

УДК: 625.09

Максимов Н. А., Голубев В. В., Лобанов О. В., Ступицкий В. П.

Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск, Российская Федерация

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ VR ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ И ОБНАРУЖЕНИЯ НЕИСПРАВНОСТЕЙ НА КОНТАКТНОЙ СЕТИ

Аннотация. Использование виртуальной реальности (VR) для изучения и обнаружения неисправностей устройств контактной сети является современным подходом. Эта технология рассчитана на иммерсивно-реалистичную симуляцию, предоставляющую обучающимся практический опыт в идентификации и устранении неисправностей. Созданием безопасной среды для практики, VR увеличивает эффективность обучающих программ, способствуя интерактивному обучению вовлекая обучающихся и позволяет им развивать навыки в обнаружении и устранении дефектов. Использование VR в обучающем процессе улучшает качество осмотров и повышает уровень безопасности и безотказности контактной сети. Поскольку контактная сеть является сложным объектом в быстром темпе развития и увеличения пропускной способности, помощью в сохранении надежности и безопасности движения поездов является использование VR при обучении.

Ключевые слова: VR, контактная сеть, моделирование, технологии виртуальной реальности, неисправности

Maximov N. A., Golubev. V. V., Lobanov O. V., Stupitsky V. P.

Irkutsk State Transport University, Irkutsk, the Russian Federation

THE VIRTUAL REALITY USE IN LEARNING AND LOCATING DEFECTS IN THE CATENARY

Abstract. The use of virtual reality (VR) to study and detect failures of contact network devices is a modern approach. This technology is designed for immersive and realistic simulation, providing students with hands-on experience in identifying and troubleshooting problems. By creating a safe environment for practice, VR increases the effectiveness of training programs, facilitating interactive learning by involving students and allowing them to develop skills in detecting and eliminating defects. The use of VR in the training process improves the quality of inspections and increases the level of safety and reliability of the contact network. Since the contact network is a complex object at a rapid pace of development and increasing capacity, the use of VR in training is a help in maintaining the reliability and safety of train traffic.

Key words: VR, catenary, contact network, modeling, virtual reality technologies, VR simulator, defects

Введение

Безотказность контактной сети главным образом зависит от персонала, обслуживающего контактную сеть. Появляющиеся неисправности необходимо своевременно устранять, а состояние контактной сети постоянно контролировать для обеспечения удовлетворительного токосъема [1,2]. Для этого на контактной сети применяются различные виды диагностики [3-6]. Главным и простым способом является обход и объезд с осмотром состояния контактной сети для контроля проектных параметров и выявления предотказных состояний элементов [7-9].

В связи с этапом индустрии 4.0, которая уже влечет за собой всеобщую цифровизацию, на российских железных дорогах необходимо продолжать внедрять новые цифровые разработки для эффективной экономической деятельности. Технологии виртуальной реальности, используемые в множестве отраслей промышленности для повышения безопасности работ и эффективности могут быть служить примером.

На данный момент в процессе разработки инструмент, позволяющий также повышать эффективность и безопасность в таком важном процессе как обход с осмотром

контактной сети. Целью разработки и внедрения тренажера для обнаружения неисправностей является повышение качества обучения электромонтеров контактной сети и электромонтеров по ремонту и монтажу воздушных линий электропередачи путем взаимодействия с современными тренажерными комплексами, разработанными с использованием технологий виртуальной реальности (VR) за счет создания в VR среде условий максимально приближенных к реальному производственному процессу.

Разработка VR тренажёра

Для разработки тренажёра используется игровой движок Unity, в основе которого лежит высокоуровневый язык программирования C#. Модели создаются в профессиональном программном обеспечении для создания трёхмерной графики Blender.

При создании моделей объектов используются каталоги, чертежи и рабочие проекты реальных объектов контактной сети [10-15]. На рисунке 1 представлена модель опоры МШ.

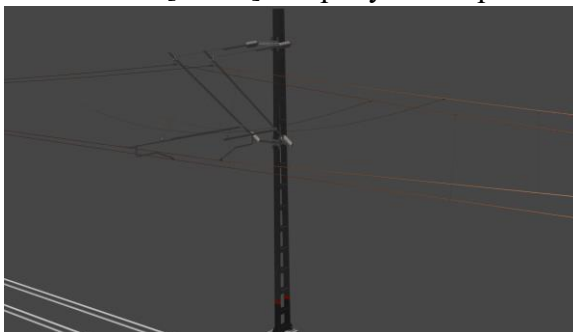


Рисунок 1. Опора МШ.

