

## **ОТЗЫВ**

**Официального оппонента доктора технических наук, профессора  
Кулижникова Александра Михайловича на диссертацию  
Шаповалова Владимира Леонидовича «Диагностика балластного слоя и  
земляного полотна железных дорог методом георадиолокации»,  
представленную на соискание ученой степени доктора технических наук по  
специальности 2.9.2 – «Железнодорожный путь, изыскания и  
проектирование железных дорог»**

### **1. Актуальность темы диссертационного исследования**

Диссертационная работа Шаповалова В.Л. посвящена актуальному вопросу – повышению эксплуатационной надежности элементов железнодорожного пути, для обеспечения безопасных перевозок грузов и пассажиров с учетом увеличения нагрузок на балластный слой и земляное полотно, а также - повышения скоростного режима поездов. На сегодняшний день по статистическим данным длина участков с дефектами земляного полотна на сети железных дорог достигает до 10% от ее общей протяженности. Для обеспечения эксплуатационной надежности элементов пути важное значение отводится развитию систем диагностики и мониторинга, чтобы иметь оперативную полную информацию о состоянии балластного слоя и земляного полотна протяженной сети железных дорог Российской Федерации для принятия решения о назначении состава ремонтных работ.

Основной целью данной работы является создание теоретических основ, разработка и внедрение методов и технологий георадиолокационной диагностики сети железных дорог, позволяющей оценить загрязнение балластного слоя и состояние грунтов земляного полотна. Автор обосновал и создал научные основы разработки по применению непрерывных неразрушающих георадиолокационных методов, технологии скоростного обследования больших объемов и программного обеспечения для решения задач повышения эксплуатационной надежности железнодорожного пути.

На сегодняшний день назрела необходимость наряду с качественными характеристиками балластного пути и земляного полотна перейти на следующую ступень получения количественных показателей, таких как влажность и плотность материалов балластного слоя и грунтов исследуемой среды.

Решение проблемы повышения эксплуатационной надежности сети железных дорог позволяет повысить эффективность перевозок за счет увеличения объема перевозимых грузов и пассажиров, повышения скоростного режима поездов, снижения затрат на содержание и ремонт железных дорог.

Таким образом, актуальность и значимость темы диссертационного исследования не вызывает сомнения. Эффективное решение данной проблемы является актуальной задачей не только для железнодорожной отрасли, но и для экономики страны в целом.

## **2. Научная новизна результатов работы**

Выдвигаемые соискателем теоретические, методологические и практические положения, а также сформулированные в диссертации выводы и предложения, как и результаты исследования, являются новыми.

К научной новизне следует отнести получение по результатам георадиолокационных исследований количественные характеристики исследуемой среды (влажность и плотность грунтов), разработку математических моделей определения георадиолокационными методами засоренности балластного слоя (зависимости диэлектрической проницаемости от засоренности балластного слоя) и оценку достижения максимальной плотности грунтов земляного полотна (зависимость плотности грунтов от диэлектрической проницаемости и отражательной способности) путем анализа их электрофизических характеристик при последовательном уплотнении в процессе строительства.

Получены выражения для определения удельной проводимости среды и влажности материалов слоев с учетом преломления и коэффициента ослабления.

Выведены корреляционные зависимости, связывающие электрофизические и физические свойства материалов слоев и грунтов земляного полотна.

Полученные показатели физических свойств строительных материалов и грунтов, это переход от качественных характеристик к количественным, что можно характеризовать как «подъем на новую ступень» развития и внедрения неразрушающих георадиолокационных методов обследований.

Замечания по представленным теоретическим моделям отсутствуют. Прделана большая и нужная работа, достигнута научная новизна, подтвержденная результатами многочисленных экспериментов.

### **3. Достоверность научных положений, выводов и рекомендаций**

Достоверность результатов исследований и выводов подтверждается применением общепринятых методов классической теории электродинамики математического моделирования и математического анализа, статистической обработки результатов исследований.

