

*Н.С. Кукушкина, В.А. Алексеенко*

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

## **ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ДАТЧИКОВ ПРОХОДА КОЛЕС В СИСТЕМАХ КОНТРОЛЯ ПАРАМЕТРОВ ПОДВИЖНОГО СОСТАВА**

**Аннотация:** Обеспечение безопасности движения является одной из важнейших задач ОАО «РЖД», для достижения которой в современной инфраструктуре железнодорожного транспорта создано огромное количество устройств и комплексов, которые не перестают совершенствоваться. Одним из таких устройств являются датчики прохода колесных пар, входящие в состав аппаратуры КТСМ. Существует достаточное количество модификаций данного устройства, которые применяются на всей сети железных дорог России. Большинство из них являются магнитными и не требуют питания, но уже более усовершенствованные датчики, применяемые в аппаратуре контроля последнего поколения, имеют электромагнитный принцип действия и источник внешнего питания. В данной статье рассмотрена классификация основных типов датчиков применяемых в системах контроля подвижного состава. Дано описание их основных технических характеристик и структурных особенностей. Для датчиков прохода колес указаны основные эксплуатационные причины выхода из строя.

**Ключевые слова:** датчики прохода колес, датчики магнитные, датчики электромагнитные, безопасность движения, КТСМ.

*N.S. Kukushkina, V.A. Alekseenko*

*Irkutsk State Transport University, Irkutsk, the Russian Federation*

## **PECULIARITIES OF USING WHEEL PASSAGE SENSORS IN ROLLING STOCK PARAMETER CONTROL SYSTEMS**

**Abstract:** Ensuring traffic safety is one of the most important tasks of Russian Railways, to achieve which a huge number of devices and complexes have been created in the modern infrastructure of railway transport, which do not cease to be improved. One of such devices is the wheelset passage sensors, which are part of the KTSM equipment. There are a sufficient number of modifications of this device, which are used throughout the Russian railway network. Most of them are magnetic and do not require power, but more advanced sensors used in the latest generation of control equipment have an electromagnetic principle of operation and an external power source. This article considers the classification of the main types of sensors used in rolling stock control systems. A description of their main technical characteristics and structural features is given. For wheel passage sensors, the main operational causes of failure are indicated.

**Keywords:** wheel passage sensors, magnetic sensors, electromagnetic sensors, traffic safety, KTSM.

### **Введение**

Железнодорожный транспорт в современной России является одной из главных транспортных артерий. На его долю приходится около 2/3 всего объема перевозок грузов и пассажиров. Он наиболее приспособлен к большому объему перевозок, имеет круглосуточный режим функционирования вне зависимости от внешних факторов, и должен обладать высокими показателями безопасности движения, которые не должны снижаться из-за неблагоприятных погодных условий и неудовлетворительной эксплуатации [1].

Безопасность движения зависит от множества факторов, таких как состояние рельсового полотна, устройств автоматики и телемеханики, а так же технических параметров подвижного состава, который взаимодействует со всеми устройствами инфраструктуры. Контроль подвижного состава на ходу поезда является необходимой мерой, для сохранения высоких параметров движения поездов, и при этом обладает высокой эффективностью, так как многие неисправности проявляются только в процессе движения подвижной единицы [2]. Для реализации данного подхода участки на

протяжении всей сети железных дорог оборудованы системами контроля параметров подвижного состава на ходу поезда на основе аппаратуры многофункциональных комплексов технических средств (КТСМ).

### Постановка проблемы

В составе систем контроля параметров подвижного состава на ходу поезда, выполненных на базе аппаратуры КТСМ, одну из ключевых ролей играют датчики прохода колесных пар. На основе сигналов датчиков выполняется счет количества осей, счет подвижных единиц, привязка показаний температуры неисправной буксы к определенной колесной паре конкретной подвижной единицы, а также с их помощью может осуществляться фиксация нахождения поезда в зоне контроля [3]. На железнодорожном транспорте от момента внедрения первых устройств контроля параметров подвижного состава для вышеперечисленных задач применялись датчики прохода колес разных разработчиков и производителей, с отличной друг от друга конструкцией и особенностями выработки сигналов [4].

