

На правах рукописи



АБДУЛЛОЕВ Рамазон Толибжонович

**СИСТЕМА ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ
ЗАЗЕМЛЯЮЩЕГО УСТРОЙСТВА**

Специальность 05. 26. 01 – «Охрана труда (электроэнергетика)»

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Челябинск – 2016

Работа выполнена в Федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования «Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет)» на кафедре безопасности жизнедеятельности.

Научный руководитель

– д-р техн. наук, проф. **Сидоров Александр Иванович.**

Официальные оппоненты:

Демин Юрий Васильевич, д-р техн. наук, проф., проф. кафедры «Электрооборудования и автоматики», федерального государственного Образовательного учреждения Высшего Образования «Сибирский государственный университет водного транспорта», г. Новосибирск;

Авдеева Ксения Васильевна, канд. техн. наук, доцент кафедры «Инфокоммуникационные системы и информационная безопасность», федерального государственного Образовательного учреждения Высшего Образования «Омский государственный университет путей сообщения» (ОмГУПС (ОМИИТ)), г. Омск.

Ведущая организация – федеральное государственное бюджетное Образовательное учреждение Высшего Образования «Тюменский индустриальный университет», г. Тюмень.

Защита диссертации состоится 23 декабря 2016 г., в 12:00 часов на заседании диссертационного совета Д 212.298.05 при Федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования «Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет)» по адресу: г. Челябинск, пр. им. В.И. Ленина, 76, ауд. 1007.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГАОУ ВО «Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет)» и на официальном сайте ЮУрГУ по адресу: <https://www.susu.ru/ru/dissertation/d-21229805/abdulloev-ramazon-tolibzhonovich>

Автореферат разослан «__» ноября 2016 г.

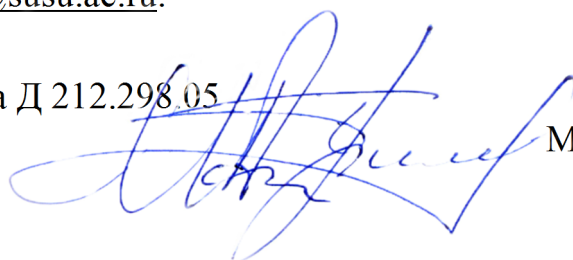
Отзывы на автореферат в двух экземплярах, заверенные печатью учреждения, просим направлять по адресу: 454080, г. Челябинск, пр. им. В.И. Ленина, 76, гл. корпус, Ученый совет ЮУрГУ, тел./факс: +7(351)-267-91-23.

E-mail: grigorevma@susu.ac.ru.

Ученый секретарь

диссертационного совета Д 212.298.05

д-р, техн. наук, доцент



М.А. Григорьев

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность работы. Заземляющие устройства (ЗУ) являются одним из наиболее распространённых защитных средств и используются не только для обеспечения электробезопасности и нормального режима работы электроустановки, но и при защите от атмосферных и коммутационных перенапряжений, а также, в ряде случаев, для обеспечения электромагнитной совместимости. Система заземления используется также во вторичных цепях трансформаторов тока и напряжения для целей релейной защиты и автоматики.

Изменение параметров ЗУ возникает под действием различных факторов окружающей среды (химико-минеральный состав грунта, влажность, температура, кислотность, бактериальный состав, газовый состав, электропроводность, а также вид грунта) и происходит непрерывно. В результате, с течением времени, процесс коррозии элементов заземлителя ускоряется, что приводит к росту сопротивления растеканию тока ЗУ. Коррозионные разрушения отдельных элементов заземлителей в случае возникновения аварийных режимов (короткое замыкание, атмосферное и коммутационное перенапряжения и др.) приводят к отказу срабатывания релейной защиты и автоматики, появлению высокого напряжения на корпусах электрооборудования, разрушению изоляции электрических аппаратов и могут являться причиной электротравм.

Отметим, что увлажнение грунта способствует уменьшению удельного электрического сопротивления грунта и, следовательно, сопротивления заземлителя. Однако это уменьшение существенно влияет на процесс коррозии, что приводит к снижению срока службы ЗУ. Налицо противоречие между факторами, определяющими основные характеристики ЗУ.

Согласно действующим нормативно-техническим документам коррозионное состояние элементов ЗУ определяется путем проведения визуальных осмотров (в основном, со вскрытием грунта) и расчета параметров ЗУ, позволяющих оценить его состояние. Количественная оценка коррозии элементов заземления производится выборочно по участкам контролируемого элемента ЗУ путем измерения характерных размеров, зависящих от вида и скорости коррозии. Размеры определяются после удаления с поверхности элемента ЗУ следов коррозии. Учитывая, что вертикальные элементы ЗУ обычно находятся на глубине от 0,7 до 1,5 м, а их средняя длина от 3 до 5 м и более, такие операции вызывают увеличение временных затрат и являются достаточно трудоемкими.

Известные методы определения состояния ЗУ не позволяют в полной мере определить коррозионное состояние элементов заземлителя. Поэтому разработка системы оценки состояния заземляющего устройства,

позволяющей устранить имеющиеся недостатки и обоснованно разрабатывать мероприятия, повышающие долговечность работы заземляющего устройства, является актуальной научно-технической задачей.

Цель работы. Обоснование и создание системы оценки состояния заземляющего устройства.

Для достижения заявленной цели были поставлены следующие задачи:

1. Разработать лабораторную установку для исследования влияния различных факторов окружающей среды и блуждающих токов на процесс коррозии элементов ЗУ.

2. Разработать методику и выполнить экспериментальные исследования влияния различных факторов окружающей среды и блуждающих токов на процесс коррозии элементов ЗУ.

3. На основании указанных исследований обосновать критерии выявления результатов процесса коррозии элементов ЗУ.

4. Построить математические модели для оценки состояния элементов ЗУ.

5. Разработать способ и методику определения состояния элементов ЗУ, основанных на измерении косвенных параметров.

Объект исследования – заземляющие устройства подстанций различного вида и назначения.

Предмет исследования – выявление закономерностей в изменении под действием коррозии состояния электродов, образующих заземляющее устройство.

