

## СПОСОБ СНИЖЕНИЯ СЕЗОННЫХ ИЗМЕНЕНИЙ СОПРОТИВЛЕНИЯ ЗАЗЕМЛЯЮЩИХ УСТРОЙСТВ

**С.М. Барайшук,**

*зав. каф. практической подготовки студентов БГАТУ, канд. физ.-мат. наук, доцент*

**И.А. Павлович,**

*ассистент каф. практической подготовки студентов БГАТУ*

**М.Х. Муродов,**

*зав. каф. энергетики Наманганского инженерно-строительного института,  
канд. техн. наук, доцент (Узбекистан)*

**В.В. Богданович,**

*ст. преподаватель каф. практической подготовки студентов БГАТУ*

*В статье рассмотрены возможные способы уменьшения коэффициента сезонности и сопротивления контура заземления для грунтов с высоким удельным сопротивлением растеканию тока. Проведен анализ влияния смесей для оптимизации заземления на удельное сопротивление грунта. На основе экспериментальных данных показано, что коэффициент сезонности, как и сопротивление контура заземления, можно снизить искусственной обработкой грунта в месте монтажа заземления.*

*Ключевые слова: заземляющее устройство, удельное электрическое сопротивление грунта, электробезопасность, коэффициент сезонности.*

*Possible ways to reduce the resistance of the ground loop for high-resistance soils are considered in the article. The effect of grounding optimization mixtures on soil resistivity was analyzed. Based on the results of the studies, analysis of the effect of mixtures for optimizing grounding on the soil resistivity, seasonality coefficient, and resistance of the ground loop was made.*

*Key words: grounding device, electrical resistivity of the soil, electrical safety, seasonality coefficient.*

### Введение

Заземление является одним из важнейших элементов в перечне технических средств для защиты людей, сельскохозяйственных животных и птиц от поражения электрическим током в условиях сельскохозяйственного производства. Обеспечивая корректную работу устройств защитного отключения, заземление играет важную роль в обеспечении электробезопасности и снижении электротравматизма на предприятиях АПК [1].

Исследованиями российских [2] и зарубежных [3] ученых установлено, что опасными для животных являются токи:

- от 0,2 до 0,3 А – для телят;
- от 0,3 до 0,4 А – для коров;
- от 0,15 до 0,20 А – для овец и свиней.

Опасное напряжение составляет от 30 до 40 В. Единообразие этих данных объясняется тем, что механизм поражения животных основан на фибрилляционном эффекте, при котором электрический ток оказывает непосредственное воздействие на сердце животного, в отличие от человека, когда воздействие тока более разнообразно.

Одной из основных мер защиты животных на животноводческих комплексах является устройство

выравнивания электрических потенциалов (УВЭП) и уравнивания электрических потенциалов. Для обеспечения эффективной защиты животных за счет использования УВЭП необходимо учитывать ряд факторов, основным из которых является удельное электрическое сопротивление грунта в месте установки и сопротивление растеканию тока через заземляющие устройства (ЗУ). Расчеты [4] показывают, что допустимое значение напряжения прикосновения превышает допустимые значения при удельном электрическом сопротивлении грунта  $\rho > 60$  Ом·м и сопротивлении заземляющих устройств более 20 Ом. Это означает, что при таких параметрах эффективность защиты животных не обеспечивается. Однако, учитывая нормирующие значения сопротивления заземления, равные 10 Ом, а также сезонные изменения сопротивления заземляющих устройств, такое их сопротивление может быть в течение продолжительной части года [5]. Необходимо также учитывать, что токи нулевой последовательности постоянно протекают через заземлители, что может негативно сказываться на их работе. В результате такого воздействия происходит высушивание грунта и увеличение сопротивления [6]. Поэтому при проектировании и установке заземляющих устройств необходимо предусматривать

запас по значению его сопротивления, чтобы компенсировать сезонные изменения и изменения, связанные с особенностями контакта электродов с почвой [7].

Проблемы надежности работы заземляющих устройств и обеспечения электробезопасности описаны в трудах – Андруша В.Г., Федорчука А.И., Якобс А.И., Веденеевой Л.М., Чудинова А.В., Кучеренко Д.Е., Грищенко Д.Н., Михайловой В.А.

Целью данной работы является обоснование способа снижения сезонных изменений сопротивления контура заземления для повышения электробезопасности сельскохозяйственных животных и человека на предприятиях агропромышленного комплекса применением грунтозамещающей смеси.