Достоверность теоретических выводов и адекватность разработанных Шаповаловым В.Л. теоретических моделей подтверждается результатами многочисленных экспериментальных георадиолокационных работ, полученных как в полевых условиях на натуральных объектах, так и в лабораториях по утвержденным методикам и нормативно-техническим документам. Результаты теоретических исследований по засоренности балластного слоя и определению качественных и количественных характеристик исследуемой среды подтверждены на многих обследуемых железных дорогах (Северо-Кавказская и Крымская железные дороги и др.) на территории Российской Федерации и Казахстана. Только в рамках проектов ремонта и модернизации железнодорожного пути диссертантом обследовано 74 линейных объекта общей протяженностью 728,7 км.

При обработке и интерпретации георадиолокационных результатов использовалось апробированное и сертифицированное программное обеспечение, в том числе включенное в перечень инновационных технологий Министерства Транспорта Российской Федерации. Шаповалов В.Л имеет 4 свидетельства о регистрации разработанных соискателем программ для ЭВМ.

Основные результаты исследований, представленные автором, одобрены более чем на 50 научных конференциях разных уровней, начиная с 2004 года. Достоверность исследований подтверждена также 67 публикациями в ведущих научных журналах и изданиях. Первые публикации по теме диссертации относятся к 2004 году, далее проходило постепенное планомерное увеличение их количества.

Достоверность полученных выводов и рекомендаций не вызывает сомнения.

### **4. Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации**

Положения и выводы диссертации базируются на обобщении результатов исследований, выполненных как в нашей стране, так и за рубежом; на

положениях нормативно-технических документов и анализа имеющихся публикациях; на применении сертифицированного программного обеспечения; на использовании обоснованных методик проведения исследований; на результатах математического моделирования геофизических процессов; на концептуальных положениях диссертанта, которые подтверждаются результатами полевых георадиолокационных обследований участков железнодорожных путей.

Обоснованность научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации, определяется теоретико-методологической аргументированностью, полнотой охвата научных концепций и достижений, выполненным качественным анализом полученных результатов.

Последовательность и логика в изложении текста и структурировании материалов исследования, систематизация результатов исследования позволили автору добиться целостности диссертации и обеспечить аргументированность выводов и положений.

Диссертационное исследование В.Л.Шаповалова концептуально, целостно, построено по следующему методологическому принципу: сформулирована цель и задачи исследований; обоснована актуальность исследований; проанализированы результаты исследований, выполненных до соискателя; сформулированы математические модели происходящих геофизических процессов, выполнена верификация данных моделей на участках железных дорог и в лабораторных условиях; разработано и адаптировано программное обеспечение; оценено состояние железных дорог и определены их качественные и количественные характеристики, в том числе слагающих железнодорожные пути материалов и грунтов; даны рекомендации по назначению видов ремонтных работ; приведено технико-экономическое обоснование эффективности выполнения георадиолокационных обследований.

Вышеописанная методология свидетельствует о полном комплексе выполненных работ, подтверждающих обоснованность научных положений, выводов и рекомендаций.

## **5. Теоретическая и практическая значимость работы**

Заключается в том, что в диссертации обоснованы новые математические модели геофизических процессов, которые могут быть использованы для

определения состояния балластного слоя и грунтов земляного полотна железнодорожного пути.

Научные положения, результаты и выводы по диссертации, а также разработанные в исследовании предложения могут быть использованы при ремонте и текущем содержании железных дорог.

Разработанные методики обследований, алгоритмы и компьютерные программы по обработке георадиолокационной информации могут быть применены для мониторинга и ускоренной оценки технического состояния всей железнодорожной сети Российской Федерации.

Диссертантом создан программно-аппаратный комплекс для скоростного обследования железнодорожного пути, который в автоматическом режиме определяет размеры и загрязнение балластного слоя, влажность и плотность грунтов земляного полотна.

Использование разработанных Шаповаловым В.Л. методик обследований и компьютерных программ позволяет снизить затраты на выполнение ремонтных работ и повысить эффективность содержания железнодорожных путей.

В диссертации представлены четыре справки о внедрении диссертационной работы Шаповалова В.Л. такими организациями, как АО «Фирма ТВЕМА», ООО «ЛОГИС», ТОО «НИИ развития путей сообщения» и проектно-изыскательский институт «Канжелдорпроект – филиала АО «Росжелдорпроект».

Полученные научные результаты могут квалифицироваться, как важные для железнодорожного транспорта научные достижения, имеющие хозяйственное значение.