В настоящее время, в пределах одной железной дороги может эксплуатироваться аппаратура контроля разных поколений. Это могут быть КТСМ-01Д, КТСМ-02, КТСМ-03. Это хорошо видно на примере Восточно-Сибирской железной дороги, где в работе находится 356 комплектов аппаратуры КТСМ, в соотношении КТСМ-01Д – 21%, КТСМ-02 – 66% и КТСМ-03 – 13% от общего числа постов контроля [5]. Поэтому актуальной задачей является анализ конструктивных и эксплуатационных особенностей датчиков прохода колес, которые в данный момент применяются на железнодорожном транспорте для контроля состояния подвижного состава.

### Датчики магнитные

В комплексах КТСМ первого и второго поколения применяются магнитные датчики прохода колесных пар типа ДМ. Такие датчики являются бесконтактными и не требуют внешнего источника питания.

В состав датчика прохода колес типа ДМ входит кронштейн, корпус датчика, крепежная скоба и соединительный кабель. С помощью кронштейна, скобы и гаек датчик крепится к подошве рельса. В корпусе датчика расположена катушка с сердечником в виде постоянного магнита. Общий вид строения датчика типа ДМ представлен на рис. 1.

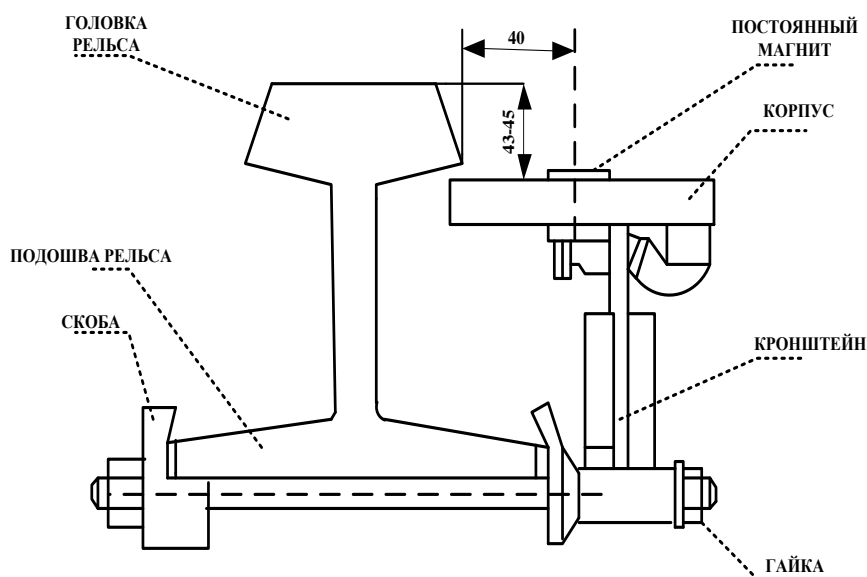
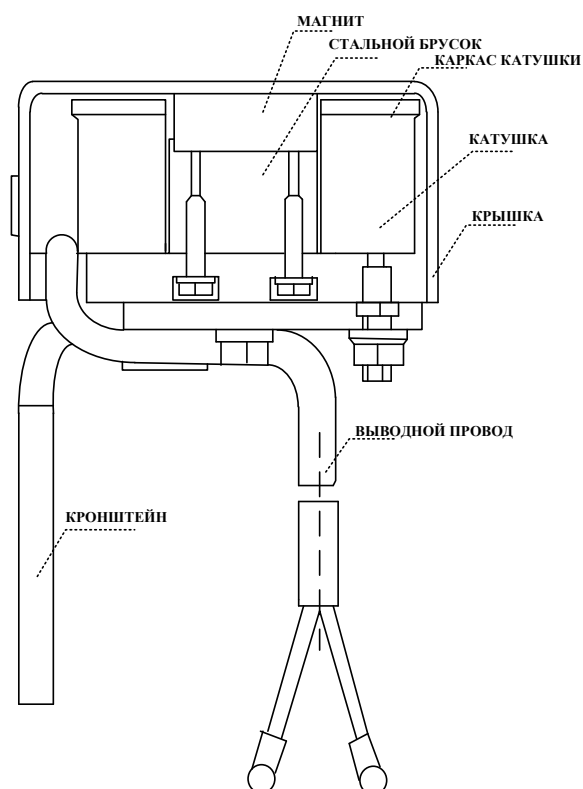