### Основная часть

Расчет токов в земле представляет собой сложную задачу. Затруднения возникают из-за сильных изменений сопротивления большинства грунтов, которые зависят от интенсивности протекающих через них токов [8]. Данные нелинейные изменения усложняют применение закона Ома при расчете таких цепей [9]. Поэтому применение заземлителей со стабильными электрофизическими свойствами, слабо подверженных влиянию сезонных факторов и обеспечению электробезопасности сельскохозяйственных животных, является актуальным. В процессе проектирования, монтажа и ремонта заземляющих устройств (при высоком удельном сопротивлении грунтов в местах монтажа заземляющих устройств) можно использовать различные технические методы для снижения сопротивления заземления [10]. Одним из таких методов является применение искусственной обработки грунта с использованием неагрессивных к материалу заземлителя смесей. Это помогает уменьшить удельное сопротивление грунта и, следовательно, повысить эффективность заземления.

Для достижения данной цели можно применять разные типы околоэлектродных засыпок. Среди них наиболее перспективным является использование электропроводящего состава, который способствует стабилизации влажности в околоэлектродном пространстве [5], что позволяет снизить температуру замерзания влаги в грунте за счет ее удержания и ведет к уменьшению сезонности [11, 12]. Сопутствующим эффектом такой обработки является уменьшение сопротивления грунта за счет формирования связанных электролитических растворов и применения засыпок с низким удельным сопротивлением. Ранее было отмечено, что введение гидростабилизирующих веществ эффективно при уменьшении значений высокого сопротивления заземлений (порядка 400-600 Ом), но не является эффективным при низких значениях сопротивления (меньше 100 Ом) [13]. В таких случаях использование гидростабилизирующих веществ может иметь заметный эффект только при взаимодействии с проводящими порошками, аналогично другим методам оптимизации заземления, известным ранее. Однако введение гидрогелей в околоэлектродное пространство позволяет минимизировать фактор просыхания верх-

них слоев земли, который, как известно, является одной из основных причин изменения удельного сопротивления [14]. Данный фактор напрямую определяет сезонный коэффициент удельного сопротивления  $K_c$  и глубину сезонных изменений земли  $h_c$ , влияя не только на температуру замерзания грунта, но и на изменения удельного сопротивления грунта при его замерзании, в частности в зимний период [11].

Проблема определения параметров  $K_c$  и  $h_c$  особенно остро стояла при переходе на проектирование заземляющих устройств электроустановок, с учетом многослойных электрических структур земли. Величины  $K_c$ ,  $h_c$  были получены еще во Всесоюзном научно-исследовательском институте электрификации сельского хозяйства на основе теории распространения потока энергии в земле [15]. Уточнение величин  $K_c$ ,  $h_c$  произведено в Сибирском научно-исследовательском институте энергетики. При исследовании отдельных компонентов выявлено, что введение смесей такого типа способно значительно снизить удельное сопротивление грунта и сопротивление растеканию заземляющего устройства [16]. Конкретный эффект зависит от состава смеси и объема ее введения, и варьируется от 24,7 % до 70,5 % [17].

Первые величины  $K_c$ ,  $h_c$  были получены на основе теории распространения потока энергии в земле [15, 16]. Однако современные исследования и новые разработки заземляющих устройств указывают на необходимость более детального исследования влияния сезонности на сопротивление ЗУ.

### Методика проведения исследований

В ходе исследования проведен ряд лабораторных экспериментов по измерению значений удельного сопротивления грунтозамещающей смеси при изменении температуры и влажности, а также натурных экспериментов по измерению значения сопротивления контрольного и экспериментального контуров заземления для определения влияния грунтозамещающей смеси на коэффициент сезонности.

Для проведения исследований был установлен контрольный контур заземления, который состоит из вертикального составного электрода диаметром 16 мм и длиной 3 м, а также горизонтального фрагмента соединительной полосы размером 4x50 мм и длиной 3 м. Вне зоны экранирования контрольного контура был установлен экспериментальный контур той же конструкции и конфигурации. Однако в процессе монтажа в его околоэлектродном пространстве осуществлена частичная замена грунта с использованием специальной смеси, с целью оптимизации электрофизических параметров заземления. На протяжении трех лет (еженедельно) проводилось регулярное измерение сопротивления заземляющих устройств с помощью поверенного измерителя ИС-10. Измерялось сопротивление растеканию тока через заземляющие устройства, удельное сопротивление грунта в точке их установки, а также определялся радиус растекания тока от заземлителя.