## **6. Полнота изложения материалов диссертации в открытой печати**

Материал диссертации достаточно полно представлен в опубликованных работах.

Результаты исследований приведены в 67 публикациях в ведущих научных журналах и изданиях, из них 17 опубликованы в изданиях, рекомендуемых ВАК Минобрнауки Российской Федерации, и 20 работ – в изданиях, индексируемых в базах данных Scopus и Web of Science, получен 1 патент на изобретение, 6 патентов на полезную модель и 4 свидетельства о регистрации программы для ЭВМ.

## **7. Оценка содержания диссертации, ее завершенность**

Диссертация состоит из введения, пяти глав, основных результатов и выводов. Общий объем диссертации составляет 396 страниц, включая 331 страницу основного текста, 159 рисунков, 38 таблиц и 4 приложения. Список литературы включает 343 наименования отечественных и зарубежных авторов.

Содержание и структура диссертации соответствуют поставленным целям исследования, методологии изложения материала диссертационной работы, критерию внутреннего единства, что подтверждается наличием последовательного плана исследования.

*В первой главе* рассмотрены методы диагностики элементов путевой инфраструктуры. Описано состояние вопроса, в том числе по применению геофизических методов при диагностике балластного слоя и земляного полотна, выделены преимущества использования георадиолокационного метода, рассмотрены аппаратные и программные средства метода георадиолокации.

*Во второй главе* приведены теоретические подходы к получению качественных и количественных характеристик исследуемой среды, распространению импульсного СВЧ-излучения в многослойных инженерных конструкциях. Рассмотрены электрофизические параметры сред и физические свойства материалов многослойных конструкций, вопросы формирования отраженных лучей на границах раздела разных конструктивных слоев, способы учета угловой расходимости электромагнитного излучения при отражении от разных материалов, методика тарировки георадиолокационной аппаратуры, методика количественной обработки георадиолокационных данных.

*В третьей главе* представлены алгоритмы и методики диагностики элементов путевой инфраструктуры. Описаны режимы проведения георадиолокационной диагностики объектов транспортной инфраструктуры, методика георадиолокационного обследования балластного слоя (определение толщины и засоренности), методика георадарных работ при обследовании земляного полотна (выявление ослабленных зон и определение влажности грунтов), применение метода георадиолокации при строительстве земляного полотна (определение плотности и влажности грунтов), обследование железнодорожного пути в тоннелях, вопросы комплексирования обследований на базе георадиолокационного метода.

*В четвертой главе* рассмотрен программно-аппаратный комплекс георадиолокационной диагностики железнодорожного пути. Детально

представлена технология получения, хранения и обработки георадиолокационной информации в программных комплексах Geo\_offline\_x64, «ИНТЕГРАЛ» и GeoScan-32». Приведены выходные формы данных и описана методика контроля качества ремонта железнодорожного пути с применением указанных комплексов.

*В пятой главе* приведены многочисленные примеры применения методик и алгоритмов на многочисленных объектах железнодорожного транспорта. Рассмотрены примеры обследования балластного слоя и грунтов земляного полотна, оползневых склонов, железнодорожного пути в тоннелях и самого тоннеля. Приведены критерии соответствия толщины и засоренности балластного слоя, выявления ослабленных зон и неоднородных включений в материалах и грунтах.

С учетом полного комплекса: описания состояния вопроса; теоретического моделирования георадиолокационных процессов; проведения обследований как на железнодорожных путях, так и в лабораторных условиях; внедрения результатов исследований; разработка и внедрение программ обработки радарограмм: представленных практических рекомендаций и технико-экономического обоснования, - можно сделать заключение о завершенности диссертационной работы.

## **8. Соответствие диссертации паспорту научной специальности**

Диссертация Шаповалова В.Л. соответствуют паспорту научной специальности 2.9.2 – Железнодорожный путь, изыскание и проектирование железных дорог:

п.3 – Закономерности изменения технического состояния пути и его элементов. Диагностика железнодорожного пути. Критерии оценки его технического состояния. Мониторинг состояния пути. Аппаратура и системы контроля;

-п.5. - Методы исследования, испытаний и моделирования железнодорожного пути и процессов его взаимодействия с подвижным составом.

-п.11. - Методы и средства изысканий и проектирования железных дорог. Оценивание проектных решений по комплексному и частным критериям эффективности.

