

ПОДСИСТЕМА КОНТРОЛЯ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОГО ЗАНЯТИЯ И ОСВОБОЖДЕНИЯ ИНДУКТИВНО-ПЕТЛЕВЫХ ДАТЧИКОВ В СИСТЕМЕ КОНТРОЛЯ ЗАНЯТОСТИ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ПЕРЕЕЗДА

Данная работа посвящена созданию и описанию работы подсистемы контроля последовательного занятия и освобождения зоны действия индуктивно-петлевых датчиков автотранспортными средствами при их несанкционированном движении через железнодорожный переезд. Это позволит своевременно передавать соответствующую информацию членам локомотивных бригад приближающихся поездов и снизить вероятность аварийных ситуаций.

Ключевые слова: индуктивно-петлевой датчик, железнодорожный переезд, автотранспортное средство, подвижной состав

EDN: SKHWQV



П.В. Савченко



К.В. Менакер

С целью снижения числа ДТП на железнодорожных переездах авторами была предложена система контроля и удаленного информирования локомотивных бригад о несанкционированном занятии автотранспортными средствами зоны проезжей части [1]. Суть работы предлагаемой системы состоит в установке на переезде индуктивно-петлевых и микроволновых датчиков. При несанкционированном движении автотранспортного средства через закрытый переезд, или в случае падения с вагона поезда, с автотранспортного средства посторонних предметов происходит срабатывание соответствующих датчиков, в результате чего речевым информатором генерируется сообщение, передаваемое радиостанцией на частоте поездной радиосвязи членам локомотивных бригад

приближающихся поездов. Члены локомотивных бригад предпринимают все возможные действия для снижения скорости поездов и их остановки перед переездом, вследствие чего снижается вероятность ДТП. Одной из серьезных проблем при реализации системы контроля и удаленного информирования является распознавание аварийной ситуации. По статистике на неохранных железнодорожных переездах преимущественно наблюдается сквозной несанкционированный проезд автотранспортных средств, который зачастую не приводит к появлению аварийных ситуаций [2;3]. Значительно реже попытка несанкционированного проезда автотранспортного средства через закрытый переезд сопровождается неисправностью и остановкой транспортного средства в габаритах движения под-

Савченко Павел Владимирович, кандидат технических наук, доцент кафедры «Системы управления транспортной инфраструктуры» Российского университета транспорта (РУТ (МИИТ)). Область научных интересов: безопасность и надежность станционных систем железнодорожной автоматики. Автор 34 научных работ. Имеет 17 патентов на изобретения.

Менакер Константин Владимирович, кандидат технических наук, доцент кафедры электроснабжения Забайкальского института железнодорожного транспорта (ЗабИЖТ ИрГУПС), г. Чита. Область научных интересов: электропитание, устройства защиты от электрических помех станционных и перегонных устройств. Автор 31 научной работы. Имеет три патента на изобретения.

Ежиков Тимофей Валентинович, аспирант кафедры энергетики Забайкальского государственного университета (ЗабГУ), г. Чита. Область научных интересов: безопасность и надежность систем железнодорожной автоматики. Автор пяти научных работ.

Неугольников Павел Евгеньевич, аспирант кафедры энергетики Забайкальского государственного университета (ЗабГУ), г. Чита. Область научных интересов: безопасность и надежность систем железнодорожной автоматики. Автор четырех научных работ.

вижного состава и, как следствие, к ДТП. Вследствие этого по заданию службы автоматики и телемеханики Забайкальской железной дороги была разработана подсистема последовательного занятия и освобождения индуктивно-петлевых датчиков автотранспортными средствами с целью распознавания аварийной ситуации, связанной со сквозным их проездом и остановкой в габаритах движения подвижного состава. В зависимости от категории аварийной ситуации система контроля и информирования по радиоканалу передает сигнал «Тревога 1» или «Тревога 2» и члены локомотивных бригад по текущей ситуации принимают решение о дальнейшем режиме движения поездов.

