

Типовой альбом ТА-ХР-ЗУ-19 "Заземляющие устройства"

Компания АО «Хакель Рос» выпустила новый типовой альбом «ТА-ХР-ЗУ-18 Заземляющие устройства», в котором представлены конструктивные решения по выполнению заземляющих устройств, предназначенные для проектирования и монтажа в промышленном и гражданском строительстве. Это второй альбом из серии типовых альбомов АО «Хакель Рос», посвящённых заземлению и молниезащите.

Решения, представленные в данном типовом альбоме, были разработаны в соответствии с обновленными нормами и правилами в строительстве:

- Правила устройства электроустановок (седьмое издание);
- ГОСТ Р 50571.5.54-2013 Выбор и монтаж электрооборудования. Заземляющие устройства, защитные проводники и защитные проводники уравнивания потенциалов;
- СП 76.13330.2016 Электротехнические устройства. Актуализированная редакция СНиП 3.05.06-85;
- Типовой альбом А10-93.1-ХР Защитное заземление и зануление электрооборудования с использованием оборудования АО "Хакель Рос";
- Каталог продукции АО «Хакель Рос» Заземляющие устройства 2016/2017;
- Каталог продукции АО «Хакель Рос» Молниезащитные устройства 2016/2017;

Альбом является эффективным методическим указанием и инструкцией для инженеров, проектировщиков, строителей – одним словом, для тех, кто будет его применять.

В данный альбом включены разделы:

- Пояснительная записка;
- Заземляющее устройство на базе вертикальных электролитических заземлителей;
- Заземляющее устройство на базе горизонтальных электролитических заземлителей;
- Заземляющее устройство на базе модульных заземлителей;
- Подключение токоотводов к заземляющему устройству;
- Заземлитель модульный глубинный;
- Заземлитель электролитический.

Также в альбоме подробно рассмотрены все узлы, входящие в состав заземляющих устройств (далее ЗУ).

В пояснительной записке альбома можно найти расшифровку терминологии и выдержки из нормативных документов, касающихся систем заземления, а также список использованной литературы.

В альбоме рассмотрены два типа ЗУ: на базе электролитических и модульных заземлителей. Также приведены различные способы соединения заземляющих проводников и заземлителей в ЗУ: соединение зажимами или с помощью экзотермической (далее термитной) сварки. Для соединения элементов ЗУ между собой рекомендуется использовать термитную сварку согласно п.542.2.8 ГОСТ Р 50571.5.54-2013 / МЭК 60364-5-54:2011 «Электроустановки низковольтные. Часть 5-54. Выбор и монтаж электрооборудования. Заземляющие устройства, защитные проводники и защитные проводники уравнивания потенциалов». Подробнее о методах соединений заземляющих проводников между собой можно почитать в техническом бюллетене [TNP015 23.03.2016 г. Применение термитной \(экзотермической\) сварки для соединения элементов заземляющих устройств в свете требований ГОСТ Р 50571.5.54-2013.](#)

В пояснительной записке в разделе 5 приведены формулы для расчёта ЗУ. Для расчётов ЗУ на базе модульных заземлителей используется методика, приведённая в справочнике «Дулицкий Г.А., Комаревцев А.П. Электробезопасность при эксплуатации электроустановок напряжением до 1000 В». Для расчётов ЗУ на базе электролитических заземлителей 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. Подробнее о методиках расчёта электролитических заземлителей можно почитать в техническом бюллетене [ТНР025 18.09.2017 г. Сравнительный анализ методик расчета сопротивления электролитических заземлителей.](#)

В альбоме представлены основные узлы, встречающиеся в ЗУ. Все узлы снабжены цветными иллюстрациями для более наглядного представления (рис.1).

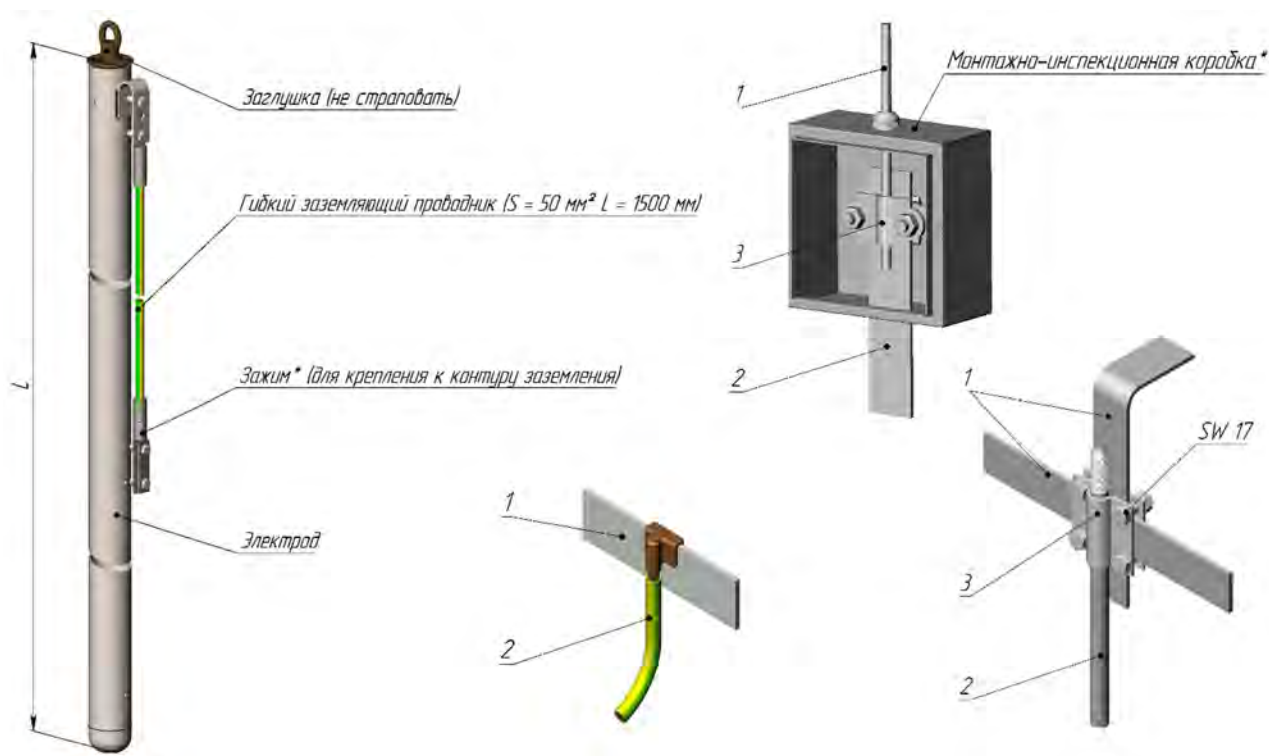


Рисунок 1. Цветные иллюстрации узлов ЗУ.

Для удобства в альбоме приведены узлы и детали вместе со спецификацией необходимого оборудования, используемого в конкретном узле, что значительно сокращает время подбора его по каталогу.