Рис. 1. Датчик магнитный





**Рис. 3. Строение датчика ДМ-95**

В настоящее время, датчики типа ДМ-99 и ШМП-93 сняты с производства и заменены новыми, усовершенствованными датчиками ДМ-12 и ШМП-12 (рис. 4). Эти датчики так же могут применяться как замена датчику ДМ-95, так как имеют аналогичный принцип действия [9].



**Рис. 4. Датчик ШМП-12**

Датчик ДМ12 является модифицированным аналогом, снятого с производства ДМ99 и рекомендован к применению на сети железных дорог России. Отличия модифицированного датчика от предыдущего поколения заключаются в изменении формы магнитной головки, уменьшение массы датчика, а так же снижение минимальной скорости прохода поезда до 3 км/ч. Внешний вид модифицированного датчика ДМ-12 представлен на рис. 5 [10].



Рис. 5. Датчик ДМ-12

Магнитные датчики прохода колес имеют ряд серьезных недостатков, выявленных в ходе эксплуатации:

- подверженность помехам от влияния обратного тягового тока;
- возможность обрыва жил кабеля у основания датчика из-за условий эксплуатации;
- ослабление гаек кронштейна датчика в результате воздействия вибрации от прохода подвижного состава;
- проблема фиксации и жесткости крепления датчика, установка которого совмещена с напольной камерой;
- невозможность горизонтальной регулировки кронштейна датчика в случае необходимости.

Данные недостатки зачастую провоцируют сбой счета осей при контроле подвижного состава аппаратурой КТСМ.

#### **Датчики электромагнитные**

В современном комплексе КТСМ-03 используют датчик другого принципа действия – ДПЭП-М, который представляет собой электромагнитный прибор, устанавливаемый на рельс.

Внешний вид датчика ДПЭП-М приведен на рис. 6 [11].



Рис. 6. Внешний вид датчика ДПЭП-М в лабораторных условиях

Путевой датчик в комплекте с аппаратурой контроля КТСМ обеспечивает решение следующих задач:

- фиксации проследования осей с выдачей электрического нормализованного по амплитуде и частоте сигнала;
- определения направления движения оси колеса;
- счет осей подвижного состава;
- контроля состояния свободности/занятости путевого участка [12].

В отличие от датчиков типа ДМ, этот датчик требует внешнее питание, за счет чего меняется как принцип действия, так и конструкция самого датчика. Конструкция датчика представлена на рис. 7, на рис. 8 показаны основные параметры крепления датчика к рельсу. Датчики ДПЭП-М не имеют ограничений по минимальной скорости прохода колеса.

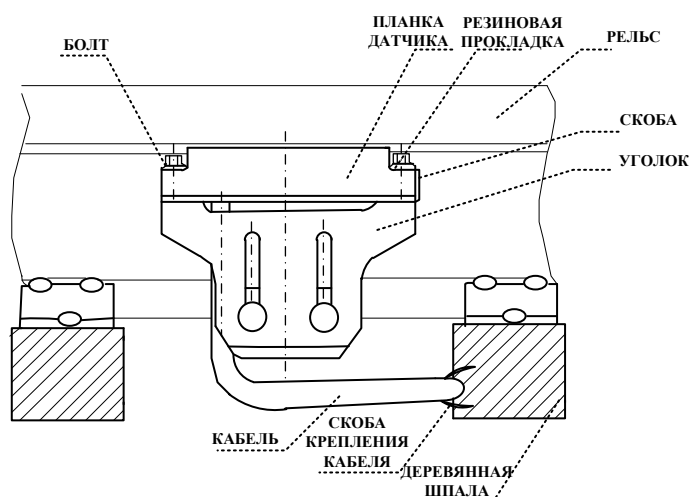


Рис. 7. Конструкция датчика типа ДПЭП-М

Путевой датчик ДПЭП-М имеет следующие составляющие: планка датчика, уголок, скоба, резиновая прокладка, болт, скоба крепления кабеля, кабель, основание и шпилька, шайба С12, гайка М12, шплинт, прижим, гайка М24, 2 шайбы А24 и проволока [13].