Структурная схема системы контроля и информирования локомотивных бригад о занятости железнодорожного переезда

Структурная схема предлагаемой системы контроля и информирования локомотивных бригад о занятости железнодорожного переезда представлена на рис. 1. Система состоит из:

- датчиков петлевых индуктивных (ДПИ) — 1.1-1.6, штатно применяемых для фиксации подвижного состава на сортировочных станциях;

- блоков обработки сигналов с петлевых индуктивных датчиков (БДПИ) — 2.1-2.6;
- сверхвысокочастотных (микроволновых) датчиков (СВЧД) — 3.1, 3.2, 3.3, 3.4;
- блока управления микроволновыми датчиками (БУ СВЧД) — 4;
- блока контроля последовательного занятия и освобождения автотранспортными средствами зон действия петлевых индуктивных датчиков при закрытом переезде (БПЗО) — 5;
- модуля сбора данных (МСД) — 6;
- речевого информатора (РИ) — 7;
- передающего блока подсистемы беспроводной связи (БПБС) — 8;
- обогреваемого релейного шкафа — 9;
- релейного шкафа (РШ) штатных устройств автоматической переездной сигнализации (АПС) — 10;
- переездных светофоров А и Б — 11;
- электромеханических устройств заграждения (ЭУЗ) — 12 (при их наличии).

При отсутствии поездов на участках приближения переезд открыт для проезда автотранспортных средств. Дискретный сигнал об открытом переезде с РШ АПС поступает в МСД, блокируя выработку сигналов «Тревога» с его выхода на речевой инфор-

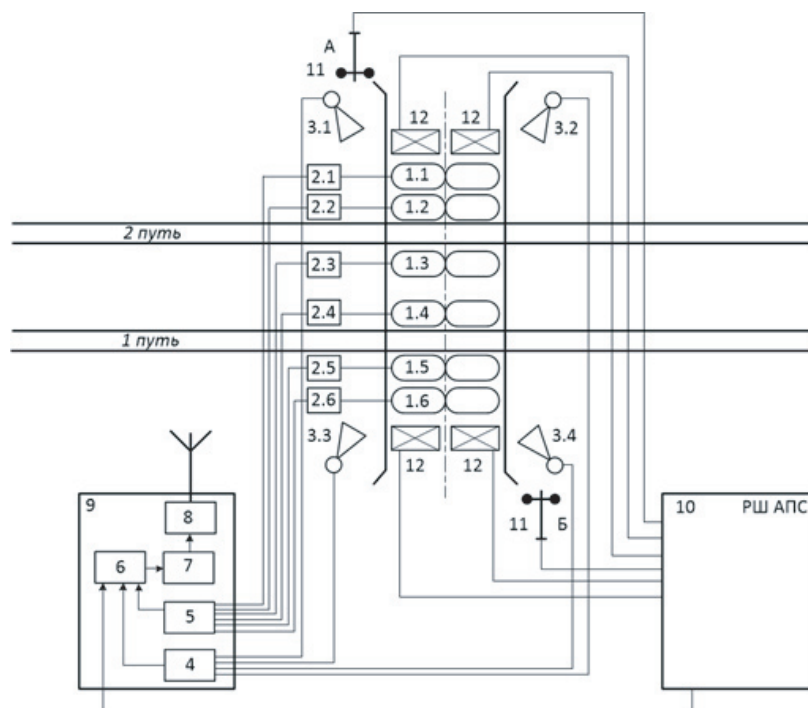


Рис. 1. Структурная схема системы контроля и информирования локомотивных бригад о занятости железнодорожного переезда

матор (РИ) при санкционированном проезде автотранспортных средств и поступлении сигналов с ДПИ и СВЧД.

При занятии поездом участка приближения любого из путей, происходит срабатывание штатных устройств АПС и, по истечении времени извещения, предусмотренного для освобождения автотранспортными средствами переезда, происходит закрытие переезда и передача дискретного сигнала с устройств АПС в МСД для разблокировки работы системы контроля и удаленного информирования локомотивных бригад.

Принцип работы ДПИ [4] основан на изменении частоты и амплитуды генератора гармонических колебаний, расположенного в составе БДПИ под действием металлической массы и конструктивных особенностей контролируемого транспортного средства (рис. 2). ДПИ является чувствительным элементом, выполняющим роль индуктивности колебательного контура генератора. При свободном контролируемом участке на выходе БДПИ образуется постоянное напряжение 24 В, от которого срабатывает интерфейсное реле (ПД). При нахождении транспортного средства в зоне действия ДПИ, выходное напряжение БДПИ уменьшается до величины 2,4 В.

