

**К. В. Менакер, М. В. Востриков, Т. В. Ежиков, П. Е. Неугодников**

*Забайкальский институт железнодорожного транспорта – филиал Иркутского государственного университета путей сообщения (ИрГУПС), г. Чита, Российская Федерация*

## **ПОДСИСТЕМА БЕСПРОВОДНОЙ СВЯЗИ В СИСТЕМЕ КОНТРОЛЯ И УДАЛЕННОГО ИНФОРМИРОВАНИЯ ЛОКОМОТИВНЫХ БРИГАД О ЗАНЯТОСТИ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ПЕРЕЕЗДА**

**Аннотация:** За первых три квартала 2023 года по сети железных дорог РФ допущено более 105 дорожно-транспортных происшествий (ДТП) на железнодорожных переездах. Данный показатель на 9 % превышает аналогичные статистические данные 2022 года. В результате указанных ДТП погибло 20 человек, что на 43 % превышает количество смертельных случаев, допущенных за аналогичный период 2022 года (14 человек). Проблема повышения безопасности движения на железнодорожных переездах – это комплексная проблема, связанная как с развитием технических средств, так и с профилактическим информированием водителей автотранспортных средств. В целях предупреждения дорожно-транспортных происшествий на переездах авторами предложена и реализована система контроля и удаленного информирования локомотивных бригад о занятости железнодорожного переезда, принцип работы которой состоит в фиксации автотранспортных средств и посторонних предметов в границах железнодорожных путей закрытого переезда индуктивно-петлевыми и микроволновыми датчиками и беспроводной передаче соответствующего сообщения членам локомотивных бригад приближающихся поездов. Данная работа посвящена описанию работы подсистемы беспроводной связи аппаратных средств предложенной системы с радиоприемными локомотивными устройствами при несанкционированном движении автотранспортных средств через железнодорожный переезд.

**Ключевые слова:** дорожно-транспортное происшествие, безопасность движения, железнодорожный переезд, индуктивно-петлевой датчик, микроволновой датчик, подсистема беспроводной связи, автотранспортное средство, члены локомотивных бригад.

**K.V. Menaker, M.V. Vostrikov, T.V. Yezhikov, P.E. Neugodnikov**

*Zabaikalsk Rail Transport Institute, a branch of Irkutsk State Transport University, Chita, Russia*

## **THE SUBSYSTEM OF WIRELESS COMMUNICATION IN THE SYSTEM OF CONTROL AND REMOTE INFORMING OF LOCOMOTIVE CREWS ABOUT THE EMPLOYMENT OF A RAILWAY CROSSING**

**Abstract:** During the first three quarters of 2023, more than 105 road accidents (accidents) at railway crossings were committed on the Russian railway network. This indicator is 9% higher than similar statistics in 2022. As a result of these accidents, 20 people died, which is 43% more than the number of deaths committed during the same period in 2022 (14 people). The problem of improving traffic safety at railway crossings is a complex problem related to both the development of technical means and preventive awareness of motor vehicle drivers. In order to prevent road accidents at crossings, the authors proposed and implemented a system for monitoring and remotely informing locomotive crews about the employment of a railway crossing, the principle of which consists in fixing vehicles and foreign objects within the boundaries of railway tracks of a closed crossing with inductive loop and microwave sensors and wireless transmission of the corresponding message to members of locomotive crews of approaching trains. This work is devoted to the description of the operation of the subsystem of wireless communication of the hardware of the proposed system with radio receiving locomotive devices during unauthorized movement of vehicles through a railway crossing.

**Keywords:** traffic accident, traffic safety, railway crossing, inductive loop sensor, microwave sensor, wireless communication subsystem, motor vehicle, members of locomotive crews.

### **Введение**

По данным ОАО «РЖД» главными причинами ДТП на железнодорожных переездах являются:

1. выезд автотранспортных средств на пути перед закрывающимся шлагбаумом или на запрещающий сигнал светофора;
2. поломки автотранспортных средств на переезде;

3. падение посторонних предметов с подвижного состава или автотранспортных средств.