Измерения удельного сопротивления смеси проводились в лабораторных условиях по схеме и методике, описанной в источнике [18]. Для проведения эксперимента изготовлена измерительная установка, представленная на рисунке 1.

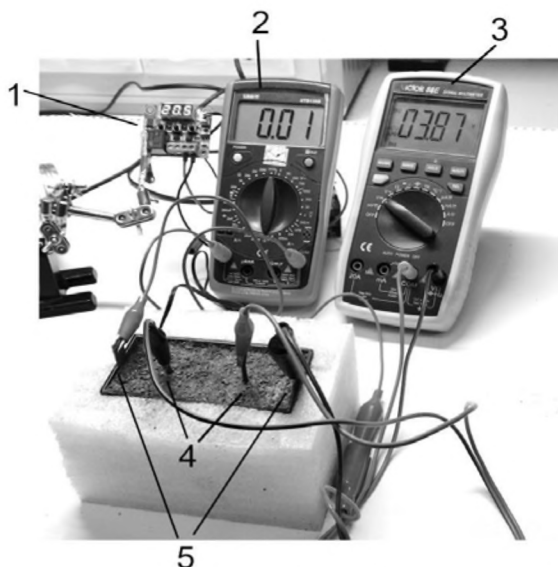


Рисунок 1. Установка для определения удельного электрического сопротивления смеси и грунта в лабораторных условиях: 1 – термометр; 2 – мультиметр; 3 – вольтметр; 4 – внутренние электроды; 5 – внешние электроды

Внешние электроды представляют собой прямоугольные пластины из нержавеющей стали. К каждой пластине прикреплен проводник через ножку. Одна сторона каждой пластины, прилегающая к торцевой поверхности ячейки, изолирована. Внутренние электроды выполнены из медной проволоки диаметром 2 мм и имеют длину, превышающую высоту ячейки на 60 мм [19].

Экспериментальная часть исследования включала в себя определение удельного сопротивления смеси при различной влажности и температуре. Влажность регулировалась порционным добавлением дистиллированной воды в выпаренные образцы (в диапазоне от 5 до 35 %). Зависимость от температуры определялась по следующей методике: образцы с заданной концентрацией элементов и контрольные увлажнялись до заданных значений, после чего помещались в измерительную ячейку, которая устанавлива-

лась в термоизоляционный кожух и замораживалась до температуры - 20 °С. После заморозания ячейку со смесью размораживали со скоростью, не выше 0,1 °С·мин<sup>-1</sup>, с непрерывной регистрацией тока и напряжения в измерительной цепи, а также температуры при помощи поверенных мультиметров марки УТВ 139В.

### Результаты и обсуждение

Коэффициент сезонности сопротивления грунта в Республике Беларусь является важной характеристикой, которая отражает изменения электрических свойств грунта, в зависимости от сезонных колебаний климата и влажности грунта. В Беларуси климатические условия имеют характерные сезонные изменения, что оказывает влияние на электрическую проводимость грунта (рис. 2). Данные, принятые в нормативных документах, приведены в табл. 1.

Однако для получения конкретных данных и значений коэффициента сезонности сопротивления грунта в Беларуси, требуется выполнение специализированных исследований и измерений на конкретных участках.

При проектировании и теоретических расчетах используется усредненное значение коэффициента сезонности, приведенное в источнике [20].

Контрольные контуры заземления представляют собой установленные системы заземления, позволяют фиксировать изменения удельного сопротивления грунта в разные сезоны и влажные периоды, с температурой от - 10 °С до +30 °С, а также влажностью почвы – от 5 до 40 %.