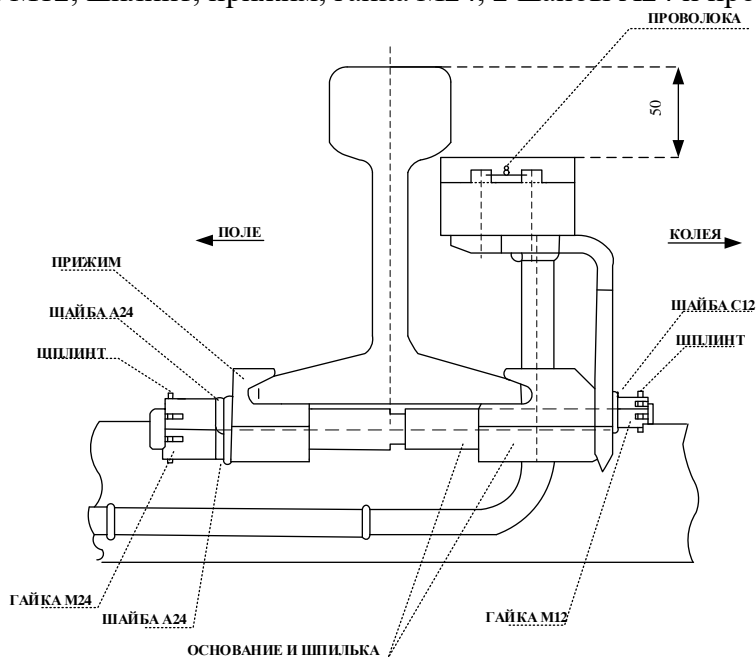


Рис. 8. Крепление датчика типа ДПЭП-М к рельсу

Основной конструктивный элемент путевого датчика ДПЭП-М – планка, которая представляет собой неразборную конструкцию. При механическом повреждении не подлежит ремонту и требует замены. Корпус планки выполнен из ударопрочного полимерного материала. Планка закрепляется на подошве рельса посредством специального крепления и электрически соединяется с напольным преобразователем сигналов датчика с помощью герметичного разъема и соединительного кабеля, который является составной частью датчика. Это при необходимости позволяет оперативно заменять датчик. Держатели, стяжные болты, скобы стальные, шайбы пружинные, гайки, контргайки обеспечивают крепление датчика к подошве рельса. Резиновые прокладки служат демпферным элементом между планкой датчика и держателями и гасят низкочастотную составляющую вибрационных воздействий, возникающих при проходе колес поезда по стыкам рельсовых нитей.

Внутри герметичной планки датчика на печатной плате вдоль корпуса расположены две катушки индуктивности, которые подключаются соединительным кабелем к устройству преобразования сигналов. Датчик имеет три зоны чувствительности, которые последовательно во времени формируют высокочастотные электрические сигналы, с помощью которых определяется направление движения оси подвижного состава устройствами обработки. Принцип действия датчика основан на изменении величины индуктивности его катушек при проходе над ними колеса подвижного состава. Изменение индуктивности отслеживается устройством преобразования сигналов, при этом проход оси подвижного состава фиксируется только в том случае, если соблюдена следующая или обратная ей последовательность прохода колеса над датчиком.

Конструктивное устройство датчиков должно быть таким, чтобы обеспечивалась его работоспособность при воздействии на него внешних факторов. К ним относятся:

- электрические: импульсные перенапряжения, провалы напряжения питания, электромагнитная обстановка и так далее;
- механические: вибрация, ударные нагрузки;
- климатические: температура, влажность и так далее;
- эксплуатационные: разбалчивание крепежных резьбовых соединений, механические воздействия путевых машин, изменения вертикального и горизонтального габаритов датчика относительно рельса в связи с износом головки рельса.