Если ДТП, связанные с несанкционированным проездом автотранспортных средств перед приближающимся поездом предотвратить сложно вследствие инерционности состава, то значительного снижения числа ДТП по причине неисправности транспортных средств и наличия посторонних предметов на переезде можно добиться путем применения современных технических средств. Авторами в работах [1-4] предложена система контроля и удаленного информирования локомотивных бригад несанкционированного занятия автотранспортными средствами или посторонними предметами зоны проезжей части железнодорожного переезда. Особенностью системы является применение в ее основе уже действующих технических средств, используемых в горочных устройствах железнодорожной автоматики, в устройствах переездной сигнализации, контроля параметров подвижного состава, устройствах связи, что значительно снижает стоимость нововведения в условиях большого числа железнодорожных переездов сети дорог РФ.

Структурная схема предложенной системы представлена на рис. 1.

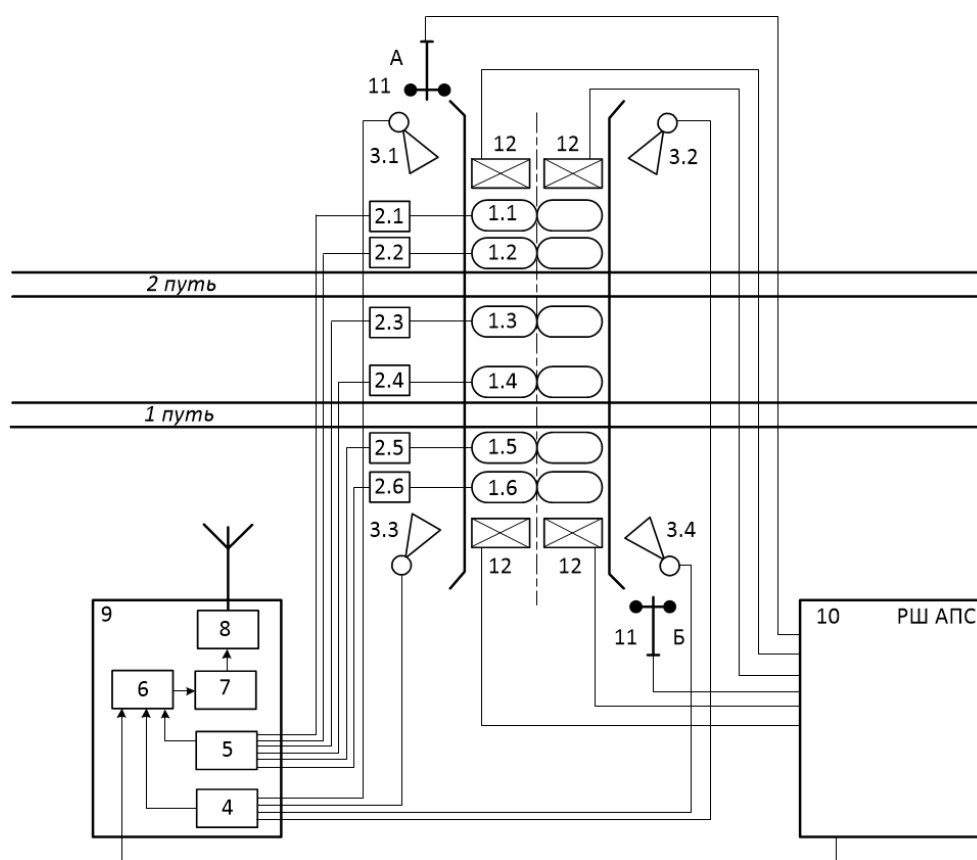


Рис. 1. Структурная схема системы контроля и удаленного информирования локомотивных бригад о занятости железнодорожного переезда

