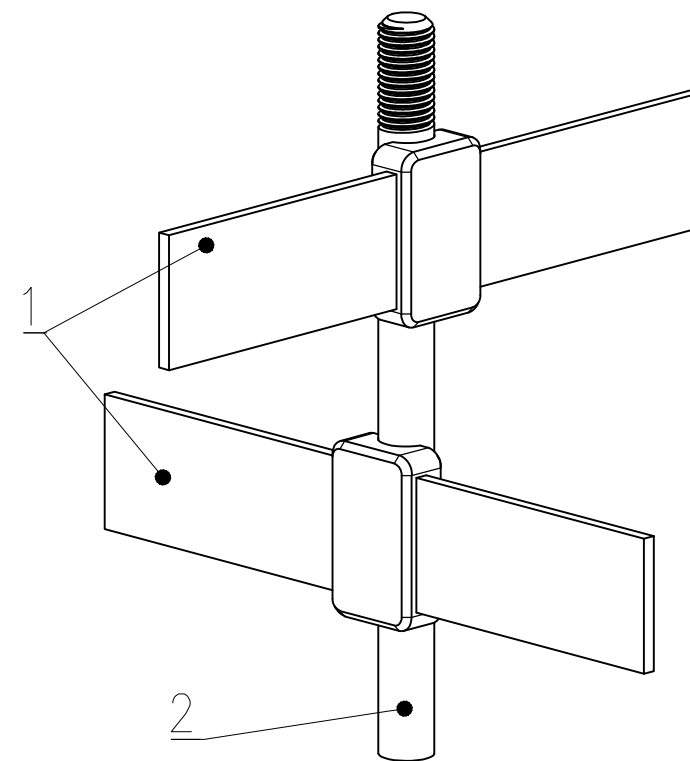


Таблица 12. Комплектующие для производства термитной сварки проводника и заземлителя

Номер по каталогу	Шифр изделия	Наименование	Позиция	Назначение
M101002	K2M-101-4040C	Плоский токоотвод (полоса) 40*4 мм, сталь оцинкованная	1	Предназначен для соединения между собой модульных заземлителей
M302001	K2M-СЦП16-15Д58	Стержень заземления d-16 мм, L-15 м, сталь оцинкованная	2	Предназначен для сборки модульных заземлителей
M503005	K2M-503-P001	Блок управления поджигом	-	Предназначен для электроподжига сварочного материала при выполнении термических сварочных соединений
M501008	-	Форма сварная K2M-LQ200# стержень d-16 мм - полоса 40*4 мм	-	Предназначена для производства соединений поз.1/поз.2. Ресурс (при условии соблюдения требований по эксплуатации) не менее 50 соединений
M502015	K2M-502-TP200	Материал сварочный, 200 гр.	-	Предназначен для сварки проводников поз.1/поз.2. между собой
M503001	K2M-503-L160	Держатель для формы	-	Предназначен для фиксации сварной формы вокруг свариваемых проводников
M503011	K2M-503-BC01	Струбцина универсальная	-	Предназначена для фиксации стержней заземления, горизонтальных проводников при выполнении термитной сварки
M503009	K2M-503-K04	Комплект принадлежностей для чистки форм и проводников	-	Предназначен для чистки форм и проводников перед производством термитной сварки
M503012	K2M-503-T111	Газовая горелка с баллоном	-	Предназначена для удаления влаги со сварных форм и проводников перед производством термитной сварки

1. После выполнения сварных соединений, восстановить цинковый слой с помощью цинкового спрея (K2M-503-M50). Расход 1 баллон на 20 соединений;
2. После монтажа каждое соединение изолировать лентой гидроизоляционной (K2M-321-A10). Расход - 1 м ленты на одно соединение.
3. Более подробная информация по выполнению термитной сварки содержится в каталоге: "Термитная сварка серии K2M" по адресу: <https://k2el.ru/info/catalogs/>

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.	Клещ			02.25
Пров.	Носков			02.25
Н. контр.				
Утв.	Соловьев			02.25