На рис. 2 приведен график изменения сопротив-

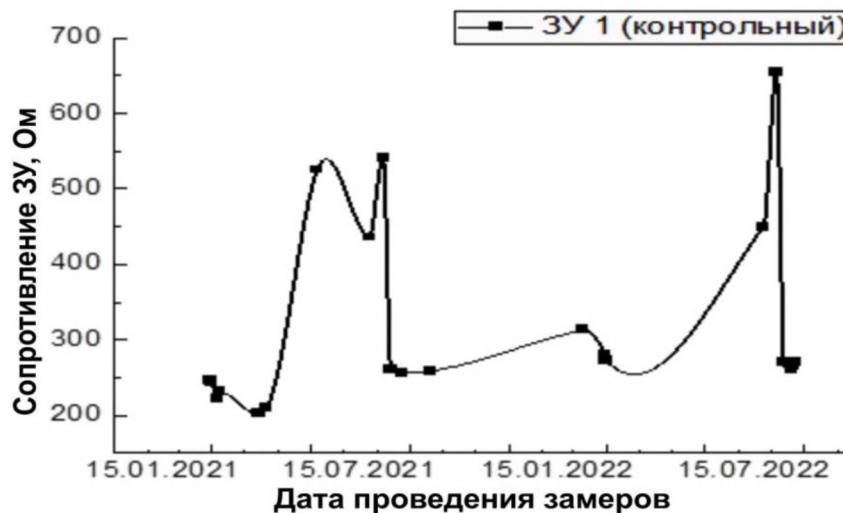


Рисунок 2. Изменение сопротивления контрольного контура заземления

Таблица 1. Значение сезонных параметров земли для Республики Беларусь

Усредненная величина	Коэффициент сезонных изменений, K <sub>c</sub>			Глубина слоя сезонных изменений h <sub>c</sub> , м
	Влажность грунта перед проведением ВЭЗ	Средняя	Пониженная	
3,4	5,0	3,0	2,0	1,8

ления контура заземления.

Проанализировав график, можно сделать вывод о том, что коэффициент сезонности для контрольного электрода составил:  $K_c = 3,24$ , что очень близко к усредненному значению, полученному в [20].

В лабораторных условиях был произведен замер удельного сопротивления грунтозамещающей смеси. График сопротивления грунтозамещающей смеси при различных температурах и влажности представлен на рис. 3. Анализируя данный график, можно определить, что удельное сопротивление смеси мало зависит от влажности при содержании влаги больше 15 %,

поскольку гидрогель, содержащийся в смеси, позволяет стабилизировать влажность. На величину сопротивления оказывает влияние только лишь температура. Это позволяет предположить, что при залегании контура заземления до точки промерзания грунта, которая в Республике Беларусь составляет 1,2 м [21], применение грунтозамещающей смеси на основе графита и гидрогелей позволит избежать влияния коэффициента сезонности на экспериментальный контур заземления. На рис. 4 приведен график влияния температуры и влажности на удельное сопротивление грунтозамещающей смеси.

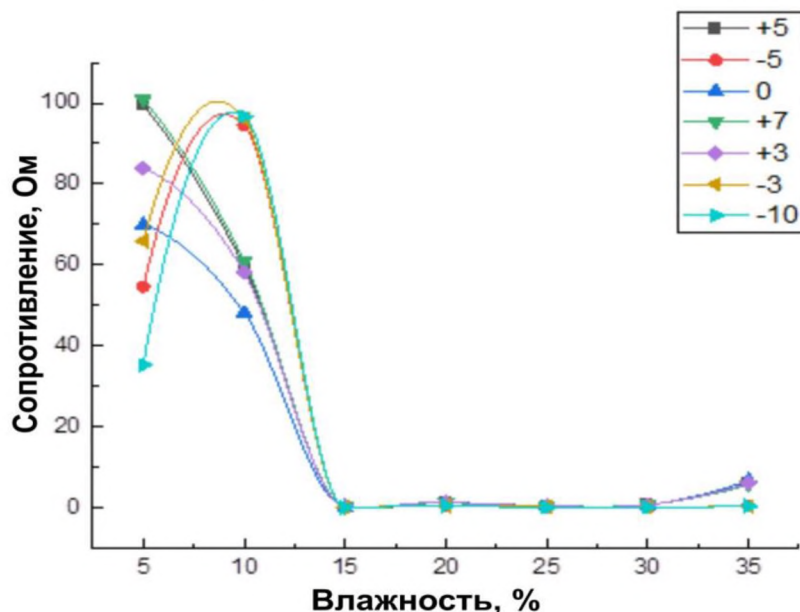


Рисунок 3. Сопротивление (Ом) грунтозамещающей смеси при различных температурах и влажности (%).

