

Технический бюллетень ТНР020 06.12.2016 г. Применение электролитических заземлителей в грунтах с высоким удельным электрическим сопротивлением.

Применение электролитических заземлителей в грунтах с высоким удельным электрическим сопротивлением.

Важнейшими техническими задачами энергетики являются: обеспечение безопасности обслуживающего персонала; безаварийная работа электрических систем и установок; молниезащита зданий, различных сооружений и линий связи, в том числе с помощью устройства надежных заземляющих устройств (ЗУ), удовлетворяющих требованиям Правил устройств электроустановок (ПУЭ) в течение всего года.

Проблема снижения сопротивления растеканию тока заземляющих устройств в грунтах с высоким удельным электрическим сопротивлением выходит на первый план. Так, в условиях многолетнемерзлых грунтов выполнение ЗУ в соответствии с требованиями ПУЭ сопряжено с дополнительными трудностями, обусловленными высокими затратами составляющими 30-35% сметной стоимости объекта [1, 2]. С учётом того факта, что до 50% территории РФ находится в зоне вечной мерзлоты (рисунок 1), снижение капиталовложений за счет рациональных конструкций заземлителей и методов их выполнения, а также повышение надежной работы энергосистем и обеспечение безопасности персонала является актуальной задачей.

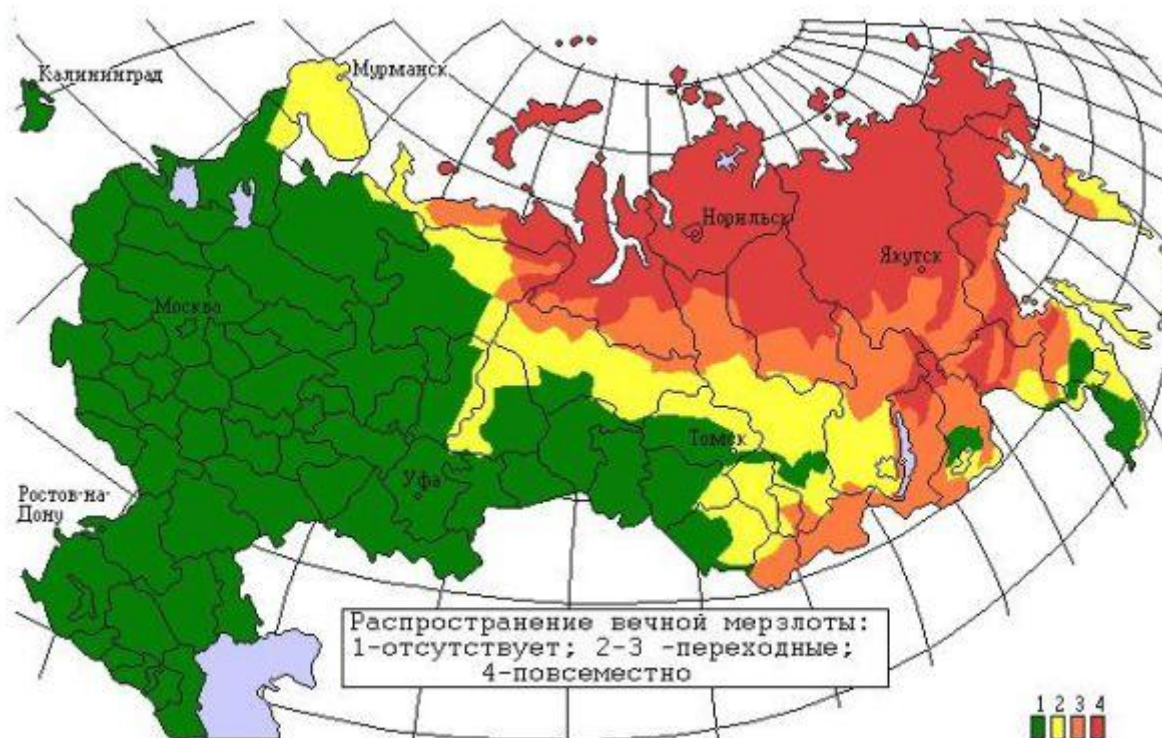


Рисунок 1. Распространение вечной мерзлоты на территории РФ

Кроме вечномёрзлых и многолетнемерзлых грунтов высоким удельным сопротивлением обладает ещё целый ряд грунтов, повсеместно встречающийся на территории России. Наиболее распространённые из них представлены в таблице 1.

Таблица 1. Удельное электрическое сопротивление грунтов

Грунт	Удельное сопротивление, среднее значение (Ом*м)
Базальт	2 000

Гравий однородный	800
Гранит	1 100 - 22 000
Дресва (мелкий щебень/крупный песок)	5 500
Известняк плотный	3 000
Кварц	15 000
Мергель плотный	2 000
Песок слегка влажный	400 - 1 500
Песок сухой	1 500 - 4 200
Песчаник	1 000
Щебень мокрый	3 000
Щебень сухой	5 000

При проектировании ЗУ, необходимо также учитывать влияние температуры на проводимость грунта. С уменьшением температуры грунта резко повышается его электрическое сопротивление. Влияние температуры грунта на его сопротивление на примере суглинка представлено в таблице 2.

Таблица 2. Влияние температуры грунта на его удельное электрическое сопротивление

Температура, (°С)	Удельное сопротивление, (Ом*м)
+20	72
+10	99
0 (вода)	138
0 (лед)	300
-5	790
-15	3 300

Методы снижения удельного электрического сопротивления грунта

Для снижения удельного электрического сопротивления земли в зоне расположения заземлителя используют мероприятия, изложенные в таблице 3 [3, 4].

Таблица 3. Мероприятия, рекомендуемые при сооружении искусственных заземлителей в районах с большим удельным сопротивлением земли.

Характеристика грунта	Рекомендуемые мероприятия
$\rho \geq 500$ Ом·м	1. Устройство вертикальных заземлителей увеличенной длины, если с глубиной удельное сопротивление грунта снижается, а естественные углубленные заземлители отсутствуют.
	2. Устройство выносных заземлителей, если вблизи (до 2 км) от электроустановки есть места с меньшим сопротивлением грунта
	3. Укладка в траншеи вокруг горизонтальных заземлителей в скальных структурах влажного глинистого грунта с последующей трамбовкой и засыпкой щебнем до верха траншеи.
	4. Применение специальной обработки грунта в целях снижения его удельного сопротивления.

Многолетняя мерзлота	1. Помещение заземлителей в непромерзающие водоёмы и талые зоны.
	2. Использование обсадных труб скважин.
	3. Применение в дополнение к углубленным заземлителям протяжённых заземлителей на глубине около 0,5м, предназначенных для работы в летнее время при оттаивании поверхностного слоя земли.
	4. Создание искусственных талых зон путём покрытия грунта над заземлителем слоем торфа или другого теплоизоляционного материала на зимний период и раскрытия их на летний период.

Независимо от использования этих мероприятий в первую очередь следует изыскивать возможность использования естественных заземлителей [3].

Схожие по принципу действия мероприятия можно объединить и перечень мероприятий свести к следующим:

- применение глубинных заземлителей, в том числе обсадных труб;
- специальная обработка грунта;
- устройство заземлителей в деятельном слое грунта;
- вынос заземлителей в подозерный или подрусловый талики (зоны грунта в многолетней мерзлоте, находящиеся в талом состоянии).