Методологическая и теоретическая основа исследования: в основе данной работы лежат исследования таких ученых, как Р.К. Борисов, В.В. Бургсдорф, Ю.В. Демин, П.А. Долин, Р.Н. Карякин, Н.П. Катигроб, А.Б. Ослон, А.И. Сидоров, Ю.В. Целебровский, А.И. Якобс и других ученых, внесших большой вклад в разработку методик, а также способов определения основных параметров заземляющих устройств, характеризующих его состояние.

В качестве основных методик исследования применялись: методы физического моделирования, планирования многофакторного отсеивающего эксперимента, а также математического моделирования для построения зависимости потери массы металла, применяемого для изготовления заземляющих электродов, и изменения сопротивления растеканию тока, стекающего с электродов, от влажности грунта и наличия блуждающего тока.

Достоверность и обоснованность полученных результатов подтверждается корректным применением теории планирования эксперимента (для двухфакторного эксперимента) и большим объемом экспериментальных исследований, выполненных в лабораторных условиях при масштабировании геометрических размеров и электрических параметров элементов ЗУ, согласно теории подобия и моделирования.

Научная новизна основных положений и результатов, выносимых на защиту:

1. Потеря массы металла, применяемого для изготовления электродов ЗУ, и увеличение сопротивления растеканию тока ЗУ зависит от влажности грунта и наличия блуждающих токов, при этом наибольшая потеря массы металла происходит при влажности грунта 25 %.

2. Для определения количественных показателей изменения массы электродов и сопротивления растеканию тока ЗУ с помощью уравнения регрессии второй степени впервые получены численные значения коэффициентов, применение которых обеспечивает погрешность результатов расчетов не более 20 %, в зависимости от влажности грунта.

3. Разработана установка для исследования влияния факторов окружающей среды и блуждающих токов на процесс коррозии заземляющих устройств (защищена патентом на полезную модель).

4. Разработан способ и методика косвенного определения состояния ЗУ, не требующего проведения вскрышных работ.

Практическая значимость и реализация ее результатов:

1. Результаты исследования могут быть использованы научно-исследовательскими и конструкторскими организациями при разработке и совершенствовании способов определения срока службы элементов подземных металлических коммуникаций, находящихся под действием коррозии.

2. Разработанная экспериментальная установка позволяет в лабораторных условиях определять влияние влажности грунта, его водородного показателя, химического состава и наличия блуждающих токов на процесс коррозии элементов заземляющих устройств.

3. Полученные автором результаты исследования используются в процессе изучения студентами Таджикского технического университета имени академика М.С. Осими и Института энергетики Таджикистана дисциплин «Безопасность жизнедеятельности» и «Электробезопасность».

Соответствие диссертации паспорту научной специальности. Научные положения, приведенные в диссертации, соответствуют области исследований специальности 05.26.01 – Охрана труда (электроэнергетика), в частности, п. 3 «Разработка методов контроля, оценки и нормирования опасных и вредных факторов производства, способов и средств защиты от них».

Апробация работы. Основные положения диссертационной работы были доложены и получили одобрение на: VI Международной заочной научно-практической конференции «Энергетика в современном мире», г. Чита, 2013 г.; LIII–LV Международных научно-технических конференциях «Достижения науки – агропромышленному комплексу», г. Челябинск, 2014–2016 гг.; 6–8 научных конференциях аспирантов и докторантов ЮУрГУ, г. Челябинск, 2014–2016 гг.; 66–68 научных конференциях «Наука ЮУрГУ», г. Челябинск, 2014–2016 гг.; III Всероссийской студенческой конференции (с международным участием) «Безопасность жизнедеятельности глазами молодежи», г. Челябинск, 2014 г.; VI Международной научно-практической конференции «Безопасность жизнедеятельности в третьем тысячелетии», г. Челябинск, 2015 г.; XI международной научно-практической конференции «Безопасность жизнедеятельности предприятий в промышленно развитых регионах», г. Кемерово, 2015 г.; VII отраслевой научно-технической конференции молодых руководителей и специалистов «Молодежные инновации повышения эффективности и надежности транспорта газа», г. Екатеринбург, 2016 г.; международной научно-технической конференции «Пром-Инжиниринг», г. Челябинск, 2016 г.; на семинарах аспирантов и докторантов кафедры «БЖД» ЮУрГУ (НИУ), г. Челябинск, 2013–2016 гг.

Публикации. По теме диссертации опубликовано 20 печатных работ, из них 1 работа – в периодическом издании, рекомендованном ВАК РФ, 1 работа – в периодическом издании, входящем в базу данных Scopus, получен 1 патент на полезную модель.

Структура и объём диссертации. Диссертационная работа состоит из введения, трех глав, основных выводов, списка литературы (147 наименований), 4 приложения. Содержит 111 страниц машинописного текста, в том числе 25 рисунков, 32 таблицы.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность диссертационной работы, сформулированы цели и задачи исследования: определены объект и предмет исследования; изложены научная новизна и практическая ценность; приведены основные положения работы, выносимые на защиту; отражены вопросы реализации и апробации полученных результатов.

В первой главе «Анализ состояния вопроса и обоснование задач исследования» проведен литературный анализ факторов, влияющих на процесс коррозии элементов заземлителя. Установлено, что основными факторами являются влажность грунта, его структура, химический и бактериальный составы, кислотность, содержание в нем газов и наличие блуждающих токов.

Рассмотрены существующие методы и средства контроля состояния элементов ЗУ и порядок выполнения работ при оценке состояния заземлителя в полном объеме, который представлен на рисунке 1. Приводятся основные виды приборов, применяемых для определения параметров ЗУ, характеризующих его состояние. Рассматривается целесообразность моделирования заземляющих электродов для исследования процессов коррозии в лабораторных условиях.



Рисунок 1 – Структурная схема проверки состояния ЗУ

Во второй главе «Экспериментальные исследования влияния различных факторов на состояние заземляющих устройств» приводится описание разработанной физической модели (экспериментальной установки), предназначенной для исследования влияния различных факторов на процесс коррозии элементов ЗУ, принципиальная схема которой показана на рисунке 2.