Определение наличия автотранспортного средства в габарите железнодорожных путей осуществляется индуктивно-петлевыми датчиками (ДПИ), состоящими из шлейфов 1.1-1.6 и блоков обработки сигналов с этих датчиков (БДПИ) - 2.1-2.6. Микроволновые датчики 3.1-3.4 совместно с их блоком управления 4 осуществляют контроль отсутствия крупногабаритных посторонних предметов в габарите путей вследствие возможного их падения с подвижного состава или автотранспортного средства. Модуль сбора данных 6 осуществляет сбор и окончательную обработку данных с индуктивных и микроволновых датчиков. В случае закрытия переезда и срабатывания датчиков речевой информатор 7 передает сообщение в подсистему беспроводной связи 8, которая формирует и передает радиосигнал локомотивам приближающихся поездов. Члены локомотивных бригад в случае

получения сигнала тревоги совершают все необходимые действия для остановки поездов. В системе для повышения безопасности движения поездов предусмотрен блок 5 - контроля последовательного занятия и освобождения автотранспортными средствами зон действия петлевых индуктивных датчиков при закрытом переезде. Кратковременное и последовательное срабатывание индуктивно-петлевых датчиков указывает на сквозной проезд автотранспортного средства через переезд. В этом случае речевой информатор формирует сигнал «Тревога 2» и при достаточном расстоянии локомотива поезда до железнодорожного переезда члены локомотивных бригад могут не прибегать к применению экстренного режима торможения. В случае длительного срабатывания индуктивно-петлевых или микроволновых датчиков речевой информатор формирует сигнал «Тревога 1» и локомотивная бригада принимает все возможные действия для остановки поезда перед внезапно возникшим препятствием, в соответствии с действующими инструкциями.

В данной статье подробно рассмотрена подсистема беспроводной связи предложенной системы, представленная радиопередающим устройством 8, антенной и средствами сопряжения с речевым информатором.

### **Подсистема беспроводной связи системы контроля и удаленного информирования локомотивных бригад о занятости железнодорожного переезда**

Системы железнодорожной радиосвязи отличаются по типу сигнала (цифровая или аналоговая), используемой частоте и составу оборудования. Для организации связи наземного оборудования предлагаемой системы контроля с членами локомотивных бригад приближающихся поездов необходимо использование поездной радиосвязи, которая регламентируется ГОСТ Р 54959-2012 «Поездная электросвязь» (рис. 2).



**Рис. 2 Классификация поездной радиосвязи**

Поездная радиосвязь предназначена для переговоров членов локомотивных бригад (машиниста и помощника машиниста) с механиком, диспетчером, с дежурными на станциях, с машинистами других поездов, идущих попутно впереди или позади, с дежурными на переездах и в депо. Поездная радиосвязь осуществляется в симплексном или дуплексном режиме и может быть двух типов: линейная и зонная. Зонная радиосвязь используется в пределах железнодорожной станции или перегона и организуется на базе стационарных, возимых и носимых радиостанций диапазонов гектометровых (ГМВ 2,13 МГц или 2,15 МГц) и метровых волн (МВ 30-300 МГц). Недостатком ГМВ и МВ диапазона является невозможность создания антенны с высоким КПД. В линейной поездной радиосвязи используются базовые радиостанции, установленные вдоль диспетчерского участка, которые соединяются с распорядительной (диспетчерской) радиостанцией. В цифровой линейной связи используются стационарные, носимые и возимые рации стандартов GSM-R (900 МГц) и TETRA (460 МГц). В аналоговой линейной связи применяются радиостанции диапазона 160 МГц, 2,13, 2,15 МГц.

В системе контроля и удаленного информирования локомотивных бригад о занятости железнодорожного переезда требуется передавать короткие речевые сообщения двух типов («Тревога 1», «Тревога 2») на расстояние не более 1,5-2 км. Поэтому для организации подсистемы связи целесообразно использовать популярные цифро-аналоговые радиостанции Motorola DP2400E с диапазоном частот 136-174 МГц, мощностью 5 Вт, которые используются для организации станционной, поездной линейной аналогового типа, ремонтно-оперативной аналоговой связи. Приведенные в работе [5] результаты испытаний теста дальности связи различных радиостанций показали стабильную работу радиостанции Motorola DP2400E на расстоянии до 2100 метров. Радиостанции Motorola DP4801E и Терек РК-501 показали отличные результаты на расстоянии до 3900 м. Однако, ценовой диапазон и достаточная дальность связи радиостанции Motorola DP2400E дают все основания для ее применения в предложенной системе.