Как показывает практика, каждый из предложенных мероприятий имеет свои недостатки.

При сооружении глубинных заземлителей бурится скважина на глубину до тех пор, пока сопротивление заземления бурового инструмента не снизится до требуемого значения. Затем в скважину опускается электрод или устанавливается обсадная труба.

Недостаток устройства вертикальных заземлителей увеличенной длины в том, что в условиях многолетней мерзлоты плохо проводящие мерзлые породы простираются на глубину до сотен метров и низкого значения сопротивления заземления удается достичь либо в результате погружения заземлителя на большую глубину за счет увеличения его длины, либо с выходом на подмерзлотный горизонт талых горных пород. Известны случаи, когда скважины для заземлителей бурились на глубину до 400 м [5].

Специальная обработка грунта подразделяется, в свою очередь, на три метода [6]:

- насыщение грунта легкорастворимыми солями;
- замена части грунта материалом с повышенной проводимостью;
- введение в грунт слаборастворимых в воде соединений.

Обработка грунта легкорастворимыми солями понижает температуру его замерзания и, тем самым, препятствуя понижению его проводимости при низких температурах, существенно уменьшает сезонные коэффициенты изменения сопротивления заземления. Легкорастворимые соли, такие как поваренная соль, хлористый кальций, хлористый магний, медный купорос, сода и др., вводятся в грунт либо в твердом виде, либо в виде концентрированного раствора.

Недостаток этого метода обработки грунта - усиленная коррозия электродов и быстрое вымывание внесенных в грунт солей грунтовыми и талыми водами, требующее частого повторения обработки.

В методе замены некоторого объема грунта проводящим материалом обычно используют суспензии из глины или бентонита. При этом вокруг электрода образуется стабильная коллоидная система, которая в дождь накапливает влагу осадков, а в засуху отдает ее окружающему грунту [5].

Данный метод сопряжен с необходимостью большого объема работ по выемке грунта. Так, в [14] замену грунта рекомендовано производить в пределах круга радиусом не менее 20 метров.

Третий метод состоит в использовании слаборастворимых в воде проводящих веществ, которые, после введения в грунт, создают в нем нерастворимую в воде и сохраняющую свои свойства продолжительное время проводящую зону. Так, результаты обработки грунта внесением 6 кг слаборастворимого гипса или ангидридогипса на 1 кг грунта сохраняют эффективность до 10 лет. Гигроскопичный гель, образующийся при введении в грунт в начале концентрированного раствора сернокислой меди, затем эквивалентного количества концентрированного раствора железистосинеродистого калия, стоек по отношению к сильным электролитам и нерастворим в воде. Он отличается низким удельным сопротивлением (до 2 Ом·м) и образует в грунте разветвленную сеть проводящих нитей, обладает влагоудерживающей способностью и не вызывает коррозии электродов [5].

К недостатком данного метода можно отнести относительную дороговизну используемых веществ (химикатов), а также повышенную токсичность некоторых компонентов.

Устройство заземлителей в деятельном (поверхностном) слое многолетнемерзлых грунтов, производится заглублением в слой горизонтальных стальных полос или коротких вертикальных стержней. Мощность деятельного слоя в среднем составляет от 1 до 2 метров в песчаных грунтах Крайнего Севера. В глинистых и торфяно-болотных от 0.39 до 1.29 метра. В южных районах мерзлых грунтов глубина деятельного слоя может достигать 2.5-4.5 метров. Сравнительно низкое электрическое сопротивление талых грунтов позволяет обеспечить надежное заземление в летне-осенний период.

Недостаток выполнения заземления в деятельном слое заключается в том, что при промерзании слоя зимой сопротивление заземлителя возрастает во много раз и сохраняется высоким до значительного оттаивания грунта в летний период. Данный метод может быть применён для выполнения молниезащитных заземляющих устройств, поскольку грозовая активность не характерна для зимнего периода времени.

Вынос заземлителя на непромерзающее дно озера, реки или моря в зоне многолетней мерзлоты - это вынос заземлителя в подозерный или подрусловый талики. Соединение заземлителя с заземляемым устройством осуществляется воздушной или кабельной линией, линией из полосовой стали, проложенной в траншее. В качестве заземлителя используют уложенную на дно водоема сетку из проводников, либо плоскую конструкцию в виде гребенки, электродами которой являются как зубья гребенки, так и коллектор этих зубьев в виде лучевой звезды. Исходя из условий непромерзания водоема, выносные заземлители рекомендуют устраивать в водоемах, имеющих поверхность площадью не менее 0,28 кв. км и глубину не менее 2 м [7].

Недостаток выносных заземлителей - в ограниченных возможностях их выполнения, обусловленных тем, что непромерзающие полностью в зимний период водоемы, а также наличие под ними таликов имеют ограниченное распространение. Выполнение выносных заземлителей экономически целесообразно лишь при наличии непромерзающих полностью водоемов или таликов под ними на небольшом расстоянии от заземляемого объекта.

Электролитические заземлители.

Кроме указанных мероприятий в зонах с большим удельным сопротивлением земли могут применяться заземлители специальных конструкций. Речь идёт о так называемых электролитических (химических, активных) заземлителях. Особенность этих заземлителей заключается в том, что в основе принципа их действия лежат сразу несколько способов снижения сопротивления заземлителя в высокоомном грунте, таких, как замена околоэлектродного грунта на заполнитель с низким удельным сопротивлением и обработка грунта электролитом с целью уменьшения его электрического сопротивления.

В США с 40-х годов XX века используются заземлители подобного типа. Они широко применяются в скальных породах и вечномёрзлых грунтах, в частности на Аляске. Заземлитель представляет из себя металлическую цилиндрическую ёмкость (трубу) с отверстиями в верхней и нижней частях трубы. Ёмкость заполняется солью и влагопоглощающими химическими веществами, закрывается с двух сторон крышками и погружается в землю до верхнего ряда отверстий. Через эти отверстия химическое вещество забирает из воздуха влагу, которая растворяет соль. Солевой раствор, выливаясь через отверстия нижнего ряда, увлажняет грунт и уменьшает его электрическое сопротивление [4].

В СССР тоже имелись подобные разработки. На мощных мёрзлых грунтах тонко- и среднedisперсных пород удовлетворительные результаты получены установкой глубинных (трубчатых) заземлителей с искусственной обработкой грунта (рисунок 2) [9].

