

ЭФФЕКТИВНОСТЬ СМЕСЕЙ ДЛЯ ОБРАТНОЙ ЗАСЫПКИ ЗАЗЕМЛЕНИЯ В РАЙОНАХ С НИЗКОЙ СРЕДНЕГОДОВОЙ ТЕМПЕРАТУРОЙ

Павлович И.А., Барайшук С.М.

¹ Белорусский Государственный Аграрный Технический Университет,
пр. Независимости 99, 220023, Минск, Республика Беларусь
e-mail: mrChesel20@gmail.com

Аннотация. В данной статье рассмотрена возможность использования композиционной смеси для обратной засыпки заземляющего устройства на основе гидролизованного полиакрилонитрила. Проведено экспериментальное исследование температурной зависимости удельного электрического сопротивления данной смеси в сравнении с обычным грунтом. Обоснована возможность применения данной смеси в районах с низкой среднегодовой температурой.

Ключевые слова: заземление, смесь, гидрогель, графит, бентонитовые глины.

Надежное заземление, является важным фактором бесперебойной работы электроустановок и безопасности обслуживающего персонала [1]. Обеспечение необходимого значения сопротивления контура заземления, указанного в нормативных актах [2], возможно несколькими способами. Одним из этих способов является формирование электролитической среды вокруг электродов при помощи добавления солей, применение смесей для засыпки заземлителей с низким удельным сопротивлением, в том числе на основе углеродистосодержащих порошков (графита), искусственное увлажнение мест монтажа заземления.

Для районов с низкими удельными температурами и глубоким промерзанием грунта, в местах монтажа контуров заземления важной характеристикой смесей для обратной засыпки является ее морозостойкость, а так же сохранение высокой удельной проводимости и возможное снижение температуры замерзания.

Относительно эффективным и дешевым способом снижения сопротивления грунта является обработка грунта поваренной солью. Соль также может быть размещена на глубине рядом с заземляющим проводником или на небольшом расстоянии от него. Соль со временем вымывается, а продолжительность обработки почвы ограничена, и через 2-4 года ее необходимо повторить. Эффективность обработки варьируется и меняется со временем. В первый год, когда соль не успевает растекаться по заземляющему проводнику, сопротивление уменьшается сравнительно незначительно. Оптимальные условия наступают на второй-третий год, а затем начинают ухудшаться. К недостаткам способов с использованием солей относятся: необходимость возобновления пропитки грунта примерно через 2-4 года и возможность разрушения заземляющих устройств от химического воздействия на них солей или солевых растворов, в результате чего их необходимо заменить на новые заземляющие устройства.

Для решения проблемы, использования соли в качестве грунтзаменяющей смеси для обратной засыпки контура заземления, предлагается использование, так называемых, электролитических заземлителей, конструкция которых представлена на рис.1.

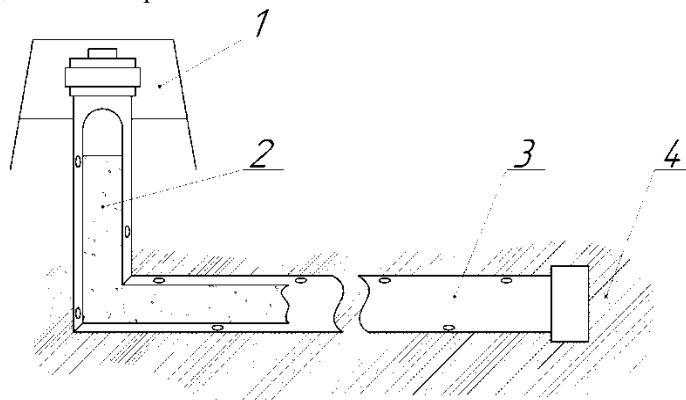


Рисунок 1 – Электролитическое заземление. 1 – колодец для обслуживания, 2 – минеральный наполнитель, 3 – электрод, 4 – околоэлектродный наполнитель.

Данный тип заземлителей позволяет решить проблему быстрой коррозии, однако использование нержавеющей стали ведет к удорожанию монтажных работ.

Наиболее перспективным методом является использование электропроводящего состава неагрессивного к материалу заземлителя стабилизирующего влажность [3] непосредственно в околоэлектродном пространстве. В таком случае обеспечивается как уменьшение температуры замерзания несвязанной влаги в грунте за счет ее связывания, так и уменьшения сопротивления грунта, за счет формирования связанных электролитических растворов. Введение гидростабилизирующих веществ на основе гидролизованного полиакрилонитрила эффективно при снижении высоких сопротивлений заземлений (порядка 400-600 Ом) и малоэффективен при величинах сопротивлений менее 100 Ом, в таком случае он может давать сколь либо заметный эффект только в сочетании с углеродосодержащими порошками, аналогично известным ранее способам оптимизации заземления.