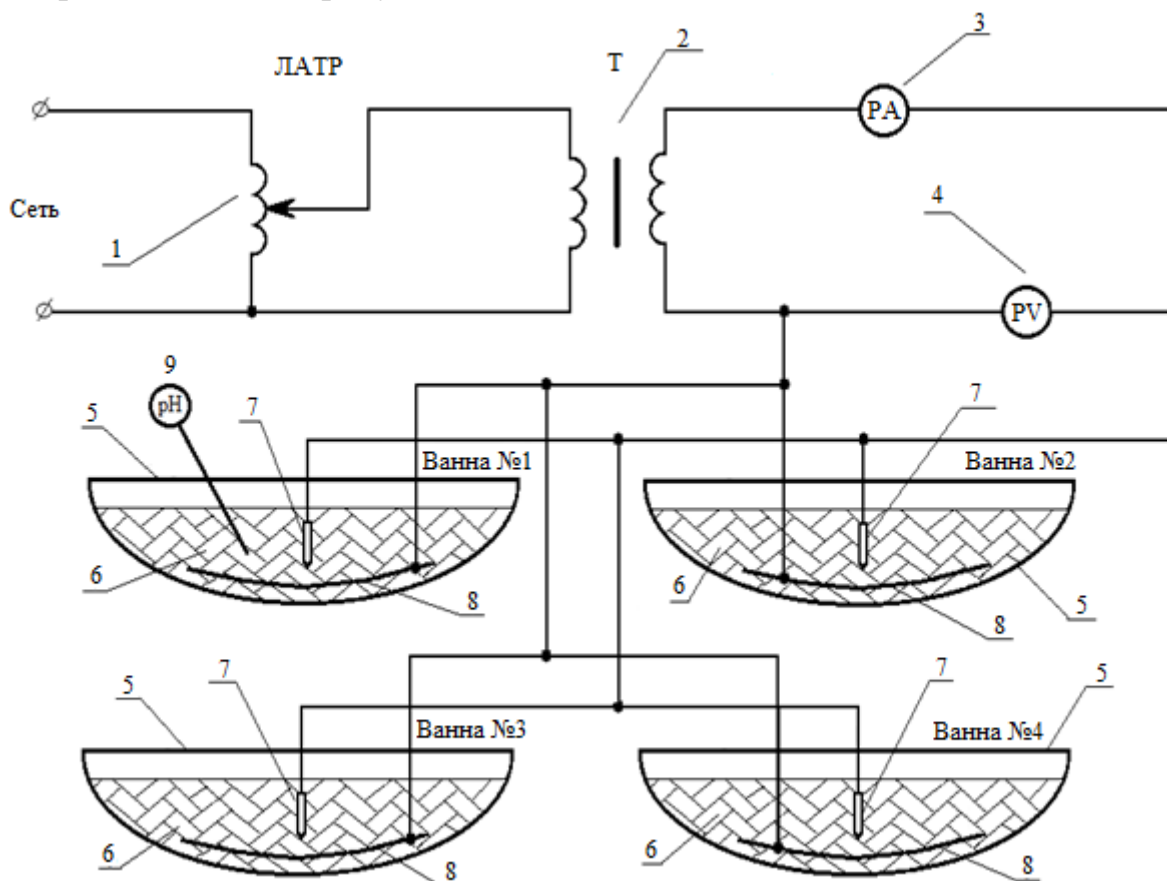


Рисунок 2 – Принципиальная электрическая схема установки

Основными элементами установки являются лабораторный автотрансформатор (ЛАТР) 1, разделительный трансформатор 2, амперметр 3, вольтметр 4, диэлектрические ванны 5, в которые засыпан грунт 6, заземляющие электроды 7, медная фольга 8 и прибор для измерения влажности и рН грунта 9. Применение четырех диэлектрических ванн позволяет одновременно провести эксперимент по оценке сочетанного влияния факторов на процесс коррозии ЗУ. Источник питания ЛАТР в целях безопасности подключен к установке через разделительный трансформатор. Контроль свойств грунта осуществляется как с использованием прибора для измерения влажности и кислотности грунта и термометра, так и с отбором проб для последующего химического анализа. Контроль электрических параметров – с помощью амперметра и вольтметра. Вольтметр имеет большое внутреннее сопротивление.

Основные геометрические размеры и электрические параметры элементов экспериментальной установки были определены согласно теории подобия и моделирования.

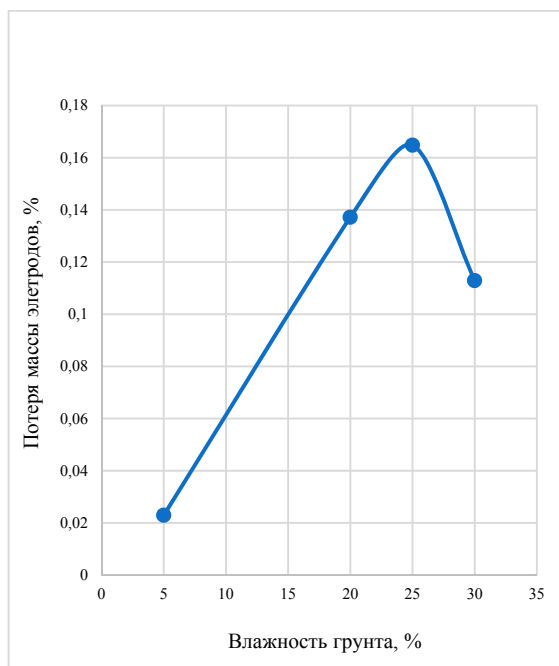
При расчете основных геометрических размеров заземляющих электродов установки были получены: диаметр и длина вертикального электрода; расстояние между вертикальными электродами; сечение горизонтального электрода; глубина погружения горизонтального электрода; сопротивление растеканию тока заземляющих электродов.

Приведена методика исследования влияния влажности грунта, его водородного показателя (рН), химического состава и наличия блуждающих токов на процесс коррозии элементов ЗУ.