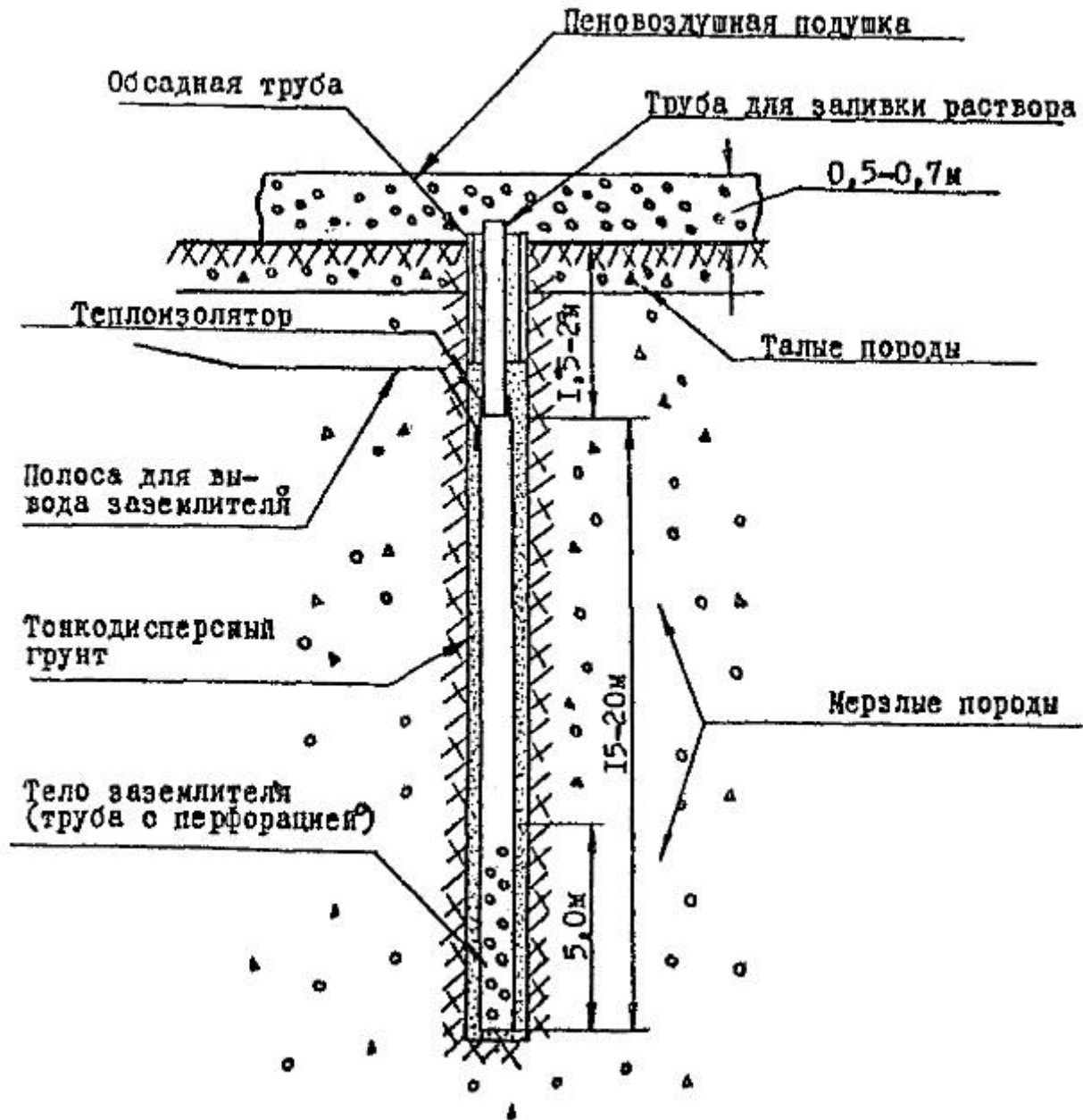


Рисунок 2. Глубинный трубчатый заземлитель

Длина рабочей части заземлителя 15-20 метров, диаметр от $\frac{3}{4}$ " до 5". В нижней части трубы выполняется перфорация. Внутри тела заземлителя заливается горячий раствор соли для оттаивания ледяных пропластков между фракциями породы в нижней части скважины. Пространство между стенками скважины и заземлителем заполняется смесью горячего соляного раствора с просеянными тонкодисперсными породами. Обработку соевым раствором необходимо было проводить каждые 3-4 года.

Для пустынных местностей в СССР предлагалось использовать заземлители для засушливых районов (рисунок 3) [10].

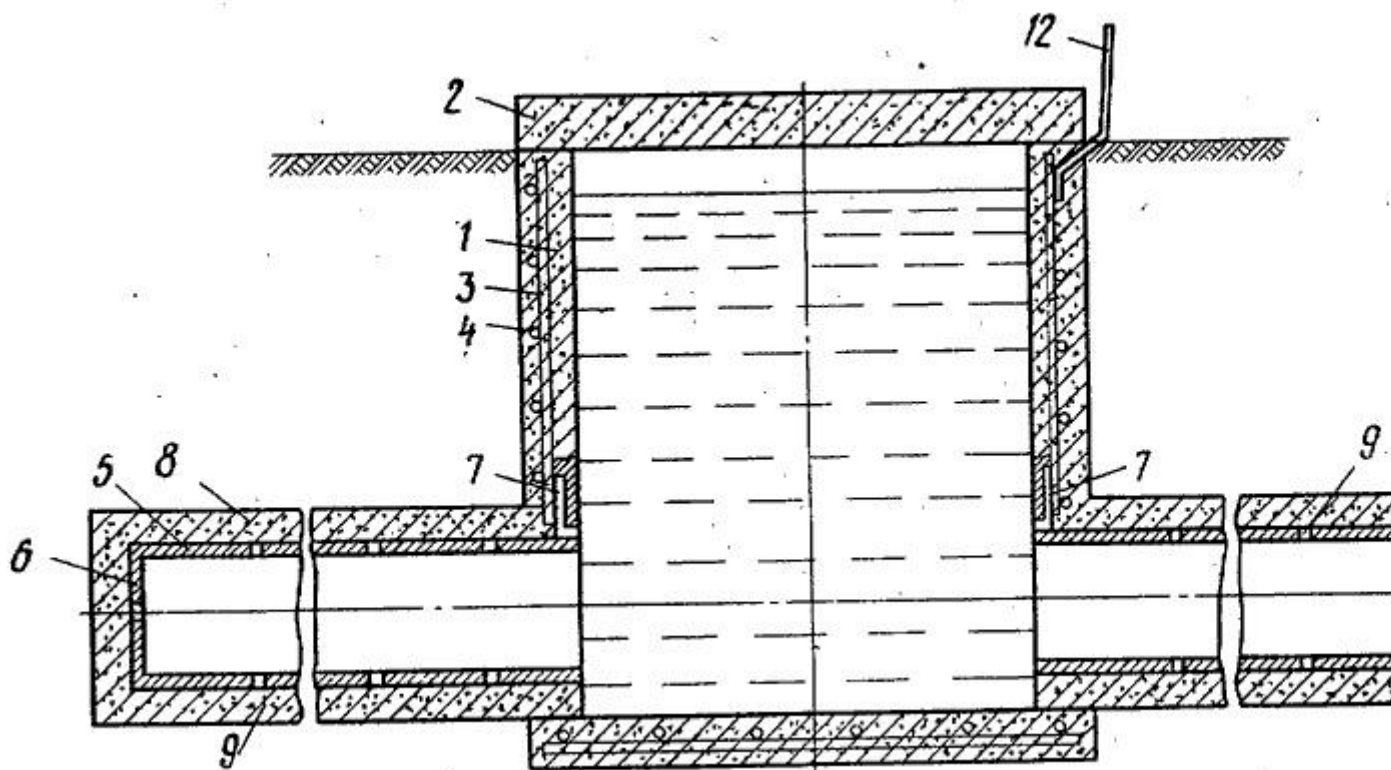


Рисунок 3. Заземлитель для засушливых районов (1 - железобетонная цилиндрическая ёмкость; 2 - железобетонная съёмная крышка; 3 - стальная арматура; 4 - поперечная арматура; 5 - металлическая труба; 6 - заглушка; 7 - соединительный элемент; 8 - влагопоглощающий материал (бетон/цемент); 9 - дренажные отверстия; 12 - вывод для подключения заземляющего проводника).