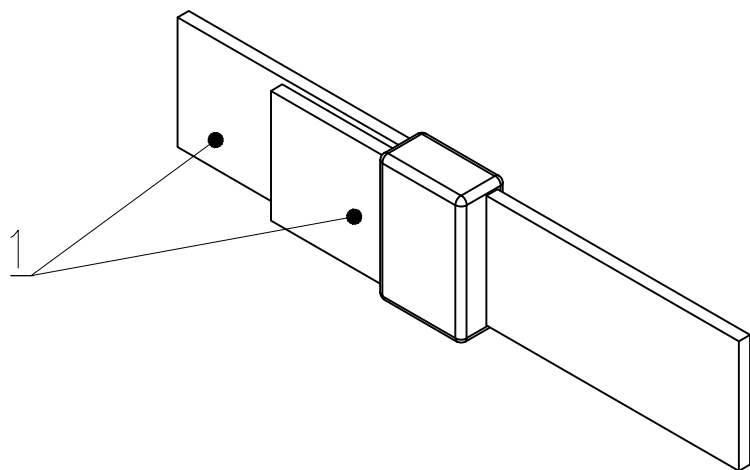
АТР-ОПТИМА-ЗУ-25-11

Узлы 6,7

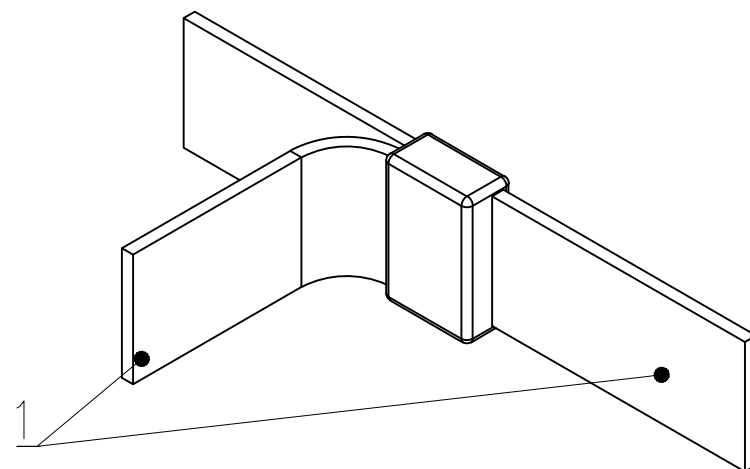
Лит.	Лист	Листов
A		1

АО "Хакель"

Узел 8. Стыковое соединение проводников прямоугольного сечения



Узел 9. Узловое соединение проводников прямоугольного сечения



Узел 10. Соединение проводника прямоугольного сечения и гибкого проводника заземлителя

