

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА

44.2.005.01, созданного на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Ростовский государственный университет путей сообщения» (РОСЖЕЛДОР), по диссертации на соискание ученой степени доктора наук аттестационное дело № \_\_\_\_\_

решение диссертационного совета от 23.12.2022 № 14

О присуждении Шаповалову Владимиру Леонидовичу, Российская Федерация, ученой степени доктора технических наук.

Диссертация «Диагностика балластного слоя и земляного полотна железных дорог методом георадиолокации» по специальности 2.9.2 – Железнодорожный путь, изыскание и проектирование железных дорог принята к защите 12.09.2022 г. (протокол заседания № 9) диссертационным советом 44.2.005.01, созданным на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Ростовский государственный университет путей сообщения» (РОСЖЕЛДОР), далее – ФГБОУ ВО РГУПС, 344038, г. Ростов-на-Дону, пл. Ростовского Стрелкового Полка Народного Ополчения, д. 2. (Приказ Минобрнауки РФ № 561/нк от 03.06.2021).

Соискатель Шаповалов Владимир Леонидович, 04 октября 1980 года рождения, в 2003 году окончил с отличием строительный факультет Ростовского государственного университета путей сообщения (РГУПС) по специальности «Строительство железных дорог, путь и путевое хозяйство». В 2006 году Шаповалов Владимир Леонидович защитил в диссертационном совете РГУПС диссертацию «Совершенствование метода георадиолокационной диагностики в системе мониторинга железнодорожного пути» на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.22.06 – «Железнодорожный путь, изыскание и проектирование железных дорог». С 2007 года и по настоящее время работает по совместительству в должности доцента кафедры «Путь и путевое хозяйство». С 2016 года принят на должность ведущего инженера научно-образовательного центра «Диагностика объектов инженерной инфраструктуры» НИЧ ФГБОУ ВО РГУПС. С 2017 года и по настоящее время работает в должности старшего научного сотрудника научно-образовательного центра «Диагностика объектов инженерной инфраструктуры» НИЧ ФГБОУ ВО РГУПС.

Диссертация выполнена на кафедре «Путь и путевое хозяйство» ФГБОУ ВО РГУПС.

Научный консультант – Явна Виктор Анатольевич, доктор физико-математических наук, профессор кафедры «Физика» ФГБОУ ВО РГУПС.

Официальные оппоненты: Ашпиз Евгений Самуилович, доктор технических наук, доцент, заведующий кафедрой «Путь и путевое хозяйство» ФГАОУ ВО «Российский университет транспорта» (МИИТ), г. Москва; Кулижников Александр Михайлович, доктор технических наук, профессор, начальник управления методов проектирования автодорог ФАУ «Российский дорожный научно-исследовательский институт» (РОСДОРНИИ), г. Москва; Певзнер Виктор Ошеревич, доктор технических наук, профессор, главный научный сотрудник научного центра «Путевая инфраструктура и вопросы взаимодействия колесо-рельс» АО «Научно-исследовательский институт железнодорожного транспорта» (АО «ВНИИЖТ»), г. Москва – дали положительные отзывы на диссертацию.



Ведущая организация – ФГБОУ ВО «Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I» (ФГБОУ ВО ПГУПС), г. Санкт-Петербург, в своем положительном заключении, подписанном Колосом Алексеем Федоровичем, заведующим кафедрой «Строительство дорог транспортного комплекса» ФГБОУ ВО ПГУПС, кандидатом технических наук, доцентом, Блажко Людмилой Сергеевной, первым проректором – проректором по учебной работе ФГБОУ ВО ПГУПС, профессором кафедры «Железнодорожный путь», доктором технических наук и утвержденным Титовой Тамилей Семеновной, доктором технических наук, профессором, первым проректором – проректором по научной работе ФГБОУ ВО ПГУПС указала, что диссертация Шаповалова В.Л. «Диагностика балластного слоя и земляного полотна железных дорог методом георадиолокации» является завершенной научно-квалификационной работой, выполненной автором самостоятельно на высоком уровне, в которой содержатся новые научные результаты и технологические решения в области прогнозирования предотказных состояний железнодорожного пути на основе развития метода георадиолокационной диагностики балластного слоя и земляного полотна, которые можно квалифицировать как важные научные достижения, а их практическое внедрение – как имеющее важное хозяйственное значение для железнодорожного транспорта. Диссертация соответствует критериям, которым должны отвечать диссертации на соискание ученых степеней пп. 9-14 «Положения о присуждении ученых степеней», а автор, Шаповалов Владимир Леонидович, заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук по специальности 2.9.2 – «Железнодорожный путь, изыскание и проектирование железных дорог».

Соискатель имеет 94 научные работы, в том числе, по теме диссертации опубликовано 67 работ, из них 17 работ опубликованы в изданиях, рекомендованных ВАК Минобрнауки РФ 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.

Все публикации достаточно полно отражают основные результаты исследований и посвящены проблемам развития средств и методов диагностики и мониторинга железнодорожного пути. Решены вопросы создания новых методик получения качественных и количественных характеристик балластного слоя и земляного полотна. Имеются ссылки на авторов и источники заимствования.