После наполнения ёмкости и водораспределительной системы водой и измерения величины сопротивления растеканию – заземлитель готов к работе. К выводу 12 присоединяется заземляющий проводник. Конструкция заземлителя предусматривает регулирование скорости фильтрации влаги за счёт подбора марки бетона.

Как видно из описания, предлагаемые в середине прошлого века заземлители для грунтов с высоким удельным сопротивлением имели ряд недостатков. Основными из них являются: громоздкость и сложность конструкции заземлителей, короткий интервал между обработками (просаливанием) грунта, слабая коррозионная стойкость, отсутствие серийного производства заземлителей. При использовании метода частичного замещения грунта вокруг заземлителя на мелкодисперсные низкоомные составы выявлялась проблема его быстрого вымывания.

В настоящее время производителям электролитических заземлителей удалось обойти отмеченные недостатки. Прежде всего – это конструкция заземлителей. В предлагаемых заземлителях для уменьшения сопротивления растеканию тока задействуется сразу два метода дополняющих друг друга, о которых говорилось выше. Во-первых, это обработка грунта электролитом с целью уменьшения его удельного электрического сопротивления. В заземлителях используется не готовый соляной раствор, а сухая смесь солей, что позволяет увеличить по времени процесс выщелачивания и, как результат, увеличить срок службы заземлителя. Во-вторых, частичная замена грунта вокруг электрода на материал оптимизации заземления (МОЗ) с низким удельным электрическим сопротивлением для снижения переходных сопротивлений «заземлитель-грунт». При этом заземлители стали менее громоздки и стали более пригодны для монтажа. Например, произвести монтаж 3-х метрового вертикального или горизонтального электрода вполне под силу одному человеку (рисунок 4). Использование нержавеющей стали или меди для производства заземлителей позволило существенно повысить коррозионную стойкость последних.



Рисунок 4. Монтаж 3-х метрового вертикального электролитического заземлителя.

Электролитические заземлители производства компании ЗАО «Хакель Рос»

При разработке электролитических заземлителей компания ЗАО «Хакель Рос» основные усилия сосредоточила на обеспечении их эффективности, на их способности многократно уменьшать электрическое сопротивление грунтов, препятствовать промерзанию грунта вокруг заземлителя, при этом не терять эти способности на протяжении длительного времени (до 10 и более лет) без повторной заправки заземлителя. Применение специальных солей определённых фракций в определённых пропорциях для производства электролитических смесей, загружаемых в электрод и выполнение «правильной» перфорации заземлителя позволяют оптимизировать скорость выщелачивания электролита, тем самым продлевая срок его службы. Важное направление усовершенствования электролитических заземлителей – это улучшение характеристик МОЗ. Он должен обладать тремя основными свойствами, необходимыми для эффективной работы заземлителя. Во-первых, МОЗ должен иметь хорошую электропроводность, снижающую сопротивление растеканию тока с заземлителя. Во-вторых, материал оптимизации заземления не должен вымываться из околоэлектродного пространства под воздействием талых, дождевых и грунтовых вод. И наконец, в-третьих, МОЗ должен обладать способностью удерживать влагу вокруг заземлителя не зависимо от влажности окружающего грунта.

В результате проделанной работы была разработана линейка продукции представленная тремя сериями заземлителей:

- заземлители электролитические стальные нержавеющие серии ЗЭН-ХР;
- заземлители электролитические медные серии ЗЭМ-ХР;
- заземлители электролитические стальные оцинкованные серии ЗЭЦ-ХР.

В качестве материала для изготовления заземлителей используются коррозионностойкие металлы: нержавеющая сталь, медь или оцинкованная сталь соответственно. Выбор материала основывается, как правило, не на коррозионной активности грунта, а исходя из условий эксплуатации и требований отраслевых нормативных документов. Так, для обеспечения надёжной защиты систем электрохимической защиты не рекомендуется использовать заземлители из меди в соответствии с Рекомендациями по совместимости заземления и катодной защиты Европейского комитета по катодной защите и связанным покрытиям [15].

Электролитический заземлитель любой серии представляет собой полую перфорированную специальным образом металлическую трубу заполненную смесью электролитических солей в определённой пропорции. Время полного выщелачивания смеси солей из заземлителя составляет от 7 до 10 лет в зависимости от

влажности грунта. Более влажный грунт ускоряет этот процесс, поэтому требуется периодический контроль за уровнем солей в заземлителях.

Конструктивно заземлители выпускаются в вертикальном или горизонтальном исполнении (рисунок 5) с длинами от 3 до 6 метров и диаметром от 54 до 219 мм.

