

УДК 656.259

Т.В. Ежиков, П.Е. Неугольников, К.В. Менакер

Забайкальский институт железнодорожного транспорта, Чита, Российская Федерация

К ВОПРОСУ ПРИМЕНЕНИЯ ИНДУКТИВНО-ПЕТЛЕВОГО ДАТЧИКА ДЛЯ ФИКСАЦИИ АВТОТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ В СИСТЕМЕ КОНТРОЛЯ ЗАНЯТОСТИ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ПЕРЕЕЗДА

Аннотация: В статье рассматривается вопрос возможности применения горочного индуктивно-петлевого датчика (ИПД) для фиксации автотранспортных средств на железнодорожных путях закрытого железнодорожного переезда в составе вновь предложенной системы контроля и удаленного информирования членов локомотивных бригад. Проведены теоретические и экспериментальные исследования на определение порога чувствительности датчика ИПД к фиксации легковых и грузовых автотранспортных средств. Предложены альтернативные технические решения.

Ключевые слова: индуктивно-петлевой датчик, железнодорожный переезд, порог чувствительности, шлейф, электронный блок, короткозамкнутый виток.

T.V. Yezhikov, P.E. Neugodnikov, K.V. Menaker

Zabaikalsk Rail Transport Institute, a branch of Irkutsk State Transport University, Chita, the Russian Federation

ON THE ISSUE OF THE USE OF AN INDUCTIVE LOOP SENSOR FOR FIXING VEHICLES IN THE RAILWAY CROSSING OCCUPANCY CONTROL SYSTEM

Abstract. The article discusses the possibility of using a slide inductive loop sensor (IPD) for fixing vehicles on the railway tracks of a closed railway crossing as part of the newly proposed monitoring system and remote informing members of locomotive crews. Theoretical and experimental studies have been carried out to determine the threshold sensitivity of the IPD sensor to the fixation of passenger and cargo vehicles. Alternative technical solutions are proposed.

Keywords: Inductive loop sensor, railway crossing, sensitivity threshold, loop, electronic unit, closed loop.

Введение

За первые три месяца 2022 года на железнодорожных переездах РФ произошло 54 дорожно-транспортных происшествий (ДТП), в которых пострадали 35 человек, а пять из них погибли. Большой урон причинен подвижному составу, верхнему строению путей, объектам инфраструктуры. Неумолимая статистика ДТП на железнодорожных переездах на протяжении ряда лет приводит к необходимости поиска новых технических решений и организационных мероприятий, направленных на повышение безопасности движения поездов и автотранспортных средств.

Ранее авторами предложена концепция новой системы контроля и удаленного информирования членов локомотивных бригад о занятости железнодорожного переезда, основанная на фиксации автотранспортных средств и посторонних предметов, находящихся в габарите подвижного состава и информировании локомотивных бригад приближающихся поездов посредством канала радиосвязи. В отличие от систем, предложенных в работах [1-3], вновь предложенная система отличается простотой технических решений. В качестве средств фиксации автотранспортных средств предлагается использование, проверенных временем, индуктивно-петлевых датчиков ИПД (под цифрой 8 рис. 1), для обнаружения посторонних немагнитных предметов в зоне железнодорожного переезда традиционных акустических датчиков ДТР-О (под цифрой 7 рис. 1).

Предложенная концепция позволит при наличии запаса по тормозному пути поезда предотвращать большинство аварийных ситуаций, связанных с несанкционированным проездом или остановкой автотранспортных средств на железнодорожных переездах. Однако при практической реализации предложенного технического решения возникает ряд вопросов, одним из которых является уровень чувствительности датчика ИПД, который проекти-

ровался для фиксации подвижного состава гораздо большей массы и металлоемкости относительно автотранспорта.