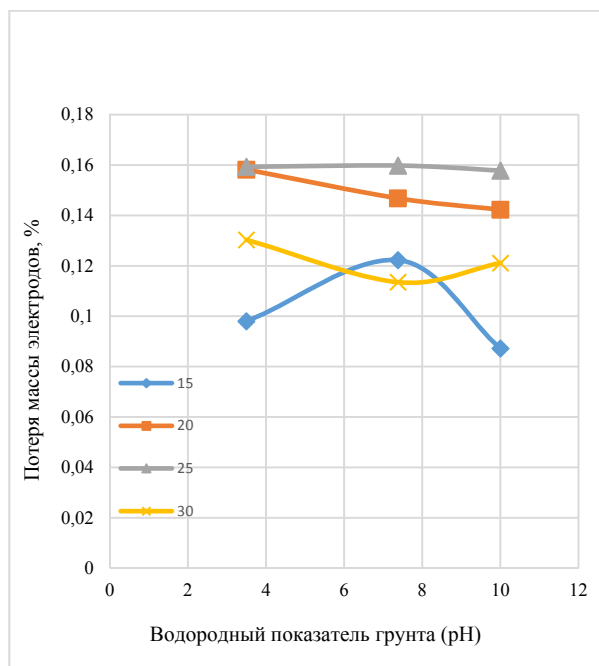
На основе данной методики проведен ряд опытов при изменении исследуемых факторов, графическая интерпретация результатов представлена на рисунке 3.

Для сокращения количества опытов, выявления значимых факторов, обработки результатов экспериментов и построения математической модели процесса коррозии элементов заземлителя применена теория планирования экспериментов.

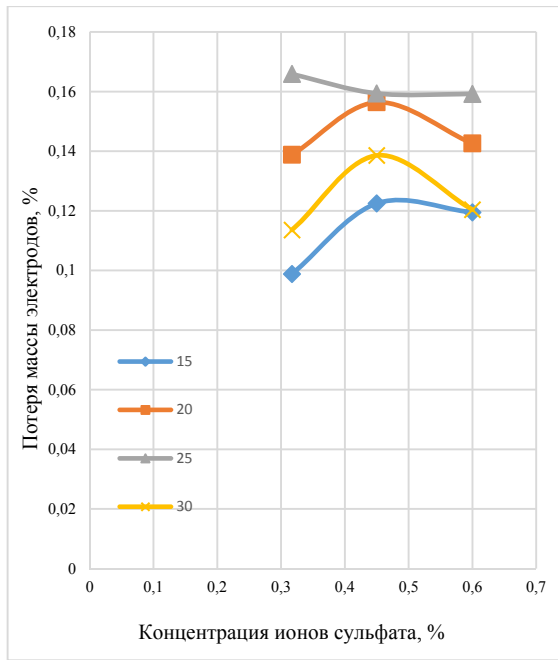
Для построения математической модели объекта исследования применим кибернетическую систему, называемую «**черным ящиком**». Этот способ изучения системы, в котором намеренно отказываются от изучения структуры системы, связей между элементами системы, а исследуют только воздействия на систему и реакции системы на эти воздействия.



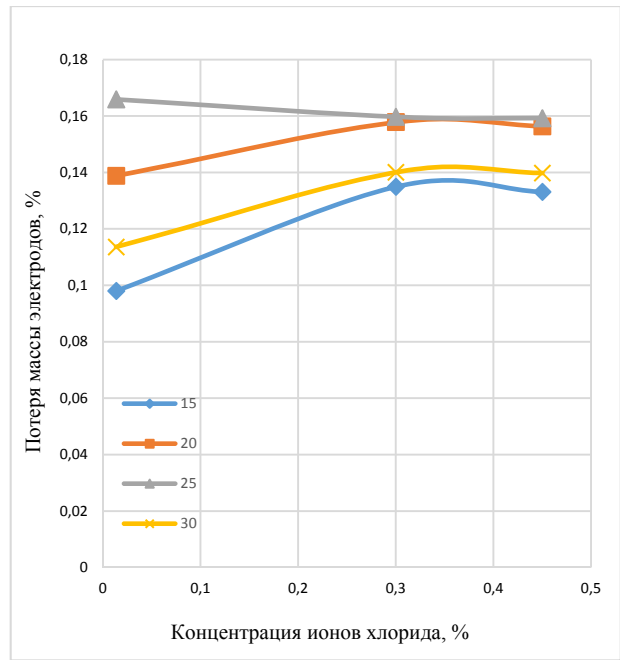
а)



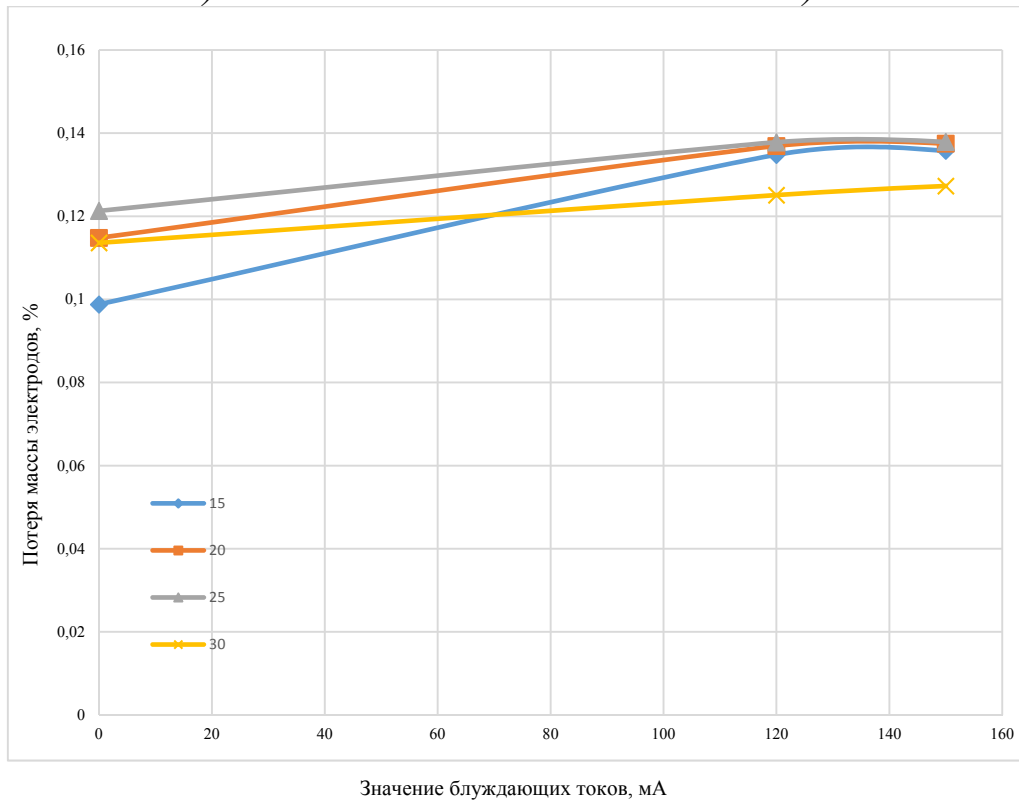
б)



б)



в)



д)

Рисунок 3 – Зависимость потери массы электродов от влажности грунта (а), его pH (б), концентрации ионов сульфата (в) и ионов хлорида (г) и наличия блуждающих токов (д)

Результаты опытов, проведенных по плану Плакетта-Бермана, приведены в таблице 1. Диапазон варьирования факторов приведен в кодовом и физическом значениях.