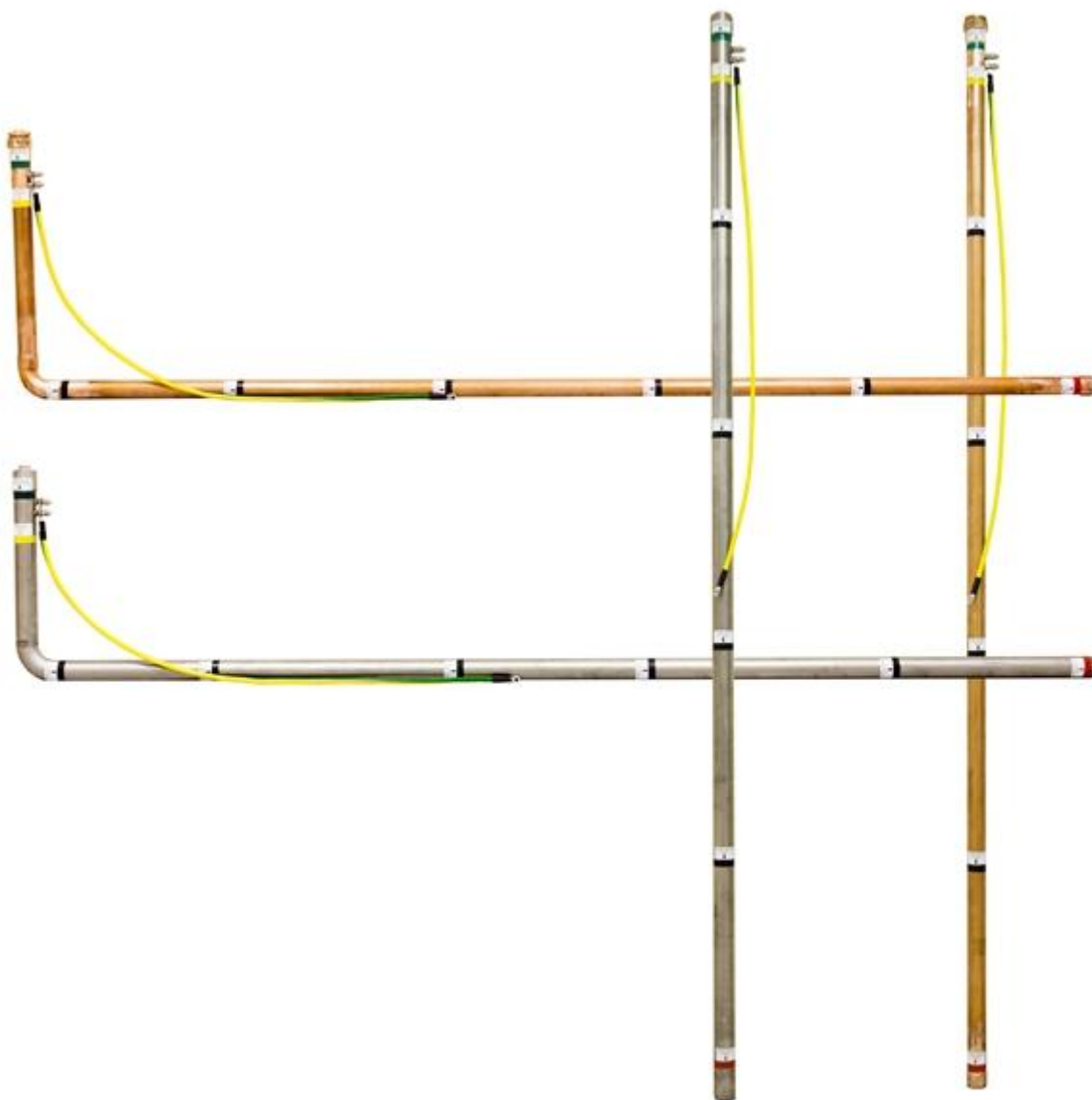


Рисунок 5. Вертикальное и горизонтальное исполнения заземлителей.

В общем случае предпочтительно вертикальное исполнение, т.к. естественным образом уменьшаются сезонные влияния на электрод (перепады температуры и влажности). Горизонтальное исполнение заземлителя рекомендовано к применению в каменистых грунтах при невозможности проведения буровых работ.

Подключение заземлителя к контуру заземления (горизонтальному заземлителю) осуществляется с помощью гибкого медного заземляющего проводника сечением $S=50 \text{ мм}^2$. Соединение заземляющего проводника к контуру заземления может быть выполнено с помощью термитной сварки или механического зажима [13]. Так как электролитический заземлитель относится к обслуживаемому оборудованию, требующему периодического контроля уровня солей в заземлителе и их досыпки при необходимости, он комплектуется смотровым колодцем из высокопрочного пластика.

Схема монтажа вертикальных и горизонтальных заземлителей электролитических стальных нержавеющих серии ЗЭН-ХР представлена на рисунках 6 и 7 соответственно.

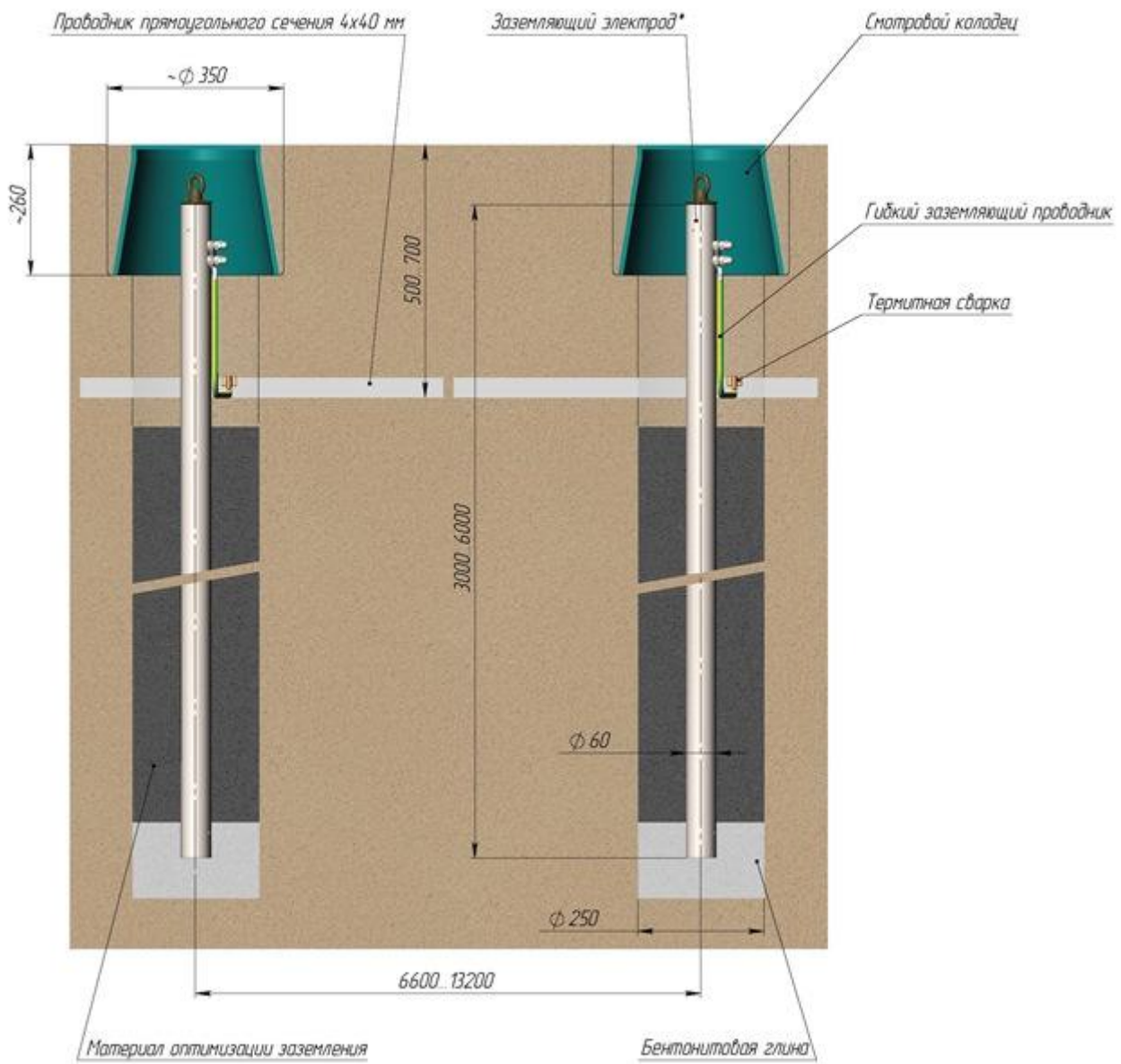


Рисунок 6. Схема монтажа вертикальных заземлителей электролитических стальных нержавеющих серии ЗЭН-ХР.

