

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 ученой степени доктора технических наук по специальности 2.10.3. – «Безопасность труда».

1. Актуальность темы

Диссертационная работа, представленная Закировой Альфией Резавановной, посвящена актуальной и значимой проблеме обеспечения безопасности труда электротехнического персонала электроподвижного состава (ЭМС) при аддитивном воздействии электрических и магнитных полей (ЭМП) в диапазоне частот до 1 кГц и соответствует мировой тенденции в области защиты от неионизирующих полей. Исследования в этой области имеют большое социальное значение, так как здоровье работников непосредственно связано с условиями труда, обусловленными воздействием электрических и магнитных полей. Учитывая быстрое развитие технологий в сфере железнодорожного транспорта и электроснабжения, вопрос о защите здоровья работников становится особенно важным. Установление безопасных уровней ЭМП в диапазоне до 1 кГц, в условиях аддитивного воздействия, подчёркивает своевременность и необходимость исследования, проведённого автором.

2. Структура и содержание диссертационной работы

Диссертация структурирована логично и последовательно. **Во введении** исследуется проблема обеспечения безопасности труда электротехнического персонала при воздействии электрических и магнитных полей с частотой до 1 кГц. Обоснована актуальность задач диссертационного исследования, уделено внимание отсутствию методов оценки, контроля и нормирования электромагнитных полей до 1 кГц, за исключением частоты 50 Гц. Обоснована вероятность повреждения здоровья электротехнического персонала, что подчёркивает необходимость дальнейшего исследования в обозначенном направлении.

Сформулированы цель, научные положения, выносимые на защиту; отмечены научная значимость, теоретическая и практическая ценность работы, методология и методы исследования, степень достоверности, апробация результатов и внедрение результатов исследования.

В первой главе рассмотрены вопросы безопасности труда электротехнического персонала, связанные с электромагнитными полями до 1 кГц, и практика исследования условий труда по электрическим и магнитным полям, а также представлена статистика публикаций,

рассматривающих вредное воздействие ЭМП на электротехнический персонал. Статистические данные по производственно обусловленной заболеваемости работников подтвердили необходимость разработки и применения системы защиты электротехнического персонала. Проанализирована система защиты персонала в зонах воздействия электрических и магнитных полей с частотой 50 Гц и предложена ее структура для случая аддитивного воздействия ЭМП до 1 кГц. Предложенная система включает новые подходы в методическом, организационном, лечебно-профилактическом и техническом обеспечении, учитывающие аддитивное воздействие на электротехнический персонал электрических и магнитных полей. Наполняемость этой системы зависит от технических характеристик источников ЭМП, которые подлежат дальнейшему исследованию, а также от аспектов безопасности труда электротехнического персонала при воздействии электрических и магнитных полей.

Во второй главе исследуются вопросы безопасности труда электротехнического персонала в условиях воздействия электрических и магнитных полей. С этой целью определена энергетическая нагрузка ЭМП на рабочих местах электротехнического персонала и приведено обоснование применения предельно допустимых уровней. На разработанной установке изучалось влияние энергетической нагрузки ЭМП на биологические объекты. Биологи подтвердили необходимость нераздельной оценки электрической и магнитной составляющих ЭМП на рабочих местах, а учёта их аддитивного воздействия с помощью энергетической нагрузки ЭМП. На основе полученных данных были выполнены теоретические исследования по определению проникающих низкочастотных электромагнитных полей в тело человека.

Подготовлена методика «Аддитивная дозовая оценка параметров ЭМП на рабочих местах», которая позволяет заполнить пробелы в области оценки, контроля и нормирования ЭМП до 1 кГц, а также учитывает аддитивное воздействие электрических и магнитных полей на электротехнический персонал. Согласно предложенной методике, разработаны деревья логико-вероятностных моделей, предназначенные для оценки вероятности повреждения здоровья персонала.