Таблица 1 – План Плакетта-Бермана

№ опыта	Уровни факторов										Отклики	
	X ₁		X ₂		X ₃		X ₄		X ₅		y ₁ , %	y ₂ , %
	код	физ.	код	физ.	код	физ.	код	физ.	код	физ.		
1	+	30	+	10,5	-	0,45	+	0,45	-	120	0,1604	4,732
2	-	5	+	10,5	+	0,6	-	0,3	+	150	0,1381	1,236
3	-	5	-	3,5	+	0,6	+	0,45	-	120	0,1352	1,132
4	+	30	-	3,5	+	0,6	+	0,45	+	150	0,1724	5,023
5	-	5	+	10,5	-	0,45	+	0,45	+	150	0,1359	2,321
6	+	30	-	3,5	-	0,45	-	0,3	+	150	0,1721	6,123
7	+	30	+	10,5	+	0,6	-	0,3	-	120	0,1345	4,221
8	-	5	-	3,5	-	0,45	-	0,3	-	120	0,0233	0,689

По результатам исследований была построена диаграмма рассеяния для выделения существенных факторов (рисунок 4).

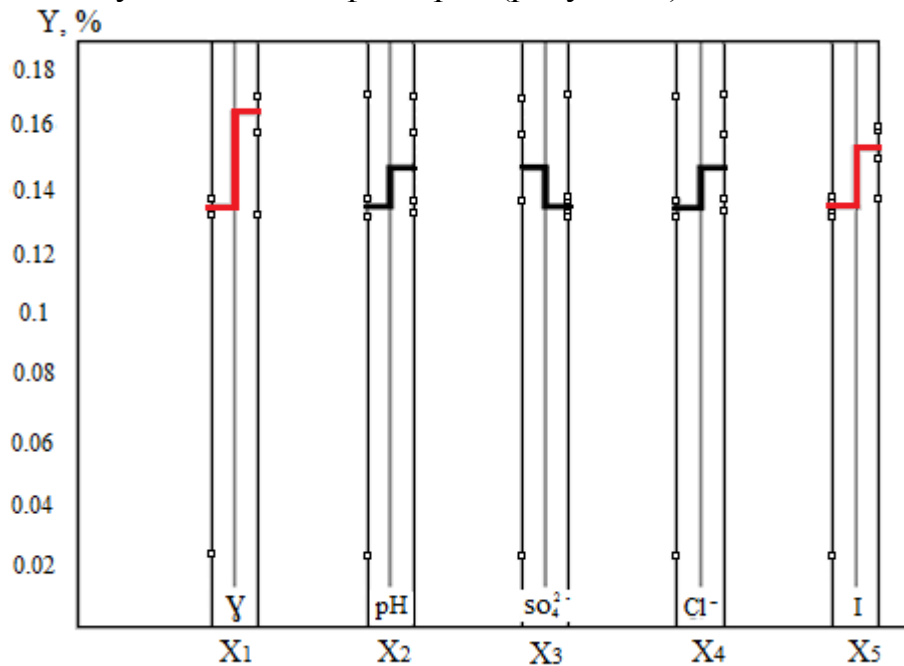


Рисунок 4 – Диаграмма рассеяния результатов первого этапа выделения существенных эффектов

Результаты исследований показывают, что наиболее существенными факторами, влияющими на процесс коррозии ЗУ, являются влажность грунта и наличие блуждающих токов (X₁, X₅).

В третьей главе «Разработка математической модели для определения состояния заземляющих устройств без проведения

вскрышных работ» представлены результаты опытов двухфакторного эксперимента в условиях изменения X_1, X_5 .

Согласно теории математического моделирования и теории планирования эксперимента при наличии хотя бы одной нелинейной зависимости отклика от любого варьируемого фактора необходимо выбрать регрессионное уравнение второй степени (1), а матрицу эксперимента выбирать из каталога. Матрица эксперимента представлена в таблице 2.

$$y = b_0 + \sum_{i=1}^n b_i \cdot X_i + \sum_{i=1}^n \sum_{j=i+1}^n b_{ij} \cdot X_i \cdot X_{ij} + \sum_{i=1}^n b_{ii} \cdot X_{ii}^2 \quad (1)$$

Уравнение регрессии второй степени для двух переменных имеет вид:

$$y = b_0 + b_1 \cdot x_1 + b_2 \cdot x_2 + b_{11} \cdot x_1^2 + b_{22} \cdot x_2^2 + b_{12} \cdot x_1 \cdot x_2 \quad (2)$$

Таблица 2 – Двухфакторный план второго порядка «В₂»

№ фактора	№ опыта						
	1	2	3	4	5	6	7
x_1	0,5	+1	+0,5	-0,5	-1	-0,5	0
x_5	+0,866	0	-0,866	-0,866	0	+0,866	0

Учитывая это, дальнейшие исследования проводились для получения математической зависимости коррозии при воздействии на ЗУ влажности грунта и при наличии блуждающего тока. Результаты опытов двухфакторного эксперимента представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Матрица и результаты эксперимента

№ п/п	Дата	Влажность грунта, %		Наличие блуждающих токов, мА		y_1 , %	y_2 , %
		код. x_1	физическое значение X_1	код. x_5	физическое значение X_5		
		1	28.02. 2016	+0,5	23,75		
2	+0,5	23,75		-0,866	120	0,1610	6,182
3	-1	5		0	135	0,0236	0,986
4	+1	30		0	135	0,1141	4,835
5	-0,5	11,5		0,866	150	0,1232	5,238
6	-0,5	11,5		-0,866	120	0,1149	4,921
7	0	17,5		0	135	0,1525	5,932

В таблице 3 приведено среднее значение откликов (потеря массы металла, применяемого для заземляющих электродов, и изменение сопротивления растеканию токов заземляющих электродов).