## 9. Замечания по диссертации

Анализируя исследования Шаповалова В.Л., можно сделать некоторые замечания, которые носят более рекомендательный, чем критичный характер:

- к сожалению, соискатель в I главе четко не определил, что сделано до него в теоретических и практических исследованиях балластного слоя и земляного полотна железнодорожного пути. При этом, личный вклад диссертанта раскрыт только в отдельном разделе (стр. 21-23), а не вытекает из приведенного текста диссертационной работы, например, по главам 1-3.

Более того в упомянутой главе не проанализированы и не сопоставлены работы, выполненные в смежной автодорожной отрасли ФАУ «РОСДОРНИИ» при обследовании дорожной одежды и грунтов земляного полотна, в том числе введенные в действие такие нормативно-технические документы, как национальные стандарты ГОСТ Р 58349-2019 «Дороги автомобильные общего пользования. Дорожная одежда. Методы измерения толщины слоев дорожной одежды» и ГОСТ Р 59918-2021 «Дороги автомобильные общего пользования. Нежесткие дорожные одежды. Методики оценки прочности», отраслевые дорожные методики ОДМ 218.3.075-2016 «Рекомендации по контролю качества выполнения дорожно-строительных работ методом георадиолокации» и «Методические рекомендации по применению георадаров при обследовании дорожных конструкций». Министерство транспорта Российской Федерации. Государственная служба дорожного хозяйства Российской Федерации (РОСАВТОДОР), М.: 2003 и другие публикации по данному вопросу. Диссертационная работа на соискание ученой степени доктора технических наук А.Г. Батраковой (Украина, 2014 г.) на тему «Методология мониторинга дорожных одежд нежесткого типа с применением георадиолокационных технологий» не рассмотрена;

- стилистика написания I главы диссертации в большей степени напоминает учебное пособие (оценено общее состояние вопроса, перечислено что сделано), чем диссертационную работу, которая должна анализировать и обобщать опыт ранее выполненных исследований (в том числе коллег из своей же организации), выделять достижения и недостатки, оценивать нерешенные вопросы и определять необходимые направления исследований соискателя;

- соискателем введены новые термины, например, таких как «аномалии в грунтовой среде», «аномальных областей земляного полотна», «аномальная влажность», «прямое зондирование», «расстройство пути» т.д., которые можно



заменить известными терминами в нормативно-технической документации, например, «ослабленные зоны в грунте», «неоднородные включения в грунте», «неоднородность по влажности», «неоднородность по плотности», «переувлажненные грунты», «разуплотненные грунты», «бурение скважин», «разрушающие методы контроля», «снижение несущей способности пути» и т.д. По озвученной терминологии возникают вопросы: как измерить аномальную влажность, какая влажность является аномальной, как оценить расстройство пути, по какому критерию это сделать. Действующими государственными стандартами определен перечень технических терминов, характеризующий свойства грунтов и методику их определения. К терминологии, особенно на стадии докторской диссертации, надо подходить строже. Не следует вводить без должного обоснования новые термины, если их можно заменить уже общепринятыми терминами с известной методикой измерений, которые определены стандартами и нормативными документами;

- выполненные исследования базируются на импульсных георадарах (в лучшем случае двухчастотных), в то время как на первые позиции за рубежом и в Российской Федерации выходят мультичастотные и линейночастотные георадары, которые выполняют исследования в диапазоне изменяющихся частот. Отношение диссертанта к таким конструкциям георадаров и их применению на железных дорогах не просматривается в содержании диссертационных исследований. На сегодняшний день стали применяться при обработке и интерпретации радарограмм нейронные сети, позиция соискателя по отношению к ним не определена;

- в диссертационной работе фигурирует влажность грунта в %, но в большинстве случаев не понятно о какой влажности идет речь: о влажности по массе или влажности по объему, которая определяется георадиолокационными методами. Например, на стр. 88 диссертации написано «песок с влажностью 22 %», или на стр. 104 «песок с влажностью 21,7 %», следует сказать, что такое количество влаги по массе в природных условиях песок просто не может содержать. Термин объемная влажность появился только на 212 стр. диссертации в формуле 3.67;