Основные публикации:

1. **Shapovalov, V.** GPR method for continuous monitoring of compaction during the construction of railways subgrade / Shapovalov, V., Vasilchenko, A., Yavna, V., Kochur, A. // Journal of Applied Geophysics, 2022, 199, 104608.

2. **Шаповалов, В. Л.** Оценка равномерности уплотнения грунтов земляного полотна при строительстве методом георадиолокации / В. Л. Шаповалов // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2021. – № 3(83). – С. 157–170.

3. **Шаповалов, В. Л.** Применение метода георадиолокации при обследовании тоннелей / В. Л. Шаповалов // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2020. – № 2 (78). – С. 132–143.

4. **Shapovalov, V.** Application of GPR for determining electrophysical properties of structural layers and materials / V. Shapovalov, V. Yavna, A. Kochur, Z. Khakiev, S. Sulavko, Ph. Daniel, A. Kruglikov // Journal of Applied Geophysics 172 (2020) 103913.



5. **Shapovalov, V. L.** GPR calibration for determining the electrophysical properties of soil structural layers [Тарировка георадаров для определения электрофизических свойств грунтовых конструктивных слоев] / V. L. Shapovalov, A. V. Morozov, A. A. Vasilchenko, M. V. Okost, V. A. Yavna // Engineering and Mining Geophysics. – 2020.

6. **Shapovalov, V. L.** GPR method for studying the drainage properties of sand layers [Георадиолокационный метод исследования дренирующих свойств песчаных слоев] / V. L. Shapovalov, A. V. Morozov, A. A. Vasilchenko, M. V. Okost, V. A. Yavna // Engineering and Mining Geophysics. – 2020.

7. Каспржицкий, А. С. Динамические характеристики и устойчивость земляного полотна в условиях тяжеловесного движения / А. С. Каспржицкий, Г. И. Лазоренко, **В. Л. Шаповалов**, М. В. Окост, А. В. Морозов, В. А. Явна // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2019. – № 2(74). – С. 104–123.

8. **Shapovalov, V. L.** GPR method for studying the drainage properties of sand layers [Георадиолокационный метод исследования дренирующих свойств песчаных слоев] / V. L. Shapovalov, A. V. Morozov, A. A. Vasilchenko, M. V. Okost, V. A. Yavna // Engineering and Mining Geophysics. – 2020.

9. **Shapovalov, V. L.** GPR-based moisture content determination in the ground construction layers during the construction of subgrades / V. L. Shapovalov, M. V. Okost, A. A. Vasilchenko, V. A. Yavna // 15<sup>th</sup> Conference and Exhibition Engineering and Mining Geophysics-2019. – Gelendzhik, 2019. – P. 124–130.

10. **Shapovalov, V. L.** GPR evaluation of homogeneity of soil properties in linear objects / V. L. Shapovalov, A. V. Morozov, V. A. Yavna, A. A. Vasilchenko // 15<sup>th</sup> Conference and Exhibition Engineering and Mining Geophysics – 2019. – Gelendzhik, 2019. – P. 582–592.

11. Khakiev, Z. B. GPR tracing of engineering communications / Z. B. Khakiev, **V. L. Shapovalov**, V. A. Yavna, K. M. Ermolov // 15<sup>th</sup> Conference and Exhibition Engineering and Mining Geophysics 2019. – Gelendzhik, 2019. – P. 116–123.

12. Khakiev, Z. Application of GPR for mapping of underground utilities : A review / Z. Khakiev, G. Lazorenko, **V. Shapovalov**, V. Yavna // 15<sup>th</sup> Conference and Exhibition Engineering and Mining Geophysics – 2019. – Gelendzhik, 2019. – P. 610–620.

13. **Шаповалов, В. Л.** Георадиолокационный метод диагностики грунтов при строительстве земляного полотна / В. Л. Шаповалов, А. В. Морозов, М. В. Окост, А. А. Васильченко, В. А. Явна // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2018. – № 4(72). – С. 120–127.

14. **Шаповалов, В. Л.** Подходы к определению плотности грунтов земляного полотна георадиолокационным методом при его строительстве / В. Л. Шаповалов, В. А. Явна, М. В. Окост, З. Б. Хакиев, А. В. Морозов // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2018. – № 1(69). – С. 100–110.

15. **Шаповалов, В. Л.** Контроль плотности грунтов земляного полотна методом георадиолокации / В. Л. Шаповалов, М. В. Окост, В. А. Явна, А. В. Морозов, А. А. Васильченко // Путь и путевое хозяйство. – 2018. – № 9. – С. 7–13.

16. Khakiev, Z. B. Methods for estimating the damping of an electromagnetic wave from the GPR data/ Z. B. Khakiev, **V. L. Shapovalov**, V. A. Yavna, M. V. Okost, A. A. Kruglikov // Engineering and Mining Geophysics – 2018: 14<sup>th</sup> Conference and Exhibition. – 14. – 2018.

17. **Shapovalov, V. L.** GPR method for determining the density of soils during the construction of a roadbed / V. L. Shapovalov, Z. B. Khakiev, V. A. Yavna, A. V. Morozov // Engineering and Mining Geophysics – 2018 : 14<sup>th</sup> Conference and Exhibition. – 14. – 2018.