Для некоторых сложных узлов в альбоме представлен порядок монтажа. Это разделы ТА-ХР-ЗУ-18-06 «Заземлитель модульный глубинный» (рис.2), ТА-ХР-ЗУ-18-07 «Заземлитель электролитический» (рис.3) и ТА-ХР-ЗУ-18-13 «Узел13. Герметичный проход заземляющего проводника через фундамент» (рис.4). На первом листе раздела выбираются комплектующие узла, а на последующих листах раздела показаны этапы монтажа.

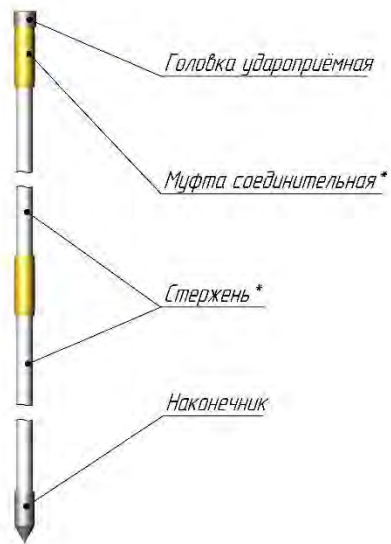


Рисунок 2. Заземлитель модульный глубинный.

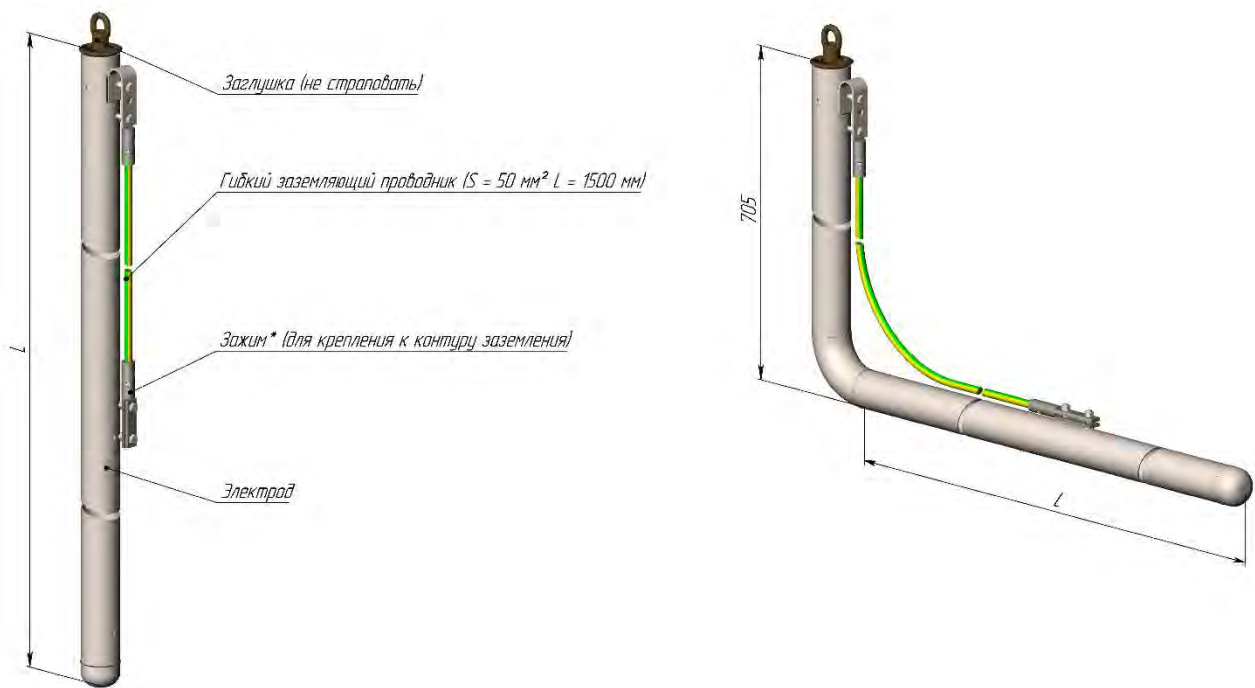


Рисунок 3. Заземлители электролитические (вертикальный и горизонтальный).

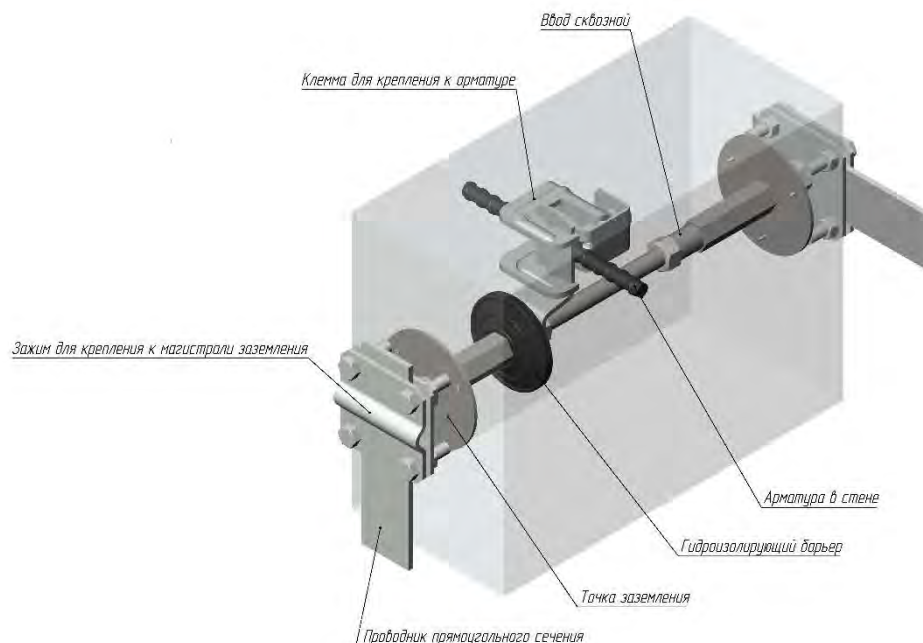


Рисунок 4. Ввод сквозной для прохода заземляющего проводника через фундамент.

В альбоме представлены узлы соединения проводников и заземлителей с помощью термитной сварки. Выбор необходимого оборудования осуществляется по таблицам, представленным под иллюстрацией выбранного узла.

Для формирования спецификации, необходимо определиться с типом ЗУ, количеством заземлителей, а также способом соединения элементов ЗУ. В разделе выбранного типа заземляющего устройства указаны необходимые узлы. По оглавлению перейти на соответствующие листы узлов, на которых есть вся необходимая. Подробнее см. примеры.

Пример 1.

Необходимо выполнить расчёт сопротивления растеканию тока ЗУ объекта в грунтах с удельным сопротивлением 100 Ом·м, находящегося в III климатическом районе. Требуемое сопротивление растеканию рассчитываемого заземляющего устройства: $R_{\text{треб.}} = 4 \text{ Ом}$.