Таким образом, при закрытом переезде и отсутствии в зоне действия ДПИ 1.1–1.6 автотранспортных средств, на выходе БДПИ 2.1–2.6 устанавливается уровень напряжения 24 В и реле ПД 2.1–2.6 находится под током (рис. 2). На выходах СВЧД 3.1–3.4 (см. рис. 1) также действует высокий уровень дискретного сигнала, поступающий на БУ СВЧД. Сигналы

посредством фронтальных контактов ПД 2.1–2.6 (см. рис. 2) поступают на входы БПЗО. БУ СВЧД и БПЗО вырабатывают сигналы отсутствия автотранспортных средств и посторонних крупногабаритных предметов в зоне переезда и система находится в режиме непрерывного контроля.

При несанкционированном движении автотранспортного средства через закрытый переезд, происходит неизменное занятие зон действия ДПИ и СВЧД. Индуктивность ДПИ при нахождении в их зоне действия дополнительных металлических предметов, изменяется и на выходах соответствующих БДПИ устанавливается низкий уровень напряжения.

Далее алгоритм работы системы контроля и удаленного информирования локомотивных бригад о занятости железнодорожного переезда зависит от скорости и очередности срабатывания датчиков ДПИ, при движении автотранспортного средства по переезду или его остановки в габаритах переезда.

В случае кратковременного и поочередного срабатывания ДПИ (что свидетельствует о быстром несанкционированном движении автотранспортного средства через закрытый переезд) БПЗО выдает на вход МСД дискретный сигнал «Тревога 2», который поступает далее на вход РИ, в котором преобразуется в соответствующее речевое сообщение и далее передается на вход БПБС, посредством которого преобразуется в радиосигнал на частоте поездной радиосвязи.

При длительном срабатывании одного или нескольких датчиков ДПИ (что свидетельствует об остановке

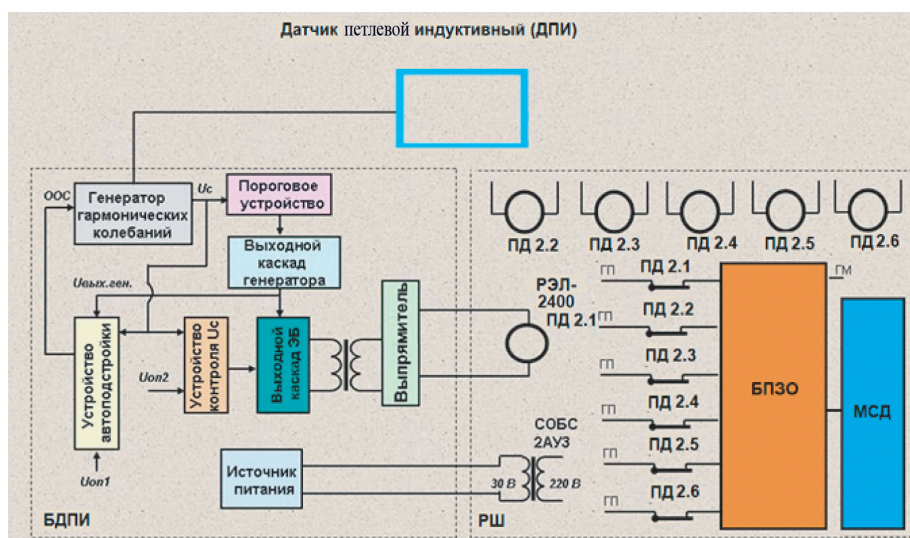


Рис. 2. Структурная схема ДПИ и БДПИ

транспортного средства в зоне переезда), БПЗО выдает на вход МСД дискретный сигнал «Тревога 1», который аналогичным образом, посредством речевого информатора (РИ), преобразуется в соответствующее речевое сообщение и далее поступает на вход БПБС, в котором преобразуется в радиосигнал на частоте поездной радиосвязи.

Машинисты приближающихся к переезду поездов, посредством локомотивных устройств радиосвязи, фиксируют сигналы «Тревога 1» или «Тревога 2» и принимают решение о дальнейшем режиме движения, в зависимости от поездной обстановки (скорость движения поезда, масса, расстояние до переезда). В случае фиксации сигнала «Тревога 2» и достаточном расстоянии до переезда, возможно снижение скорости движения поезда. В случае фиксации «Тревога 1», локомотивная бригада принимает все возможные действия для остановки поезда перед внезапно возникшим препятствием, в соответствии с действующими инструкциями.

Назначение СВЧД в большей мере состоит в контроле в зоне переезда наличия посторонних крупногабаритных неметаллических предметов, упавших с автотранспортных средств или вагонов поезда.