Для вычисления коэффициентов $b_0, b_1, b_2, b_{11}, b_{12}, b_{22}$, входящих в уравнение 2, необходимо воспользоваться L-матрицей и соответствующей матрицей эксперимента.

Коэффициенты $b_0, b_1, b_2, b_{11}, b_{12}, b_{22}$, вычислены по формулам 3, 4, 5 и приведены в таблице 4.

$$b_n = \sum_{u=1}^7 Q_{ni} \cdot \bar{y}_u, \quad (3)$$

где Q_{ni} – коэффициент из L – матрицы, $n = 0 \dots 2$;

\bar{y}_u – u-е значение влажности грунта или блуждающего тока, $u=1 \dots 7$ (таблица 3)

$$b_{nn} = \sum_{u=1}^7 Q_{nni} \cdot \bar{y}_u, \quad (4)$$

где Q_{nni} – коэффициент из L – матрицы, $n = 1 \dots 2$;

$$b_{nm} = \sum_{u=1}^7 Q_{nmi} \cdot \bar{y}_u, \quad (5)$$

где Q_{nmi} – коэффициент из L – матрицы, $n = 1, m = n + 1$.

Таблица 4 – Коэффициенты регрессионного уравнения

№ п/п	Отклики	b_0	b_1	b_2	b_{11}	b_{12}	b_{22}
1	y_1	0,1525	-0,0205	-0,02359	0,0138	-0,08338	-0,0568
2	y_2	5,932	-0,7692	-1,01368	0,3245	-2,72325	-2,39545

$$y_1 = 0,1525 - 0,0205X_1 - 0,02359X_5 + 0,0138X_1^2 - 0,08338X_5^2 - 0,0568X_1 X_5 \quad (6)$$

$$y_2 = 5,932 - 0,7692X_1 - 1,01368X_5 + 0,3245X_1^2 - 2,72325X_5^2 - 2,39545X_1 X_5 \quad (7)$$

Используя уравнения 6, 7, строим графическую модель потери массы электродов и изменения сопротивления растеканию тока ЗУ в зависимости от двух факторов при их кодированном и физическом значениях (рисунки 5, 6).

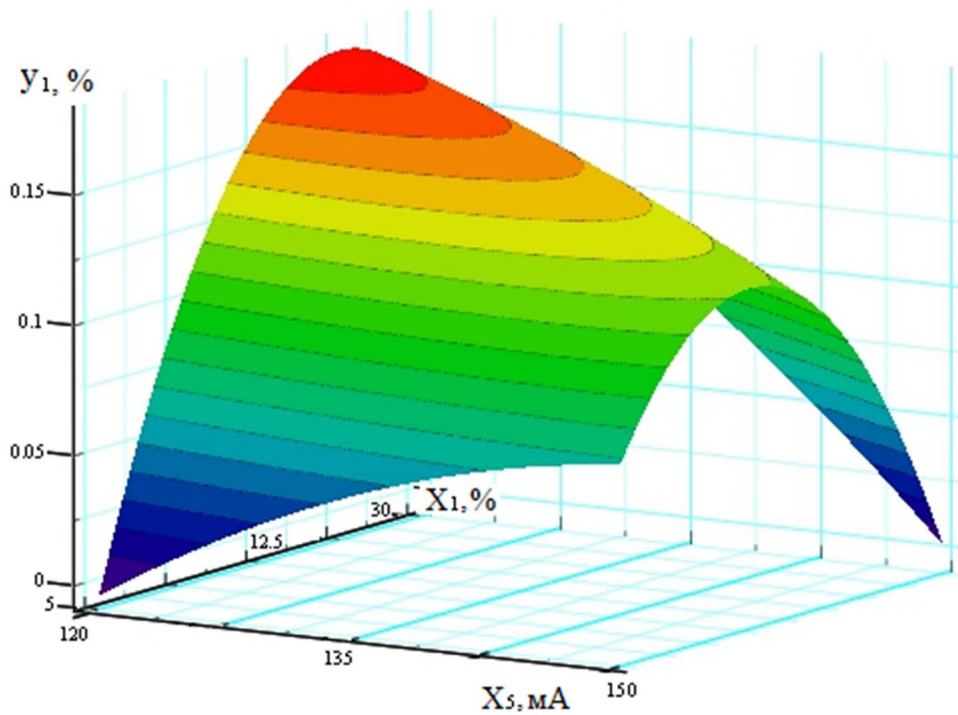


Рисунок 5 – Графическая модель потери массы металла, применяемого для ЗУ, в зависимости от влажности грунта и наличия блуждающих токов

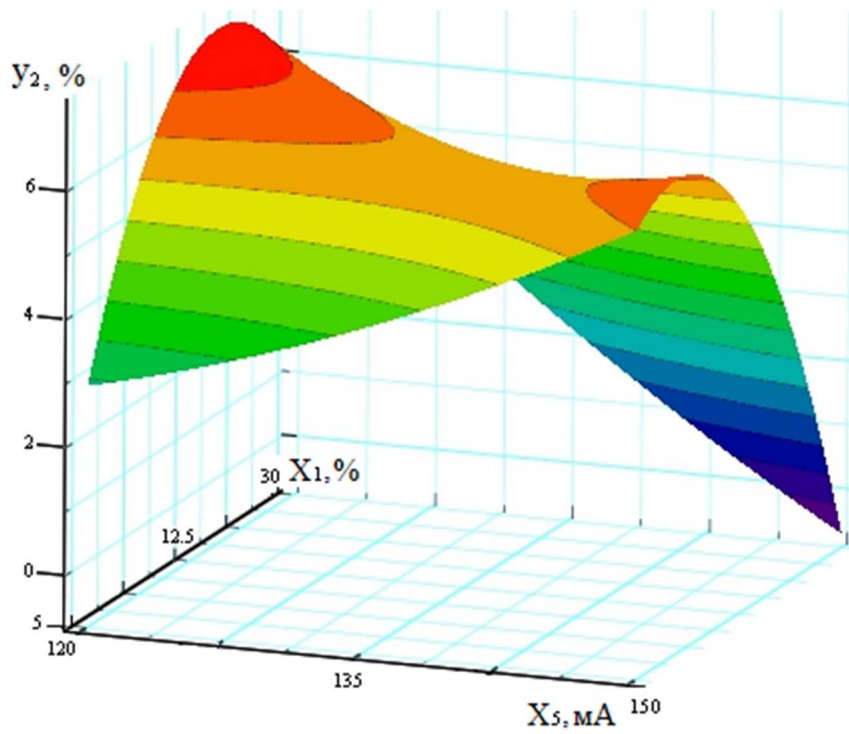


Рисунок 6 – Графическая модель изменения сопротивления растеканию тока ЗУ, в зависимости от влажности грунта и наличия блуждающих токов