На основе нормативных документов и мирового опыта на кафедре практической подготовки студентов БГАТУ проводятся разработка и исследование таких смесей и их отдельных компонентов, которые показали, что введение таких смесей способно уменьшить удельное сопротивление грунта и сопротивление растеканию заземляющего устройства от 24,7 до 70,5%, в зависимости от состава смеси и объема ее введения [4].

В проводимых нами исследованиях мы была разработана грунтозамещающая смесь на основе гидрогеля, бентонитовых глин, графита. Использование гидрогелей обусловлено его способностью связывать воду в околоэлектродном пространстве, способствуя поддержанию стабильной влажности. Поддерживая одинаковую, в течение года, влажность почвы позволяет стабилизировать количество растворенных в почве минеральных солей, что положительно сказывается на сопротивлении растеканию электрического тока в почве.

Лабораторные исследования морозостойкости проводились, на установке собранной согласно ГОСТ 9.602–2016, по схеме, представленной на рис. 2.

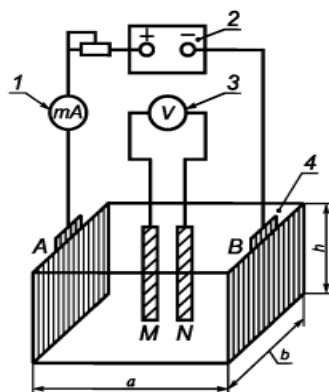


Рисунок 2 – Схема установки для определения удельного электрического сопротивления грунта и смесей в лабораторных условиях. 1 – миллиамперметр; 2 – источник тока; 3 – вольтметр; 4 – измерительная ячейка размерами a , b , h ; A и B – внешние электроды; M и N – внутренние электроды

Для проведения опытов

- источник постоянного тока, стабилизированный Union Test HY 3005d;
- миллиамперметр Victor класса точности 1.5 с диапазоном 100 и 500 мА;
- вольтметр Victor с входным сопротивлением не менее 1 МОм,
- ячейка прямоугольной формы внутренними размерами: $a = 100$ мм; $b = 45$ мм, $h = 45$ мм (рисунок 3)

из диэлектрического материала (Стекло);

- электроды внешние (A, B) размером 44*40 мм (40 мм — высота электрода) в виде прямоугольных пластин (из нержавеющей стали) с ножкой, к которой крепят проводник-токопровод, при этом одну сторону каждой пластины, которая примыкает к торцевой поверхности ячейки, изолировали;

- электроды внутренние (M, N) из медной проволоки диаметром 2 мм и длиной на 60 мм больше высоты ячейки.

При расчёте, произведенном по методике [5], были получены следующие значения, которые показаны на графиках зависимости удельного сопротивления на рисунке 3.

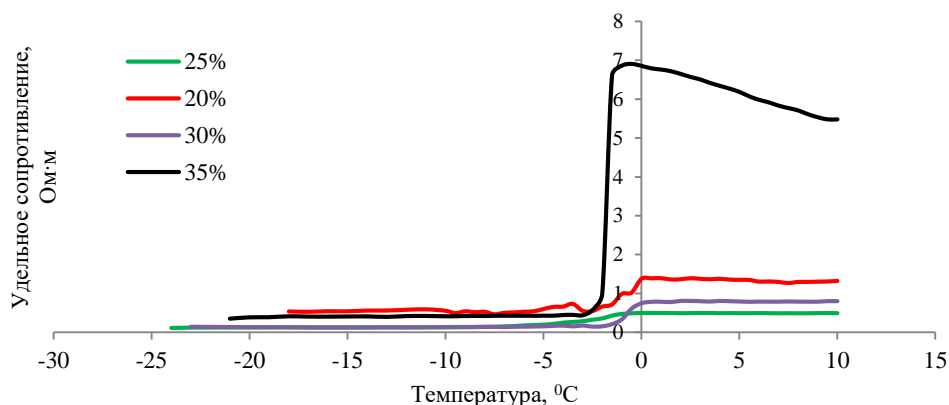


Рисунок 3 – Зависимость удельного сопротивления смеси от температуры, при различной влажности

Так же в качестве эталонного значения было проведено исследование температурной зависимости удельного сопротивления обычного грунта (суглинка), которая представлена на рис.4.

Если провести сравнение удельного сопротивления смеси и обычного грунта можно заметить, что достигнуто существенное снижение удельного сопротивления при всех температурах, что благоприятно влияет на сопротивление контура заземления. Полученные данные позволяют судить о том, что данная

смесь сохраняет свои проводящие свойства даже при достаточно низких температурах.