Для данной опоры создаётся наиболее быстро обнаруживаемых неисправностей, включающий в себя разрушение фундамента (рис. 2), недопустимый наклон от нагрузок (рис. 3). Текстуры создаются процедурно, запекаются (baking – converting process of procedurally created texture into image texture), из текстур создаются normal map, roughness map, displacement map (по необходимости). Модель на выходе интегрируется в движок.

Затрагиваются также и другие неисправности, а также нарушения норм безопасности, к примеру: отсутствие номерных табличек на опорах, воздушных стрелках, отсутствие предупреждающих знаков.

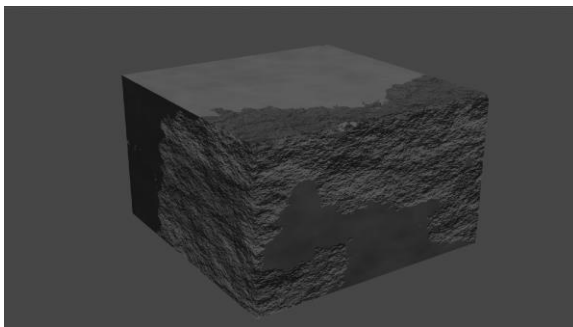


Рисунок 2. Эрозия верхней кромки фундамента.

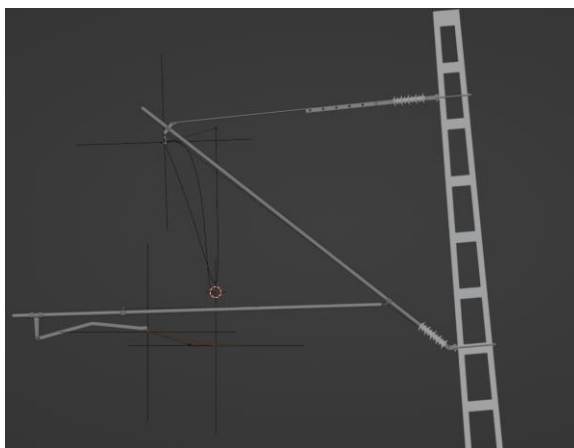


Рисунок 3. Наклон опоры и недопустимое поджатие фиксатора.

В Unity создается система для обнаружения неисправностей (рис. 4) в которой заложен журнал перечня неисправностей. Желтым цветом выделяется выбранный обучающимся объект, имеющий дефект и отмечается в меню выбора конкретная неисправность. В журнале неисправностей обучающийся просматривает выбранные элементы. По завершении тестирования программный комплекс подводит итог (рис. 5), в котором показаны все найденные объекты и их дефекты. А так же правильность их определения.

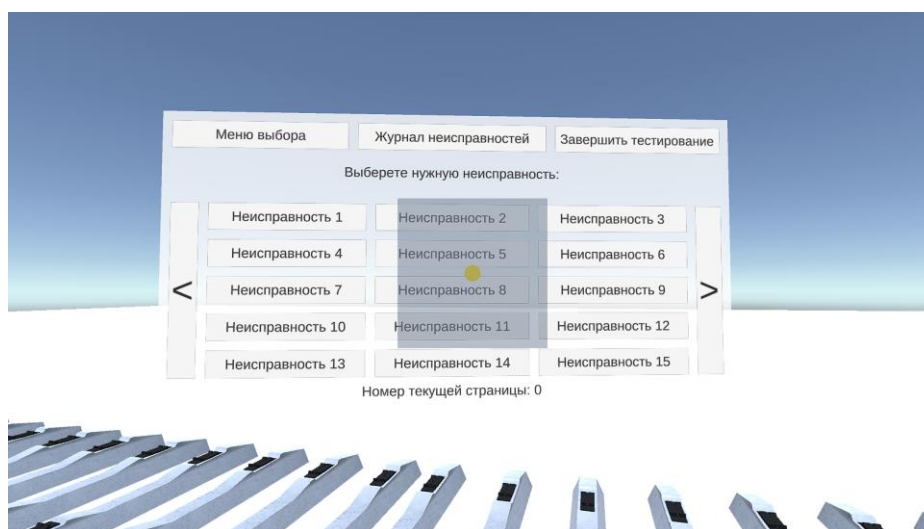


Рисунок 4. Поиск неисправностей.