- в работе фигурирует засорение (загрязнение) щебеночного слоя балластной призмы щебеночной пылью и отсевом, мелким песком, в то время как существует загрязнение горюче-смазочными материалами (маслами, битумами и гудронами), а вот об этом загрязнении речь не идет, в то время как,

например, на автомобильных дорогах загрязнение асфальтобетона горюче-смазочными материалами приводит к необходимости замены загрязненного слоя. Более того загрязнение балластного слоя горюче-смазочными материалами, оказывает влияние на диэлектрическую проницаемость и погрешность оценки загрязнения щебеночной пылью, отсевом и мелким песком;

- таблица 3.5 (стр. 130) приведены, полученные нужные и важные эмпирические зависимости, однако граница их использования не указаны, для каких пределов высот подъема антенны и для какого диапазона влажности они могут быть применены. Упомянутое ограничивает их использование на практике, так как выход за границы исследованной соискателем области при применении зависимостей приводит к неожиданным результатам;

- по диссертационной работе не удалось определить количество требуемых прямых измерений на 1 км пути. Понятно, что количество измерений зависит от решаемой задачи и состояния железнодорожного пути, в то время как пределы изменений количества прямых измерений не рекомендованы;

- точность оценки диэлектрической проницаемости методом гипербола в диссертационной работе не определена, что может оказать существенное влияние на погрешность установления плотности грунтов. В нормативно-технической дорожной документации качество уплотнения каменных материалов и грунтов оценивается коэффициентом уплотнения, который в диссертационной работе также не оценивается;

- относительно читаемости рисунков. На железных дорогах небольшие продольные уклоны, тем не менее многие рисунки с геологическими разрезами воспринимались бы, по-другому, если бы поверхность пути была воспроизведена по высотным отметкам, а не горизонтальной линией. То же можно сказать и о масштабировании, например, два разреза на рис. 4.14 (стр. 259) приведены в разных масштабах по вертикали, что усиливает полученный зрительный эффект, а будет ли он таким на самом деле. Целесообразно представить в одном масштабе.

Тем не менее отмеченные недостатки не снижают теоретическую и практическую значимость и ценность диссертационной работы в целом.

## **10. Заключение**

Диссертация Шаповалова Владимира Леонидовича на тему «Диагностика балластного слоя и земляного полотна железных дорог методом

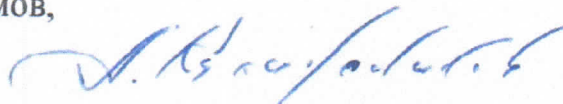
георадиолокации», представленная на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 2.9.2 Железнодорожный путь, изыскание и проектирование железных дорог, является самостоятельной, завершенной научно-квалификационной работой, выполненной на высоком уровне, в которой приведены новые теоретические и практические результаты, вносящие значительный вклад в развитие методов оценки технического состояния балластного слоя и земляного полотна железнодорожного пути, использование которых вносит значительный вклад в развитие системы мониторинга железнодорожного пути, позволяет повысить безопасность и надежность перевозочного процесса, что обуславливает актуальность полученных результатов.

Диссертация соответствует критериям «Положения о порядке присуждения ученых степеней» (постановление Правительства РФ № 842 от 24.09.2013 г.). Указанное выше позволяет считать, что автор диссертации – Шаповалов Владимир Леонидович – заслуживает присуждение ученой степени доктора технических наук по специальности 2.9.2 Железнодорожный путь, изыскание и проектирование железных дорог.

### **Официальный оппонент**

Официальный оппонент: начальник  
управления методов проектирования  
автомобильных дорог ФАУ «Российский  
дорожный научно-исследовательский  
институт» (РОСДОРНИИ)

доктор технических наук по специальности 05.23.11 – Строительство  
автомобильных дорог и аэродромов,  
профессор



Кулижников Александр Михайлович

ФАУ «Российский дорожный научно-исследовательский институт»  
(РОСДОРНИИ)

125493, Россия, г. Москва, ул. Смольная, д. 2

Тел.: 8(915) 231-89-07, электронный адрес: [KulizhnikovAM@rosdornii.ru](mailto:KulizhnikovAM@rosdornii.ru)

Подпись А.М. Кулижникова заверяю:

Начальник отдела кадров ФАУ «РОСДОРНИИ»



Куперина С.И.

08.12.2012 г.