18. **Шаповалов, В. Л.** Инженерные решения по повышению устойчивости верхнего строения железнодорожного пути / В. Л. Шаповалов, В. А. Явна, К. М. Ермолов, А. А. Кругликов, М. В. Окост, З. Б. Хакиев // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2017. – № 4(68). – С. 119–135.
19. Yavna, V. A. GPR survey of structural layers of a road tunnel carriageway / V. A. Yavna, K. M. Ermolov, **V. L. Shapovalov**, M. V. Okost, A. V. Morozov // Engineering Geophysics – 2017. – 13. – 2017.
20. Yavna, V. A. GPR monitoring of the process of strengthening the railway track ballast with a polymer binder / V. A. Yavna, A. A. Kruglikov, Y. M. Ermolov, **V. L. Shapovalov** // Engineering Geophysics – 2017. – 13. – 2017.
21. **Shapovalov, V. L.** The amplitude-frequency analysis of radarograms at layer-by-layer scanning of subsurface spaces / V. L. Shapovalov, M. V. Okost, A. V. Morozov // 12<sup>th</sup> Conference and Exhibition Engineering Geophysics – 2016. – 2016. – P. 211–218.
22. Kruglikov, A. A. Study of the application of binders on the railway ballast in the organization of the route section with variable rigidity / A. A. Kruglikov, Y. M. Ermolov, **V. L. Shapovalov**, V. A. Yavna // 12<sup>th</sup> Conference and Exhibition Engineering Geophysics. – 2016. – P. 497–507.
23. Явна, В. А. Определение засоренности балластного материала железнодорожного пути методом георадиолокации / В. А. Явна, **В. Л. Шаповалов**, А. В. Морозов, К. М. Ермолов // Инженерные изыскания. – 2015. – № 10–11. – С. 60–65.
24. **Шаповалов, В. Л.** Оптимизация ремонтов пути с глубокой очисткой балласта / В. Л. Шаповалов, А. В. Морозов, К. М. Ермолов, В. А. Явна // Путь и путевое хозяйство. – 2015. – № 12. – С. 25–30.
25. Khakiev, Z. B. Restoration of the spatial structure of engineering objects by GPR / Z. B. Khakiev, **V. L. Shapovalov**, A. N. Sukhomlinov, A. A. Agapov // Geophysics-2015 : 11<sup>th</sup> EAGE International Scientific and Practical Conference and Exhibition on Engineering and Mining Geophysics 11. – 2015. – С. 42DUMMY.
26. Yavna, V. A. Application of microwave methods for the determination of ballast material clogging / V. A. Yavna, **V. L. Shapovalov**, A. V. Morozov, K. M. Ermolov // Geophysics-2015 : 11<sup>th</sup> EAGE International Scientific and Practical Conference and Exhibition on Engineering and Mining Geophysics – 11. – 2015. – P. 33DUMMY.
27. Явна, В. А. Оценка динамического воздействия подвижного состава на объекты железнодорожной инфраструктуры / В. А. Явна, А. А. Кругликов, З. Б. Хакиев, **В. Л. Шаповалов**, М. В. Окост, А. В. Морозов // Вестник Института проблем естественных монополий: Техника железных дорог. – 2014. – № 2(26). – С. 33–35.
28. Khakiev, Z. Investigation of long term moisture changes in trackbeds using GPR / Z. Khakiev, **V. Shapovalov**, A. Kruglikov, A. Morozov, V. Yavna // Journal of Applied Geophysics. – 2014. – Т. 110. – С. 1–4.
29. Khakiev, Z. GPR determination of physical parameters of railway structural layers / Z. Khakiev, **V. Shapovalov**, A. Kruglikov, V. Yavna // Journal of Applied Geophysics. – 2014. – Т. 106. – С. 139–145.
30. Кругликов, А. А. Оценка динамического воздействия подвижного состава на высокие насыпи / А. А. Кругликов, Г. И. Лазоренко, З. Б. Хакиев, **В. Л. Шаповалов**, А. В. Морозов, В. А. Явна // Путь и путевое хозяйство. – 2013. – № 5. – С. 19–23.
31. **Shapovalov, V. L.** GPR method for determining the physical parameters of the construction layers of roads and railways / V. Shapovalov, V. Vostrov, A. Kasprzhitsky, V. Yavna // Geophysics-2013 : 9<sup>th</sup> EAGE International Scientific and Practical Conference and Exhibition on Engineering and Mining Geophysics. – 9. – 2013.



32. Явна, В. А. Этапы проектирования интеллектуальной системы мониторинга объектов транспортной инфраструктуры / В. А. Явна, А. С. Каспржицкий, А. А. Кругликов, Г. И. Лазоренко, З. Б. Хакиев, **В. Л. Шаповалов** // Управление большими системами: сборник трудов. – 2012. – № 38. – С. 105–120.

33. Khakiev, Z. B. GPR method for determining the electrical properties of soils / Z. B. Khakiev, A. V. Morozov, **V. L. Shapovalov**, V. A. Yavna // Near Surface Geoscience. – 2012.