Определение состояния элементов ЗУ с помощью уравнения регрессии второго порядка имеет следующие достоинства по сравнению с действующими методиками, приведенными в § 1.2 диссертации:

- использование уравнения регрессии (полученного нами) позволяет снизить количество вскрышных работ над элементами заземлителей и определять состояние этих элементов с приемлемой точностью;
- снижает количество замеров параметров ЗУ и визуальных осмотров;
- снижает трудовые и временные затраты при контроле состояния ЗУ.

Исходными данными для определения состояния ЗУ являются: среднегодовые значения влажности грунта в месте нахождения ЗУ, наличие и величина блуждающих токов, время нахождения элементов ЗУ в эксплуатации и общая масса заземляющих электродов. В зависимости от этих данных определяются потеря массы металла, из которого изготовлены вертикальные и горизонтальные электроды ЗУ, и сопротивление растеканию тока ЗУ.

После определения вышеуказанных параметров для определения состояния ЗУ с помощью уравнений 6 и 7, рассчитываются потеря массы элементов заземлителя и его сопротивление растеканию тока для десяти суток, так как полученные нами коэффициенты регрессии рассчитаны на 240 часов. Учитывая это, необходимо определить **«коэффициент времени»** $k_{в}$ для большего количества времени, поскольку заземляющие электроды в реальных условиях (на подстанциях, в электроустановках и т. д.) в течение года находятся в земле.

Определяем коэффициент времени $k_{в1}$ для расчета потери массы заземляющих электродов и аналогичный коэффициент $k_{в2}$, учитывающий изменение сопротивления растеканию тока ЗУ.

$$k_{в1} = \frac{y^1}{n} \%/\text{сут} \quad (8)$$

$$k_{в2} = \frac{y^2}{n} \%/\text{сут} \quad (9)$$

где $n = 10$ продолжительность эксперимента в сутках.

Для расчета годовых потерь массы заземляющих электродов и изменения сопротивления растеканию тока заземлителя, умножаем значение $k_{в}$ на количество суток нахождения в эксплуатации ЗУ.

$$\Delta m = k_{в1} \cdot T, \% \quad (10)$$

$$\Delta R = k_{в2} \cdot T, \% \quad (11)$$

где Δm – потеря массы электродов, %; ΔR – изменение сопротивления растеканию тока ЗУ, %; T – продолжительность эксплуатации ЗУ, сут.

Предлагаемая методика позволяет определить коррозионность элементов заземлителей и изменения сопротивления растеканию тока ЗУ, находящихся под влиянием влажности грунта и наличия блуждающих токов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В диссертационной работе решена актуальная научно-техническая задача, заключающаяся в определении зависимости коррозионного состояния элементов заземлителя от различных факторов грунта и величины блуждающего тока.

Проведенные экспериментальные исследования позволяют сформулировать следующие основные результаты:

1. На основе теории подобия и моделирования разработана экспериментальная установка, позволяющая исследовать процесс коррозии ЗУ в разных диапазонах факторов, влияющих на ее развитие. Установка защищена патентом на полезную модель.

2. Для исследования процесса коррозии элементов ЗУ разработана математическая модель, основанная на двухфакторном плане второго порядка, с помощью которой установлено, что основными факторами, существенно влияющими на процесс коррозии элементов ЗУ, являются влажность грунта и наличие в нем блуждающих токов.

3. Впервые получены зависимости потери массы металла электродов и изменения сопротивления растеканию тока ЗУ, обусловленные коррозией. При этом установлено, что наибольшее влияние на коррозию оказывает влажность грунта величиной 17–25 %.

4. Разработаны способ и методика определения состояния элементов ЗУ, основанные на измерении косвенных параметров и не требующие проведения вскрышных работ.

5. Результаты исследования используются в процессе изучения студентами Таджикского технического университета имени академика М.С. Осими и Института энергетики Таджикистана дисциплин «Безопасность жизнедеятельности» и «Электробезопасность».

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ ДИССЕРТАЦИИ ОПУБЛИКОВАНЫ В СЛЕДУЮЩИХ РАБОТАХ

Публикация в издании, рекомендуемом ВАК:

1. Сидоров, А.И. Разработка плана отсеивающего эксперимента по исследованию влияния различных факторов на процесс коррозии заземляющих устройств / А.И. Сидоров, **Р.Т. Абдуллоев** // Вестник ЮУрГУ. Серия «Энергетика». – 2016. – Т. 16, № 2. – С. 52–58. DOI: 10.14529/power160207.

Публикация, входящая в систему цитирования Scopus:

2. The electrochemical corrosion processes simulating of grounding devices / **Abdulloev R.T.**, Tryapitsyn A.B., Khanzhina O.A. // 2nd International Conference on Industrial Engineering (ICIE-2016), Chelyabinsk, Russia, 19-20 May, 2016. IEEE Conf. Publ., 2016.

Публикации в других изданиях:

3. **Абдуллоев, Р.Т.** Моделирование заземляющих устройств / Р.Т. Абдуллоев // Материалы VI Международной заочной научно-практической конференции «Энергетика в современном мире». Чита: ЗабГУ, 2013. С. 30–33.

4. **Абдуллоев, Р.Т.** Особенности конструктивного выполнения заземляющих устройств тяговых подстанций [Электронный ресурс] / Р.Т. Абдуллоев, А.Б. Тряпицын, А.И. Сидоров // Наука ЮУрГУ: материалы 66-й научной конференции. Секции технических наук. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2014. – С. 551–554.

