

## **ОТЗЫВ**

официального оппонента о диссертационной работе Закировой Альфии Резавановны на тему: «Система защиты электротехнического персонала при аддитивном воздействии электрических и магнитных полей», представленной на соискание учёной степени доктора технических наук по специальности 2.10.3. – «Безопасность труда».

### **1. Актуальность темы**

Рост энергообъектов требует значительного повышения напряжений и токов для передачи электроэнергии большой мощности. В связи с эксплуатацией мощных электроустановок возникает ряд проблем, связанных с возрастающим воздействием на электрооборудование (электромагнитная совместимость), окружающую среду и человека (персонала) электромагнитных полей. Учитывая негативное влияние низкочастотных электрических и магнитных полей на электротехнический персонал, обслуживающий энергетические системы, требуется обеспечение безопасности труда. Исследование, измерение и контроль электромагнитных полей являются важными аспектами при решении этой проблемы. Диссертационная работа Закировой А.Р. как раз раскрывает и решает проблему обеспечения безопасности труда электротехнического персонала, а развитие технологий на железнодорожном транспорте делает задачу защиты работников от рассматриваемых вредных факторов особенно актуальной.

### **2. Содержание диссертационной работы**

**Во введении** показана проблема отсутствия методов оценки и контроля электромагнитных полей в диапазоне до 1 кГц. Отмечается актуальность и излагается цель, теоретическая и практическая ценность данной работы. В рамках исследования описана методология и используемые методы, а также показатели достоверности, подтвержденные проведенной апробацией результатов. Кроме того, делается акцент на возможности внедрения полученных результатов и выводов в практику.

**Первая глава** посвящена вопросам безопасности труда. В ней анализируются условия работы и статистика вредного воздействия ЭМП на электротехнический персонал, а также существующая система защиты электротехнического персонала от воздействия электрических и магнитных полей 50 Гц.

**Вторая глава** посвящена ряду важных аспектов, в которых рассматриваются энергетические нагрузки ЭМП; дается обоснование

применения предельно безопасных уровней по среднесменной энергетической нагрузке ЭМП; приводятся исследования влияния электрических и магнитных полей разных частот на биологические объекты; рассматривается разработка устройств для создания энергетической нагрузки ЭМП; дается оценка напряжённости электрического и магнитного полей до 1 кГц в разработанных устройствах; анализируются исследования аддитивного воздействия электрических и магнитных полей на биологические объекты; определяются низкочастотные ЭМП, проникающие внутрь биологических тел; приводится аддитивная дозовая оценка параметров ЭМП на рабочих местах в производственных условиях; даётся оценка аддитивного воздействия электрических и магнитных полей на электротехнический персонал с помощью логико-вероятностной модели.

**Третья глава** представляет собой теоретические исследования, основанные на специально разработанной программе в Python (Пайтен), предназначенной для анализа энергетических характеристик ЭМП в электроподвижном составе. В рамках главы рассматриваются следующие вопросы: определение среднесменных энергетических нагрузок ЭМП в электроподвижном составе; моделирование энергетических характеристик ЭМП в кабине электроподвижного состава; и уравнения регрессионных моделей энергетических характеристик ЭМП в кабине электроподвижного состава, расположенного на однопутной, двухпутной и трёхпутной линиях контактной сети.

**В четвертой главе** рассмотрен анализ безопасности труда: экспериментальные исследования электрических и магнитных полей в электроподвижном составе, описываются результаты экспериментальных исследований, которые подтверждают необходимость совершенствования существующих систем защиты электротехнического персонала.

**Пятая глава** посвящена разработке системы защиты, учитывающей выявленные закономерности изменения электромагнитных полей и предназначенной для использования как на подвижном составе, так и вблизи контактной сети. Проведены аналитические исследования энергетических характеристик электромагнитных полей в электроподвижном составе. На основе исследований показана практика использования категорий вероятности повреждения здоровья персонала при воздействии электромагнитных полей. Разработана система защиты электротехнического персонала при аддитивном воздействии электрических и магнитных полей. Также приведены технические решения, включённые в систему защиты при вредном влиянии этих полей. В рамках работы определена социально-экономическая эффективность внедрения прибора «ИМП УРГУПС-1».

**Заключение** содержит ключевые выводы исследования, подчёркивающие его теоретическую и практическую значимость в области безопасности труда.

### **3. Новизна исследований и полученных результатов**

Научная новизна работы заключается в разработке новых моделей и методик, позволяющих исследовать и контролировать аддитивное воздействие электрических и магнитных полей. Особое внимание уделяется выявлению закономерностей изменения энергетических характеристик ЭМП в зависимости от параметров тяговой сети, а также разработке логико-вероятностной модели, что было выполнено впервые.