Габариты датчика при установке его на рельс не должны выступать за пределы габарита приближения строений «С» [14]. Внешний вид датчика при эксплуатации приведен на рис. 9.



Рис. 9. Путевой датчик типа ДПЭП-М при эксплуатации

Для крепления датчика ДПЭП-М к подошве рельса используется кронштейн, конструкцией которого не предусматривается гашение ударных вибраций от рельса при проходе поезда. В результате работы в условиях вибрационных воздействий сокращается срок службы устройств. Также имеют место случаи излома шпилек крепления датчика к кронштейну. При этом кронштейны практически неремонтопригодны и нуждаются в замене. Для устранения указанного недостатка требуется либо изменение конструкции штатного кронштейна, либо использования кронштейна от датчика типа ДМ-95Н имеющего резиновые амортизаторы.

Также среди недостатков электромагнитных датчиков можно отметить зависимость точности датчика от стабильности параметров питающего напряжения. При этом различные факторы могут провоцировать возникновение погрешностей в работе датчиков данного типа. К ним можно отнести следующие факторы:

- электромагнитное влияние сторонних источников магнитных полей на индукционную катушку датчика;
- температурное влияние, выраженное в предельном отклонении точки срабатывания датчика при перепаде температур в допустимом диапазоне;
- деформационное влияние, является следствием возникновения люфтов в месте установки датчика, либо повреждения его корпуса при ухудшении параметров работоспособности;
- влияние технологических процессов, выраженное, например, в механической или термической деформации кабеля датчика при производстве работ [15].

#### **Заключение**

Магнитные путевые датчики прохода колес типа ДМ (ДМ-95, ДМ-99 ДМ-12) и ШМП (ШМП-93, ШМП-12) имеют ряд преимуществ, ввиду простоты конструкции и отсутствия необходимости электропитания. Основные недостатки датчиков связаны с эксплуатационными условиями.

Датчики электромагнитного типа имеют преимущества, связанные с более высокой точностью измерения и отсутствием ограничений по минимальной скорости прохода поезда в зоне контроля. Также среди их достоинств стоит отметить достаточную степень надёжности при эксплуатации в сложных условиях и высокую чувствительность, несмотря на помехи от больших токов промышленной частоты.

#### **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Правила технической эксплуатации железных дорог Российской Федерации: утв. приказом Минтранса России №250 от 23.06.2022 г. – М. : ОАО «РЖД», 2022. – 517 с.
2. Марюхненко В.С. Автоматизированный контроль подвижного состава на ходу поезда / В.С. Марюхненко, Ю.Ф. Мухопад, Б.М. Миронов, В.А. Алексеенко / Иркутск : ИрГУПС, 2016 – 176 с.
3. Алексеенко В.А. Модернизация аппаратуры КТСМ путем замены рельсовой цепи наложения на датчики прохода колес / В.А. Алексеенко, Н.С. Корякин // Транспортная инфраструктура Сибирского региона. – 2017. – Т. 1. – С. 366-371.
4. Швалов Д.В., Шаповалов, В.В. Системы диагностики подвижного состава: Учебник для техникумов и колледжей ж.-д. транспорта / Под ред. Д.В.Швалова.– М. : Маршрут, 2005.– 268 с.
5. Анализ работы средств технической диагностики и мониторинга (АПК ДК) Восточно-Сибирской ж.д. за 12 месяцев 2021 года / Иркутск : 2022 – 15 с.
6. Штанке В.В. Особенности влияния окружающей среды на работу путевых датчиков типа ДМ12, ШМП12 и методы их устранения / В.В. Штанке, В.А. Штанке // Труды Ростовского государственного университета путей сообщения. – Ростов-на-Дону. : РГУПС, №3. – 2021. – С.65-69.
7. Датчик магнитный ДМ-95Н. Техническое описание и инструкция по эксплуатации. МПС РФ: согласовано с УО ВНИИЖТ от 7.04.95, 1995.-19с