Испытания уровня чувствительности ДПИ на автотранспортные средства были проведены на учебно-тренировочном полигоне Забайкальского института железнодорожного транспорта (ЗабИЖТ ИргУПС). Шлейф укладывался на проезжей части с различным числом витков. Производилась предварительная настройка ИПД (при свободном от автотран-

спортного средства шлейфе) путем нажатия кнопки «НАСТРОЙКА» и одновременного включения питания электронного блока. Результаты проведенных испытаний подробно представлены в работе [5].

Подсистема контроля последовательного занятия и освобождения индуктивно-петлевых датчиков

Подсистема контроля последовательного занятия и освобождения индуктивно-петлевых датчиков автотранспортными средствами выполнена аппаратно-программным способом. Принципиальная схема сопряжения одного комплекта БДПИ к блоку БПЗО представлена на рис. 3.

Помехозащищенная схема сопряжения выполнена на основе безопасного реле SHINMEI GS-SH-2XXT, устанавливаемого, в том числе, в устройствах АПК-ДК. Ток от источника постоянного напряжения 24 В протекает через фронтальный контакт интерфейсного реле ПД, далее через стабилизатор напряжения L7812C с номинальным напряжением стабилизации 12 В и обмотку безопасного промежуточного реле GS-SH-2XXT. Фронтальный контакт промежуточного реле включен в цепь второго источника постоянного напряжения 12 В. В этой цепи имеются стабилизатор напряжения L7805C с номинальным напряжением стабилизации 5 В и развязывающий диод D1. Промежуточное реле и стабилизаторы напряжения обеспечивают дополнительную гальваническую развязку и высокую помехозащищенность схемы, необходимые для устойчивой работы микроконтроллера. С фронтального контакта

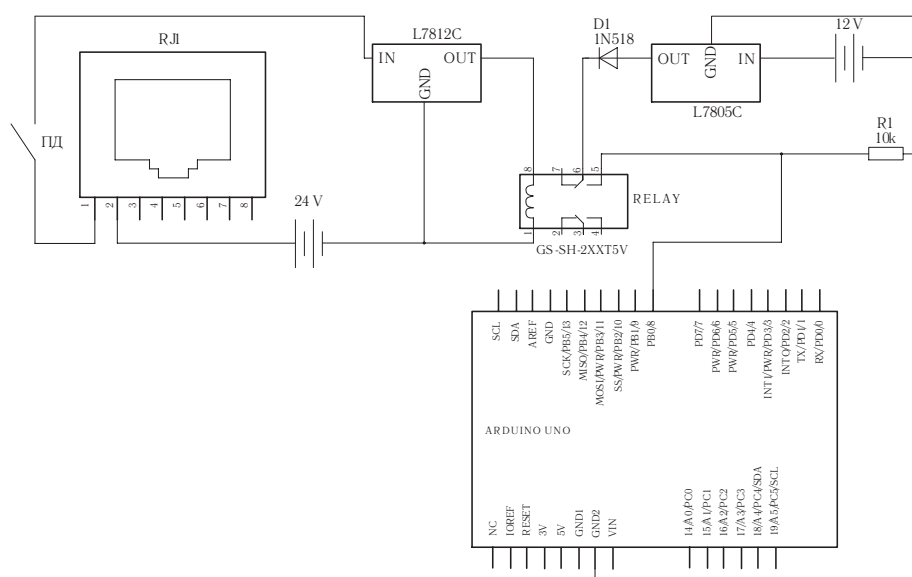


Рис. 3. Принципиальная схема сопряжения одного комплекта БДПИ к блоку БПЗО

промежуточного реле сигнал посредством делителя напряжения, выполненного на сопротивлении R1, подается на один из цифровых входов микроконтроллера. Блок БПЗО выполнен 12-канальным с целью возможного оборудования многопутных железнодорожных переездов (рис. 4).

Программное обеспечение блока БПЗО было разработано на языке C++. Предварительная сборка и отладка схемы блока производилась на платформе [1]. Имитационная модель 6-ти канальной схемы блока БПЗО представлена на рис. 5.

Сигналы с блоков БДПИ моделируются источниками электропитания, стоящими в верхнем ряду схемы. С помощью кнопок источников электропитания моделируется кратковременное или длительное занятие автотранспортным средством соответствующего датчика ПДИ. Интерфейсные реле РЭЛ, подключенные к блокам БДПИ, расположены в среднем ряду. В нижнем ряду схемы модели представлены промежуточные реле и стабилизаторы напряжения. На макетной плате в правом верхнем углу располагается кнопка имитации занятости переезда с соответствующей индикацией в виде красного светодиода. Однократное нажатие данной кнопки имитирует закрытие переезда с одновременным включением красного светодиода. Повторное нажатие кнопки приводит к открытию переезда и выключению светодиода. Слева на макетной плате расположены желтый и красный светодиоды, сигнализирующие соответственно сигналы «Тревога 2» и «Тревога 1».