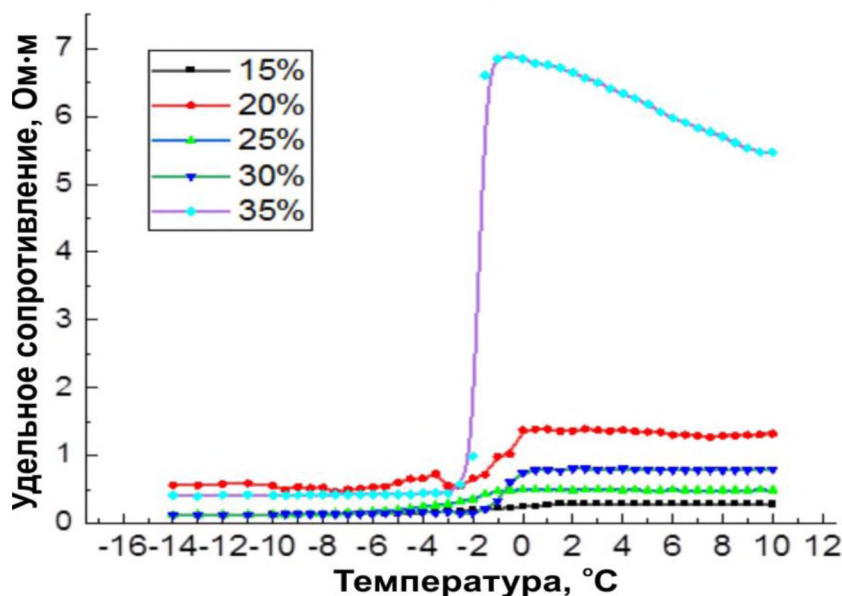


Рисунок 4. Влияние температуры (°C) и влажности (%) на удельное сопротивление грунтозамещающей смеси (Ом·м)

Как видно из графика, температура замерзания смеси составляет от  $-3,5$  до  $-2$  °C, что также позволяет снизить влияние сезонности. Кроме того, на графике (рис. 4) мы видим аномальное поведение удельного сопротивления в сравнении с данными для реликтовых грунтов, а именно – его уменьшение при замерзании. Такое явление можно объяснить уплотнением проводящих частей графита, содержащегося в смеси. Это позволяет говорить о возможной компенсации сезонных колебаний электрофизических параметров грунта, влияющих на сопротивление заземляющего устройства.

Имеет место испарение влаги, что приводит к увеличению сопротивления грунта, особенно при температурах выше 7 °C. Высушивание грунта также может происходить под воздействием температуры окружающего воздуха. Это ведет к потере влаги верхним слоем почвы до глубины, обычно не превышающей 90 см, а также при нагревании заземлителей ввиду протекания по ним токов, в результате чего сопротивление увеличивается. Поэтому при устройстве заземлений, в целях снижения сезонности сопротивления, заземлители размещают в земле ниже этого уровня. В нашем случае интерес представляет изменение сопротивления экспериментального контура заземления со смесью с достаточным содержанием гидрогеля, позволяющим поддерживать влажность не ниже 15 % относительно контрольного ЗУ. Обработка грунта грунтозамещающей смесью позволяет улучшить электрическую проводимость и снизить удельное сопротивление грунта, позволив создать более эффектив-

ное заземление путем снижения сопротивления и обеспечения более стабильных электрических характеристик системы заземления.

На рис. 5 приведен график изменения сопротивления экспериментального контура заземления, подвергнутого обработке грунтозамещающей смеси на основе гидрогеля и графита, а также график сопротивления контрольного контура заземления.

Произведя анализ полученных результатов, установлено, что коэффициент сезонности при применении грунтозамещающей смеси составил:  $K_c=1,64$ , что в два раза ниже экспериментального. Это подтверждает лабораторное исследование грунтозамещающей смеси для стабилизации электрофизических параметров контура заземления.

В аварийных режимах напряжение прикосновения и напряжение шага должны быть не более 12В [22] или 8В [1]. Необходимо обеспечить достаточно низкое сопротивление УВЭП, чтобы минимизировать влияние напряжения на сельскохозяйственных животных.

Общеизвестно, что напряжение прикосновения  $U_{пр}$  – это падение напряжения в сопротивлении тела человека или животного и вычисляется по формуле:

$$U_{пр} = I_h R_h, \quad (1)$$

где  $I_h$  – ток, проходящий через тело по пути «рука – нога» (для животных – морда – задние ноги), А;  
 $R_h$  – сопротивление тела человека, Ом.

В области защитных заземлений одна из этих точек имеет потенциал заземлителя, а другая – потенциал основания, на котором находится тело. Поэтому напряжение прикосновения можно описать с использованием соответствующей формулы:

$$U_{пр} = \varphi_3 - \varphi_{осн}, \quad (2)$$

где  $\varphi_3$  – потенциал заземляющего устройства, В;  
 $\varphi_{осн}$  – потенциал основания, В.