Третья глава посвящена теоретическим исследованиям безопасности труда персонала по энергетическим характеристикам ЭМП в ЭПС. Она содержит описание разработанной программы, включающей математические модели, с помощью которых определяются закономерности изменения энергетических характеристик ЭМП в ЭПС. Программа написана на языке программирования Python. Математическая модель для расчёта энергетических характеристик ЭМП в ЭПС разработана относительно одно-, двух- и трёхпутной линий. Впервые с помощью созданной математической модели определены

закономерности изменения энергетических характеристик ЭМП в ЭПС, которые позволяют учитывать специфику движения ЭПС и аддитивное воздействие электрических и магнитных полей на электротехнический персонал.

В четвертой главе проведён анализ безопасности труда электротехнического персонала на основе экспериментальных исследований электрических и магнитных полей в ЭПС. Для изучения энергетических характеристик ЭМП в ЭПС и подтверждения достоверности полученных теоретических исследований осуществлены эксперименты в производственных условиях, связанных с обслуживанием ЭПС.

Выполненные экспериментальные исследования электрических и магнитных полей переменного тока показали, что:

- уровни электрических и магнитных полей в ЭПС постоянного тока являются допустимыми; вероятность повреждения здоровья персонала подпадает под категорию «малозначимая», в этом случае оценка дополнительных параметров не требуется;

- в ЭПС переменного тока требуются дальнейшие исследования, возникают события, создающие вероятность повреждения здоровья персонала;

- в электроподвижном составе переменного тока, в том числе и грузовом (тяговые агрегаты) присутствуют электрические и магнитные поля, не оцениваемые и не нормируемые в России, что подтверждается экспериментальными исследованиями;

- расхождение между результатами экспериментальных и теоретических исследований составляют не более 5%.

Результаты теоретических и экспериментальных исследований подтвердили и обосновали необходимость доработки существующей системы защиты электротехнического персонала от ЭМП 50 Гц.

Пятая глава посвящена системе защиты электротехнического персонала, учитывающей установленные соискателем закономерности изменения энергетических характеристик ЭМП от параметров тяговой сети, а также новым подходам в методическом, организационном, лечебно-профилактическом и техническом обеспечении, учитывающим аддитивное воздействие электрических и магнитных полей на электротехнический персонал.

Система защиты электротехнического персонала разработана таким образом, что учтена специфика работы электроустановок, поэтому рассмотренные устройства можно использовать как на подвижном составе, так и при работах вблизи контактной сети. Применение этих устройств позволит сохранить здоровье работников и снизить вероятность повреждения здоровья персонала, обусловленного вредным воздействием ЭМП, а также повысить уровень электробезопасности в организации.

В заключении приведены основные выводы и результаты диссертационного исследования.

3. Научные результаты работы и их новизна

1. Впервые установлены закономерности изменения энергетических характеристик ЭМП от параметров тяговой сети, позволяющие обеспечить создание системы защиты электротехнического персонала при аддитивном воздействии электрических и магнитных полей.

2. Для оценки вредного воздействия ЭМП на электротехнический персонал создана логико-вероятностная модель, позволяющая категорировать степень вредного воздействия энергетических характеристик ЭМП.

3. Подготовлен проект ГОСТ Р «Определение вероятности повреждения здоровья электротехнического персонала при аддитивном воздействии электрических и магнитных полей».

4. Впервые разработана и обоснована система защиты электротехнического персонала при аддитивном воздействии электрических и магнитных полей, базирующаяся на энергетических характеристиках ЭМП.

5. Разработаны новые способы и устройства, которые совместно с полученными соискателем закономерностями изменения энергетических характеристик ЭМП от параметров тяговой сети и предложенными нормами формируют систему защиты персонала:

- способ и устройство контроля уровня напряжённости магнитного поля по приведённым уровням высших гармонических составляющих переменного тока;
- устройство для измерения плотности потока энергии электромагнитного поля;
- способ, реализованный в устройстве контроля уровня напряжённости магнитного поля 50 Гц;
- устройство для контроля напряжённости магнитных полей переменного и постоянного токов;
- устройство, позволяющее создавать энергетическую нагрузку ЭМП.