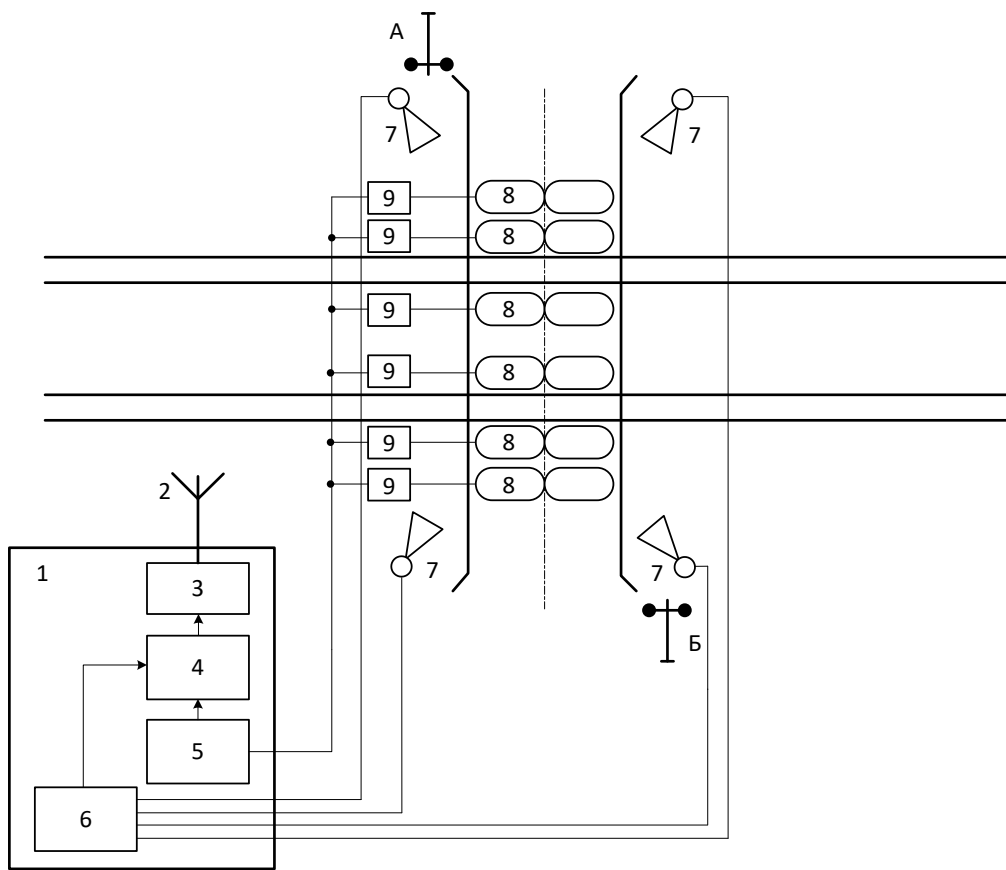


Рисунок 1 - Структурная схема системы контроля занятости железнодорожного переезда

Основная часть

Анализ вопроса чувствительности датчика ИПД начнем с рассмотрения его устройства и основных технических характеристик. ИПД состоит из электронного блока (ЭБ), размещаемого в путевом ящике в непосредственной близости от рельсовых линий и индуктивного шлейфа (рис. 2).

ИПД обеспечивает контроль свободности или занятости участков пути от подвижного состава в пределах уложенного шлейфа и вторичного контура, образованного рельсовыми нитями вторичной обмоткой путевого трансформатора и шунтом от колесных пар вагона. Причем в зависимости от длины и конфигурации контролируемого участка пути различают различные способы укладки шлейфа, представленные в виде эюр на рис. 3.