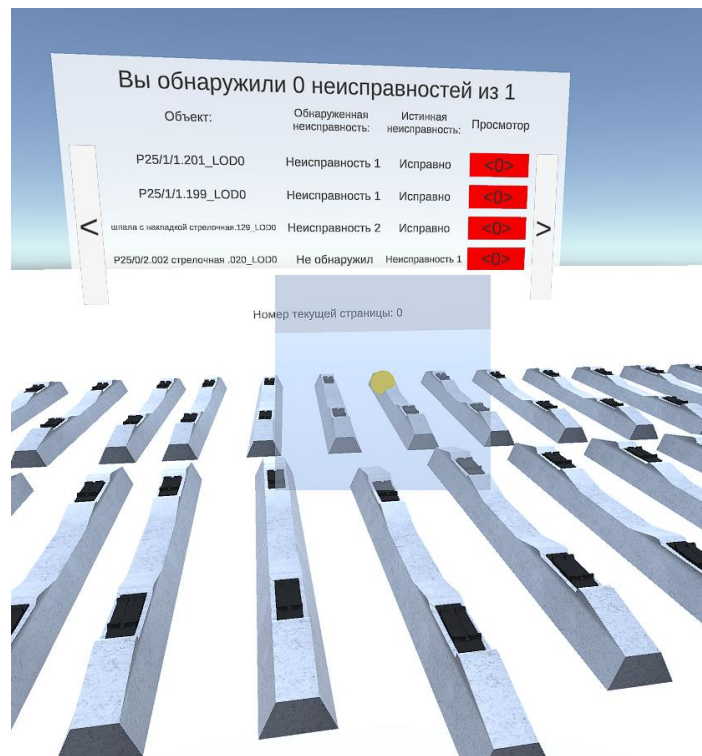


Рисунок 5. Завершение тестирования.

Поиск места отказа

При обходе станциях и перегонах осматриваются узлы не только контактной сети, а также и ВЛ. Если отсутствие нумерации объектов, обрыв струны выявляется довольно просто, то недопустимое состояние компенсаторных устройств, недопустимое положение фиксаторов и стыковых зажимов может вызывать сложности при обнаружении. При выявлении неисправностей на ВЛ также необходимо следить нарушениями транспозиции проводов и за состоянием изоляции.

Основной проблемой в поиске места отказа может служить недостаточная визуализация традиционного обучения, при котором электромонтер может быть не знаком со всем перечнем неисправностей или не понимать, как выявлять отдельные виды неисправностей. Обучение в VR позволяет познакомить персонал со всеми возможными способами и средствами выявления неисправностей.

Качество и эффективность поиска отказа при таком подходе к обучению кратно увеличивается.

Влияние на работу

Реализуемые в сценариях производственные ситуации должны отвечать требованиям охраны труда. Каждый сценарий должен предусматривать ознакомление с заданием на выполнение работ, прохождение производственного инструктажа по выполнению работ и соблюдению безопасных условий труда.

Обучение в иммерсивной среде ускоряет время усвоения информации, что влечет за собой не только экономию средств производства, но и тщательное изучение порядка выполнения работ. При использовании различных сценариев позволяет повысить безопасность выполнения работ на реальном производстве и эффективность контроля состояния элементов.

Заключение

Результатом работы является минимально жизнеспособный продукт, с разработанной программой обучения по готовым сценариям и тестовой частью, в которой обучающиеся смогут полноценно изучить узлы контактной сети, развить навыки по обнаружению неисправностей, а также повысить квалификацию при работах на предприятии. Это в свою очередь, позволит снизить количество травматических случаев и за счет своевременно найденных дефектов, увеличить надежность и безопасность движения поездов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Лобанов О.В. Определение критериев оценки качества токосъема на основе работы вагона испытания контактной сети/ ОБРАЗОВАНИЕ – НАУКА – ПРОИЗВОДСТВО: материалы III Всероссийской научно-практической конференции, 20 декабря 2019 г. Чита: ЗаБИЖТ ИрГУПС, 2019. С. 199 – 203.
2. Ступицкий В.П. Повышение достоверности диагностирования состояния несущего троса контактной сети / В. П. Ступицкий, И. А. Худоногов, В. А. Тихомиров, О. В. Лобанов// Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. –2020. – Т. 65 № 1. – С.136–143.
3. Ступицкий, В.П. Определение остаточной несущей способности металлических конструкций контактной сети / В. П. Ступицкий, И. А. Худоногов, В.А. Тихомиров, О.В. Лобанов. // Известия Транссиба /Омский гос. ун-т путей сообщения. – Омск. – 2019. – № 3 (39). – С. 88 – 99.
4. Капранов Б.И. Акустические методы контроля и диагностики. Часть 1: учебное пособие / Б.И. Капранов, М.М. Коротков. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2008. – 186 с.
5. Лобанов, О. В. Система мониторинга работоспособности металлических опорных конструкций для скоростного и высокоскоростного движения электроподвижного состава / О. В. Лобанов // Инновационные производственные технологии и ресурсосберегающая энергетика: Материалы международной научно-практической конференции, Омск, 08–09 декабря 2021 года. – Омск: Омский государственный университет путей сообщения, 2021. – С. 245-250.
6. Сафарбаков А.М., Лукьянов А.В., Пахомов С.В. Основы технической диагностики: учебное пособие. – Иркутск: ИрГУПС, 2006. – 216 с
7. Лобанов, О. В. Анализ эксплуатационного контроля состояния жестких поперечин контактной сети / О. В. Лобанов, В. П. Ступицкий, Л. А. Астраханцев // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. – 2022. – № 1(73). – С. 153-162.
8. Ступицкий, В.П. Расчет несущей способности металлической решетчатой опоры контактной сети при кручении верхней части методом конечных элементов в САПР Femap / В.П. Ступицкий, И.А. Худоногов, В.А. Тихомиров, О.В. Лобанов. // Транспорт Урала/ УрГУПС. – Екатеринбург. – 2021. – №1 (68). – С. 99-102
9. Филиппов, Д. М. Проблемы диагностики параметров контактной сети / Д. М. Филиппов, В. П. Ступицкий, О. В. Лобанов // Молодая наука Сибири. – 2021. – № 2(12). – С. 125-131.
10. Фрайфельд А.В. Проектирование контактной сети. М.. Транспорт, 2014. 328 с.