Исходя из входных данных, было принято решение в ЗУ применить модульные заземлители, состоящие из стержней стальных омеднённых $\varnothing 17,2 \text{ мм}$ и длиной $L=1500 \text{ мм}$. Заземлители располагаются в замкнутом контуре и соединяются между собой медной полосой $3 \times 20 \text{ мм}$ с использованием термитной сварки.

Параметры вертикальных модульных электродов:

- материал электрода: сталь омедненная;
- диаметр электрода: $D_d = 0,0172 \text{ м}$;
- длина электрода: $L_B = 6 \text{ м}$;
- количество электродов: $N_B = 8 \text{ шт.}$;
- коэффициент использования вертикальных электродов: $\eta_B = 0,58$;
- коэффициент использования горизонтального проводника: $\eta_r = 0,37$;
- порядок размещения электродов: контур;
- способ соединения электрод\полоса и полоса\полоса в грунте: термитная сварка.

Все необходимые формулы для расчета ЗУ приведены в ПЗ в разделе 5.4

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

Грунт в месте расположения заземляющего устройства:

- грунт горизонтального проводника: суглинок; удельное сопротивление $\rho_{\Gamma} = 100 \text{ Ом}\cdot\text{м}$; поправочный климатический коэффициент 2; с учетом поправочного коэффициента $\rho_{\Gamma} = 100 \cdot 2 = 200 \text{ Ом}\cdot\text{м}$;

- грунт вертикального электрода: суглинок; удельное сопротивление $\rho_{\text{В}} = 100 \text{ Ом}\cdot\text{м}$; поправочный климатический коэффициент 1,2; с учетом поправочного коэффициента $\rho_{\text{В}} = 100 \cdot 1,2 = 120 \text{ Ом}\cdot\text{м}$.

Вертикальный электрод - сталь круглая омедненная диаметром $D_{\text{В}} = 0,0172 \text{ м}$; горизонтальный проводник - медь полосовая $0,02 \times 0,003 \text{ м}$ с шириной полосы $B = 0,02 \text{ м}$, что соответствует эквивалентному диаметру $D_{\Gamma} = 0,5 \cdot B = 0,01 \text{ м}$.

Длина вертикального электрода принята: $L_{\text{В}} = 6 \text{ м}$.

Глубина заложения заземляющего устройства: $T_0 = 0,7 \text{ м}$.

Глубина заложения вертикального электрода: $T_{\text{В}} = T_0 + L_{\text{В}}/2 = 0,7 + 6/2 = 3,7 \text{ м}$.

Сопротивление одного вертикального электрода:

$$r_{\text{В}} = \frac{\rho_{\text{В}}}{(2 \cdot \pi \cdot L_{\text{В}})} \cdot \left[\ln \left(2 \cdot \frac{L_{\text{В}}}{D_{\text{В}}} \right) + \frac{1}{2} \cdot \ln \left(\frac{(4 \cdot T_{\text{В}} + L_{\text{В}})}{(4 \cdot T_{\text{В}} - L_{\text{В}})} \right) \right], \text{ Ом};$$
$$r_{\text{В}} = \frac{120}{(2 \cdot 3,14 \cdot 6)} \cdot \left[\ln \left(2 \cdot \frac{6}{0,0172} \right) + \frac{1}{2} \cdot \ln \left(\frac{(4 \cdot 3,7 + 6)}{(4 \cdot 3,7 - 6)} \right) \right] = 22,21 \text{ Ом}.$$

Общее сопротивление вертикальных электродов с учетом коэффициента использования:

$$R_{\text{В}} = \frac{r_{\text{В}}}{(N_{\text{В}} \cdot \eta_{\text{В}})}, \text{ Ом};$$
$$R_{\text{В}} = \frac{22,21}{(8 \cdot 0,58)} = 4,79 \text{ Ом};$$

Расстояние между электродами: $s = 6 \text{ м}$.

Длина горизонтального проводника: $L_{\Gamma} = N_{\text{В}} \cdot s = 8 \cdot 6 = 48 \text{ м}$.

Сопротивление только горизонтального проводника:

$$r_{\Gamma} = \frac{\rho_{\Gamma}}{(2 \cdot \pi \cdot L_{\Gamma})} \cdot \left[\ln \left[\frac{L_{\Gamma}^2}{(D_{\Gamma} \cdot T_0)} \right] \right], \text{ Ом};$$
$$r_{\Gamma} = \frac{200}{(2 \cdot 3,14 \cdot 48)} \cdot \left[\ln \left[\frac{48^2}{(0,01 \cdot 0,7)} \right] \right] = 8,42 \text{ Ом};$$

Сопротивление горизонтального проводника с учетом влияния вертикальных электродов:

$$R_{\Gamma} = \frac{r_{\Gamma}}{\eta_{\Gamma}}, \text{ Ом};$$
$$R_{\Gamma} = \frac{8,42}{0,37} = 22,76 \text{ Ом};$$

Общее сопротивление устройства заземления:

$$R = \frac{R_B \cdot R_T}{(R_B + R_T)}, \text{ Ом};$$

$$R = \frac{4,79 \cdot 22,76}{(4,79 + 22,76)} = 3,96 \text{ Ом};$$

Так как $R_{общ} \leq R_{треб}$, то данное заземляющее устройство соответствует заданным параметрам.

Для наглядного представления узлов рассчитанного ЗУ и составления итоговой спецификации перейти на лист ТА-ХР-ЗУ-19-02 (см. рис.5).

Рис.2. ЗУ на базе модульных заземлителей (с применением термитной сварки)