34. Кругликов, А. А. Диагностика объектов транспортной инфраструктуры методом георадиолокации / А. А. Кругликов, К. Ю. Кислица, **В. Л. Шаповалов**, А. В. Морозов, В. А. Явна // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2011. – № 4(44). – С. 148–154.

35. Воробьев, В. Б. Диагностика балластного слоя георадиолокационным методом / В. Б. Воробьев, В. И. Колесников, А. В. Морозов, **В. Л. Шаповалов**, В. А. Явна // Путь и путевое хозяйство. – 2011. – № 8. – С. 2–8.

36. Морозов, А. В. Количественная обработка георадиолокационных данных / А. В. Морозов, А. А. Кругликов, К. Ю. Кислица, **В. Л. Шаповалов**, В. А. Явна // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2011. – № 3(43). – С. 98–107.

**На диссертацию и автореферат поступили отзывы:**

– **ведущей организации** – ФГБОУ ВО «Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I». Отзыв положительный. Замечания: **1.** В цели работы заявлена разработка технологии диагностики локальных и протяженных участков железных дорог, в то время как название диссертационного исследования касается исключительно балластного слоя и земляного полотна. **2.** В качестве нового научного результата (научная новизна) в п. 4 автор приводит «создание программных продуктов для обработки и интерпретации георадиолокационной информации с автоматическим получением диагностической информации о состоянии балластного слоя и земляного полотна», что не является научной новизной исследования, а скорее относится к практической значимости работы. **3.** По аналогичной причине георадиолокационный программно-аппаратный комплекс не может являться положением, выносимым на защиту (п. 3 Положений, выносимых на защиту на стр. 17 диссертации и на стр. 9 автореферата). **4.** Автор неоднократно в работе приводит термин «конструктивные слои железнодорожного пути», например, в п. 2 научной новизны. Неясно, какие конструктивные слои имеет в виду автор, поскольку в конструкцию железнодорожного пути входят также и искусственные сооружения. **5.** В разделе 1.1 «Общие сведения» целесообразно было бы привести актуальные данные о состоянии балластного слоя и земляного полотна на сети железных дорог ОАО «РЖД», как оно изменилось за последние годы. Это подчеркнуло бы актуальность темы исследования. **6.** Тема работы связана с диагностикой балластного слоя и земляного полотна. В этой связи информация, относящаяся к диагностике искусственных сооружений и приведенная в диссертации, является излишней. **7.** В работе в приведенных выражениях используется параметр  $p$ , который трактуется по-разному: либо коэффициент затухания, либо коэффициент ослабления, что создает сложность в понимании его физического смысла. **8.** В названии заголовка пункта 2.4.3 указана влажность 21 %, далее по тексту 21,7%. **9.** Автору следовало привести полный перечень нормативных документов, в которых нашли отражения результаты исследований. **10.** По тексту диссертации имеется незначительное количество орфографических и пунктуационных ошибок, например, в первом абзаце на стр. 15.



– **официального оппонента** – Ашпиза Евгения Самуиловича, д.т.н., доцента, заведующего кафедрой «Путь и путевое хозяйство» ФГБОУ ВО РУТ(МИИТ) (г. Москва). Отзыв положительный. Замечания: **1.** В диссертации представлены материалы по применению георадиолокационного метода шире, чем сформулировано в цели и задачах исследования. Так, п.3.4 посвящен его применению при строительстве земляного полотна, а п.п. 3.5 и 5.3 обследованию основания железнодорожного пути в тоннелях и состоянию бетонных конструктивных слоев, п. 3.7 отражает комплекс методов для обследования различных деформаций земляного полотна, а п. 5.4 комплексное обследование грунтов оползнеопасного склона. Эти материалы, с нашей точки зрения, являются лишними для данного исследования и могли быть исключены без ущерба для работы. **2.** Верификация результатов теоретических исследований, алгоритмов и методик в исследовании выполнялась, в том числе, лабораторным методом, который занимает одно из центральных мест в работе, но сами лабораторные исследования представлены очень сжато, отсутствуют материалы по планированию лабораторного эксперимента, методики его проведения, параметры моделей. С нашей точки зрения эти материалы могли бы быть сконцентрированы в одном разделе, чтобы только украсило работу. **3.** В п. 1.6 диссертант делает сравнение различных методов диагностики объектов транспортной инфраструктуры, на основе которого (табл. 1.1 и рис. 1.3) на стр. 51 (повторно на стр. 70 в выводах по главе 1) приходит к выводу, что «при обследовании железнодорожной инфраструктуры метод георадиолокации является наиболее универсальным», так как позволяет решить большее, чем другие методы количество задач. С нашей точки зрения не это главное, а следовало указать, что это единственный из всех приведенных методов является бесконтактным, что позволяет вести скоростную диагностику подшпального основания мобильными комплексами на протяженных участках и в этой части метод георадиолокации находится вне конкуренции. **4.** В теоретических материалах глав 2 и 3 по определению электрофизических параметров сред, которые используются в методе георадиолокации, присутствует много формул, в которых далеко не все буквенные символы имеют обозначения и почти отсутствуют их размерности, что серьезно затрудняет понимание материала. Есть разные буквенные символы для одного и того же параметра. Так, в формуле (2.1) на стр. 73 параметр  $p(\omega)$  обозначается как коэффициент ослабления волны, распространяющейся в поглощающей среде, а на следующей странице в формулах (2.3) – (2.5) этот коэффициент обозначен  $p$  и дается пояснение, что это коэффициент ослабления электромагнитного излучения в первом конструктивном слое и наконец на стр. 123  $p$  – это коэффициент затухания волны или на стр. 125  $p$  – коэффициент затухания электромагнитного излучения в веществе и далее в формулах (3.8) - (3.14) он ошибочно обозначается греческой буквой « $\rho$ ». **5.** Также нечетко в главе 3 приведены данные по параметру отражательной способности балласта. Так, на стр. 127 написано, что «на рисунке 3.6 представлена относительная отражательная способность массы щебня в зависимости от массы засоряющего мелкого песка», в то время, как по оси ординат рисунка указано, что это «отражательная способность» и единицы измерения не указаны. Тоже и на следующем рисунке 3.7. Причем обращает внимание, что диапазоны изменения этих графиков по оси ординат даны в числах от 0,7 до 0,8, а следующий за ними рисунок 3.8 (стр. 131), на котором представлены градуировочные зависимости для оценки степени засорения балластного материала, обобщающий эти зависимости, построен в ординатах от 0,24 до 0,38. Такая разница в цифрах требует пояснения. **6.** Также