В качестве антенны на переезде можно использовать проверенную локомотивную антенну Радиал LA-156, представляющую собой четвертьволновой петлевой вибратор, работающий в диапазоне 144-163 МГц.

При реализации подсистемы беспроводной связи встала техническая задача увязки речевого информатора с радиостанцией. С целью унификации в качестве речевого информатора в системе применен информатор РИ-1М. РИ-1М используется для формирования сигналов оповещения в виде речевых или тональных сигналов и последующей их передачи через средства радиосвязи в комплексах технических средств диагностики подвижного состава КТСМ.

Речевой информатор РИ-1М имеет четыре разъема (рис. 3).

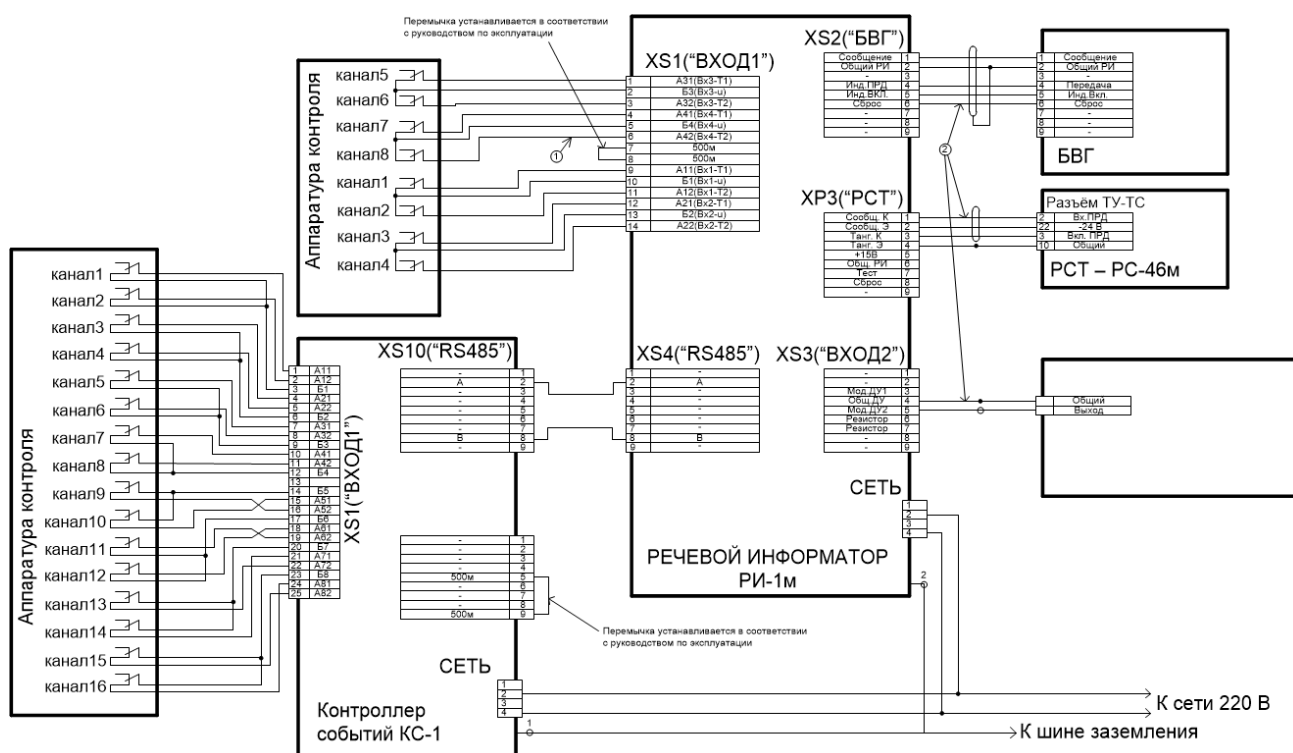


Рис. 3 Схема соединений речевого информатора РИ-1М

Вход XS1 предназначен для подключения восьми нормально замкнутых или нормально разомкнутых релейных контактов аппаратуры контроля. Вход XS4 представляет собой интерфейс RS-485 и предназначен для удаленного подключения дополнительных 16 каналов аппаратуры контроля. Вход XS3 используется для подключения дополнительного источника модулирующего сигнала для радиостанции. Выход XS2 служит для подключения блока выносного громкоговорителя (БВГ) для контроля сигнала оповещения.