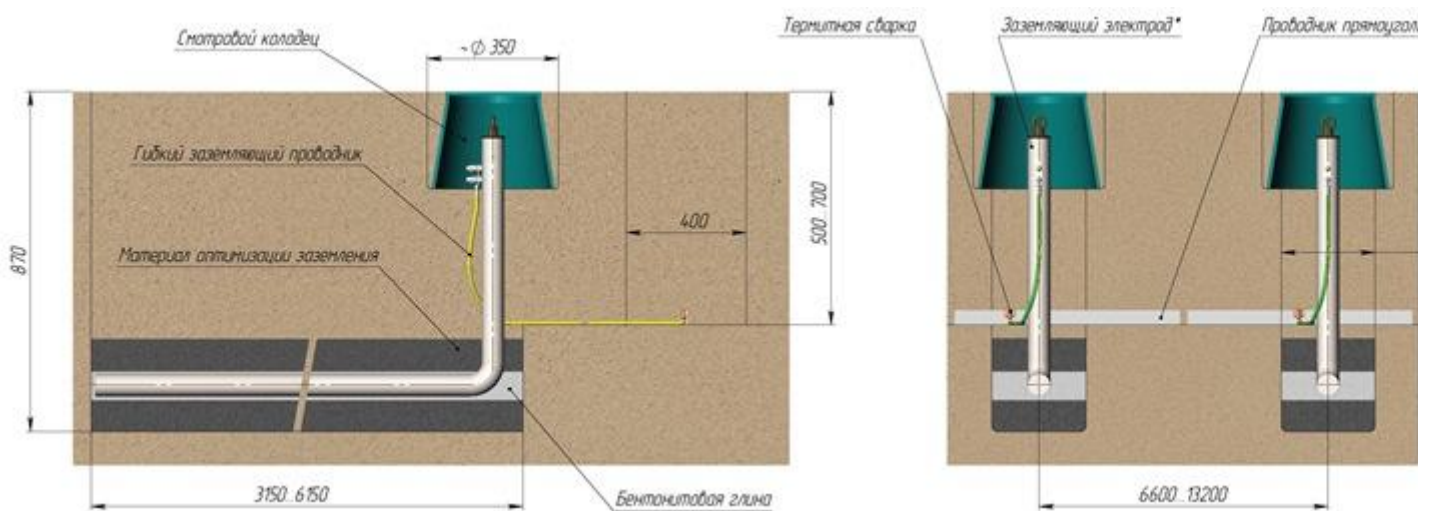


Рисунок 7. Схема монтажа горизонтальных заземлителей электролитических стальных нержавеющих серии ЗЭН-ХР при параллельном расположении.

Перед установкой электродов необходимо выполнить земляные работы в соответствии с рисунками 8 и 9 .

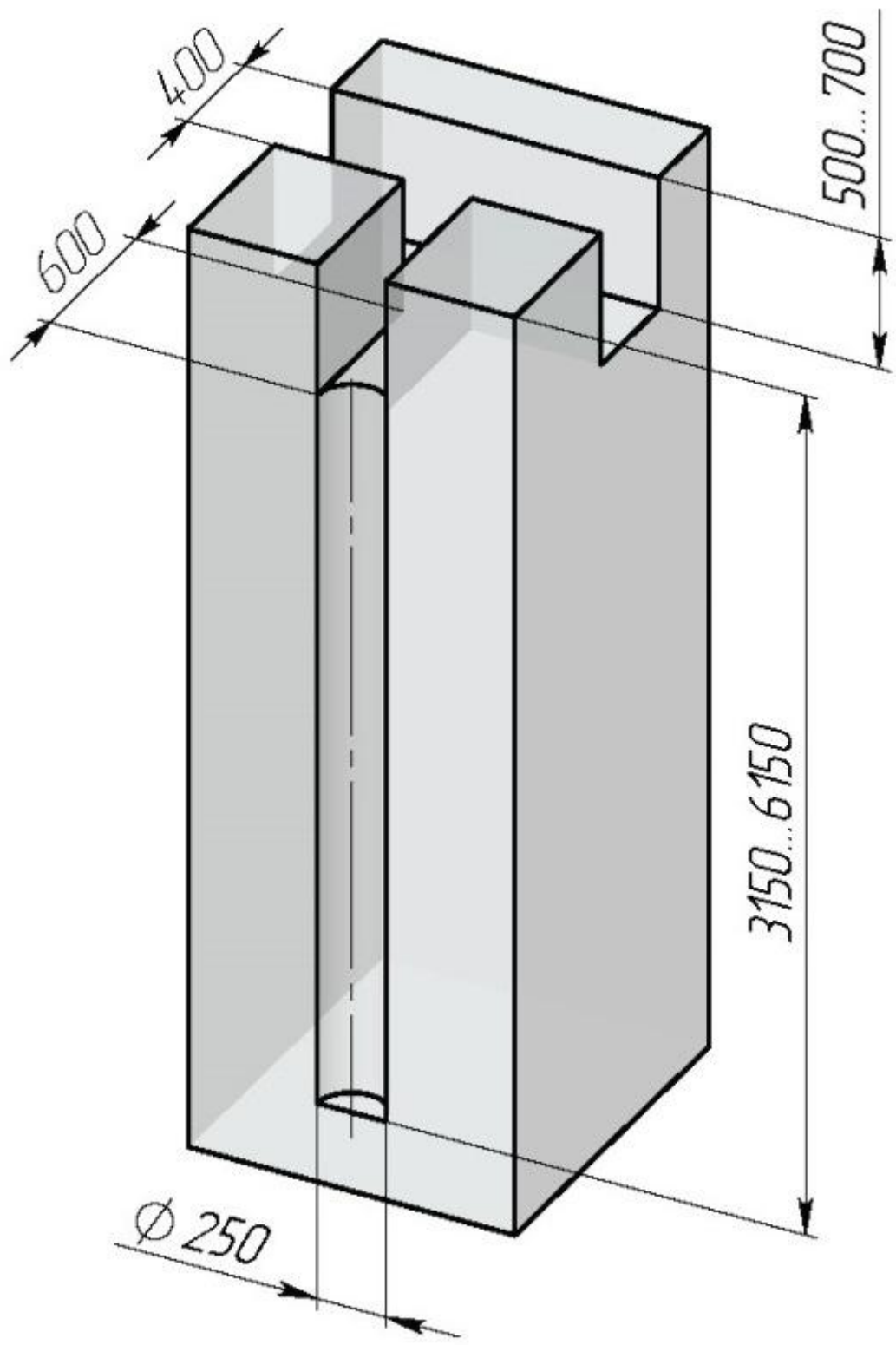


Рисунок 8. Объём земляных работ перед монтажом вертикального заземлителя электролитического стального нержавеющей серии ЗЭН-ХР.