требует пояснений как в формуле (3.16) для значения относительной отражательной способности, которая должна комплексно позволять определять зависимость относительной отражательной способности от засоренности/загрязнения, влажности балластного материала и высоты расположения антенн, учитывается параметр количества засорителя? 7. В работе рассмотрены различные электрофизические параметры (поглощение, отражение, проницаемость) и их качественная и количественная связь для определения физических характеристик балластного слоя и основной площадки земляного полотна, но не приведена обобщающая схема или последовательность их дополнения при диагностике подшпального основания с привязкой их к критериям оценки состояния, представленным в п.5.5.

– **официального оппонента** – Кулижникова Александра Михайловича, д.т.н., профессора, начальника управления методов проектирования автодорог ФАУ «Российский дорожный научно-исследовательский институт» (РОСДОРНИИ), (г. Москва). Отзыв положительный. Замечания: 1. К сожалению, соискатель в 1 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. 2. 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. 3. 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. **4.** Выполненные исследования базируются на импульсных георадарах (в лучшем случае двухчастотных), в то время как на первые позиции за рубежом и в Российской Федерации выходят мультчастотные 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. **5.** 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. **6.** 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. **7.** Таблица 3.5 (стр. 130) приведены полученные нужные и важные эмпирические зависимости, однако граница их использования не указана 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. **8.** 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. **9.** 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. **10.** 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.

– **официального оппонента** – Певзнера Виктора Ошеровича, д.т.н., профессора, главного научного сотрудника научного центра «Путевая инфраструктура и вопросы взаимодействия колесо-рельс» АО «Научно-исследовательский институт железнодорожного транспорта» (АО «ВНИИЖТ»), (г. Москва). Отзыв положительный. Замечания: **1.** При сопоставлении результатов измерений толщины балластного слоя методом георадиолокации с другими способами, целесообразно провести статистический анализ значимости различий. **2.** Не приведена оценка влияния скорости движения диагностического комплекса на погрешность результатов измерения балластного слоя и земляного полотна. **3.** При современной плотности поездопотока и уровне нагрузок на путь утверждение об отсутствии изменения свойств грунтов земляного полотна в процессе эксплуатации требует доказательств. **4.** Не ясно, как использовать зависимость при коэффициенте детерминации  $R^2=0,28$ . **5.** Отсутствует пояснение, почему меняется толщина балластного слоя по длине участка и как делать в этом случае подъемочный ремонт.

**На автореферат поступило 10 отзывов. Все отзывы положительные.**

**1. Отзыв** д.ф.-м.н., профессора **А.А. Локтева**, заведующего кафедрой «Транспортное строительство» ФГАОУ ВО РУТ (МИИТ), к.т.н., **В.В. Королева**, доцента кафедры «Транспортное строительство», к.т.н., **И.В. Шишкиной**, доцента кафедры «Транспортное строительство». Замечания: **1.** Из автореферата и рисунка 2 не ясно, какие диагностируемые параметры использовал в своем анализе автор. **2.** В автореферате говорится о методике тарировки георадиолокационной аппаратуры, которая проводится один раз для определенного антенного блока. Однако из-за отсутствия изложения сути этой методики и зависимости электрофизических параметров от физических свойств исследуемой среды не дает возможности в этом убедиться. **3.** В тексте автореферата встречаются термины, которые необходимо пояснять, например, термин «зондировочный лом» (стр. 11).

**2. Отзыв** д.т.н., профессора **С.К. Дулина**, главного научного сотрудника департамента научных исследований, аналитики и совершенствования научно-технической деятельности АО «НИИАС». Замечания: **1.** В конце второго абзаца стр. 18 указан диапазон частот излучения георадара, но не ясно, какие антенные блоки из этого диапазона использованы для проведения измерений. **2.** Вывод 7 в заключении сформулирован с опечатками, что затрудняет понимание его сути.