11. Типовой проект №5254 Унифицированные конструкции жестких поперечин балочного типа / Научно-исследовательский институт транспортного строительства, 2006. – 72 с.
12. Михеев В.П. Контактные сети и линии электропередачи: учебник для вузов / В.П. Михеев. М.: Транспорт, 2006, 415 стр.
13. Ерохин Е.А. Устройство, эксплуатация и техническое обслуживание контактной сети и воздушных линий / Е.А. Ерохин. М.: УМЦ ЖДТ, 2007. 404 с.
14. Борц Ю. А., Чекулаев В. Е. Контактная сеть.: Иллюстрированное пособие. — 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Транспорт, 2001. 247 с.
15. Подольский В. И. Железобетонные опоры контактной сети. Конструкции, эксплуатация, диагностика/Труды ВНИИЖТ. - М.: Интекст, 2007. - 152 с.

REFERENCES

1. Lobanov O. V. Opredeleniye kriteriyev otsenki kachestva tokos"yema na osnove raboty vagona ispytaniya kontaktnoy seti [Definition of evaluation criteria-quality current collection based on the work of the car testing contact network]. *OBRAZOVANIYE – NAUKA – PROIZVODSTVO: materialy III Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii* [EDUCATION – SCIENCE – PRODUCTION: proceedings III all-Russian scientific-practical conference], December 20, 2019 Chita: ZIRT ISTU, 2019. pp. 199 – 203.
2. Stupitskii V. P., Khudonogov I. A., Tikhomirov V. A., Lobanov O. V. Povysheniye dostovernosti diagnostirovaniya sostoyaniya nesushchego trosa kontaktnoi seti [Increase in reliability of diagnosing of the contact network bearer cable condition]. *Sovremennyye tekhnologii. Sistemnyi analiz. Modelirovaniye* [Modern Technologies. System Analysis. Modeling], 2020, Vol. 65, No. 1, pp. 136–143.
3. Stupitskiy V.P., Khudonogov I.A., Tikhomirov V.A., Lobanov O.V. Opredeleniye ostatochnoy nesushchej sposobnosti metallicheskih konstrukcij kontaktnoy seti [Determination of residual bearing capacity of metal structures of the contact network]. *Izvestiya Transsiba [Journal of Transsib Railway Studies]*, 2019, No. 3 (39), pp. 88–99.
4. Kapranov B.I., Korotkov M.M. Akusticheskie metody kontrolya i diagnostiki. CHast' 1: uchebnoe posobie [Acoustic methods of control and diagnostics. Part 1: Tutorial]/*Tomsk: Izd-vo Tomskogo politekhnicheskogo universiteta*, 2008. – 186 p.
5. Lobanov O.V. Sistema monitoringa rabotosposobnosti metallicheskih opornykh konstruksii dlya skorostnogo i vysokoskorostnogo dvizheniya elektropodvizhnogo sostava [System for monitoring the operability of metal support structures for high-speed and high-speed movement of electric rolling stock]. *Materialy mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii «Innovatsionnyye proizvodstvennyye tekhnologii i resursosberegayushchaya energetika»* [Materials of the international scientific and practical conference «Innovative production technologies and resource-saving energy»]. Omsk, 2021, pp. 245-250.
6. Safarbakov A.M., Lukyanov A.V., Pakhomov S. V. Osnovy tekhnicheskoy diagnostiki: uchebnoe posobie [Fundamentals of technical diagnostics: a textbook]. - Irkutsk: IrGUPS, 2006 – - 216 p.
7. Lobanov O. V., Stupitskii V. P., Astrakhantsev L. A. Analiz ekspluatatsionnogo kontrolya sostoyaniya zhestkikh poperechin kontaktnoi seti [Analysis of operational control of the contact network rigid crossbars condition]. *Sovremennyye tekhnologii. Sistemnyi analiz. Modelirovaniye* [Modern Technologies. System Analysis. Modeling], 2022, No. 1 (73), pp. 153–162.