Потенциал группового заземляющего устройства обусловлен потенциалом каждого электрода и наведенных потенциалов другими электродами. Так как все электроды ЗУ соединены между собой, то они имеют одинаковый потенциал, и тогда:

$$\varphi_3 = \varphi_{01} + \sum_2^n \varphi_{ni}, \quad (3)$$

где  $\varphi_{01}$  – собственный потенциал первого электрода, В;

$\varphi_{ni}$  – собственный потенциал  $i$ -го электрода, В;

$n$  – количество электродов.

$$\varphi_{01} = I_1 R_1, \quad (4)$$

где  $I_1$  – ток, стекающий через этот электрод в землю, А

$R_1$  – сопротивление заземлителя, Ом.

Из представленных выше выражений можно сделать вывод о том, что напряжение прикосновения зависит от сопротивления контура заземления, к которому присоединено УВЭП.

Произведя необходимые математические преобразования, получим выражение:

$$U_{пр} = \varphi_3 \alpha_1 \frac{R_h}{R_h + R_{осн}}, \quad (5)$$

где  $\alpha_1$  – коэффициентом прикосновения, учитывающим форму потенциальной кривой;

$R_{осн}$  – сопротивление основания, Ом.

То есть, общее снижение сопротивление ЗУ при использовании грунтозамещающей смеси ведет и к снижению напряжения прикосновения.

Согласно [22], при нормированной величине сопротивления ЗУ на ферме КРС, напряжение прикосновения будет ниже 12В, и ток, проходящий через тело животного, не превысит безопасного значения (30 мА). Однако при сезонных колебаниях возможно увеличение значения сопротивления более чем в 3 раза [20], а при величине сопротивления более 20 Ом, напряжение прикосновения может превысить безопасное значение [22-23]. Снизив коэффициент сезонности до 1,64, можно добиться со-

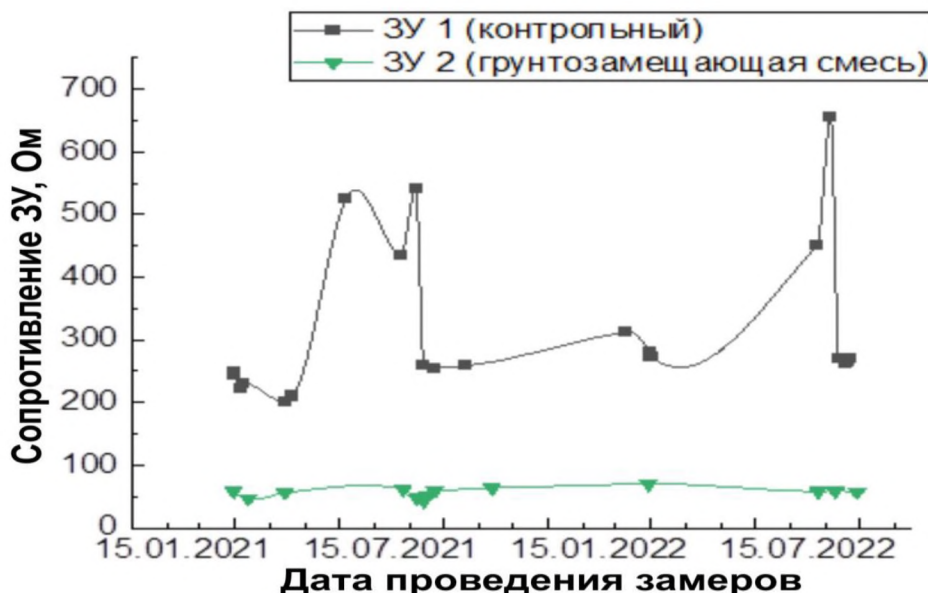


Рисунок 5. Изменение сопротивления (Ом) контрольного (ЗУ1) и экспериментального (ЗУ2) контура заземления

хранения напряжения прикосновения в допустимых пределах в течение всего года.

Таким образом, оптимизация электрофизических параметров грунта является важным способом повышения электробезопасности сельскохозяйственных животных и человека на предприятиях агропромышленного комплекса.