Подключение речевого информатора с радиостанцией Motorola DP2400 было осуществлено через тангенту, принципиальная схема которой представлена на рис. 4. На схеме изображён динамик (Гр), микрофон (ВМ), два стабилитрона (VD1 и VD2), конденсатор (C1) и кнопка (Sp), отвечающая за активацию работы радиостанции по приёму речевого сообщения.

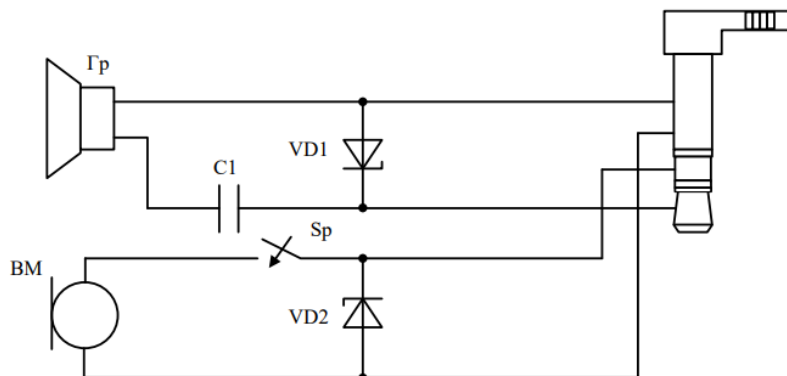
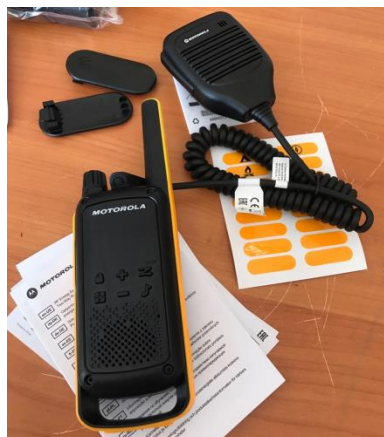


Рис. 4 Исходная принципиальная схема тангенты радиостанции

Предложенная схема сопряжения речевого информатора с радиостанцией посредством тангенты представлена на рис. 5.

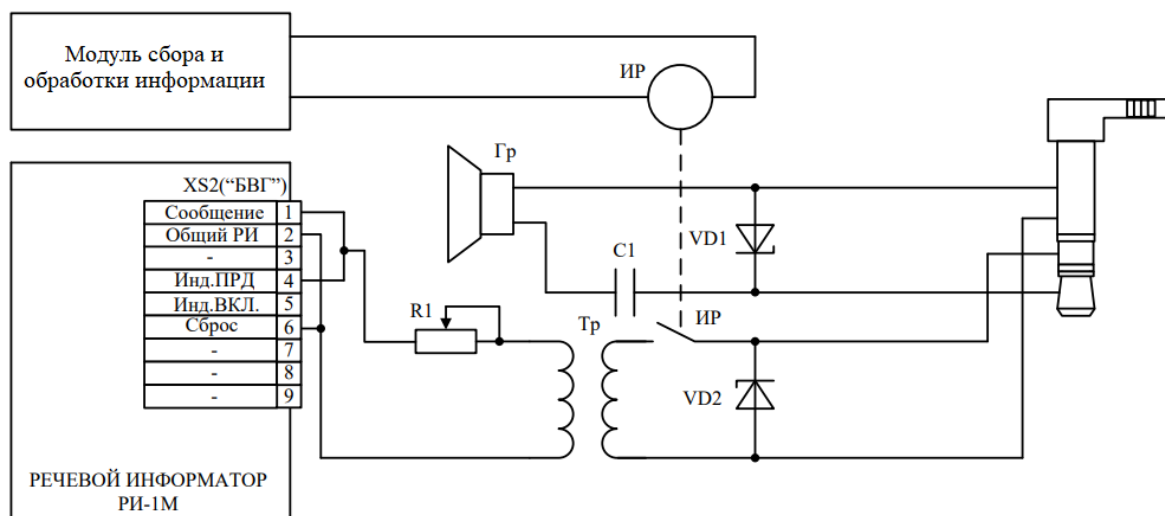


Рис. 5 Предложенная принципиальная схема сопряжения речевого информатора с радиостанцией посредством тангенты