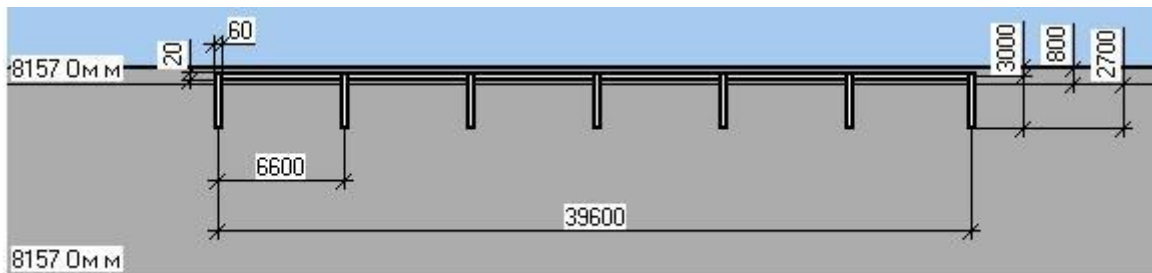


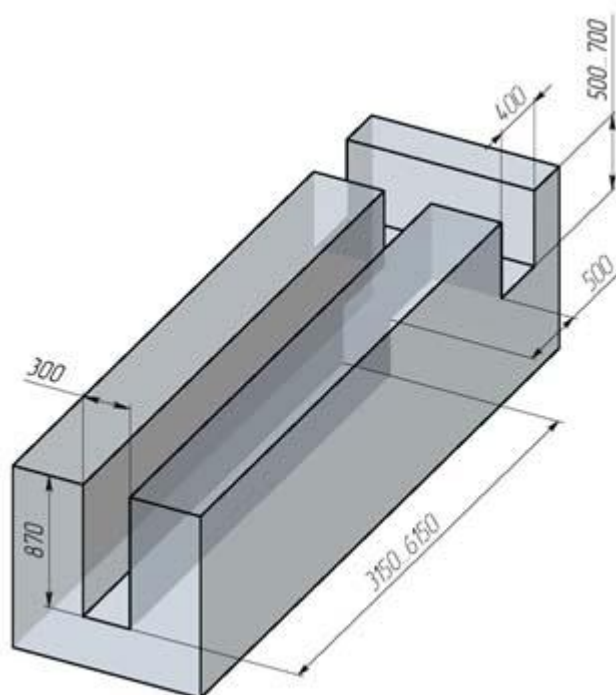
Рисунок 9. Объём земляных работ перед монтажом горизонтального заземлителя электролитического стального нержавеющей серии ЗЭН-ХР.

Опыт применения

Эффективность электролитических заземлителей компании ЗАО «Хакель Рос» ярко иллюстрирует опыт их применения. Так, в июле 2015 года в рамках опытной эксплуатации заземлителей электролитических стальных нержавеющей серии ЗЭН-ХР был произведён монтаж семи вертикальных 3-метровых заземлителей в грунте со следующей геоэлектрической структурой:

- мощность 1 слоя $h_1=1,5$ м; удельное сопротивление 1 слоя $\rho_1=3400$ Ом·м;
- мощность 2 слоя $h_2=2,0$ м; удельное сопротивление 2 слоя $\rho_2=39000$ Ом·м.

Эквивалентное удельное электрическое сопротивление грунта на глубину $L=3$ метра (длина электрода) составила:



Электроды были размещены в ряд на расстоянии 2,2 их длины, т.е. 6,6 м друг от друга (рисунок 7). Сопротивление растеканию заземляющего устройства после его монтажа составило $R=46$ Ом.

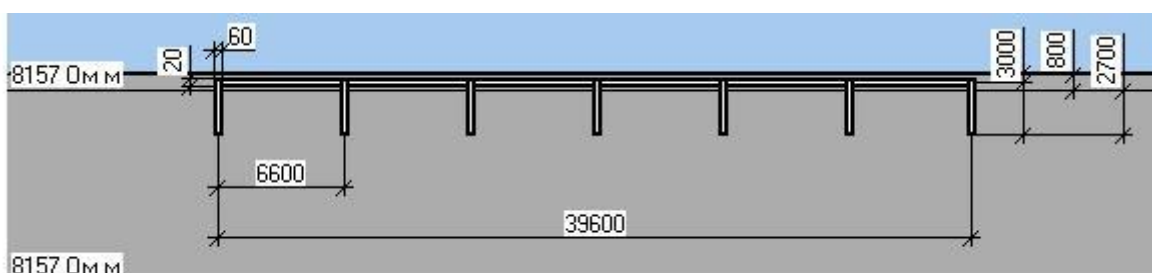


Рисунок 10. Схема монтажа вертикальных электролитических заземлителей.

Для достижения соизмеримого результата при использовании стандартных заземлителей в виде стального круга диаметром $D=16$ мм длиной $L=3$ м потребовалось бы не менее 90 заземлителей устанавливаемых по контуру с периметром $P=270$ м. Расчёт сопротивления стандартного ЗУ в виде горизонтальной контура с вертикальными заземлителями выполнен по принятой методике [12].

Таким образом, в данном конкретном случае можно говорить о 12-кратном (90/7) превосходстве электролитических заземлителей над традиционными.

Как показывает опыт применения электролитических заземлителей сопротивление растеканию их, как правило, в 6-10 раз ниже по сравнению с традиционными заземлителями при схожих геометрических размерах и идентичных грунтовых условиях. Разницу в оценке эффективности электролитических заземлителей можно объяснить возможными погрешностями при измерении удельного электрического сопротивления грунта и сопротивления растеканию тока заземлителей, а также различиями в методиках расчёта сопротивления ЗУ.

Приведённый пример наглядно показывает не только эффективность электролитических заземлителей по сравнению с традиционными с точки зрения их сопротивления растеканию, но и экономическую выгоду их применения за счёт экономии средств на СМР и отведения земель под площадки монтажа, которые могут достигать нескольких квадратных километров.

Влияние на эффективность электролитического заземлителя сезонных перепадов климата можно проследить на примере горизонтальных заземлителей, устанавливаемых в верхнем слое грунта максимально подверженному сезонным колебаниям температуры и влажности (график 1) [11]. Эксперимент проводился в грунте с удельным сопротивлением 280 Ом·м. В качестве сравнительных образцов использовались:

- электроды №1 и №3 – электролитические 3-метровые горизонтальные заземлители;
- электрод №2 – 3-метровый горизонтальный заземлитель без смеси электролитических солей и материала оптимизации заземления.