Рисунок 2 - Внешний вид составных частей датчика ИПД

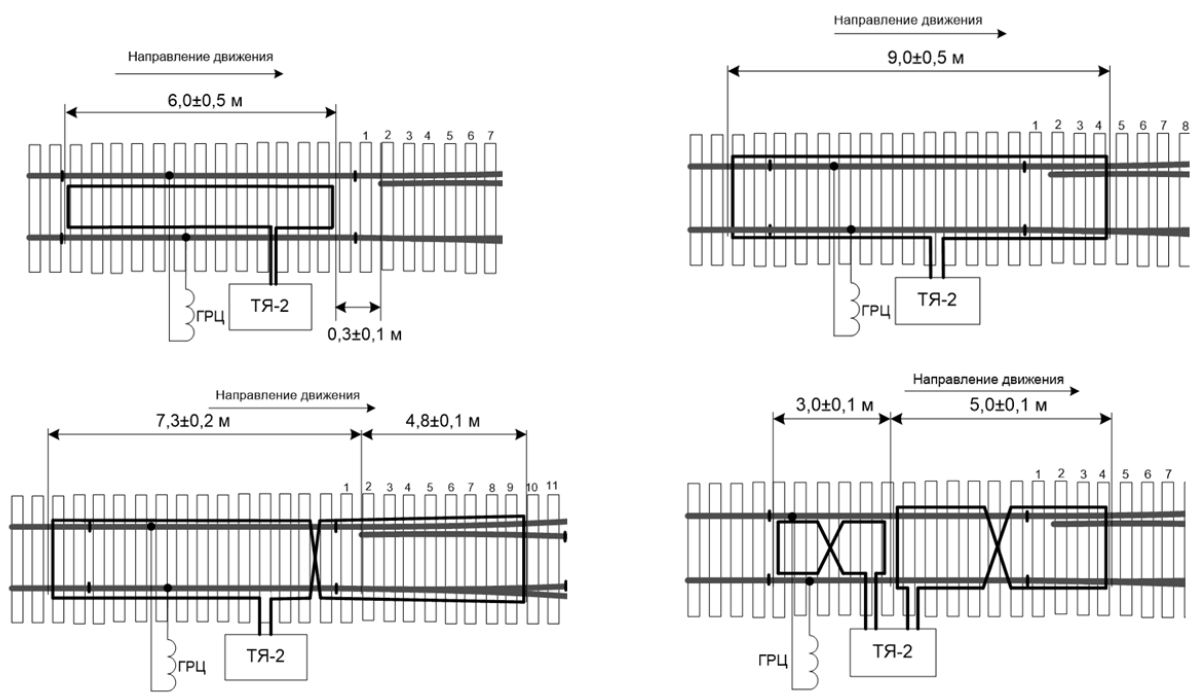


Рисунок 3 - Эпюры размещения индуктивного шлейфа ИПД

ИПД рассчитан для работы в диапазоне температур от - 45 до + 55 градусов Цельсия. В части воздействия механических нагрузок электронный блок, шлейф и соединительные колодки выдерживают длительные максимальные вибрационные воздействия от проходящего подвижного состава. Средняя наработка на отказ датчика не менее 8000 ч. Полный срок службы ИПД не менее 10 лет.

Электропитание ИПД осуществляется от источника однофазного переменного тока частотой (50 ± 1) Гц и напряжением (220 ± 20) В. Пульсации напряжения не нормируются. Датчик обеспечивает на активной нагрузке сопротивлением 1440 Ом (рис. 5) при номинальных и предельных значениях напряжения электропитания:

- сигнал постоянного тока напряжением $(24,0 \pm 2,4)$ В при свободности контрольного участка;
- сигнал постоянного тока напряжением не более 2,4 В при занятости контрольного участка.

Сопротивление шлейфа - (2 ± 1) Ом, индуктивность - 850...1050 мкГн.

Различают ИПД шести исполнений в зависимости от типа контролируемого участка (предстрелочный участок, железнодорожный путь с изоляционными вставками, участок за стрелочным переводом и т.д.). ИПД различного исполнения отличаются диапазоном сигнальных частот, длиной и геометрией укладки шлейфа (см. таблицу 1).

Таблица 1 – Основные параметры ИПД различных исполнений

Обозначение	Диапазон сигнальных частот, кГц	Длина зоны контролируемого участка, м	Место разделки шлейфа
ЦВИЯ.468933.007-00	от 27 до 33	$6,0 \pm 0,5$	внутри ТЯ-2
ЦВИЯ.468933.007-01	от 40 до 50	$6,0 \pm 0,5$	внутри ТЯ-2
ЦВИЯ.468933.007-02	от 54 до 66	$6,0 \pm 0,5$	внутри ТЯ-2
ЦВИЯ.468933.007-03	от 27 до 33	$9,5 \pm 0,5$	внутри ТЯ-2
ЦВИЯ.468933.007-04	от 40 до 50	$9,5 \pm 0,5$	внутри ТЯ-2
ЦВИЯ.468933.007-05	от 54 до 66	$9,5 \pm 0,5$	внутри ТЯ-2

Схема подключения шлейфа и источника электропитания к электронному блоку ИПД исполнений 01 и 02 представлена на рис. 4. Индуктивный шлейф представляет собой семи-проводный кабель, помещенный в резиноканальный шланг. Конец первого провода соединяется с началом второго и т.д., образуя семивитковую обмотку.