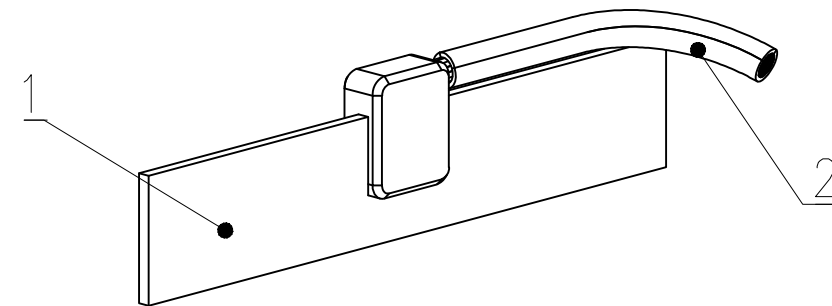


Таблица 13. Комплектующие для производства термитной сварки проводников

Номер по каталогу	Шифр изделия	Наименование	Позиция	Назначение
M101002	K2M-101-4040C	Плоский токопровод (полоса) 40*4 мм, сталь оцинкованная	1	Предназначен для соединения между собой проводников
-	-	Заземляющим проводник не обслуживаемого заземлителя L=1500 мм и сечением 70 мм ²	2	Предназначен для подключения электролитического заземлителя к контуру
M503005	K2M-503-P001	Блок управления поджигом	-	Предназначен для электроподжига сварочного материала при выполнении термических сварочных соединений
M501009	-	Форма сварная K2M-BJ200# полоса 40*4 мм - полоса 40*4 мм	-	Предназначена для производства соединений поз.1. Ресурс (при условии соблюдения требований по эксплуатации) не менее 50 соединений
M502015	K2M-502-TP200	Материал сварочный, 200 гр.	-	Предназначен для сварки проводников поз.1 между собой
M501024	-	Форма сварная K2M-LV90# полоса 40*4 мм - проводник S-70 мм ²	-	Предназначена для производства соединений поз.1/поз.2. Ресурс (при условии соблюдения требований по эксплуатации) не менее 50 соединений
M502017	K2M-502-TP90	Материал сварочный, 90 гр.	-	Предназначен для сварки проводников поз.1/поз.2. между собой
M503001	K2M-503-L160	Держатель для формы	-	Предназначен для фиксации сварной формы вокруг свариваемых проводников
M503011	K2M-503-BC01	Струбцина универсальная	-	Предназначена для фиксации стержней заземления, горизонтальных проводников при выполнении термитной сварки
M503009	K2M-503-K04	Комплект принадлежностей для чистки форм и проводников	-	Предназначен для чистки форм и проводников перед производством термитной сварки
M503012	K2M-503-T111	Газовая горелка с баллоном	-	Предназначена для удаления влаги со сварных форм и проводников перед производством термитной сварки

1. После выполнения сварных соединений, восстановить цинковый слой с помощью цинкового спрея (K2M-503-M50). Расход 1 баллон на 20 соединений;
2. После монтажа каждое соединение изолировать лентой гидроизоляционной (K2M-321-A10). Расход - 1 м ленты на одно соединение.
3. Более подробная информация по выполнению термитной сварки содержится в каталоге: "Термитная сварка серии K2M" по адресу: <https://k2el.ru/info/catalogs/>

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.	Клещ			02.25
Пров.	Насков			02.25
Н. контр.				
Утв.	Соловьев			02.25

АТР-ОПТИМА-ЗУ-25-12

Узлы 8,9,10

Лит.	Лист	Листов
A		1

АО "Хакель"

Требуемое сопротивление растеканию рассчитываемого заземляющего устройства : $R_{треб.} = 4 \text{ Ом}$.

Параметры вертикальных электролитических электродов :

- диаметр электрода: $D_b = 0,06 \text{ м}$;
- длина электрода: $L_b = 6 \text{ м}$;
- коэффициент солевой обработки: $C = 0,2$;
- количество электродов: $N_b = 12 \text{ шт}$;
- расстояние между электродами: $s = 13,2 \text{ м}$;
- порядок размещения электродов: контур;

Параметры горизонтального проводника:

- конструкция проводника: сталь полосовая $0,04 \times 0,004 \text{ м}$ с шириной полосы $B = 0,04 \text{ м}$, что соответствует диаметру $D_r = 0,5 \cdot B = 0,02 \text{ м}$;
- длина проводника: $L_z = N_b \cdot s = 12 \cdot 13,2 = 158,4 \text{ м}$;
- глубина заложения проводника: $T_0 = 0,5 \text{ м}$.

Сопротивление одного вертикального электрода:

$$r_b = \frac{C}{2 \cdot \pi \cdot L_b} \cdot (\rho_{моз} \cdot \ln \left(\frac{4 \cdot L_b}{d} \right) + 0,5 \cdot (\rho - \rho_{моз}) \cdot \ln \left(\frac{\sqrt{(L_b^2 + (d/4)^2) + L_b}}{\sqrt{(L_b^2 + (d/4)^2) - L_b}} \right)), \text{ Ом};$$

$$r_b = \frac{0,2}{2 \cdot 3,14 \cdot 6} \cdot (0,5 \cdot \ln \left(\frac{4 \cdot 6}{0,06} \right) + 0,5 \cdot (144,159 - 0,5) \cdot \ln \left(\frac{\sqrt{(6^2 + (0,3/4)^2) + 6}}{\sqrt{(6^2 + (0,3/4)^2) - 6}} \right)) = 33,52 \text{ Ом}.$$