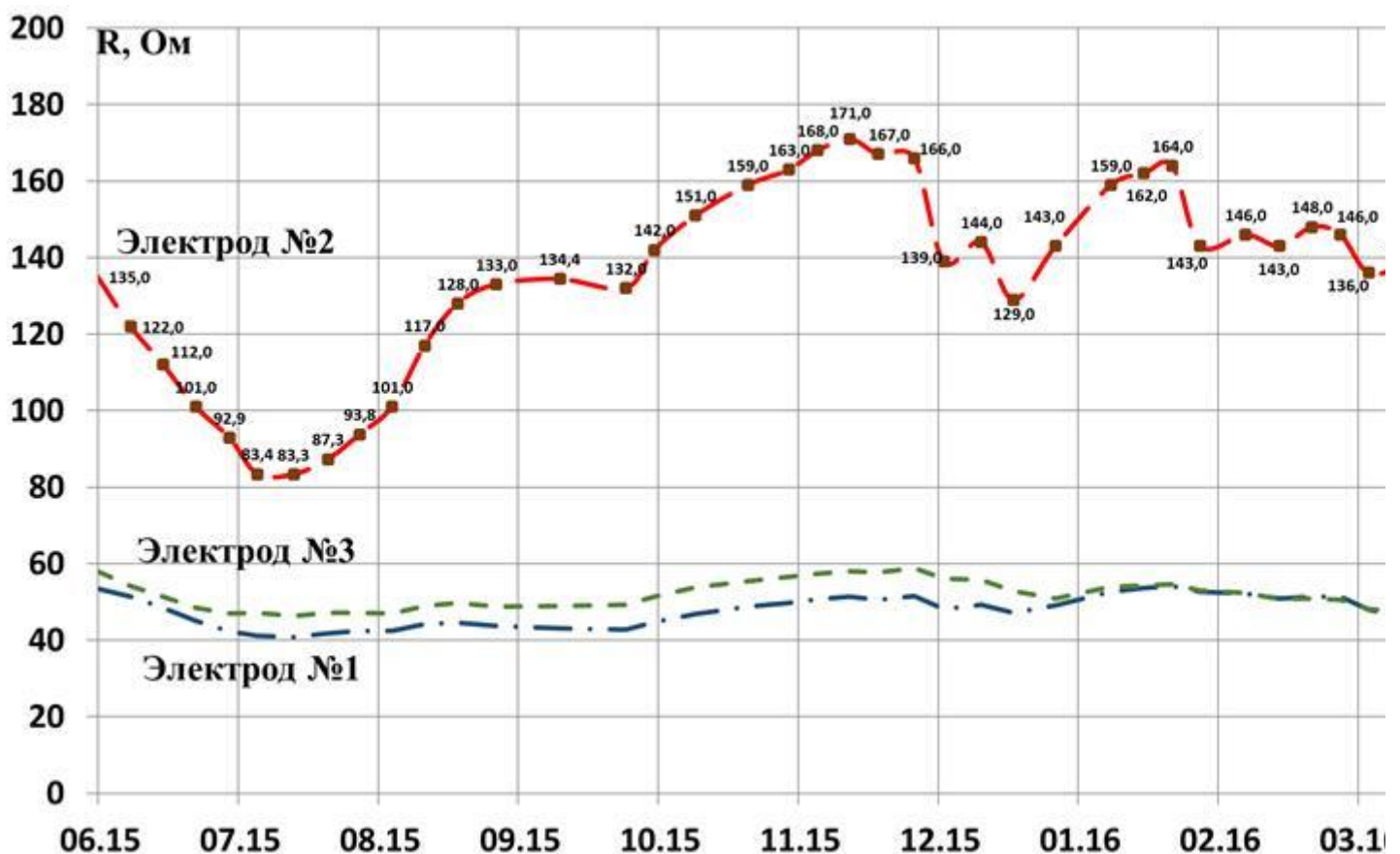


График 1. Динамика изменения сопротивлений заземления испытываемых образцов

График иллюстрирует крайне незначительное изменение сопротивления электролитических заземлителей как во время дождей в июле месяце, так и во время зимнего январского промерзания грунта.

Эффективность электролитических заземлителей также подтверждена при использовании их в качестве молниезащитного заземления для отведения импульсных токов молнии. Стационарное сопротивление электролитического заземлителя в грунте с удельным сопротивлением 285 Ом·м составило 42,5 Ом. Импульсное сопротивление составило при импульсе 1,2/50 мкс – 38,5 Ом, при импульсе 8/20 мкс – 37,5 Ом [11].

Вывод

Применение электролитических заземлителей для организации заземляющих устройств в грунтах с высоким удельным электрическим сопротивлением доказало их эффективность.

Проанализировав опыт работы по поставкам комплектующих для систем заземления различных объектов и учитывая пожелания проектных институтов, подрядных и эксплуатирующих организаций, а также принимая во внимание рекомендации отраслевых нормативных документов, компания ЗАО «Хакель Рос» разработала систему изготовления, комплектации и поставки комплектов повышенной заводской готовности - Устройств заземляющих комплектных УЗК, в составе которых поставляются заземлители электролитические серий ЗЭН-ХР, ЗЭМ-ХР и ЗЭЦ-ХР. В 2013 году Компания успешно прошла сертификацию в рамках добровольной системы сертификации ГАЗПРОМСЕРТ ОАО «Газпром», получила сертификат на Устройство заземляющее комплектное УЗК по ТУ 3437-009-79740390-2009 и приступила к его серийному производству. Каждое УЗК рассчитывается и комплектуется по индивидуальному проекту, учитывающему особенности и характеристики грунта, требования к параметрам ЗУ, ограничения, связанные с монтажом и т.д.

Специалистами ЗАО "Хакель Рос" разработан алгоритм взаимодействия с Заказчиком, включающий в себя следующие этапы:

- проектирование ЗУ на основе анализа проектной документации, заполненных Заказчиком опросных листов и обследование объекта при необходимости;
- подбор комплектующих УЗК, составление спецификации, расчет стоимости;
- разработка эксплуатационно-технической документации;
- комплектование, упаковка, поставка УЗК на объект.

Такое решение позволяет облегчить работу проектировщиков, упростить решение логистических задач, предупреждает утерю комплектующих при поставке на объект, существенно ускоряет процесс монтажа и, в конечном счёте, ведёт к существенному снижению затрат. Для оформления заказа на расчёт УЗК необходимо выслать на электронный адрес info@hakel.ru заполненный опросный лист на УЗК, который можно скачать в разделе «Информация» на сайте www.hakel.ru.

Литература:

1. Максименко Н.Н., Альтшулер Э.Б. Проектирование и сооружение заземляющих устройств в районах многолетней мерзлоты // Электрические станции. 1977. - № 5, - С. 38-50.
2. Надежность и электробезопасность электрооборудования в районах Крайнего Севера / Под. ред. Максименко Н.Н. Норильск. - 1977. - 255 с.
3. Найфельд М.Р. Заземление, защитные меры электробезопасности. - М.: Энергия, 1971. - 312 с.
4. Карякин Р.Н., Солнцев В.И. Заземляющие устройства промышленных электроустановок: Справочник электромонтажника / Под редакцией А.Д. Смирнова и др. – М.: Энергоатомиздат, 1989.- 191 с.
5. Ефремов В.Н., Кобылин В.П. Способ выполнения заземления в многолетнемерзлых грунтах, Патент на изобретение РФ 2181918, 2002;
6. Цирель Я.А. Заземляющие устройства воздушных линий электропередачи. - Л.: Энергоатомиздат, 1989. - 160 с.
7. Якушев М.В., Дудинов В.А., Ершов Н.Л., Яныгин В.Н. Рекомендации по проектированию и сооружению заземляющих устройств электроустановок напряжением 0,4-35 кВ для районов Якутской АССР. - Якутск: Изд-во ЯФ СО АН СССР, 1988. - 124 с.
8. Руководство по проектированию, строительству и эксплуатации заземлений в установках проводной связи и радиотрансляционных узлов, ЦНИИ связи, 1971. – 68 с.

9. Технические указания по проектированию, строительству и эксплуатации кабельных линий связи в районах вечной мерзлоты, ЦНИИ связи, Киевское отделение, 1981. – 83 с.
10. А.с. 924780 СССР, HOIR4/66, Заземлитель для засушливых районов/В.А.Антонов, Р.Н.Карякин, В.П.Косенков и др.//Открытия. Изобретения. 1982. №16.
11. Манасыпов, Р.Ф., Корягин И.В., Нигматкулов А.А., Экспериментальные исследования характеристик активных (химических) заземляющих электродов // V Российская конференция по молниезащите. Санкт-Петербург, 17-19 мая 2016 года: сборник докладов. – СПб. : Изд-во Политехн. Ун-та, 2016. – С. 213 - 221.
12. Г.А.Дулицкий, А.П.Комаревцев. Электробезопасность при эксплуатации электроустановок напряжением до 1000 В. Справочник. – М.: Военное издательство, 1988. – 128 с.
13. 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.
14. СТО Газпром 2-1.11-170-2007 «Инструкция по устройству молниезащиты зданий, сооружений и коммуникаций ОАО «Газпром».
15. Циркулярное письмо ДОО «Оргэнергогаз» ЦП-0002-11-01 «Об обеспечении требований ЭМС ТС» от 19.04.2011 г.

Старший менеджер проекта ЗАО "Хакель Рос" Носков С.В.