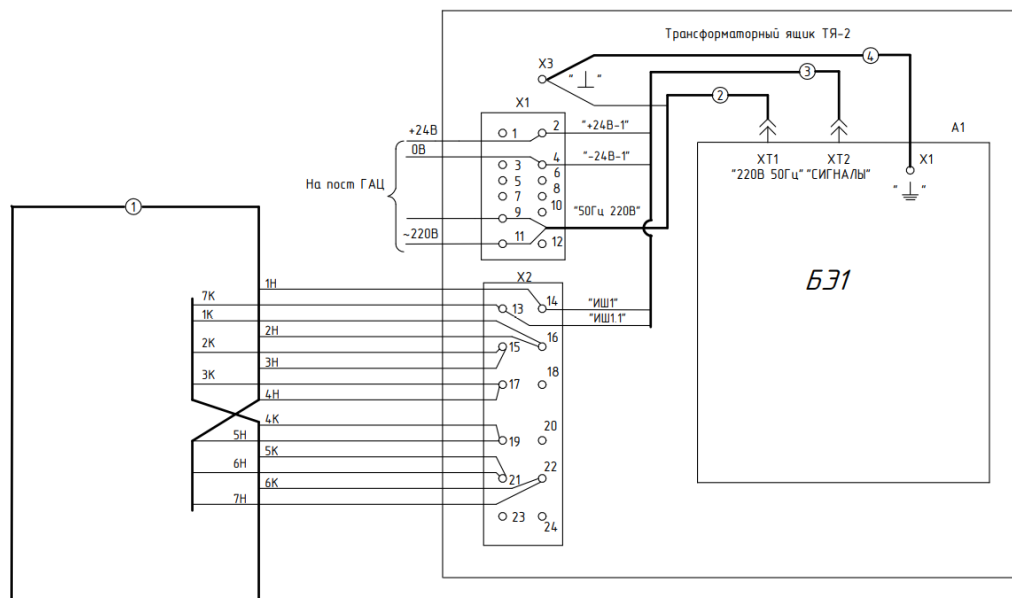


Рисунок 4 - Схема подключения шлейфа и источника электропитания к электронному блоку ИПД

Принцип работы ИПД основан на изменении частоты и амплитуды генератора гармонических колебаний под действием металлической массы вагона. Индуктивный шлейф является чувствительным элементом датчика, выполняющего роль катушки индуктивности колебательного контура генератора (рис. 5).