### **4. Достоверность и обоснованность положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации**

Достоверность результатов исследования основана на применении методов математического моделирования и теории электромагнитных полей. Описание методов опирается на фундаментальные и прикладные исследования в таких областях, как электроэнергетика, биофизика и электробезопасность, разработанные ведущими учёными, изучавшими влияние электромагнитных полей на биологические объекты. Приводится анализ статистических материалов и авторских методик, а также обобщение собственного практического опыта. Достоверность полученных результатов дополнительно подтверждается сопоставлением данных моделирования электромагнитных полей с результатами, полученными в программе ELCUT. Диссертационная работа подчёркивает важность комплексного подхода к изучению аддитивного влияния электрических и магнитных полей, что имеет важное значение для разработки методов защиты и нормирования в данной области.

### **5. Практическая и теоретическая значимость работы и реализация результатов**

В диссертационной работе представлена разработанная система защиты электротехнического персонала при аддитивном воздействии электрических и магнитных полей. Исследование основано на анализе закономерностей изменения энергетических характеристик ЭМП, а также на разработке математических моделей и методов защиты персонала. Предложен и протестирован в условиях эксплуатации электроподвижного состава метод оценки вероятности повреждения здоровья персонала. Также разработана математическая модель для оценки среднесменной

энергетической нагрузки и методика для оценки, контроля и нормирования воздействия ЭМП в диапазоне частот от 25 Гц до 1 кГц. Одним из результатов работы является проект ГОСТ Р, который определяет категории вероятности повреждения здоровья в зависимости от энергетической нагрузки ЭМП. В диссертации предлагаются и обосновываются методы и устройства защиты персонала, получившие патенты в РФ. Приведённые результаты имеют большое значение для обеспечения безопасности труда электротехнического персонала, подвергающегося аддитивному воздействию электрических и магнитных полей.

#### **6. По диссертации имеются следующие замечания и дискуссионные положения:**

6.1. С 1 января 2021 года девушкам разрешено работать помощниками машиниста. Поясните, как это отражено в методике «Аддитивная дозовая оценка параметров ЭМП на рабочих местах в производственных условиях»?

6.2. В главе 4 не указано, на каких высотах от поверхности земли или пола осуществляются измерения напряжённости электрического поля (ЭП) в контролируемых зонах.

6.3. В работе не прописано, каким образом автор обработал результаты измерений ЭП и МП с учётом погрешности средств измерения.

6.4. На странице 198 не указано, сколько раз в каждой точке проводились измерения для определения точных значений напряжённости ЭП.

6.5. Поясните, каким образом вы выбирали итоговое значение напряжённости ЭП после выполнения трёх измерений?

6.6. Автор правильно пересчитал измеренные значения ЭП и МП на максимальное значение напряжения и тока? Но нет пояснения, с какой целью это осуществлялось.

6.7. Непонятно какое значение автор использовал в качестве окончательного результата измерения — среднее или максимум из полученных значений?

6.8. На странице 257 указано перспективное направление, связанное с использованием устройств с применением искусственного интеллекта. Как вы решили проблему доверия к искусственному интеллекту?

#### **7. Заключение по диссертационной работе**

Диссертационная работа Закировой А.Р. «Система защиты электротехнического персонала при аддитивном воздействии электрических и магнитных полей» является полноценным научно-квалификационным трудом, в котором решается актуальная проблема безопасности труда.

По теме диссертации опубликовано 62 научные работы, включая 20 статей в периодических изданиях, рекомендованных ВАК РФ (из них 17 – по научной специальности: 2 статьи – в квартиле К1, 5 – в К2; 7 публикаций, индексируемых в базе Scopus, из которых одна – в квартиле Q3, одна – в Q4). Зарегистрировано пять патентов РФ на изобретения, одно свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ, две монографии и 27 публикаций (в том числе 20 – по теме диссертации) в иных изданиях.

Содержание диссертации полностью соответствует паспорту специальности 2.10.3. – «Безопасность труда». Автореферат в достаточной мере раскрывает ключевые аспекты и содержание диссертационной работы.

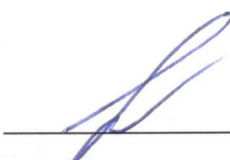
Учитывая вышесказанное, считаю, что данная диссертационная работа соответствует требованиям ВАК РФ, установленным в «Положении о порядке присуждения учёных степеней», и её автор, Закирова Альфия Резавановна, заслуживает присуждения учёной степени доктора технических наук по специальности 2.10.3. – «Безопасность труда».

д-р техн. наук, профессор кафедры  
«Физика» федерального  
государственного автономного  
образовательного учреждения высшего  
образования «Омский государственный  
технический университет»  
644050, г. Омск, пр-т , Мира, д. 11  
Тел.: +7(321)265-22-92,  
+7908-106-60-78  
e-mail: sbiryukov154@mail.ru

 Сергей Владимирович Бирюков  
«03» сентября 2025 г.

Докторская диссертация Бирюкова С.В. защищена по специальности 05.11.01  
«Приборы и методы измерения электрических и магнитных величин».

Подпись Бирюкова С.В., д-ра техн.  
наук, профессора, профессора  
кафедры «Физика», заверяю,  
начальник управления персоналом  
ОмГТУ

 Ю.А. Духовских  
«03» сентября 2025  