8. Stupitskiy V.P., Khudonogov I.A., Tikhomirov V.A., Lobanov O.V Raschet nesushchej sposobnosti metallicheskoj reshetchatoj opory kontaktnoj seti pri kruchenii verhnej chasti metodom konechnyh elementov v SAPR Femap [Calculation of bearing capacity of metal lattice catenary pole at torsion of the upper part by finite element method in Femap CAD] *Transport Urala* [Transport of the Urals] USUPS. - Yekaterinburg. – 2021. – №1 (68). – Pp. 99-102
9. Filippov, D.M., Stupnitskii V.P., Lobanov O.V. Problemy diagnostiki parametrov kontaktnoi seti [Problems of diagnostics of contact network parameters]. *Molodaya nauka Sibiri* [Young Science of Siberia]. 2021, no 2(12), pp. 125-131
10. Frayfeld A.V. Proektirovanie kontaktnoi seti [Contact network design]. Moscow: Transport Publ., 2014. 328 p.
11. Tipovoy proyekt №5254 Unifitsirovannyye konstruksii zhestkikh poperechin balochnogo tipa [Standard project No. 5254 Unified designs of rigid beam-type crossbars]. *Nauchno-issledovatel'skiy institut transportnogo stroitel'stva* [Scientific Research Institute of Transport Construction], 2006. - 72 p.
12. Mikheev V.P. Kontaktnye seti i linii elektroperedachi [Contact networks and power lines]. Moscow: Transport Publ., 2006. 415 p.
13. Erokhin E.A. Ustroystvo, ekspluatatsiya i tekhnicheskoye obsluzhivaniye kontaktnoy seti i vozduzhnykh liniy [Device, operation and maintenance of the contact network and overhead lines] /. Moscow: UMTS ZHDT Publ., 2007. 404 p.
14. Borts Yu. A., Chekulaev V. E. Kontaktnaya set': Ilyustrirovannoe posobie [Contact network.: Illustrated manual]. - 2nd ed., reprint. and additional-M.: Transport, 1981. 223 p.
15. Podolsky V. I. ZHelezobetonnye opory kontaktnoj seti. Konstrukcii, ekspluatatsiya, diagnostika [Reinforced concrete supports of the contact network. Construction, operation, diagnostics]/Trudy VNIIZhT. - M.: Intekst, 2007. - 152 p.

Информация об авторах

Максимов Никита Алексеевич – студент кафедры «Электроэнергетика транспорта», Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск, e-mail: yennymelonie@gmail.com

Голубев Владислав Викторович – студент кафедры «Электроэнергетика транспорта», Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск, e-mail: Vladislav.golubew2001@yandex.ru

Лобанов Олег Викторович – аспирант кафедры «Электроэнергетика транспорта», Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск, e-mail: oleg.6965@mail.ru

Ступицкий Валерий Петрович – к.т.н., доцент кафедры «Электроэнергетика транспорта», Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск, email: dokasvp@mail.ru

Information about the authors

Maximov Nikita Alexeevich – student of the department «Electrical Power Industry of Transport», Irkutsk State Transport University, Irkutsk, e-mail: yennymelonie@gmail.com

Golubev Vladislav Viktorovich – student of the department «Electrical Power Industry of Transport», Irkutsk State Transport University, Irkutsk, e-mail: Vladislav.golubew2001@yandex.ru

Lobanov Oleg Viktorovich – postgraduate student of the department «Electrical Power Industry of Transport», Irkutsk State Transport University, Irkutsk, e-mail: oleg.6965@mail.ru

Stupitskiy Valerii Petrovich – Ph. D. in Engineering, Associate Professor of the department «Electrical Power Industry of Transport», Irkutsk State Transport University, Irkutsk, e-mail: dokasvp@mail.ru