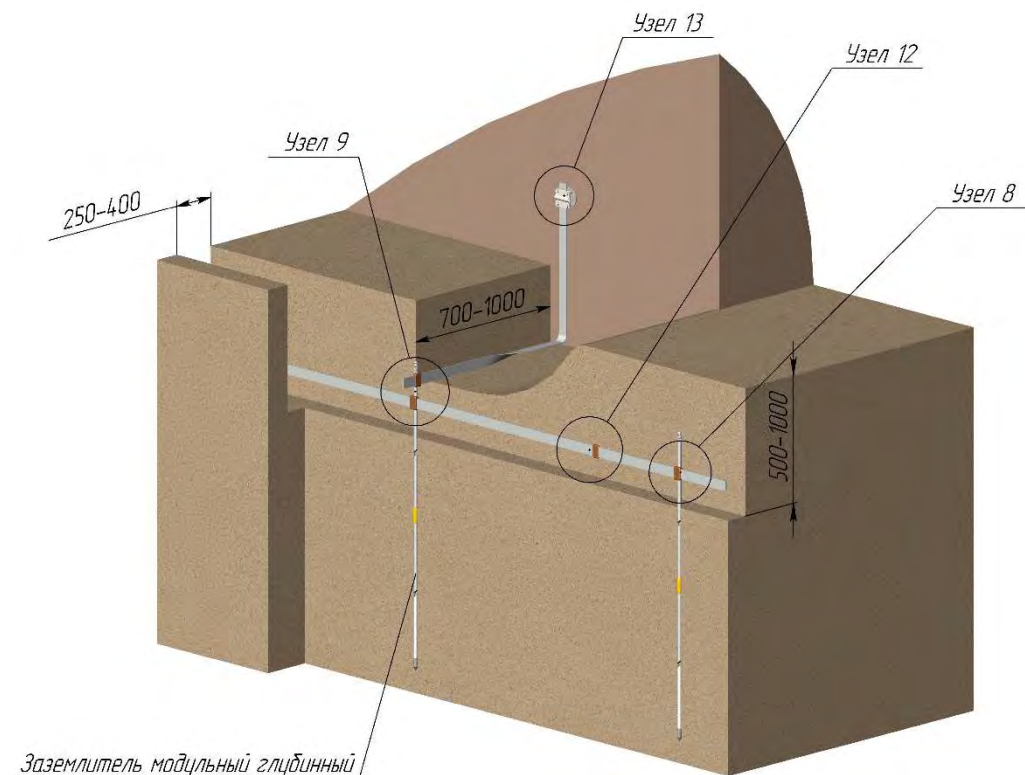


Рисунок 5. ЗУ на базе модульных заземлителей с применением термитной сварки.

Данное ЗУ будет состоять из вертикальных модульных заземлителей и узлов 8, 9, 12 и 13. Количество узлов 8 (соединение электролитического заземлителя и контура заземления) будет кратно количеству заземлителей, за исключением заземлителей, участвующих в узле 9. Количество узлов 9 (Т-образное соединение проводника с контуром заземления) и 13 (ввод заземляющего проводника в здание) равно двум. Количество узлов 12 рассчитывается из длины горизонтального заземляющего проводника.

На листе ТА-ХР-ЗУ-18-07 в таблице 1 указаны типы и коды модульных заземлителей в зависимости от длины, диаметров и материала стержней заземлителей. (см. рис.6)

Диаметр стержня d, мм	Длина стержня L, мм	Стержень			Муфта соединительная		Наконечник**		Головка ударопрочная**		Антикоррозийная электропроводящая паста***		Накладка для виброударного инструмента	
		Код	Тип	Материал	Код	Тип	Код	Тип	Код	Тип	Код	Тип	Код	Тип
16	1500	810004	СЦП-ХР-15-16	Оцинкованная сталь	810017	МЛ-ХР-582	810021	НС-ХР-58	810026	ГУ-ХР-58	810044	ПЭА-ХР-100	810029	НП-ХР-1
		810231	СЦП-ХР-15-М16		810234	МЛ-ХР-М16	810236	НС-ХР-М16	810238	ГУ-ХР-М16				
		810005	СН-ХР-15-16	Нержавеющая сталь	810019	МН-ХР-58	810023	НСН-ХР-58	810026	ГУ-ХР-58				
		810232	СН-ХР-15-М16		810235	МН-ХР-М16	810237	НСН-ХР-М16	810328	ГУ-ХР-М16				
14,2	1200	810006	СМП-ХР-12-14	Сталь с электрохимическим медным покрытием	810017	МЛ-ХР-582	810021	НС-ХР-58	810026	ГУ-ХР-58	810044	ПЭА-ХР-100	810029	НП-ХР-1
	1500	810007	СМП-ХР-15-14		810234	МЛ-ХР-М16	810236	НС-ХР-М16	810238	ГУ-ХР-М16				
		810233	СМП-ХР-15-М16											
17,2	1200	810008	СМП-ХР-12-17	Сталь с электрохимическим медным покрытием	810018	МЛ-ХР-34	810022	НС-ХР-34	810027	ГУ-ХР-34	810044	ПЭА-ХР-100	810029	НП-ХР-1
	1500	810009	СМП-ХР-15-17											

Рисунок 6. Таблица выбора модульных заземлителей.

Найти в таблице омеднённый стержень длиной 1,5 м и диаметром 17,2 мм – это 810009 СМП-ХР-15-17. По расчётам длина электрода 6 м, электродов 8 шт. На каждый электрод нужно 4 стержня длиной 1,5 м. Всего для рассчитанного ЗУ необходимо 32 шт. 810009 СМП-ХР-15-17. Также необходимо рассчитать количество токопроводящей пасты 810044 ПЭА-ХР-100 для обработки резьбовых соединений при монтаже электродов из расхода 1 банка пасты на 15 стержней – 4 банки 810044 ПЭА-ХР-100.

На листе ТА-ХР-ЗУ-18-11 показаны узлы 8 и 9 – соединение проводников прямоугольного сечения и стержневого (модульного) заземлителя (см. рис.7).

Узел 8 Соединение одного проводника прямоугольного сечения и стержневого заземлителя

Узел 9 Соединение двух проводников прямоугольного сечения и стержневого заземлителя

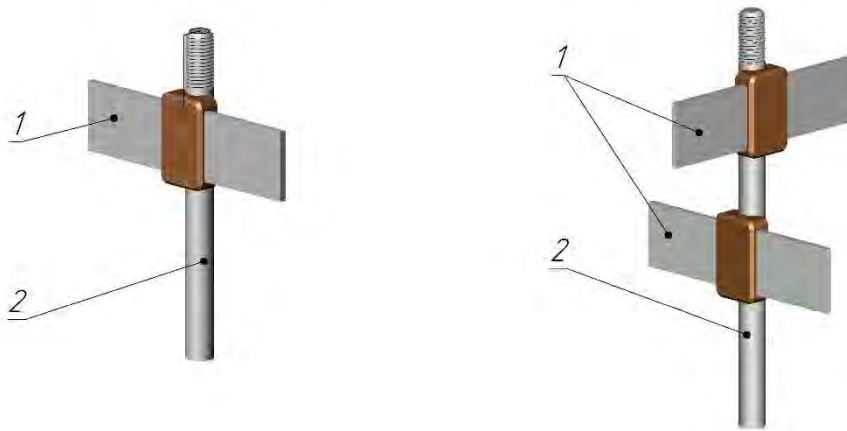


Рисунок 7. Соединение проводников прямоугольного сечения и модульного заземлителя.

Из таблицы 1 выбрать типы и коды комплектующих узлов 8 и 9 (см. рис.8).

Таблица 1 Соединение проводников термитной сваркой. Продолжение

Вид соединения	Проводник 1		Проводник 2		Форма*		Сварочный металл		Держатель формы**		Блок управления***		Комплект принадлежностей***		Струбцина***	
	Код	Тип	Код	Тип	Код	Тип	Код	Тип	Код	Тип	Код	Тип	Код	Тип	Код	Тип
Соединение проводников прямоугольного сечения (3x20 мм) и стержневого заземлителя (Ø 17,2 мм)	800008	ПМ-ХР-2030	810009	СМП-ХР-15-17	830181	ТС-ХР-Ф1306	830007	ТС-ХР-М150								
Соединение проводника прямоугольного сечения и гибкого проводника заземлителя	800003	ПЦ-ХР-4040	Кабель S=50 мм2		830169	ТС-ХР-Ф3482	830006	ТС-ХР-М115	830050	ТС-ХР-ДФ01	830054	ТС-ХР-Б901	830062	ТС-ХР-Д007	830063	ТС-ХР-Д008
	800023	ПН-ХР-3030		830177	ТС-ХР-Ф3483											
	800008	ПМ-ХР-2030		830182	ТС-ХР-Ф3484											

Рисунок 8. Таблица выбора комплектующих узлов 8 и 9.