Схема сопряжения была реализована на базе выхода XS2 речевого информатора. Передача сигнала организована через ограничивающий переменный резистор R1 номиналом 10 кОм и воздушный повышающий трансформатор с коэффициентом трансформации 1/3. Трансформатор обеспечивает согласование по импедансу и увеличивает достаточный уровень выходного сигнала с речевого информатора. Встроенный микрофон ВМ исключается из схемы тангенты. Кнопка Sp заменяется контактом реле ИР, обмотка которого управляется с модуля сбора и обработки информации.

Проведенные испытания показали высокое качество передаваемого на локомотив сигнала и высокую помехозащищенность оборудования от внешних электромагнитных наводок и помех.

## Заключение

В ходе работы была реализована аппаратная подсистема беспроводной связи системы контроля и удаленного информирования локомотивных бригад о занятости железнодорожного переезда. Технические решения были направлены на работоспособность подсистемы в реальных условиях эксплуатации с минимальными финансовыми вложениями. Проведенные испытания подтвердили работоспособность предложенных решений. Создание подсистемы беспроводной связи явилось заключительным этапом создания системы контроля и удаленного информирования локомотивных бригад, которая при массовом внедрении на сети железных дорог РФ позволит снизить число ДТП на железнодорожных переездах, социально-экономические потери водителей и ОАО «РЖД».

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Система контроля и информирования локомотивных бригад о занятости переезда / П. В. Савченко, К. В. Менакер, М. В. Востриков [и др.] // Автоматика, связь, информатика. – 2023. – № 1. – С. 8-13. – EDN OKNXUR.
2. Возможность применения индуктивно-петлевого датчика ИПД и речевого информатора ри-1М в системе контроля занятости железнодорожного переезда / Т. В. Ежиков, П. Е. Неугольников, К. В. Менакер, П. В. Савченко // Техника и технологии наземного транспорта : Материалы IV Международной студенческой научно-практической конференции, Нижний Новгород, 14 декабря 2022 года. – Нижний Новгород: Филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования "Самарский государственный университет путей сообщения " в г. Нижнем Новгороде, 2022. – С. 423-429. – EDN YXLJEJ.
3. Менакер, К. В. Анализ использования индуктивно-петлевого датчика для фиксации автотранспортных средств на железнодорожных переездах / К. В. Менакер, Т. В. Ежиков, П. Е. Неугольников // Образование - Наука - Производство : Материалы VI Всероссийской научно-практической конференции (с международным участием). В 2-х томах, Чита, 18 ноября 2022 года. Том 1. – Чита: Забайкальский институт железнодорожного транспорта - филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования "Иркутский университет путей сообщения", 2022. – С. 181-188. – EDN MEMJSL.
4. Менакер, К. В. Исследование режима самовозбуждения колебательного контура на основе короткозамкнутой длинной линии / К. В. Менакер, П. В. Савченко // Молодая наука Сибири. – 2021. – № 1(11). – С. 317-323. – EDN NZLXPO.
5. Измерительное оборудование и радиостанции от ЗАО "Вива-Телеком" – [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://viva-telecom.org/articles/test-radiostations-in-the-city/>