Коэффициент использования вертикальных электродов:

$$h_b = F(N_b; s/L_b);$$

$$h_b = F(12; 2,2) = 0,68.$$

Общее сопротивление вертикальных электродов:

$$R_b = \frac{r_b}{N_b \cdot h_b}, \text{ Ом};$$

$$R_b = \frac{33,52}{12 \cdot 0,68} = 4,11 \text{ Ом}.$$

Сопротивление только горизонтального проводника:

$$r_z = \frac{\rho_z}{2 \cdot \pi \cdot L_z} \cdot \ln \left(\frac{L_z^2}{D_z \cdot T_0} \right), \text{ Ом};$$

$$r_z = \frac{2534,19}{2 \cdot 3,14 \cdot 158,4} \cdot \ln \left(\frac{158,4^2}{0,02 \cdot 0,5} \right) = 37,52 \text{ Ом}.$$

Коэффициент использования горизонтального проводника:

$$h_r = F(N_b; s/L_b);$$

$$h_r = F(12; 2,2) = 0,42.$$

Сопротивление горизонтального проводника с учетом влияния вертикальных электродов:

$$R_z = \frac{r_z}{h_z}, \text{ Ом};$$

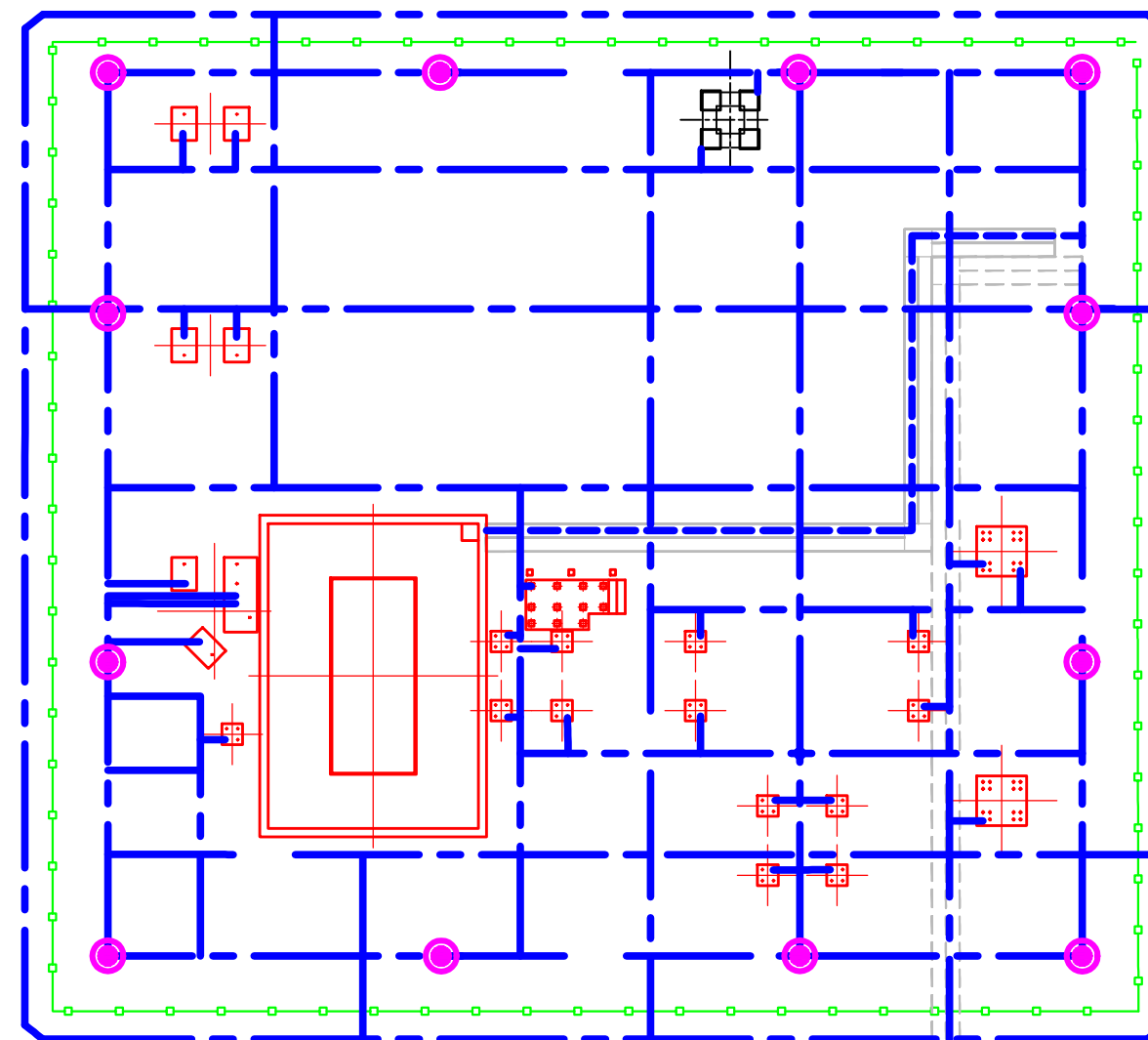
$$R_z = \frac{37,52}{0,42} = 89,33 \text{ Ом}.$$