8. Датчик магнитный ДМ-95Н [Электронный ресурс] URL: [http://if-komplekt.ru/?page\\_id=55](http://if-komplekt.ru/?page_id=55) (Дата обращения 01.02.2023 года).
9. Штанке, В. В. Статистика отказов датчиков ДМ12 (ДМ99), ШМП12 (ШМП 93) в системе комплекса технических средств мониторинга нагрева букс вагонов (КТСМ) / В. В. Штанке, В. А. Штанке // Труды Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2022. – № 1(58). – С. 95-106.
10. Датчик магнитный ДМ12 [Электронный ресурс] URL:[http://if-komplekt.ru/?page\\_id=47](http://if-komplekt.ru/?page_id=47) (Дата обращения 30.01.2023 года).
11. УЖДА. Системы автоматики и телемеханики на основе счета осей [Электронный ресурс] URL: <https://rwa.ru/info> (Дата обращения 30.01.2023 года).
12. ИН7.460.200.000 РЭ. Комплекс технических средств многофункциональный КТСМ-03. Руководство по эксплуатации / Екатеринбург. : ООО «ИНФОТЭКС АТ», 2018.– 109 с.
13. КТП ЦШ 1052–2019. Замена путевого датчика типа ДПЭП-М-У. Техническое обслуживание на месте эксплуатации: утв. ЦДИ ОАО «РЖД» 17.12.2019.
14. Щиголов С.А. Системы железнодорожной автоматики со счетчиками осей подвижного состава: учебное пособие / С.А. Щиголов. – Екатеринбург. : УрГУПС, 2021.– 471 с.
15. Sensoren. Промышленные датчики [Электронный ресурс] URL: [https://sensoren.ru/news/dostoinstva\\_i\\_nedostatki\\_induktivnykh\\_datchikov\\_i\\_sfery\\_ikh\\_primeneniya](https://sensoren.ru/news/dostoinstva_i_nedostatki_induktivnykh_datchikov_i_sfery_ikh_primeneniya) (Дата обращения 31.01.2023 года).

## REFERENCES

1. Pravila tehnicheckoi ekspluatatsii zheleznykh dorog Rossiyskoy Federatsii [Rules for the technical operation of railways of the Russian Federation] order of the Ministry of Transport of Russia №250 dated 23.06.2022 – М : OJSC "RZD", 2022. –517 p.
2. Maryukhnenko V.S. Avtomatiziro-vannyy kontrol' podvizhnogo sostava na khodu poyezda [Automated control of rolling stock on the train] / V.S. Maryukhnenko, Yu.F. Mukhopad, B.M. Mironov, V.A. Alekseenko // Irkutsk: IrGUPS, 2016 - 176 p.
3. Alekseenko V.A. Modernizatsiya apparatury KТСМ putem zameny rel'sovoy tsepi nalozheniya na datchiki prokhoda koles [Modernization of the CTDM equipment by replacing the overlay rail circuit with wheel passage sensors] / V.A. Alekseenko, N.S. Koryakin // Transport infrastructure of the Siberian region. – 2017. - Т. 1. - S. 366-371.
4. Shvalov D.V., Shapovalov V.V. Sistemy diagnostiki podvizhnogo sostava: Uchebnik dlya tekhnikumov i kolledzhey zh.-d. Transporta [Rolling stock diagnostic systems: A textbook for technical schools and colleges of the railway transport] / Ed. D.V. Shvalov. - М.; Route, 2005. - 268 p.
5. Analiz raboty sredstv tekhnicheskoy diagnostiki i monitoring (APK DK) Vostochno-Sibirskoy zh.d. za 12 mesyatsev 2021 goda [Analysis of the operation of technical diagnostics and monitoring tools (APK DK) of the East Siberian Railway for 12 months of 2021] / Irkutsk : 2022 - 15 p.
6. Shtanke V.V. Osobennosti vliyaniya okruzhayushchey sredy na rabotu putevykh datchikov tipa DM12, SHMP12 i metody ikh ustraneniya [Features of the influence of the environment on the operation of track sensors type DM12, ShMP12 and methods for their elimination] / V.V. Shtanke, V.A. Shtanke // Proceedings of the Rostov State Transport University. - Rostov-on-Don. : RGUPS, No. 3. - 2021. - P.65-69.
7. Datchik magnitnyy DM-95N. Tekhnicheskoye opisaniye i instruktsiya po ekspluatatsii [Magnetic sensor DM-95N. Technical description and operating instructions]. Ministry of Railways of the Russian Federation: agreed with UO VNIIZhT dated April 7, 1995, 1995.-19 p
8. Magnetic sensor DM-95N [Electronic resource] URL: [http://if-komplekt.ru/?page\\_id=55](http://if-komplekt.ru/?page_id=55) (accessed 01.02.2023).
9. Shtanke V.V. Statistika otkazov datchikov DM12 (DM99), SHMP12 (SHMP 93) v sisteme kompleksa tekhnicheskikh sredstv monitoringa nagreva buks vagonov (KТСМ)