Найти в таблице вид соединения – соединение проводника прямоугольного сечения 3x20 мм и стержневого заземлителя Ø17,2 мм. Проводник 1 (проводник прямоугольного сечения) – 800008 ПМ-ХР-3020 – контур заземления, его длина по расчётам 48 м + 4 м на ввод в здание. Проводник 2

(стержень модульного заземлителя) – 800009 СМП-ХР-15-17. Для этого соединения необходима форма 830181 ТС-ХР-Ф1306 – 1 шт. (каждая форма рассчитана на 50 соединений). Количество сварочного металла 830007 ТС-ХР-М150 рассчитывается из количества узлов 8 и узлов 9 (количество металла для узла 9 увеличивается вдвое) – 10 шт. Держатель формы 830050 ТС-ХР-ДФ01, блок управления ТС-ХР-БУ01, комплект принадлежностей 830062 ТС-ХР-Д007 и трубочина 830063 ТС-ХР-Д008 закладываются исходя из количества необходимых форм – по 1 шт. каждого. Также для этого соединения необходимо рассчитать количество ленты гидроизоляционной 810045 ЛГ-ХР-10 из расхода 1 м ленты на 1 соединение – 1 рулон.

На листе ТА-ХР-ЗУ-18-12 показан узел 12 – стыковое соединение проводников прямоугольного сечения (см. рис.9).

*Узел 12. Стыковое соединение проводников
прямоугольного сечения*

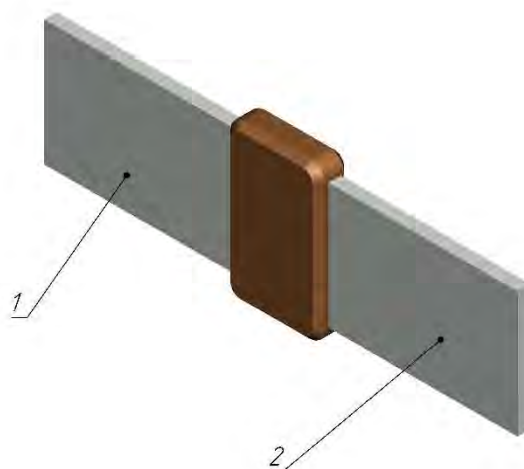


Рисунок 9. Стыковое соединение проводников термитной сваркой.

В таблице под иллюстрацией выбрать типы и коды комплектующих узлов 12 (см. рис.10).

Таблица 1. Соединение проводников термитной сваркой

Вид соединения	Проводник 1		Проводник 2		Форма*		Сварочный металл		Держатель формы*		Блок управления***		Комплект принадлежностей***		Трубочина***	
	Код	Тип	Код	Тип	Код	Тип	Код	Тип	Код	Тип	Код	Тип	Код	Тип	Код	Тип
Узловое соединение проводников прямоугольного сечения	800003	ПЦ-ХР-4040	800003	ПЦ-ХР-4040	830151	ТС-ХР-Ф0061	830008	ТС-ХР-М150	830050	ТС-ХР-ДФ01	830054	ТС-ХР-БУ01	830062	ТС-ХР-Д007	830063	ТС-ХР-Д008
	800023	ПН-ХР-3030	800023	ПН-ХР-3030	830175	ТС-ХР-Ф0059	830006	ТС-ХР-М115								
	800008	ПМ-ХР-2030	800008	ПМ-ХР-2030	830179	ТС-ХР-Ф0057	830005	ТС-ХР-М90								
Стыковое соединение проводников прямоугольного сечения	800003	ПЦ-ХР-4040	800003	ПЦ-ХР-4040	830152	ТС-ХР-Ф0005	830007	ТС-ХР-М150	830050	ТС-ХР-ДФ01	830054	ТС-ХР-БУ01	830062	ТС-ХР-Д007	830063	ТС-ХР-Д008
	800023	ПН-ХР-3030	800023	ПН-ХР-3030	830174	ТС-ХР-Ф0003	830006	ТС-ХР-М115								
	800008	ПМ-ХР-2030	800008	ПМ-ХР-2030	830178	ТС-ХР-Ф0001	830004	ТС-ХР-М65								

Рисунок 10. Таблица оборудования для стыкового соединения проводников.

Найти в таблице вид соединения – стыковое соединение проводников прямоугольного сечения. Проводник 1 и проводник 2 (проводники прямоугольного сечения) – 800008 ПМ-ХР-2030. Для этого соединения необходима форма 830178 ТС-ХР-Ф0001 – 1 шт. (каждая форма рассчитана на 50 соединений). Количество сварочного металла 830004 ТС-ХР-М65 рассчитывается из планируемого количества стыковых соединений контура заземления – 4 шт. Держатель формы 830050 ТС-ХР-ДФ01, блок управления 830054 ТС-ХР-БУ01, комплект принадлежностей 830062 ТС-ХР-Д007 и трубочина 830063 ТС-ХР-Д008 закладываются исходя из количества необходимых форм – по 1 шт. каждого. Также для этого соединения необходимо рассчитать количество ленты гидроизоляционной 810045 ЛГ-ХР-10 из расхода 1 м ленты на 1 соединение – 1 рулон.

На листе ТА-ХР-ЗУ-18-13 показан узел 13 – ввод заземляющего проводника в здание. В таблице 1 выбрать код и тип ввода сквозного в зависимости от толщины стены. Проводник прямоугольного сечения в данном случае 800008 ПМ-ХР-2030.

В зависимости от места размещения вертикальных электродов, ввод заземляющего проводника в здание может подключаться не только к электроду, но и к горизонтальному проводнику контура заземляющего устройства т-образно при помощи формы 830179 ТС-ХР-Ф0057, сварочный металл 830005 ТС-ХР-М90.

Итоговая спецификация, где представлены коды и шифры комплектующих и их количество, отражена в табл.1.

Таблица 1. Итоговая спецификация.