## REFERENCES

1. Sistema kontrolya i informirovaniya lokomotivnyh brigad o zanyatosti perezda / P. V. Savchenko, K. V. Menaker, M. V. Vostrikov [i dr.] // Avtomatika, svyaz', informatika. – 2023. – № 1. – S. 8-13. – EDN OKNXUR.
2. Vozmozhnost' primeneniya induktivno-petlevogo datchika IPD i rechevogo informatora ri-1M v sisteme kontrolya zanyatosti zheleznodorozhnogo perezda / T. V. Ezhikov, P. E. Neugodnikov, K. V. Menaker, P. V. Savchenko // Tekhnika i tekhnologii nazemnogo transporta : Materialy IV Mezhdunarodnoj studencheskoj nauchno-prakticheskoy konferencii, Nizhnij Novgorod, 14 dekabrya 2022 goda. – Nizhnij Novgorod: Filial federal'nogo gosudarstvennogo byudzhethnogo obrazovatel'nogo uchrezhdeniya vysshego obrazovaniya "Samarskij gosudarstvennyj universitet putej soobshcheniya " v g. Nizhnem Novgorode, 2022. – S. 423-429. – EDN YXLJEJ.
3. Menaker, K. V. Analiz ispol'zovaniya induktivno-petlevogo datchika dlya fiksacii avtotransportnyh sredstv na zheleznodorozhnyh perezdah / K. V. Menaker, T. V. Ezhikov, P. E. Neugodnikov // Obrazovanie - Nauka - Proizvodstvo : Materialy VI Vserossijskoj nauchno-prakticheskoy konferencii (s mezhdunarodnym uchastiem). V 2-h tomah, CHita, 18 noyabrya 2022

goda. Tom 1. – CHita: Zabajkal'skij institut zheleznodorozhnogo transporta - filial federal'nogo gosudarstvennogo byudzhethnogo obrazovatel'nogo uchrezhdeniya vysshego professional'nogo obrazovaniya "Irkutskij universitet putej soobshcheniya", 2022. – S. 181-188. – EDN MEMJSL.

4. Menaker, K. V. Issledovanie rezhima samovozbuzhdeniya kolebatel'nogo kontura na osnove korotkozamknutoj dlinnoj linii / K. V. Menaker, P. V. Savchenko // Molodaya nauka Sibiri. – 2021. – № 1(11). – S. 317-323. – EDN NZLXPO.

5. Measuring equipment and radio stations from JSC "Viva-Telecom" - [Electronic resource]. Access mode: <https://viva-telecom.org/articles/test-radiostations-in-the-city/>

### **Информация об авторах**

*Менакер Константин Владимирович* – к.т.н., доцент ВАК, доцент кафедры «Электроснабжение», Забайкальский институт железнодорожного транспорта, г. Чита, e-mail: menkot@mail.ru

*Востриков Максим Викторович* – к.т.н., старший преподаватель кафедры «Электроснабжение», Забайкальский институт железнодорожного транспорта, г. Чита, e-mail: aspirin1979@mail.ru

*Ежиков Тимофей Валентинович* – ассистент кафедры «Электроснабжение», Забайкальский институт железнодорожного транспорта, г. Чита, e-mail: ezhtikov@mail.ru

*Неугодников Павел Евгеньевич* – ассистент кафедры «Электроснабжение», Забайкальский институт железнодорожного транспорта, г. Чита, e-mail: pasha-neugodnikov@mail.ru

### **Authors**

*Menaker Konstantin Vladimirovich* – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Higher Attestation Commission, Associate Professor of the Department of Power Supply, Zabaikalsk Rail Transport Institute, a branch of Irkutsk State Transport University, Chita, e-mail: menkot@mail.ru

*Vostrikov Maxim Viktorovich* – Candidate of Technical Sciences, Senior lecturer of the Department of Power Supply, Zabaikalsk Rail Transport Institute, a branch of Irkutsk State Transport University, Chita, e-mail: aspirin1979@mail.ru

*Yezhikov Timofey Valentinoviya* – Assistant of the Department of Power Supply, Zabaikalsk Rail Transport Institute, a branch of Irkutsk State Transport University, Chita, e-mail: ezhtikov@mail.ru

*Neugodnikov Pavel Evgenievich* – Assistant of the Department of Power Supply, Zabaikalsk Rail Transport Institute, a branch of Irkutsk State Transport University, Chita, e-mail: pasha-neugodnikov@mail.ru