[Statistics of failures of sensors DM12 (DM99), ShMP12 (SHMP 93) in the system of the complex of technical means for monitoring the heating of axle boxes of cars (KTSM)] / V.V. Shtanke, V.A. Shtanke // Proceedings of the Rostov State Transport University. - Rostov-on-Don. : RGUPS, No. 1(58). – 2022. – P.95-106.

10. Magnetic sensor DM-12 [Electronic resource] URL: [http://if-komplekt.ru/?page\\_id=47](http://if-komplekt.ru/?page_id=47) (accessed 30.01.2023).

11. UZDA. Automation and telemechanics systems based on axle counting [Electronic resource] URL URL: <https://rwa.ru/info> (accessed 30.01.2023).

12. IN7.460.200.000 RE. Kompleks tekhnicheskikh sredstv mnogofunktsional'nyy KTSM-03. Rukovodstvo po ekspluatatsii [IN7.460.200.000 RE. Complex of technical means multifunctional KTSM-03. Manual] / Yekaterinburg. : INFOTEKS AT LLC, 2018.– 109 p.

13. KTP TSSH 1052–2019. Zamena putevogo datchika tipa DPEP-M-U. Tekhnicheskoye obsluzhivaniye na meste ekspluatatsii [KTP TSSH 1052–2019. Replacement of the travel sensor type DPEP-M-U. On-site maintenance]:approved. CDI of Russian Railways December 17, 2019.

14. Shchigolev S.A. Sistemy zheleznodorozhnoy avtomatiki so schetchikami osey podvizhnogo sostava: uchebnoye posobiye [railway automation systems with rolling stock axle counters: study guide] : / S.A.Shchigolev.–Yekaterinburg. : UrGUPS, 2021.– 471 p.

15. Sensoren. Industrial sensors [Electronic resource] URL: [https://sensoren.ru/news/dostoinstva\\_i\\_nedostatki\\_induktivnykh\\_datchikov\\_i\\_sfery\\_ikh\\_primeneniya](https://sensoren.ru/news/dostoinstva_i_nedostatki_induktivnykh_datchikov_i_sfery_ikh_primeneniya) (accessed 30.01.2023).

#### **Информация об авторах**

*Кукушкина Надежда Сергеевна* – студентка группы СОД.2-19-1, факультет «Системы обеспечения транспорта», Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск, e-mail: [kukushkinans2002@gmail.com](mailto:kukushkinans2002@gmail.com)

*Алексеенко Владимир Александрович* – к.т.н., доцент кафедры «Автоматика, телемеханика и связь», Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск, e-mail: [bezvoprosov03@mail.ru](mailto:bezvoprosov03@mail.ru)

#### **Information about the authors**

*Kukushkina Nadezhda Sergeevna* – student of group SOD.2-19-1, Faculty of Transport Support Systems, Irkutsk State Transport University, Irkutsk, e-mail: [kukushkinans2002@gmail.com](mailto:kukushkinans2002@gmail.com)

*Alekseenko Vladimir Aleksandrovich* – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of «Automation, Telemechanics and Communications», Irkutsk State Transport University, Irkutsk, e-mail: [bezvoprosov03@mail.ru](mailto:bezvoprosov03@mail.ru)