В нижней части макетной платы расположены сопротивления делителей напряжения.

Алгоритм работы схемы БПЗО (рис. 6) состоит в следующем.

Первоначально производится циклический опрос свободности/занятости переезда. При свободности переезда опрос датчиков ДПИ не производится. При занятом переезде производится поочередный опрос датчиков ДПИ. При срабатывании первого по ходу движения датчика ДПИ в четном или нечетном направлении схема генерирует сигнал «Тревога 2» и начинается отсчет времени. Если за расчетный временной промежуток (расчет производился из учета минимальной скорости автотранспортного средства) освобождение данного датчика не происходит, генерируется сигнал «Тревога 1». При своевременном освобождении первого датчика и срабатывании следующего продолжается генерация сигнала «Тревога 2» и начинается отсчет времени, как и при работе алгоритма по отношению к первому датчику. Подобный поочередный опрос производится по отношению ко всем датчикам ДПИ. Кратковременное поочередное срабатывание датчиков ДПИ указывает на сквозной проезд автотранспортного средства через переезд. При срабатывании любого из датчиков с превышением заданного временного промежутка времени схема выдает сигнал «Тревога 1», который генерируется до тех пор, пока не произойдет освобождение всех датчиков или не откроется переезд.



Рис. 4. Внешний вид многоканального блока БПЗО

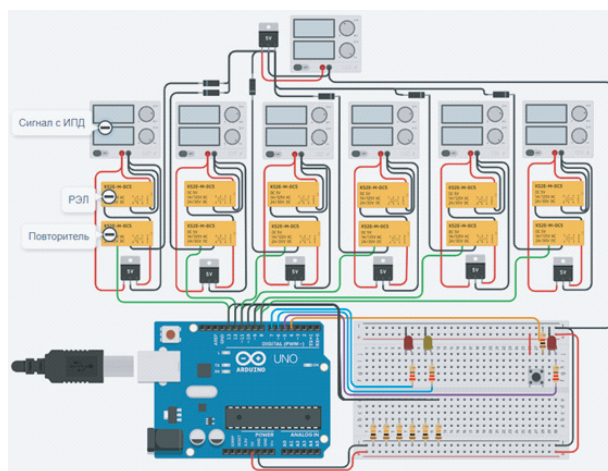


Рис. 5. Имитационная модель 6-ти канальной схемы блока БПЗО

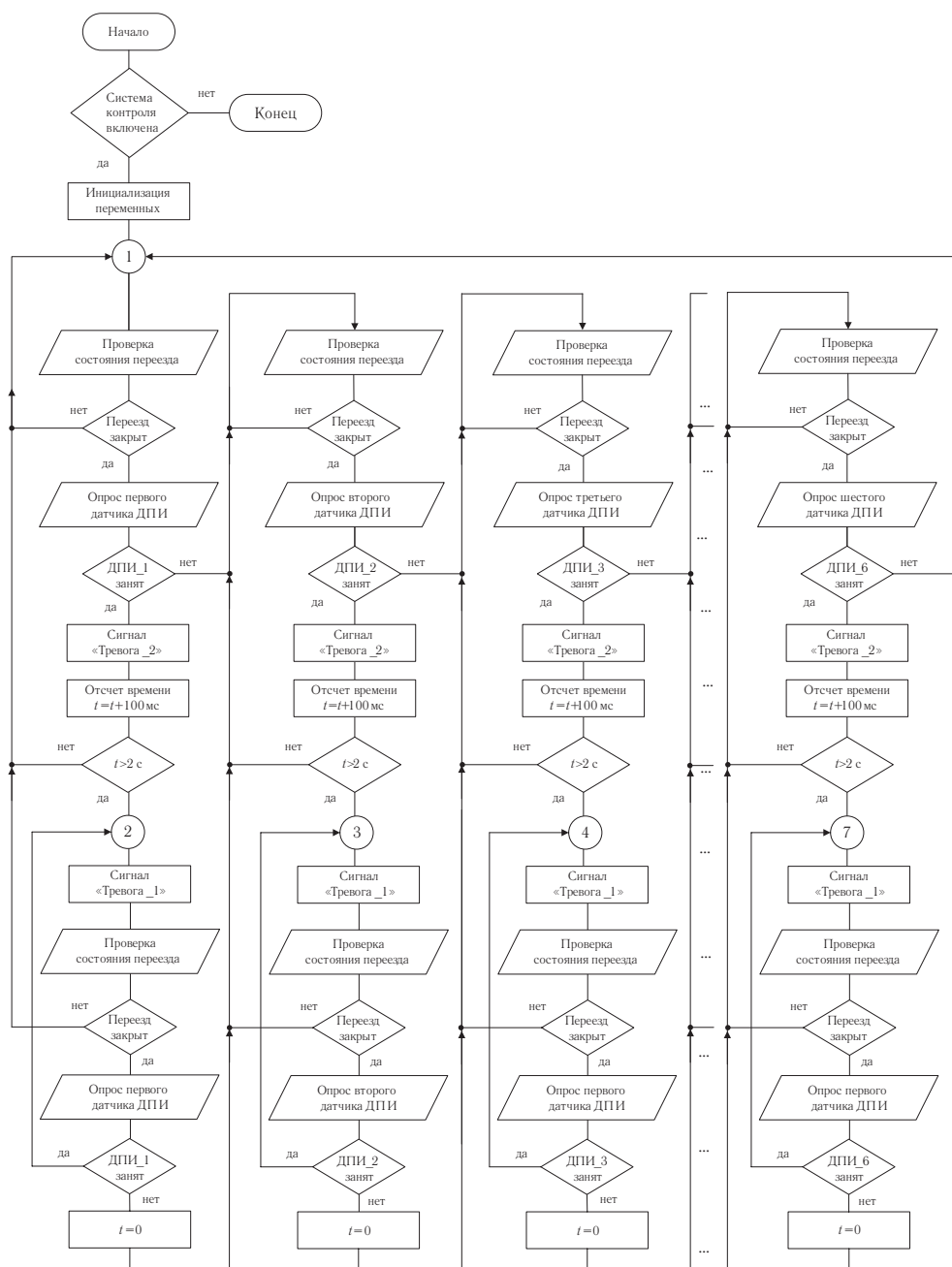


Рис. 6. Алгоритм работы шестиканальной схемы блока БПЗО

Заключение

В ходе работы была реализована аппаратно-программная подсистема контроля последовательного занятия и освобождения индуктивно-петлевых датчиков в системе контроля и удаленного информирования локомотивных бригад о занятости железнодорожного переезда. Технические и программные решения были направлены