Наименование листа типового альбома	Каталожный шифр и номенклатура	Количество	Алгоритм выбора количества
ТА-ХР-ЗУ-19-06 л.1	810009 СМП-ХР-15-17	32 шт.	Суммарная длина электродов в метрах делённая на $L_{ст}$
ТА-ХР-ЗУ-19-06 л.1	810018 МЛ-ХР-34	32 шт.	По количеству стержней*
ТА-ХР-ЗУ-19-06 л.1	810022 НС-ХР-34	8 шт.	По количеству электродов
ТА-ХР-ЗУ-19-06 л.1	810027 ГУ-ХР-34	8 шт.	По количеству электродов*
ТА-ХР-ЗУ-19-11 л.2; ТА-ХР-ЗУ-19-12 л.1	810045 ЛГ-ХР-10	2 шт.	Рулон на 10 соединений*
ТА-ХР-ЗУ-19-11 л.1	800008 ПМ-ХР-2030	52 м.	Не менее суммарной длины электродов + ввод в здание
ТА-ХР-ЗУ-19-06 л.1	810029 НП-ХР-1	1 шт.	1 насадка на 10 электродов*
ТА-ХР-ЗУ-19-06 л.1	810044 ПЭА-ХР-100	3 шт.	1 банка на 15 стержней*
ТА-ХР-ЗУ-19-11 л.2	830054 ТС-ХР-БУ01	1 шт.	По количеству монтажных бригад
ТА-ХР-ЗУ-19-11 л.2	830181 ТС-ХР-Ф1306	1 шт.	1 форма на 50 сварных соединений
ТА-ХР-ЗУ-19-11 л.2	830007 ТС-ХР-М150	10 шт.	По количеству электродов+2
ТА-ХР-ЗУ-19-12 л.1	830179 ТС-ХР-Ф0057	1 шт.	1 форма на 50 сварных соединений
ТА-ХР-ЗУ-19-12 л.1	830178 ТС-ХР-Ф0001	1 шт.	1 форма на 50 сварных соединений
ТА-ХР-ЗУ-19-12 л.1	830004 ТС-ХР-М65	4 шт.	По количеству стыковых соединений
ТА-ХР-ЗУ-19-11 л.2; ТА-ХР-ЗУ-19-12 л.1	830050 ТС-ХР-ДФ01	2 шт.	По количеству форм*
ТА-ХР-ЗУ-19-11 л.2; ТА-ХР-ЗУ-19-12 л.1	830058 ТС-ХР-ДО02	2 шт.	По количеству форм*
ТА-ХР-ЗУ-19-11 л.2; ТА-ХР-ЗУ-19-12 л.1	830062 ТС-ХР-ДО07	2 шт.	По количеству форм*

ТА-ХР-ЗУ-19-11 л.2; ТА-ХР-ЗУ-19- 12 л.1	830063 ТС-ХР-ДО08	1 шт.	По количеству блоков управления
---	-------------------	-------	---------------------------------

*На усмотрение специалиста технического отдела;

Пример 2.

Необходимо рассчитать ЗУ объекта в грунтах с удельным сопротивлением 1000 Ом·м. Требуемое сопротивление растеканию тока рассчитываемого ЗУ: $R_{\text{треб.}} = 4 \text{ Ом}$.

Исходя из входных данных, было принято решение в ЗУ применить электролитические заземлители из нержавеющей стали, которые представляют из себя полую перфорированную трубу диаметром 60 мм, длиной 3000 мм.

Все необходимые формулы для расчета ЗУ приведены в ПЗ в разделе 5.5.

Параметры вертикальных электролитических электродов:

- шифр электрода: ЗЭН-ХР-3-В;
- материал электрода: сталь нержавеющая;
- диаметр электрода: $d = 0,06 \text{ м}$;
- длина электрода: $L_B = 3 \text{ м}$;
- коэффициент солевой обработки: $C = 0,2$;
- количество электродов: $N_B = 15 \text{ шт.}$;
- расстояние между электродами: $s = 6,6 \text{ м}$;
- порядок размещения электродов: контур;
- способ соединения электрод\полоса и полоса\полоса в грунте: зажим;

Грунт - наполнитель для вертикального электрода:

- тип грунта: МОЗ;
- диаметр грунта-наполнителя: $D = 0,25 \text{ м}$;
- удельное сопротивление грунта-наполнителя: $\rho_{\text{МОЗ}} = 0,5 \text{ Ом м}$;

Параметры горизонтального проводника:

- конструкция проводника: сталь полосовая оцинкованная 0,04x0,004 м с шириной полосы $B = 0,04 \text{ м}$, что соответствует диаметру $D_T = 0,5 \cdot B = 0,02 \text{ м}$;
- длина проводника: $L_T = N_B \cdot s = 15 \cdot 6,6 = 99 \text{ м}$;
- глубина заложения проводника: $T_O = 0,5 \text{ м}$.

Сопротивление одного вертикального электрода:

$$r_B = \frac{C}{2 \cdot \pi \cdot L_B} \left(\rho_{\text{МОЗ}} \cdot \ln \frac{2L_B}{d/2} + 0,5(\rho - \rho_{\text{МОЗ}}) \cdot \ln \frac{\sqrt{L_B^2 + (D/2)^2} + L_B}{\sqrt{L_B^2 + (D/2)^2} - L_B} \right), \text{ Ом}$$

$$r_B = \frac{0,2}{2 \cdot 3,14 \cdot 3} \left(0,5 \cdot \ln \frac{2 \cdot 3}{0,06/2} + 0,5(1000 - 0,5) \cdot \ln \frac{\sqrt{3^2 + (0,25/2)^2} + 3}{\sqrt{3^2 + (0,25/2)^2} - 3} \right) = 41,09 \text{ Ом}$$

Коэффициент использования вертикальных электродов (Руководство по проектированию, строительству и эксплуатации заземлений в установках проводной связи и радиотрансляционных узлов):

$$h_B = 0,67.$$

Общее сопротивление вертикальных электродов:

$$R_B = \frac{r_B}{(N_B \cdot h_B)}, \text{ Ом}$$
$$R_B = \frac{41,09}{(15 \cdot 0,67)} = 4,09 \text{ Ом}$$

Сопротивление только горизонтального проводника:

$$r_r = \frac{\rho_r}{(2 \cdot \pi \cdot L_r)} \cdot \left[\ln \left[\frac{L_r^2}{(D_r \cdot T_0)} \right] \right], \text{ Ом};$$
$$r_r = \frac{1000}{(2 \cdot 3,14 \cdot 99)} \cdot \left[\ln \left[\frac{99^2}{(0,02 \cdot 0,5)} \right] \right] = 22,18 \text{ Ом};$$

Коэффициент использования горизонтального проводника (Руководство по проектированию, строительству и эксплуатации заземлений в установках проводной связи и радиотрансляционных узлов):

$$h_r = 0,39.$$

Сопротивление горизонтального проводника с учетом влияния вертикальных электродов:

$$R_r = \frac{r_r}{h_r}, \text{ Ом}$$
$$R_r = \frac{22,18}{0,39} = 56,87 \text{ Ом}$$

Общее сопротивление заземляющего устройства:

$$R = \frac{R_B \cdot R_r}{(R_B + R_r)}, \text{ Ом};$$
$$R = \frac{4,09 \cdot 56,87}{(4,09 + 56,87)} = 3,82 \text{ Ом};$$

Так как $R_{общ} \leq R_{треб}$, то данное заземляющее устройство соответствует заданным параметрам.

Для наглядного представления узлов рассчитанного ЗУ и составления итоговой спецификации перейти на лист ТА-ХР-ЗУ-19-03 (см. рис.11).