4. Теоретическая и практическая значимость работы

Теоретическая и практическая значимость работы заключается в разработке системы защиты электротехнического персонала при аддитивном воздействии электрических и магнитных полей, включающей закономерности изменения энергетических характеристик ЭМП, математические модели и способы защиты персонала:

1) разработан метод определения вероятности повреждения здоровья электротехнического персонала и опробован относительно ЭПС переменного тока;

2) установлены закономерности изменения параметров ЭМП, позволяющие обеспечить создание системы защиты электротехнического персонала при аддитивном воздействии электрических и магнитных полей;

3) создана математическая модель оценки среднесменной энергетической нагрузки ЭМП, которая позволяет учитывать аддитивное воздействие электрических и магнитных полей на электротехнический персонал, обслуживающий ЭПС;

4) разработана методика оценки, контроля и нормирования аддитивного вредного воздействия на электротехнический персонал электрических и магнитных полей частотой от 25 Гц до 1 кГц;

5) подготовлен проект ГОСТ Р «Определение вероятности повреждения здоровья электротехнического персонала при аддитивном воздействии электрических и магнитных полей»;

6) предложены и обоснованы категории вероятности повреждения здоровья персонала в зависимости от энергетической нагрузки ЭМП, дозы потенциальной энергии облучения, удельной дозы потенциальной поглощённой энергии ЭМП в электроподвижном составе тяговой сети (электровозах постоянного и переменного токов, промышленных электровозах), которые можно использовать при исследовании энергетических характеристик ЭМП на аналогичных рабочих местах;

7) разработаны и обоснованы способы и устройства защиты от вредного воздействия электрических и магнитных полей персонала, защищённые патентами РФ;

8) создано устройство (защищённое патентом РФ), предназначенное для исследования аддитивного вредного воздействия различных уровней энергетической нагрузки низкочастотных ЭМП на биологические объекты.

5. Достоверность и обоснованность положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации

Степень достоверности полученных результатов исследования подтверждается корректным применением методов математического моделирования и теории электромагнитных полей, базирующихся на фундаментальных и прикладных исследованиях в электроэнергетике, биофизике, электробезопасности, разработанных ведущими учёными в области изучения вредного действия ЭМП на биологические объекты, статистических материалах, авторских разработках и обобщении собственного практического опыта. Обеспечивается совпадением результатов моделирования ЭМП с данными, полученными в программе ELCUT.

6. Апробация работы и публикации

Основные результаты работы докладывались и обсуждались на Всероссийских и Международных научно-технических конференциях с 2013 по 2024 года, а также на семинарах докторантов УрГУПС (г. Екатеринбург, 2017 и 2019 гг.) и аналогичных семинарах ЮУрГУ (г. Челябинск, 2019, 2022-2024 гг.).

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

7. Замечания и дискуссионные положения

К диссертационной работе имеются следующие вопросы и замечания:

1. Автор предлагает оценивать аддитивное воздействие разночастотных ЭМП через вектор Умова-Пойнтинга (далее ВУП), называя его «энергетической нагрузкой». Известно, что ВУП описывает плотность потока энергии монохроматической электромагнитной волны в дальней зоне, где поля взаимосвязаны. В ближней же зоне (где работает персонал) электрическое и магнитное поля низкой частоты (50-1000 Гц) не связаны между собой как компоненты бегущей электромагнитной волны. Их воздействие на организм принято считать разным и взаимно независимым. Из работы не ясно, чем обосновывается «объединение» этих составляющих ЭМП в предлагаемой «энергетической» формуле.

2. В разделе 2.3.3 заявлено об «аддитивном воздействии» на планарии и растения. При этом результаты описаны несколько размыто: ...«наблюдается стимулирующее действие»... . В связи с этим возникают следующие вопросы:

- каким образом проводилась статистическая обработка данных?
- получены ли количественные показатели этого «стимулирования»?
- как обосновывается утверждение о том, что «это подтверждает необходимость аддитивной оценки»?

3. Построены гигантские деревья событий и приведены формулы (типа 2.42) с десятком вероятностей ($p(E)$, $p(H)$, $p(z)$...). Однако недостаточно

подробно описано, каким образом получены численные значения этих вероятностей и как обосновывается целесообразность их использования, что требует пояснения.