5. **Абдуллоев, Р.Т.** Стенд для исследования заземляющих устройств [Электронный ресурс] / Р.Т. Абдуллоев, А.Б. Тряпицын // Материалы LIII международной научно-технической конференции «Достижения науки – агропромышленному производству» / под ред. докт. техн. наук П.Г. Свечникова. – Челябинск: ЧГАА, 2014. – Ч. IV. – С. 98–103.

6. **Абдуллоев, Р.Т.** Факторы, определяющие состояние заземляющих устройств тяговых подстанций / Р.Т. Абдуллоев, С.А. Тропин, В.М. Галеев // Безопасность жизнедеятельности глазами молодежи: сборник материалов III-й Всероссийской конференции (с международным участием) / под ред. А.И. Сидорова. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2014. – С. 5–7.

7. **Абдуллоев, Р.Т.** Особенности работы заземляющих устройств тяговых подстанций / Р.Т. Абдуллоев, А.А. Вершинина // Безопасность жизнедеятельности глазами молодежи: сборник материалов III-й Всероссийской конференции (с международным участием) / под ред. А.И. Сидорова. Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2014. – С. 4–5.

8. **Абдуллоев, Р.Т.** Факторы, влияющие на коррозию заземляющих устройств [Электронный ресурс] / Р.Т. Абдуллоев, А.И. Сидоров, А.Б. Тряпицын // Материалы LIV международной научно-технической конференции «Достижения науки – агропромышленному производству» / под ред. докт. техн. наук П.Г. Свечникова. – Челябинск: ЧГАА, 2015. – Ч. IV. – С. 93–96.

9. **Абдуллоев, Р.Т.** Физическое моделирование элементов заземлителей при учете электромагнитных процессов [Электронный ресурс] / Р.Т. Абдуллоев, А.И. Сидоров // Наука ЮУрГУ: материалы 67-й научной конференции. Секция технических наук. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2015. – С. 467–473.

10. **Абдуллоев, Р.Т.** Планирование эксперимента по исследованию влияния внешних факторов на техническое состояние заземляющих устройств / Р.Т. Абдуллоев, А.И. Сидоров, А.Б. Тряпицын // Электробезопасность. – 2015. – № 2. – С. 38–42.

11. Сидоров, А.И. Обзор компьютерных моделей для анализа состояния заземляющих устройств / А.И. Сидоров, А.Б. Тряпицын,

Р.Т. Абдуллоев // Безопасность жизнедеятельности в третьем тысячелетии: сборник материалов VI-й научно-практической конференции: в 2 т. / под. ред. А.И. Сидорова – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2015. – Т.1. – С. 243–245.

12. Сидоров, А.И. Технические средства для определения состояния заземляющих устройств / А.И. Сидоров, А.Б. Тряпицын, **Р.Т. Абдуллоев** // Безопасность жизнедеятельности в третьем тысячелетии: сборник материалов VI-й научно-практической конференции: в 2 т. / под. ред. А.И. Сидорова – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2015. – Т.1. – С. 245–249.

13. **Абдуллоев, Р.Т.** Исследование влияния температуры грунта на электрические параметры заземлителей в лабораторных условиях [Электронный ресурс] / Р.Т. Абдуллоев, А.И. Сидоров, А.Б. Тряпицын // материалы XI международной научно-практической конференции «Безопасность жизнедеятельности предприятий в промышленно развитых регионах»: Секция 1. Кемерово: КузГТУ. 2015 – С. 3–6.

14. **Абдуллоев, Р.Т.** Исследование влияния водородного показателя грунта на процесс коррозии заземляющих устройств / Р.Т. Абдуллоев, А.И. Сидоров, А.И. Солдатов, А.Б. Тряпицын // Электробезопасность. – 2015. – № 4. – С. 54–63.

15. **Абдуллоев, Р.Т.** Методика и результаты исследования влияния различных факторов на процесс коррозии заземляющих устройств [Электронный ресурс] / Р.Т. Абдуллоев, А.И. Сидоров, А.Б. Тряпицын // Материалы LV международной научно-технической конференции «Достижения науки – агропромышленному производству» / под ред. докт. техн. наук П.Г. Свечникова. – Челябинск: ЮУрГАУ, 2016. – Ч. IV. 92–97.

16. **Абдуллоев, Р.Т.** Экспериментальное исследование влияния блуждающих токов на процесс коррозии заземляющих устройств / Р.Т. Абдуллоев // Сборник тезисов докладов участников XVII отраслевой научно-технической конференции молодых руководителей и специалистов: Секция «Основное производство» Екатеринбург: 2016. – С. 15–16.

17. **Абдуллоев, Р.Т.** Прогнозирование коррозионного состояния заземляющих устройств / Р.Т. Абдуллоев, Н.И. Горбунов // Электробезопасность. – 2016. – № 2. – С. 36–43.

18. Солдатов, А.И. Экспериментальное исследование влияния химических минералов грунта на процесс коррозии заземляющих устройств / А.И. Солдатов, **Р.Т. Абдуллоев** // Электробезопасность. – 2016. № 2. – С. 44–50.

19. **Абдуллоев, Р.Т.** Исследование в лабораторных условиях влияния влажности грунта на процесс коррозии заземляющих устройств / Р.Т. Абдуллоев, А.И. Сидоров, А.И. Солдатов // Электробезопасность. 2016. – № 3. – С. 37–43.

Патент:

20. Установка для исследования влияния факторов окружающей среды и блуждающих токов на процесс коррозии заземляющих устройств (полезная модель): пат. № 161812 Рос. Федерация: МПК G01R 19/45 (2006.01) / **Р.Т. Абдуллоев**, А.И. Сидоров, А.Б. Тряпицын. – № 2015145568/28; заявл. 22.10.2015; опубл. 28.03.2016, Бюл. № 13-2016.– 2 с.

Издательский центр Южно-Уральского государственного университета

Подписано в печать ____ . ____ . 2016. Формат 60x84 1/16. Печать цифровая.
Усл. печ. л. ____ . Уч.-изд. л. ____ . Тираж 100 экз. Заказ _____.

Отпечатано в типографии Издательского центра ЮУрГУ.
454080, г. Челябинск, пр. им. В.И. Ленина, 76.