**3. Отзыв** д.т.н. **А.Н. Тиратурияна**, профессора кафедры «Автомобильные дороги» ФГБОУ ВО ДГТУ. Замечания: **1.** Нет описания к величине  $Z$  в формуле (12). **2.** В автореферате (параграф 4.1) описано назначение и основные возможности программного комплекса георадиолокационной диагностики железнодорожного пути Geo\_offline\_x64. Из-за неточного изложения материала затруднительно установить соответствие функционального назначения отдельных модулей (Geolib и CFReceiver), а также плюсы такой архитектуры.

**4. Отзыв** д.т.н. **А.Л. Ланиса**, заведующего кафедрой «Путь и путевое хозяйство» ФГБОУ ВО СГУПС. Замечания: **1.** Из-за неточного изложения текста первого абзаца на странице 18 весьма затруднительно оценить точность измерений толщины балластного слоя. **2.** В формуле (6) присутствует индекс  $m$ , описание которого не приведено. **3.** Подписи к рисункам 7 и 8 лучше сформулировать следующим образом: «Зависимость диэлектрической проницаемости от плотности



грунта» и «График зависимости отражательной способности от плотности грунта конструкционного слоя».

**5. Отзыв** д.т.н. **И.Н. Модина**, профессора кафедры «Геофизические методы исследования земной коры» Геологического факультета ФГБОУ ВО МГУ им. М.В. Ломоносова. Замечаний нет.

**6. Отзыв** д.т.н. **В.М. Сая**, профессора кафедры «Путь и железнодорожное строительство» ФГБОУ ВО УрГУПС. Замечания: **1.** На рисунке 6 не видны надписи над километровыми метками. **2.** Из автореферата не ясно, о каких диагностируемых параметрах, отмеченных на рисунке 2, идет речь.

**7. Отзыв** к.т.н. **А.Ю. Абдурашитова**, начальника отдела Проектно-конструкторского бюро по инфраструктуре – филиала ОАО «РЖД» (ПКБ И ОАО «РЖД»). Замечания: **1.** В тексте автореферата (параграф 1.2) приводится краткое описание методики оценки состояния балластного слоя по наличию и количеству выплесков, которые, в свою очередь, зависят от степени загрязненности балластного материала. Из описания не ясно, о каких пороговых и интервальных значениях идет речь. **2.** На рисунке 2 представлены результаты анализа методов, применяемых для обследования объектов транспортной инфраструктуры. Безусловно, метод георадиолокации является достаточно универсальным и гибким диагностическим инструментом, но представленные данные вызывают некоторые сомнения. Например, если под диагностируемыми параметрами автор понимает возможность решения диагностической задачи на объектах железнодорожного транспорта, то значение 2 для вибродиагностического метода занижено. **3.** Подпись легенды к рисунку 3 не закончена (\* - диагностика методом георадиолокации в скоростном р...?).

**8. Отзыв** д.ф.-м.н., профессора **М.Л. Владова**, заведующего кафедрой «Сейсмометрия и геоакустика» Геологического факультета ФГБОУ ВО МГУ им. М.В. Ломоносова. Замечаний нет.

**9. Отзыв** д.т.н. **П.П. Назаренко**, профессора кафедры «Путь и путевое хозяйство» ФГБОУ ВО СамГУПС и к.т.н. **В.В. Атапина**, директора института автоматизации, информационных технологий и строительства ФГБОУ ВО СамГУПС. Замечания: **1.** В автореферате отмечается, что разработаны технологии георадиолокационной диагностики, но их описание приводится поверхностно. **2.** Практически отсутствует описание программно-аппаратного комплекса, который используется на диагностических комплексах инфраструктуры (ДКИ), а также комплексе «ЭРА». **3.** В автореферате отсутствуют пояснения к рис. 4, а также размерности.

**10. Отзыв** к.т.н. **В. В. Пупатенко**, доцента кафедры «Железнодорожный путь» ФГБОУ ВО ДвГУПС. Замечание: Цель работы сформулирована как «разработка технологии диагностики локальных и протяженных участков железных дорог, которая позволит определять параметры толщины и засоренности балластного слоя, плотности и влажности грунтов основной площадки земляного полотна», что скорее можно отнести к одной из задач научного исследования, поскольку не конкретизировано, какая проблема решается исследованием.

**Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:**

– **разработаны:** метод определения загрязненности железнодорожного балластного слоя, плотности грунта земляного полотна при его строительстве и ремонте; методы определения удельной проводимости и влажности конструктивных слоев железнодорожного пути; корреляционные методы, связывающие электрические и физические свойства конструктивных слоев железнодорожного



пути; программные продукты для обработки и интерпретации георадиолокационной информации с автоматическим получением диагностической информации о состоянии балластного слоя и земляного полотна; георадиолокационная методика определения толщины балластного слоя; технология, позволяющая восстановить на плоскости положение армирующих элементов в железобетоне, в том числе в безбалластных конструкциях пути;

– **предложены:** метод, позволяющий повысить точность профилирования нижней границы балластного слоя при мониторинге участков железнодорожного пути за счет непрерывного определения диэлектрической проницаемости балластного материала; методика учета угловой расходимости излучения антенного блока для учета особенностей проведения георадиолокационной диагностики балластного слоя и основной площадки земляного полотна в скоростном режиме;