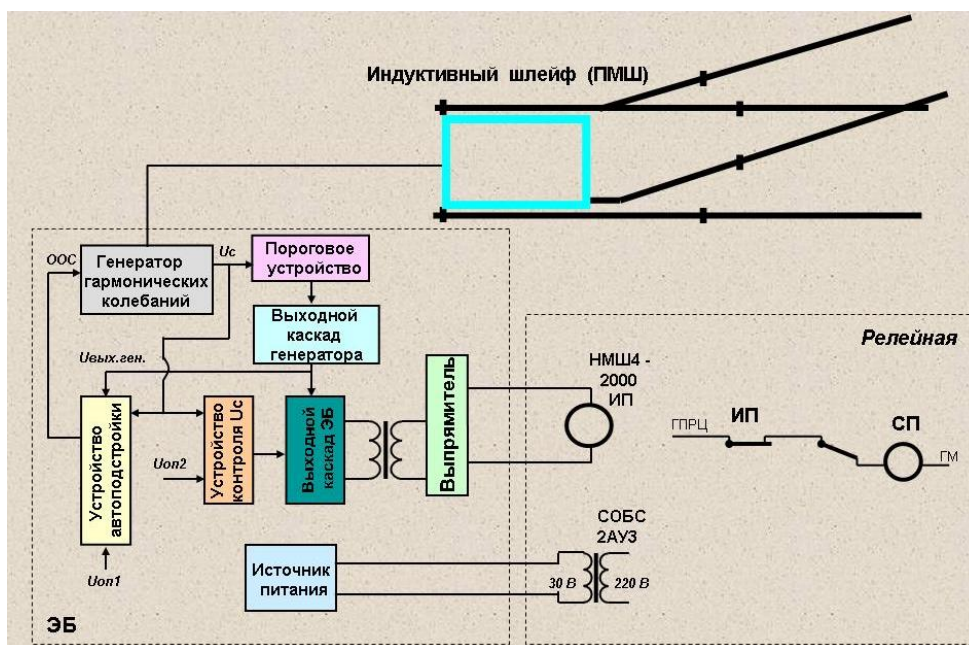


Рисунок 5 – Структурная схема ИПД

При свободности контролируемого участка пути генератор гармонических колебаний выдает на вход порогового устройства синусоидальный сигнал установленной частоты и амплитуды. При этом пороговое устройство формирует сигнал управления выходным каскадом, и на выход БЭ (в нагрузку) поступает сигнал постоянного тока +24 В, а на верхней панели модуля БЭ светится светодиод "ВЫХОД". Следует отметить, что схемой ИПД преду-

смотрена предварительная фиксация частоты и амплитуды гармонических колебаний колебательного контура, образованного индуктивностью шлейфа и конденсатором генератора при свободности контролируемого участка. Настройка производится путем нажатия и удержания кнопки «НАСТРОЙКА» в течение 6 секунд на верхней крышке электронного блока с одновременным включением выключателя «ОТКЛ» (рис. 6).



Рисунок 6 – Процесс настройки ИПД при свободном контролируемом участке

При занятости подвижным составом контролируемого участка уменьшается добротность колебательного контура ИПД и изменяется индуктивность шлейфа. В результате уменьшается амплитуда гармонического сигнала с одновременным изменением его частоты. Либо происходит полный срыв колебаний, что приводит к формированию пороговым устройством сигнала управления выходным каскадом. При этом выходной сигнал на нагрузку (реле ИП) отсутствует, отсутствует свечение светодиода "ВЫХОД".

Несмотря на наличие возможности предварительной настройки ИПД на параметры свободного участка основной целью исследования стал ответ на вопрос относительно надежной фиксации ИПД легковых и грузовых автотранспортных средств, масса и металлоемкость которых в разы меньше железнодорожных вагонов. Экспериментальным исследованиям предшествовал аналитический анализ.

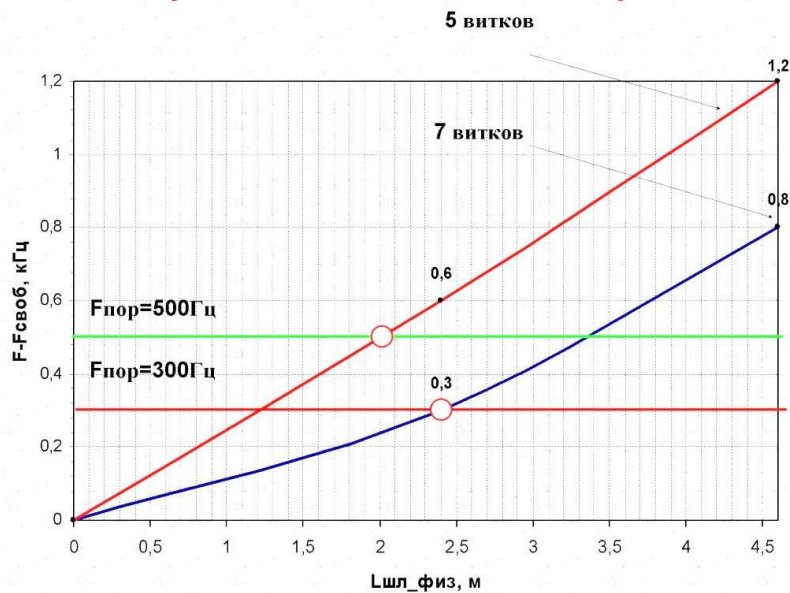
По паспортным данным [1] порог срабатывания ИПД соответствует разности частоты генератора при свободном участке и занятом всего 300-500 Гц (рис. 7). И это при том, что рабочие частоты шлейфа лежат в пределах 45-60 кГц в зависимости от числа витков.