на работоспособность подсистемы в реальных условиях. Проведенные испытания подтвердили правильность выбранных технических решений. Создание подсистемы контроля последовательного занятия и освобождения индуктивно-петлевых датчиков 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 и социально-экономические потери водителей и ОАО «РЖД».



Литература

1. Система контроля и информирования локомотивных бригад о занятости переезда / П. В. Савченко, К. В. Менакер, М. В. Востриков [и др.] . - Текст : непосредственный // Автоматика, связь, информатика. - 2023. - № 1. - С. 8 - 13. - EDN: OKNXUR.
2. Хашев, А. И. Социально-экономические потери от дорожно-транспортных происшествий на железнодорожных переездах / А. И. Хашев. - Текст : непосредственный // Транспорт и логистика: стратегические приоритеты, технологические платформы и решения в глобализованной цифровой экономике : сборник научных трудов III международной научно-практической конференции, Ростов-на-Дону, 01-02 февраля 2019 года. - Ростов-на-Дону: Ростовский государственный университет путей сообщения, 2019. - С. 443 - 447. - EDN: FYBBIY.
3. Герус, В.Л. Временной и сезонный анализ происшествий на переездах / В.Л. Герус, А.Е. Тарасова. - Текст: непосредственный // Вестник транспорта Поволжья. - 2018. - № 1(54). - С. 75 - 82. - EDN: LXHENV.
4. 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. - Текст : непосредственный // 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.
5. Менакер, К. В. Анализ использования индуктивно-петлевого датчика для фиксации автотранспортных средств на железнодорожных переездах / К. В. Менакер, Т. В. Ежиков, П. Е. Неугольников .- Текст : непосредственный // Образование - Наука - Производство : материалы VI Всероссийской научно-практической конференции (с международным участием). В 2 томах, Чита, 18 ноября 2022 года. - Т. 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.