– **доказаны:** корректность использованной теоретической модели, описывающей учет угловой расходимости при размещении антенного блока георадара над исследуемой поверхностью; эффективность применения метода георадиолокации при системных наблюдениях за земляным полотном для контроля роста абсолютных осадков и скорости их развития, а также оценки эффективности функционирования дренажных и водоотводных систем для планирования и своевременного проведения комплекса мероприятий по снижению риска появления внезапных деформаций;

– **введены** критерии качества балластного слоя и основной площадки земляного полотна по данным георадиолокационной диагностики. Критериями определены параметры толщины и засоренности балластного слоя, размерные параметры деформаций, однородность и увлажнение грунта основной площадки земляного полотна.

**Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:**

- **получены** выражения, связывающие: показатели преломления материалов с амплитудами волн, отраженными границами слоев; удельные проводимости материалов с показателями преломления и коэффициентами ослабления электромагнитных волн, позволяющие разработать методики определения параметров балластного слоя и основной площадки земляного полотна; уравнения для преобразования трасс георадиолокационного обследования, полученных с использованием разнесенных в пространстве передающей и приемной антенн при переходе от временной шкалы к координатной в многослойных конструкциях, отличающихся показателями преломления (т.е. углами преломления лучей);

- **обоснованы** приближения теоретических подходов в используемых математических моделях; получены выражения, связывающие электрические характеристики многослойных конструкций с данными георадиолокации; разработана технология тарирования георадиолокационной аппаратуры;

– **доказана** возможность учета угловой расходимости излучения антенного блока аналогично ослаблению электромагнитного излучения в веществе, введением дополнительного коэффициента ослабления, позволяющая тарировать георадиолокационную аппаратуру и рассчитывать амплитуды георадиолокационного излучения, отраженные границами конструктивных слоев;

– **применительно к проблематике диссертации результативно использованы** методы классической электродинамики проводящих сред, экспериментальные лабораторные и натурные методы измерений с использованием лицензированного программного обеспечения и поверенного оборудования;

– **раскрыты** пути и перспективы дальнейшего развития предлагаемых подходов к повышению информативности метода георадиолокации и возможности



автоматизации обработки и интерпретации георадиолокационной информации, получаемой при скоростной диагностике железнодорожного пути;

- **изложены:** результаты проверки методики расчета электрофизических свойств многослойной конструкции, состоящей из трех слоев, при которой определены показатели преломления каждого конструктивного слоя; выводы о дальнейшем развитии теории с получением свойств конструктивных слоев и требуемых параметров, которые определяют надежность грунтовых объектов;

- **изучены:** взаимосвязь электрических свойств изучаемой среды (диэлектрической проницаемости, показателя преломления, удельной проводимости) и параметров, получаемых методом георадиолокации (амплитуд отраженных сигналов и коэффициента ослабления); взаимосвязь электрических свойств изучаемой среды и параметров, получаемых методом георадиолокации, с физическими свойствами балластного слоя и земляного полотна железных дорог (загрязненностью, влажностью, плотностью).

#### **Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что:**

- **разработаны и утверждены** нормативные документы по обследованию элементов железнодорожной инфраструктуры, в том числе и в скоростном режиме;

- **разработаны** технологии георадиолокационного обследования железнодорожного пути и комплексирования метода георадиолокации с другими диагностическими методами;

- **разработан и внедрен** в практику работы диагностических комплексов «Интеграл» и «Декарт» многоцелевой многоканальный диагностический программно-аппаратный комплекс для контроля параметров балластного слоя и основной площадки земляного полотна железнодорожного пути с автоматической обработкой и интерпретацией полученных данных. Программно-аппаратный комплекс совместим с георадиолокационной аппаратурой различных (отечественных и зарубежных) производителей;

- **определены** перспективы дальнейшего расширения возможностей современных диагностических комплексов внедрением разработанных методик и алгоритмов, связанных с автоматическим получением количественных данных о состоянии балластного слоя и земляного полотна при скоростном георадиолокационном обследовании;

- **создано** программное обеспечение для: обработки полученной первичной георадиолокационной информации непосредственно при работе программно-аппаратного комплекса или в режиме камеральной обработки; синхронизации видеозаписи проезда с георадиолокационными данными; привязки полученной информации к глобальной и железнодорожной системам координат; формирования утвержденных выходных форм;

- **представлены** предложения по: внедрению методик по оценке плотности и влажности грунта при строительстве земляного полотна и контроле качества его ремонтов; использованию разработанных методик при планировании ремонтов железнодорожного пути с определением характеристик оставшегося неочищенного слоя балласта и оценке деформативности земляного полотна в современных условиях работы железнодорожного пути, а также по контролю качества выполненных ремонтов;

- **выработаны** критерии качества балластного слоя и земляного полотна при георадиолокационной диагностике железнодорожного пути для планирования ремонтных работ по фактическому состоянию пути.