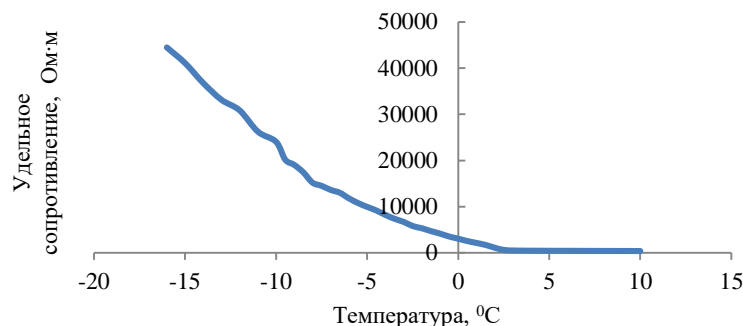


Рисунок 4 – Зависимость изменения удельного сопротивления грунта от температуры при влажности 35%.

Особенный интерес вызывают значения сопротивления смеси при температурах около -5°C . Полученные значения сопротивления имеют более низкое значение, чем при более высоких температурах ($0...3^{\circ}\text{C}$), что объясняется присутствием в составе композиционной смеси дисперсного углерода, который при замерзании смеси переходит в связанное состояние, что и увеличивает проводимость смеси при отрицательных температурах. При росте температуры происходит скачкообразное увеличение сопротивления, обратное тому, что мы видим для сопротивления грунта, что объясняется переходом влаги в другое агрегатное состояние, и последующее плавное снижение сопротивления до его полной стабилизации в районе $50\text{ Ом}\cdot\text{м}$.

Вывод. Использование композиционной смеси позволяет упростить монтаж контуров заземления в районах с низкими среднегодовыми температурами, избегая высоких затрат при монтаже ЗУ, что позволяет сделать вывод о большой прикладной значимости проводимых исследований. Композиционная смесь является неагрессивной к металлу, что позволяет использовать электроды из обычной стали, в отличие от электролитических заземлителей, выполненных из нержавеющей стали. Кроме того, в следствие того, что в смеси наблюдается обратная температурная зависимость сравнение с грунтом, можно обеспечить отсутствие скачкообразных изменений и в области температур около 0°C .

Исследования выполнены при финансовой поддержке Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований в рамках проекта № Т22УЗБ-057 «Разработка способа оптимизации параметров заземляющих устройств применением не активизирующих коррозию, стабилизирующих влажность минеральных смесей»

Список литературы / References:

1. ТКП 339-2011(02230) Электроустановки на напряжение до 750 кВ. Линии электропередачи воздушные и токопроводы, устройства распределительные и трансформаторные подстанции, установки электросиловые и аккумуляторные, электроустановки жилых и общественных зданий. Правила и защитные меры электробезопасности. Учет электроэнергии. Нормы приемосдаточных испытаний. – Введ. 23.08.2011. – Минск: Министерство энергетики республики Беларусь, 2011. – 593с.
2. СН 4.04.03-2020 Молниезащита зданий, сооружений и инженерных коммуникаций. - Введ. 21.04.2021. – Минск: Министерство архитектуры и строительства Республики Беларусь, 2020. – 161с.
3. Драко М.А., Барайшук С.М., Павлович И.А. О разработке смеси на основе гидролизованного полиакрилонитрила для уменьшения удельного электрического сопротивления грунта // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики 23 (1), с. 80-92.
4. Барайшук С.М., Павлович И. А., Кахоцкий М. И. Снижение сезонных колебаний сопротивления растеканию тока заземляющих устройств применением смесей для стабилизации влажности грунта // Международная научно-практическая конференция «Эпоха науки». – 2020. – №24 (2020). – С. 87 –93.
5. Единая система защиты от коррозии и старения. Сооружения подземные. Общие требования к защите от коррозии. Межгосударственный стандарт: ГОСТ 9.602-2016 Введ. 12.06.2017. – Минск: Белорус. гос. ин-т стандартизации и сертификации, 2017. – 100 с.

EFFICIENCY OF MIXTURES FOR GROUND BACKFILLING IN AREAS WITH LOW AVERAGE ANNUAL TEMPERATURE

Pavlovich I.A., Barayshuk S.M.

¹ Belarusian State Agrarian Technical University,
99 Nezalezhnosti Ave., 220023, Minsk, Republic of Belarus
e-mail: mrChesel20@gmail.com

Abstract. This article considers the possibility of using a composite mixture for backfilling a grounding device based on hydrolyzed polyacrylonitrile. An experimental study of the temperature dependence of the specific electrical resistance of this mixture was carried out in comparison with ordinary soil. The possibility of using this mixture in areas with low average annual temperature is substantiated.

Key word. grounding, mixture, hydrogel, graphite, bentonite clays.