Кроме того, устройство автоподстройки в составе схемы ИПД (рис. 5) позволяет непрерывно отслеживать изменения частоты автогенератора при воздействии внешних дестабилизирующих факторов и периодически корректировать порог обнаружения с записью в энергозависимую память устройства.

Таким образом, аппаратные средства ИПД обладают с одной стороны хорошей чувствительностью, с другой, адаптивностью и возможностью корректировки порога срабатывания при воздействии внешних факторов.

В работе [4] приведены результаты исследования влияния массы вагона на срабатывание датчика ИПД. Было доказано, что основное действие на шлейф оказывает короткозамкнутый виток, создаваемый осями тележек и рельсовыми нитями. Металлическая масса вагона оказывает лишь дополнительное воздействие в виде изменения частоты колебательного контура датчика на 2,8 %.

Несмотря на то, что большинство автомобилей, особенно легковых имеют несущий кузов и не имеют явно выраженного короткозамкнутого витка в виде рамы, однако 2,8 % процента от частоты 60 кГц составляет 1680 Гц. Порог срабатывания – 500 Гц.



Рабочие частоты 5 витков – 60 кГц, 7 витков 45кГц

Рисунок 7 – Физическая чувствительность ИПД к вагону при занятии шлейфа

Масса нетто полувагона лежит в пределах от 22 до 29 тонн. В техническом паспорте на ИПД сказано, что срабатывание датчика происходит уже при вступлении первой колесной пары за границу шлейфа, что соответствует в количественном соотношении одной четвертой массы вагона. При предположении линейной зависимости изменения частоты ИПД от металлоемкости пороговое значение разности частоты в 500 Гц будет наблюдаться при массе 5,5 – 7,25 тонн. Масса нетто автомобиля КАМАЗ 5320 составляет 7 тонн. Т.е. ИПД должен гарантированно срабатывать на большинство грузовых автомобилей. Для проверки действия датчика на легковые транспортные средства был поставлен эксперимент, результаты которого представлены на рис. 8-13.

По результатам проведенного эксперимента можно уверенно сказать, что ИПД надежно срабатывает на легковые автотранспортные средства при расположении шлейфа в три витка, два и даже один в виде «восьмерки». Срабатывание ИПД на грузовые автотранспортные средства не вызывает сомнения.

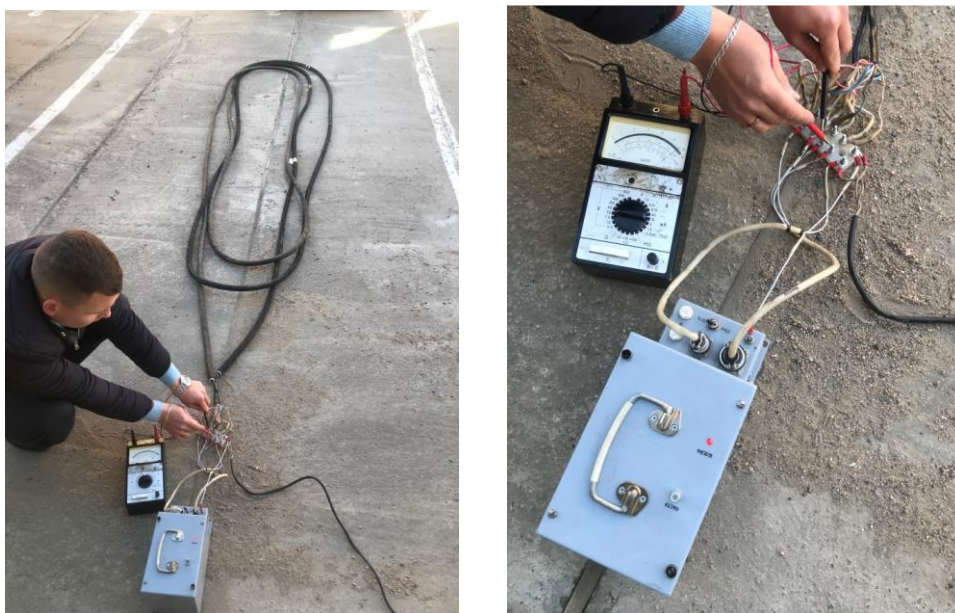


Рисунок 8 – Датчик ИПД, отсутствие автотранспортного средства, шлейф 3 витка, выходное напряжение 24 В