**Оценка достоверности результатов исследования выявила:**

– **для экспериментальных работ:** результаты получены с использованием апробированного программного обеспечения и верифицированы в лабораторных и натуральных условиях поверенным оборудованием испытательной лаборатории «Испытания и мониторинг в гражданском и транспортном строительстве» ФГБОУ ВО РГУПС (аттестат № RA.RU.21PC69 от 29.01.2016);

– **теория построена** на использовании соотношений классической теории электродинамики с использованием корректно выполненных преобразований, верификацией теоретических результатов и выводов экспериментальными измерениями, проведенными в лабораторных условиях и на натуральных объектах;

– **идея базируется** на изучении и обобщении мирового опыта применения метода георадиолокации при диагностике балластного слоя и земляного полотна для получения параметров, необходимых для планирования ремонтов железнодорожного пути.

– **использованы:** современные апробированные методики и нормативные документы для оценки достоверности и верификации разработанных методов и алгоритмов; современные георадиолокационное оборудование и программное обеспечение для испытания разработанных методик, в том числе и программно-аппаратные комплексы, установленные на диагностических комплексах «Декарт» и «Интеграл».

**Личный вклад соискателя состоит** в обосновании актуальности темы научного исследования и теоретическо-прикладной значимости развития методов диагностики и мониторинга железнодорожного пути; сборе, анализе, систематизации и обработке исходной диагностической информации; в планировании и непосредственном проведении экспериментальных лабораторных и натуральных исследованиях на действующих участках Северо-Кавказской, Московской, Горьковской, Юго-Восточной и Приволжской железных дорог; участии в разработке отдельных алгоритмов интерпретации георадиолокационной информации; участии в проведении испытаний разработанного программно-аппаратного комплекса георадиолокационной диагностики; разработке нормативных документов, а также в подготовке основных публикаций в отечественной и зарубежной печати по выполненной работе и апробации полученных результатов исследования на конференциях.

**В ходе защиты были высказаны следующие критические замечания,** относящиеся к: обоснованию необходимости включения в диссертацию исследований, посвящённых диагностике искусственных сооружений и бетонных элементов путевой инфраструктуры, их отсутствие не ухудшило бы качество исследований; недостаточному отражению отечественного и зарубежного опыта применения метода георадиолокации в смежных отраслях; ограниченной информации об экономической составляющей от внедрения и использования георадиолокационной диагностики.

**Соискатель Шаповалов В.Л. ответил на задаваемые ему в ходе заседания вопросы и привел собственную аргументацию и обоснование изложенного материала.** Разделы диссертационной работы, описывающие возможности применения метода георадиолокации, связанные с получением диагностической информации об искусственных сооружениях и конструкциях из бетона, приведены с целью показать перспективные возможности метода георадиолокации при диагностике различных объектов транспортной инфраструктуры. Например, оценка состояния безбалластных конструкций железнодорожного пути и их оснований в настоящее время является весьма актуальной, а задачи диагностики этих конструкций в перспективе могут быть решены, в том числе с помощью метода георадиолокации. В работе в большей степени анализировался отечественный и зарубежный опыт диагностики балластного слоя и



земляного полотна железных дорог, часть рассмотренных исследований затрагивала и другие области исследований, хотя и в меньшей степени. Экономическая составляющая работы отражает эффекты при использовании методик оценки засоренности балластного материала, где показана экономия на работе машин по очистке балласта на конкретном примере. Также экономический эффект оценивался при разработке нормативных документов, где разрабатывалось технико-экономическое обоснование при внедрении георадиолокационной диагностики на Российских железных дорогах, но в тексте диссертации этот материал подробно не отражен.

**Диссертация охватывает** анализ и методы решения поставленных научных задач, обладает внутренним единством, что подтверждается корректной постановкой цели и задач исследований; содержит новые теоретические подходы, совокупность которых можно квалифицировать как важное для железнодорожного транспорта научное достижение, послужившее основой разработанных уникальных методик, алгоритмов и программных продуктов, необходимых для планирования технологических операций по текущему содержанию и ремонтам железнодорожного пути по его фактическому состоянию, внедренных в практику работы диагностических комплексов; а также содержит свидетельства личного вклада автора в науку.

В диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем ученой степени работах, в которых изложены основные научные результаты диссертации.

На заседании 23 декабря 2022 года диссертационный совет пришел к выводу о том, что диссертация Шаповалова В.Л. представляет собой законченную научно-квалификационную работу, в которой на основании выполненных автором исследований разработаны теоретические положения, совокупность которых можно квалифицировать как научное достижение и изложены новые научно обоснованные технические и технологические решения, внедрение которых вносит значительный вклад в развитие железнодорожного транспорта страны и принял решение присудить Шаповалову Владимиру Леонидовичу ученую степень доктора технических наук по специальности: 2.9.2 – Железнодорожный путь, изыскание и проектирование железных дорог

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 15 человек, из них 7 докторов наук по профилю рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из 18 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за – 14, против – 0, недействительный бюллетень – 1.

Заместитель председателя диссертационного  
совета 44.2.005.01  
доктор технических наук,  
профессор



Шаповалов Владимир Владимирович

Ученый секретарь диссертационного  
совета 44.2.005.01  
доктор технических наук, профессор

Щербак Петр Николаевич

23 декабря 2022 г.