### Заключение

Снижение сезонности сопротивления грунта позволяет повысить стабильность работы заземляющих устройств, обеспечить равномерное электрическое сопротивление в течение всего года, а также гарантировать более надежное функционирование электрических систем. Это важно для систем, требующих стабильной электрической проводимости (электроэнергетика, связь, промышленность, сельское хозяйство), и имеет большое значение для достижения продовольственной безопасности и конкурентоспособности сельскохозяйственной продукции Беларуси.

Возникновение опасных напряжений в местах содержания животных может оказывать вредное воздействие на сельскохозяйственных животных, в зависимости от величины напряжения, типа и продолжительности действия. Даже кратковременное воздействие напряжения шага и напряжения прикосновения переменного тока в нормальном эксплуатационном режиме не должно превышать 0,2 В [1], так как это может вызвать электропатологию сельскохозяйственных животных и привести к изменению их нормального поведения, аппетита. Все перечисленные факторы могут оказывать негативное влияние на здоровье животных, а также их продуктивность и рост.

Работа выполнена при финансовой поддержке Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований (грант № Т22УЗБ-057).

### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Защита сельскохозяйственных животных от поражения электрическим током. Общие требования: ТКП 538–2014 (02150). – Минск: Минсельхозпрод, 2014. – 45 с.
2. Сакулин, В.П. Безопасность труда при эксплуатации сельских электроустановок / В.П. Сакулин. – Л.: Агропромиздат, 1987. – 251 с.
3. Schulze, C. Electrical Injuries in Animals: Causes, Pathogenesis and Morphological Findings / C. Schulze, M. Peters, W. Baumgärtner, P. Wohlsein // *Veterinary Pathology*. – 2016. – № 53 (5). – P. 1018-1029.
4. Шишигин, Д.С. AutoCAD – приложение для расчета молниезащиты и заземления объектов электроэнергетики / Д.С. Шишигин // XII Всероссийское совещание по проблемам управления ВСПУ-2014, Москва, 16-19 июля 2014 г. / Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН. – М., 2014. – С. 9374-9380.
5. Драко, М.А. О разработке смеси на основе гидролизованного полиакрилонитрила для уменьшения удельного электрического сопротивления грунта / М.А. Драко, С.М. Барайшук, И.А. Павлович // *Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики*. – 2021. – Т. 23. – №. 1. – С. 80-92.
6. Галушко, В.Н. Надежность электроустановок и энергетических систем: учеб.- метод. пособие / В.Н. Галушко, С.Г. Додолев; Белорус. гос. ун-т транспорта. – Гомель: БелГУТ, 2014. – 154 с.
7. Кучеренко, Д.Е. Влияние особенностей грунта на расчет и проектирование ЗУ / Д.Е. Кучеренко, Д.Н. Грищенко // *Colloquium-Journal*. – 2018. – № 12-6 (23). – С. 84-90.
8. Смирнов, О.В. О некоторых особенностях устройства заземления и расчета молниезащиты / О.В. Смирнов, И.С. Сухачев // *Известия высших учебных заведений. Нефть и газ*. – 2014. – № 2. – С. 102-106.
9. Yan, X. Detection Method for Fast Electrical Impedance Imaging of Grounding Grid Based on Optimized Differential-Multigrid-Homotopy Algorithm. / X. Yan, S. Huang, W.T. Smolik, W. Chen, S.A. Yang // *IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement*. – 2023. – № 72. – P. 1-14.
10. Михайлова, В.А. Плохо проводящие электрический ток грунты / В.А. Михайлова // *Труды Братского государственного университета. Серия: Естественные и инженерные науки*. – 2013. – Т. 1. – С. 56-58.
11. Pavlovich, I. Ensuring the reliability of energy systems with the application of a new method of decreasing seasonal variations of ground resistance / I Pavlovich, S Baraishuk, A Skripko // *Energy Systems Research*. – 2023. – Vol. 6. – No. 1. – P. 37-40.
12. Барайшук, С.М. Снижение сопротивления заземляющих устройств применением обработки грунта неагрессивными к материалу заземлителя стабилизирующими влажностью добавками / С.М. Барайшук, И.А. Павлович // *Агропанорама*. – 2020. – № 1. – С. 20-23.
13. Снижение сопротивления заземляющих устройств применением обработки грунта неагрессивными к материалу заземлителя стабилизирующими влажностью добавками / С.М. Барайшук [и др.] // *Агропанорама*. – 2021. – № 5. – С. 28-33.
14. Глушко, В.И. Влияние сезонных измерений параметров верхних слоев земли на электрические характеристики заземляющих устройств электроустановок / В.И. Глушко, О.Е. Ямный, Э.П. Ковалев // *Энергетика. Известия высших учебных заведений и энергетических объединений СНГ*. – 2001. – № 2. – С. 60-68.
15. Временные руководящие указания по проектированию заземляющих устройств подстанций напряжением 3-750 кВ. – М.: Энергосетьпроект, 1979. – 102 с.
16. Руководящие указания по проектированию заземляющих устройств электрических станций и подстанций напряжением 3-750 кВ. – М.: Энергосетьпроект, 1985. – 74 с.
17. Павлович, И.А. Снижение электрического сопротивления заземляющих устройств применением грунтозамещающей смеси на основе графита и гидрогеля для стабилизации электрофизических параметров грунта / И.А. Павлович, С.М. Барайшук // *Энергетика. Известия высших учебных заведений и энергетических объединений СНГ*. – 2023. – № 66 (4). – С. 322-332.