Рис.1. ЗУ на базе вертикальных электролитических заземлителей (с использованием зажимов)

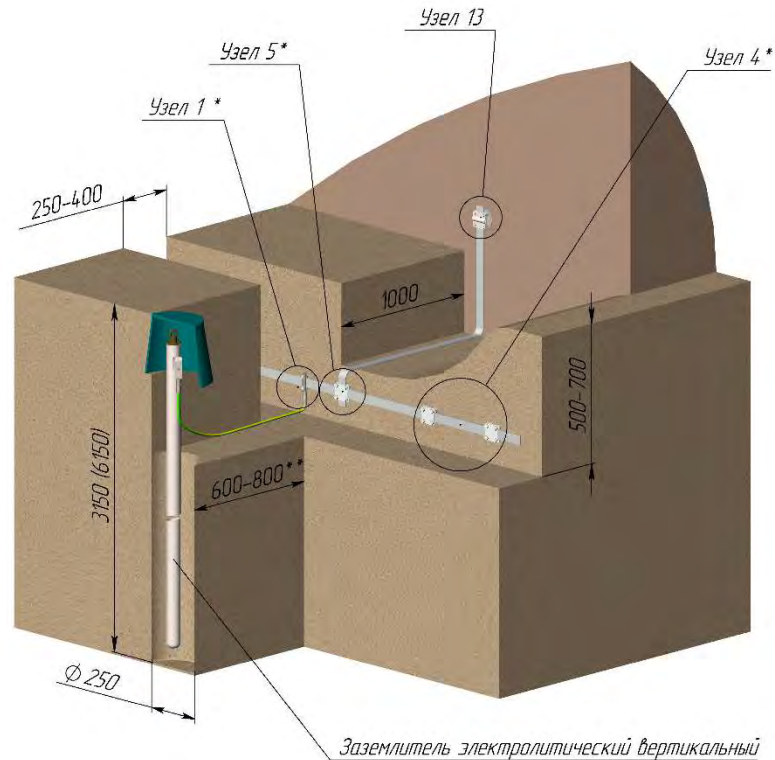


Рисунок 11. ЗУ на базе вертикальных электролитических заземлителей с использованием зажимов.

Данное ЗУ будет состоять из вертикальных электролитических заземлителей и узлов 1, 4, 5 и 13. Количество узлов 1 (соединение электролитического заземлителя и контура заземления) кратно количеству заземлителей. Количество узлов 5 (Т-образное соединение проводника с контуром заземления) и 13 (ввод заземляющего проводника в здание) равно двум. Количество узлов 4 рассчитывается из длины горизонтального заземляющего проводника.

На листе ТА-ХР-ЗУ-18-07 в таблице 1 указаны типы и коды электролитических заземлителей в зависимости от их длины и материала. (см. рис.12)

Таблица 1

Вид заземлителя	Длина заземляющего электрода L, мм	Материал	Заземлитель		Вес электрода со смесью электролитических солей, кг
			Код	Тип	
Заземлитель электролитический вертикальный	3000	нержавеющая сталь	810039	ЗЭН-ХР-3-В	22,0
		медь	810035	ЗЭМ-ХР-3-В	22,4
	6000	нержавеющая сталь	810040	ЗЭН-ХР-6-В	41,3
		медь	810036	ЗЭМ-ХР-6-В	40,7
	9000	нержавеющая сталь	810057	ЗЭН-ХР-9-В	59,9
	Заземлитель электролитический горизонтальный	3000	нержавеющая сталь	810041	ЗЭН-ХР-3-Г
медь			810037	ЗЭМ-ХР-3-Г	24,3
6000		нержавеющая сталь	810042	ЗЭН-ХР-6-Г	43,4
		медь	810038	ЗЭМ-ХР-6-Г	42,7

Рисунок 12. Таблица выбора электролитических заземлителей.

Найти в таблице вертикальный электролитический заземлитель длиной 3 м – это 810039 ЗЭН-ХР-3-В, по расчётам их нужно 15 шт.

На листе ТА-ХР-ЗУ-18-08 показан узел 1 – присоединение гибкого проводника заземляющего электрода к контуру заземления (рис.13). Из таблицы 1 выбрать типы и коды комплектующих узла 1 (рис.14).

Узел 1. Соединение проводника прямоугольного сечения и гибкого проводника заземлителя

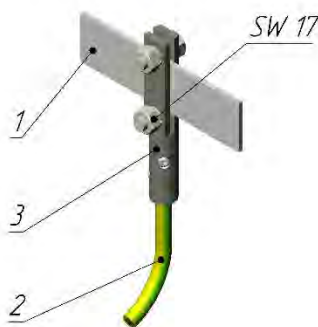


Рисунок 13. Узел 1.

Таблица 1. Соединение проводников зажимом

Вид соединения	Проводник 1		Проводник 2		Зажим 3		Лента гидроизоляционная*	
	Код	Тип	Код	Тип	Код	Тип	Код	Тип
Соединение проводника прямоугольного сечения и гибкого проводника заземлителя	800003	ПЦ-ХР-4040	Кабель S=50 мм ²		810206	ЗУН-ХР-50	810045	ЛГ-ХР-10
	800023	ПН-ХР-3030						
	800011	ПМ-ХР-3020						
Соединение проводника прямоугольного сечения (4x40 мм) и стержневого заземлителя (Ф 16 мм)	800003	ПЦ-ХР-4040	810004	СЦП-ХР-15-16	810047	ЗУЦ-ХР-16	810045	ЛГ-ХР-10
			810231	СЦП-ХР-15-М16				
Соединение проводника прямоугольного сечения (3x30 мм) и стержневого заземлителя (Ф 16 мм)	800023	ПН-ХР-3030	810005	СН-ХР-15-16	810225	ЗУН-ХР-16	810045	ЛГ-ХР-10
			810232	СН-ХР-15-М16				
Соединение проводника прямоугольного сечения (3x20 мм) и стержневого заземлителя (Ф 14,2 мм)	800011	ПМ-ХР-3020	810007	СМП-ХР-15-14	810030	ЗУЛ-ХР-16	810045	ЛГ-ХР-10
			810233	СМП-ХР-15-М16				
Соединение проводника прямоугольного сечения (3x20 мм) и стержневого заземлителя (Ф 17,2 мм)			810009	СМП-ХР-15-17	810031	ЗУЛ-ХР-17		

Рисунок 14. Таблица выбора комплектующих узла 1.

Найти в таблице вид соединения – соединение проводника прямоугольного сечения (контур заземления) и гибкого проводника заземления. Проводник 1 (проводник прямоугольного сечения) – 800003 ПЦ-ХР-4040 – это контур заземления, его длина по расчётам 99 м + 3 м для ввода в здание. Зажим 810206 ЗУН-ХР-50, необходимый для этого соединения, входит в состав электролитического заземлителя. Также для этого соединения необходимо рассчитать количество ленты гидроизоляционной 810045 ЛГ-ХР-10 из расхода 1 м ленты на 1 соединение, а также количество токопроводящей пасты 810044 ПЭА-ХР-100 для обработки внутренних поверхностей зажима из расхода 1 банка пасты на 4 зажима. Всего 15 соединений, т.е. 2 рулона 810045 ЛГ-ХР-10 и 4 банки 810044 ПЭА-ХР-100.