4. Выявлена серьёзная проблема: персонал подвергается воздействию ненормируемого спектра гармоник, а статистика показывает рост заболеваемости. Однако финальные «технические решения» в главе 5 - это в большей степени патенты на способы и устройства контроля, например, «устройство для измерения энергетической нагрузки» и т.д. Требуется пояснения также, какие технические решения предлагается использовать для защиты от электромагнитных полей.

5. Глава 3 содержит огромные массивы таблиц, поясняющих разработанную программу моделирования энергетических характеристик ЭМП в кабине ЭПС. Было бы целесообразным разместить некоторую их часть в приложении.

6. Утверждения «впервые» для некоторых пунктов (например, патент на устройство для создания переменного магнитного и электрического полей) являются справедливыми. Однако утверждение «впервые разработана система защиты» можно считать преувеличением. Возможно, имелось в виду разработка «концепции» и «методики оценки», а не полноценной системы защиты?

7. В работе присутствуют допущения, требующие пояснений. Во-первых, расчет «статистической вероятности воздействия» основан на 24-часовых сутках, что не соответствует реальным условиям труда (рабочая смена 8-12 часов) и необоснованно завышает расчетные дозы. Во-вторых, работа фокусируется исключительно на производственных источниках ЭМП, полностью игнорируя фоновое воздействие (в т.ч. от Wi-Fi, базовых станций сотовой связи и бытовых электроприборов), что делает оценку суммарной нагрузки на организм неполной и заниженной.

8. В связи с отсутствием в РФ нормативов для частотного диапазона до 1 кГц (кроме 50 Гц) соискателем предпринята попытка «гармонизировать» стандарты ЕС с российскими СанПиН путем введения коэффициентов приведения (0,1 для МП и 0,5 для ЭП). Известно, что нормирование является сложным медико-биологическим процессом, основанном на установлении пороговых уровней вредного воздействия. Однако из работы не ясно, чем обоснован выбор именно этих значений. В диссертации также не поясняется, по какой причине не был использован другой подход, например, основанный на оценке плотности индуцированных токов в тканях организма.

8. Общее заключение по диссертационной работе

Считаю, что несмотря на указанные замечания, диссертация Закировой Альфии Резавановны является законченной научно-квалификационной работой, обладающей признаками актуальности, новизны, теоретической и практической значимости. В диссертационной работе на основании выполненных соискателем исследований предложено новое решение научно-технической проблемы защиты электротехнического персонала при аддитивном воздействии электрических и магнитных полей до 1 кГц. Анализ работы в целом позволяет сделать вывод о том, что её содержание соответствует паспорту специальности 2.10.3. – «Безопасность труда». Автореферат диссертации полно отражает её содержание.

Текст диссертации представляет собой самостоятельную научно-квалификационную работу. Диссертация «Система защиты электротехнического персонала при аддитивном воздействии электрических и магнитных полей» удовлетворяет требованиям, предъявляемым к научно-квалификационным работам на соискание учёной степени доктора технических наук согласно п. 9-11, 13, 14 «Положения о присуждении учёных степеней» (утверждено постановлением правительства РФ от 24 сентября 2013 № 842) с изменениями постановления Правительства РФ от 16.10.2024 г. № 1382 «О внесении изменений в положение присуждения учёных степеней», а её автор Закирова А.Р. заслуживает присуждения учёной степени доктора технических наук по специальности 2.10.3. – «Безопасность труда».

Д-р техн. наук, доцент, ведущий
научный сотрудник, профессор кафедры
«Электрификация производства и быта»
федерального государственного бюджетного
образовательного учреждения высшего
образования «Алтайский государственный
технический университет им. И. И. Ползунова»

Евгений Владимирович Титов

«10» сентября 2025 г.

Адрес: 656062, г. Барнаул, проспект Ленина 46, тел.: (3852) 290882; e-mail: 888tev888@mail.ru

Докторская диссертация Титова Е.В. защищена по специальности 05.20.02 – «Электротехнологии и электрооборудование в сельском хозяйстве».

Подпись Титова Е.В. заверяю

зам. зав. к.т.н. Т.В. Правунова