18. Павлович, И.А. Эффективность смесей для обратной засыпки заземления в районах с низкой среднегодовой температурой / И.А. Павлович, С.М. Барайшук // Перспективные технологии и материалы: материалы Междунар. науч.-практич. конференции, Севастополь, 21-23 сентября 2022 г. / Севастопольский гос. университет. – Севастополь, 2022. – С. 320-322.

19. Единая система защиты от коррозии и старения. Сооружения подземные. Общие требования к защите от коррозии: ГОСТ 9.602-2016. – Введ. 12.06.2017. – Минск: Белор. гос. институт стандартизации и сертификации, 2017. – 100 с.

20. Методические указания по проектированию заземляющих устройств электрических станций и подстанций напряжением 35-750 кВ. – Минск: Белэнерго, 2007. – 75 с.

21. Леонович, И.И. Глубина промерзания грунтов – важнейший фактор водно-теплового режима земля-

ного полотна / И.И. Леонович, Н.П. Вырко // Строительная наука и техника. – 2011. – № 5. – С. 27-35.

22. Федорчук, А.И. Обеспечение электробезопасности на фермах крупного рогатого скота / А.И. Федорчук // Энергосбережение – важнейшее условие инновационного развития АПК: материалы Междунар. науч.-технич. конференции, Минск, 24-25 ноября 2011 г. / Белор. гос. аграрн. технич. ун-т. – Минск, 2011. – С. 80-82.

23. Андруш, В.Г. Совершенствование безопасности труда в животноводческой отрасли / В.Г. Андруш, А.Г. Филипович // Наука. Спецвыпуск: «Общественно-научные дисциплины». Современные студенческие исследования: поиски, свершения, перспективы: материалы Междунар. студенческой науч.-практич. конференции, посвященной 20-летию Ассамблеи народа Казахстана. – Костанай: Инженерно-экономический ун-т им. М. Дулатова. – 2015. – № 2. – С. 195-199.

ПОСТУПИЛА В РЕДАКЦИЮ 11.11.2023

## Независимая навеска и система стабилизации штанги опрыскивателя «Мекосан-2500-18»

*Предназначена* для снижения амплитуды колебаний штанги и повышения надежности ее несущей конструкции.

Применение разработки позволяет эффективно гасить колебания штанги, возникающие вследствие движения колес опрыскивателя по неровности поверхности поля, что обеспечивает высокую равномерность распределения пестицидов по обрабатываемому объекту, а также повышение надежности несущей конструкции штанги.



### Основные технические данные

Марка машины	Мекосан-2500-18
Производительность за 1 час времени, га:	
- сменного	10,9
- эксплуатационного	10,7
Система навески штанги на остов опрыскивателя	Независимая
Способ крепления рамки штанги к остоу опрыскивателя	Параллелограммная навеска
Амплитуда колебаний краев штанги, м	до 0,1
Рабочая скорость движения, км/ч	9-12
Качество выполнения технологического процесса:	
- неравномерность распределения рабочей жидкости по ширине захвата, %, не более	15
- снижение неравномерности распределения рабочей жидкости по ширине захвата, %, не менее	5
Габаритные размеры опрыскивателя в транспортном положении, мм, не более	6045x2425x2215
Габаритные размеры опрыскивателя в рабочем положении (при высоте установки штанги 600 мм), мм, не более	6045x18250x2215
Дорожный просвет, мм	350
Увеличение массы опрыскивателя, кг	на 120