На листе ТА-ХР-ЗУ-18-09 показаны узел 4 и 5 – стыковое и угловое соединения проводников прямоугольного сечения соответственно (рис.15).

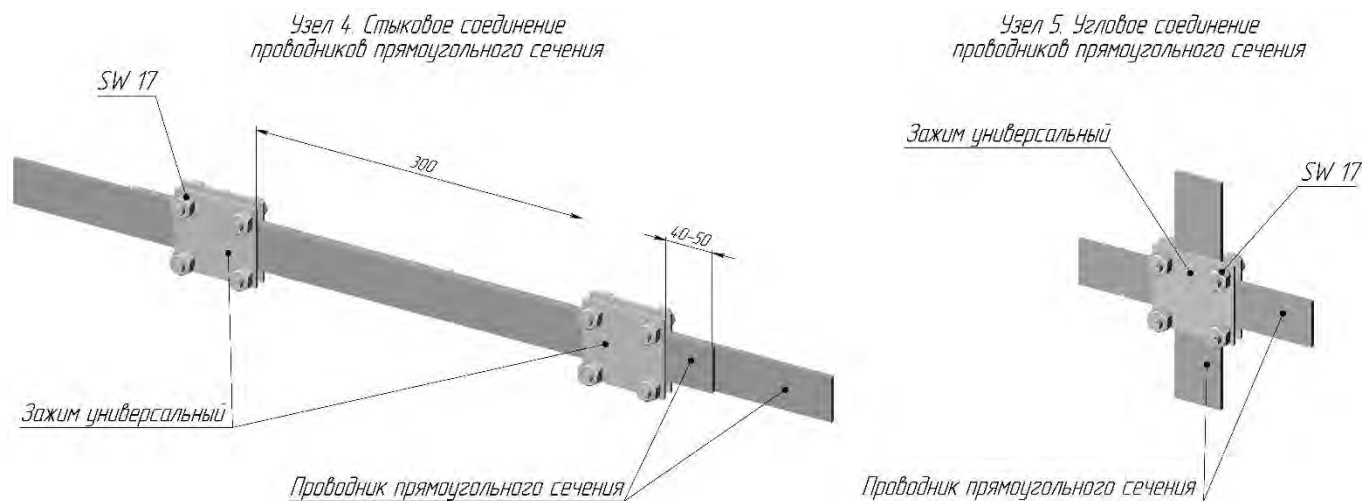


Рисунок 15. Стыковое и угловое соединения проводников зажимами.

Из таблицы 1 выбрать типы и коды комплектующих узлов 4 и 5 (рис.16).

Таблица 1. Соединение проводников зажимом.

Вид соединения	Проводник прямоугольного сечения		Зажим универсальный*		Лента гидроизоляционная**	
	Код	Тип	Код	Тип	Код	Тип
Стыковое соединение проводников прямоугольного сечения 4x40 мм, сталь оцинкованная	800003	ПЦ-ХР-4040	810033	ЗУЦ-ХР-4040		
Стыковое соединение проводников прямоугольного сечения 3x30 мм, сталь нержавеющая	800023	ПН-ХР-3030	810049	ЗУН-ХР-3030	810045	ЛГ-ХР-10
Стыковое соединение проводников прямоугольного сечения 3x20 мм, медь	800011	ПМ-ХР-3020	810032	ЗУМ-ХР-4040		

Рисунок 16. Таблица оборудования для стыкового и углового соединений проводников.

Найти в таблице вид соединения – стыковое соединение проводников прямоугольного сечения. Проводник прямоугольного сечения – 800003 ПЦ-ХР-4040. Зажим 810033 ЗУЦ-ХР-4040, необходимо 10 шт. Также для этого соединения необходимо рассчитать количество ленты гидроизоляционной 810045 ЛГ-ХР-10 из расхода 1 м ленты на 1 соединение, а также количество токопроводящей пасты 810044 ПЭА-ХР-100 для обработки внутренних поверхностей зажима. На 10 зажимов – 1 рулон 810045 ЛГ-ХР-10 и 3 банки 810044 ПЭА-ХР-100.

На листе ТА-ХР-ЗУ-18-13 показан узел 13 – ввод заземляющего проводника в здание. Выбор комплектующих узла 13 – см. пример 1.

Итоговая спецификация, где представлены коды и шифры комплектующих и их количество, отражена в табл.2.

Таблица 2. Итоговая спецификация.

Наименование листа типового альбома	Каталожный номер и шифр комплектующих	Количество	Алгоритм выбора количества
ТА-ХР-ЗУ-19-07 л.1	810039 ЗЭН-ХР-3-В Заземлитель электролитический вертикальный стальной нержавеющей l=3000 м	15 шт.	Расчетные данные
ТА-ХР-ЗУ-19-08 л.1 ТА-ХР-ЗУ-19-09 л.1	810045 ЛГ-ХР-10 Лента гидроизоляционная 10 м	3 шт.	Рулон на 10 зажимов*

ТА-ХР-ЗУ-19-09 л.1	800003 ПЦ-ХР-4040 Проводник прямоугольного сечения 4х40 мм, сталь оцинкованная	102 м.	Количество электродов умноженное на 6,6 ¹
ТА-ХР-ЗУ-19-08 л.1 ТА-ХР-ЗУ-19-09 л.1	810044 ПЭА-ХР-100 Паста электропроводящая антикоррозионная 100 г	7 шт.	1 банка на 4 зажима *
ТА-ХР-ЗУ-19-09 л.1	810033 ЗУЦ-ХР-4040 Зажим универсальный стальной горячеоцинкованный для проводников 4х40 мм	10 шт.	1 зажим на 10 метров горизонтального проводника

*На усмотрение специалиста технического отдела

¹ количество электродов×6,6=общее количество полосы.

После выбора комплектующих и их количества, необходимо связаться с техническим отделом компании АО «Хакель Рос», где Вам помогут сформировать комплект полностью и присвоить ему название, по которому его можно будет идентифицировать при поступлении заказа на приобретение данного комплекта от подрядной организации.

Получить для ознакомления альбом «ТА-ХР-ЗУ-18 Заземляющие устройства» можно обратившись в технический отдел АО «Хакель Рос» по телефону +7 (812) 244 59 15 или на электронную почту info@hakil.ru. Альбом является интеллектуальной собственностью и не может быть полностью или частично воспроизведён, растиражирован и распространён в качестве официального издания без разрешения АО «Хакель Рос».

В компании АО «Хакель Рос» ведется разработка еще двух типовых альбомов: «Внешняя молниезащита» и «Термитная сварка».

Также мы будем благодарны, если Вы оставите свой отзыв по поводу удобства работы с типовыми альбомами. Мы обязательно ознакомимся с отзывами и учтем при выпуске новых версий альбомов.