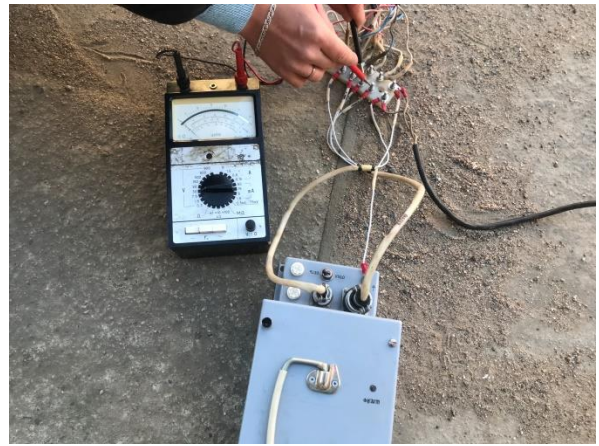


Рисунок 9 – Датчик ИПД, фиксация автотранспортного средства, шлейф 3 витка, выходное напряжение 0 В

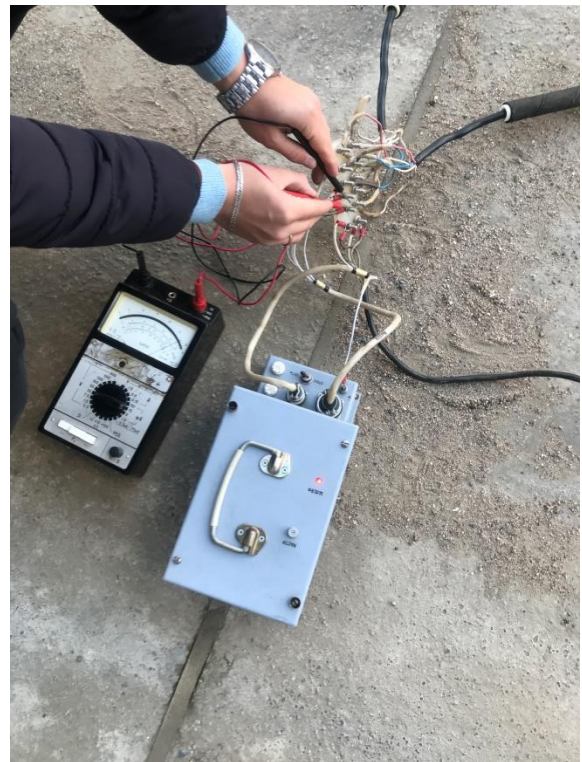


Рисунок 10 – Датчик ИПД, отсутствие автотранспортного средства, шлейф 2 витка, выходное напряжение 24 В



Рисунок 11 – Датчик ИПД, фиксация автотранспортного средства, шлейф 2 витка, выходное напряжение 0 В



Рисунок 12 – Датчик ИПД, отсутствие автотранспортного средства, шлейф 1 виток в виде восьмерки, выходное напряжение 24 В