Общее сопротивление заземляющего устройства:

$$R = \frac{R_b \cdot R_z}{R_b + R_z}, \text{ Ом};$$

$$R = \frac{4,11 \cdot 89,33}{4,11 + 89,33} = 3,93 \text{ Ом}.$$

Так как $R \leq R_{треб.}$, то сложный заземлитель можно использовать в качестве заземляющего устройства.



Условные обозначения

- - горизонтальный заземлитель;
- - вертикальный заземлитель;

АТР-ОПТИМА-ЗУ-25-13						
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		
Разраб.	Клещ			02.25		
Пров.	Носков			02.25		
Н. контр.						
Утв.	Соловьев			02.25		
Пример расчета на базе необслуживаемых электролитических заземлителей				Лит.	Лист	Листов
				A		1
АО "Хакель"						

Перв. примен.

Справ. №

Подп. и дата

Инд. № дубл.

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инд. № подл.

Таблица 8. Массогабаритные характеристики необслуживаемых электролитических заземлителей

Наименование	Электрод, ШхГхВ, мм.	Вес брутто, кг.	Комплектующие, ШхГхВ, мм.	Вес брутто, кг.
В84000 Оптима-ВН-3-3. Заземлитель электролитический комплектный	3100x200x330	38	1150x750x1325	310
В84001 Оптима-ВН-6-3. Заземлитель электролитический комплектный	6100x200x330	74	1150x750x1325	501
В84002 Оптима-ГН-3-3. Заземлитель электролитический комплектный	3300x800x330	60	1150x750x1325	384
В84003 Оптима-ГН-6-3. Заземлитель электролитический комплектный	6100x800x330	117	1150x750x1325	624
В84011 Оптима-ВН-3-Т. Заземлитель электролитический комплектный	3100x200x330	38	1150x750x1325	310
В84014 Оптима-ГН-6-Т. Заземлитель электролитический комплектный	6100x200x330	74	1150x750x1325	501
В84013 Оптима-ГН-3-Т. Заземлитель электролитический комплектный	3300x800x330	60	1150x750x1325	384
В84014 Оптима-ГН-6-Т. Заземлитель электролитический комплектный	6100x800x330	117	1150x750x1325	624

Таблица 9. Массогабаритные характеристики комплектов модульных заземлителей.

Наименование	Электрод, ШхГхВ, мм.	Вес брутто, кг.
В84020 Оптима-МЦ-4,5-3. Заземлитель модульный комплектный	1600x200x150	24,5
В84021 Оптима-МЦ-6-3. Заземлитель модульный комплектный	1600x200x150	26,6
В84022 Оптима-МЦ-9-3. Заземлитель модульный комплектный	1600x200x150	31,7
В84024 Оптима-МЦ-4,5-Т. Заземлитель модульный комплектный	1600x200x150	24,5
В84025 Оптима-МЦ-6-Т. Заземлитель модульный комплектный	1600x200x150	26,6
В84026 Оптима-МЦ-9-Т. Заземлитель модульный комплектный	1600x200x150	31,7

Перв. примен.

Справ. №

Подп. и дата

Инд. № дубл.

Взам. инд. №

Подп. и дата

Инд. № подл.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	АТР-ОПТИМА-ЗУ-25-15			
Разраб.		Клещ		02.25	Массогабаритные характеристики комплектов	Лист	Лист	Листов
Пров.		Носков		02.25		А		1
Н. контр.					АО "Хакель"			
Утв.		Соловьев		02.25				

В результате проведенного ребрендинга и оптимизации продуктовой линейки АО "Хакель" были внесены изменения в наименования продукции без изменений их характеристик и свойств. Соответствие действующих и выведенных из ассортимента наименований представлены в таблице 16.

Таблица 16. Таблица соответствия

Действующие наименования			Выведенные из ассортимента наименования		
Номер по каталогу	Шифр изделия	Наименование	Номер по каталогу	Шифр изделия	Наименование
М302001	K2M-СЦП16-15Д58	Стержень заземления d=16 мм, L=15 м, сталь оцинкованная	810004	СЦП-ХР-15-16	Стержень стальной с горячеоцинкованным покрытием d=16 мм L=1500 мм
М306001	K2M-М/58	Муфта соединительная 5/8", латунь	810017	М/Л-ХР-582	Муфта соединительная латунная для стержней d=14,2/16 мм
М309001	K2M-НС58	Наконечник стартовый 5/8", сталь	810021	НС-ХР-58	Наконечник стальной для стержней d=14,2/16 мм
М311001	K2M-ГУ58	Головка ударопрочная 5/8", сталь	810026	ГУ-ХР-58	Головка ударопрочная стальная для стержней d=14,2/16 мм
М314003	K2M-314-1640С	Зажим d=16/40*4 мм, сталь оцинкованная	810047	ЗУЦ-ХР-16	Зажим универсальный стальной горячеоцинкованный для стержней d=14,2/16 мм
М314001	K2M-314-4040С	Зажим 40*4 мм, сталь оцинкованная	810033	ЗУЦ-ХР-4040	Зажим универсальный стальной горячеоцинкованный для проводников 4x40 мм
М312001	K2M-НП1	Насадка SDS-тах, сталь	810029	НП-ХР-1	Насадка для перфоратора SDSmax
М321004	K2M-ПЗА-100	Паста электропроводящая антикоррозионная, 0.1 кг.	810044	ПЗА-ХР-100	Паста электропроводящая антикоррозионная 100 г
М321007	K2M-321-А10	Лента гидроизоляционная двухсторонняя а=50 мм, L=10 м	810045	ЛГ-ХР-10	Лента гидроизоляционная 10 м
М321005	K2M-321-А02	Лента гидроизоляционная двухсторонняя а=50 мм, L=2 м	810080	ЛГ-ХР-2	Лента гидроизоляционная 2 м
М503015	K2M-503-М50	Спрей цинковый	810048	ЦС-ХР-400	Цинковый спрей, 400мл
М321001	K2M-БГ	Глина бентонитовая	810002	БГ-ХР-1	Глина бентонитовая
М321003	K2M-МО3	Материал оптимизации заземления	810043	МО3-ХР-1	Материал оптимизации заземления
М321009	K2M-СЭС-2	Смесь электролитических солей	810077	СЭС-ХР-2	Смесь электролитических солей для засыпки
М321010	K2M-СЭС-3	Смесь электролитических солей таблетированная	810078	СЭС-ХР-3	Смесь электролитических солей таблетированная
М321011	K2M-СЭС-4	Смесь электролитических солей брикетированная	810079	СЭС-ХР-4	Смесь электролитических солей брикетированная
М321013	K2M-СЭС-5	Смесь электролитических солей	810255	СЭС-ХР-5	Смесь электролитических солей для проливки

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.		Клещ		02.25
Пров.		Носков		02.25
Н. контр.				
Утв.		Соловьев		02.25

АТР-ОПТИМА-ЗУ-25-16

Таблица
соответствия

Лит.	Лист	Листов
А		1

АО "Хакель"