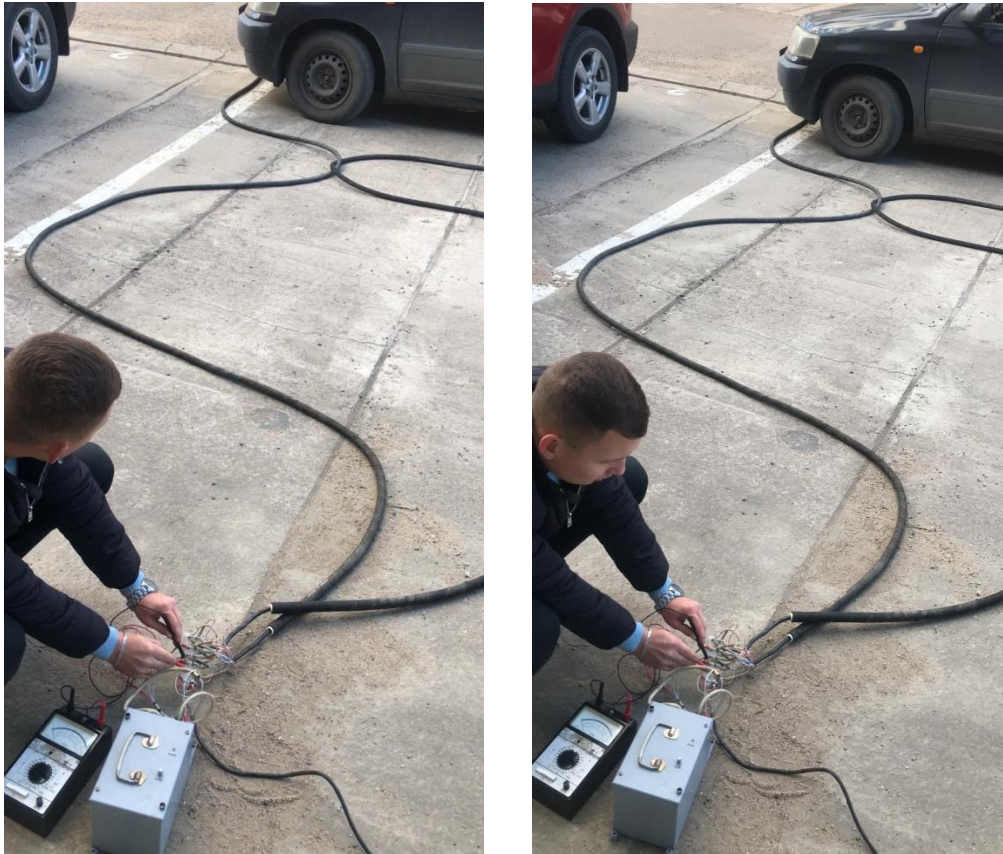


Рисунок 13 – Датчик ИПД, фиксация автотранспортного средства, шлейф 1 виток в виде восьмерки, выходное напряжение 0 В

Заключение

В ходе проведенных исследований была доказана возможность применения ИПД для фиксации легковых и грузовых автотранспортных средств в габаритах железнодорожных путей занятого переезда. Дальнейшее создание системы контроля и удаленного информирования членов локомотивных бригад о занятости железнодорожного переезда будет связано с техническими вопросами сопряжения ИПД и речевого информатора РИ-1М.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Патент № 2751041 С1 Российская Федерация, МПК В61L 29/00. Система автоматического контроля свободности зоны переезда : № 2020141957 : заявл. 17.12.2020 : опубл. 07.07.2021 / В. Л. Гуревич, В. А. Шевцов, А. В. Зольников [и др.] ; заявитель Общество с ограниченной ответственностью "Уралжелдоравтоматизация". – EDN XUSHXW.
2. Патент № 2565159 С2 Российская Федерация, МПК В61L 23/16, В61L 29/00. Система защиты железнодорожных переездов : № 2013151931/11 : заявл. 20.11.2013 : опубл. 20.10.2015 / В. Л. Гуревич, С. А. Щиголев, В. А. Кучук [и др.] ; заявитель Закрытое акционерное общество "ВНТЦ "Уралжелдоравтоматизация" (ЗАО "ВНТЦ "Уралжелдоравтоматизация"). – EDN YNKTKU.
3. Патент № 2681451 С1 Российская Федерация, МПК В61L 29/00. Способ обеспечения безопасности на железнодорожном переезде : № 2018111315 : заявл. 30.03.2018 : опубл. 06.03.2019 / Д. В. Ефанов, Д. Г. Плотников, Г. В. Осадчий. – EDN ZDZZGH.
4. Датчик индуктивно-проводной ИПД. Руководство по эксплуатации 36961.00.00 РЭ.
5. Ляной, В. В. Обеспечение безопасности движения железнодорожного транспорта на основе совершенствования индуктивных датчиков регистрации колеса / В. В. Ляной // Транспорт Урала. – 2016. – № 2(49). – С. 93-98. – DOI 10.20291/1815-9400-2016-2-93-98. – EDN WCKOEN.

BIBLIOGRAPHIC LIST

1. Patent No. 2751041 C1 Russian Federation, IPC B61L 29/00. The system of automatic control of the freedom of the relocation zone : No. 2020141957 : application 17.12.2020 : publ. 07.07.2021 / V. L. Gurevich, V. A. Shevtsov, A.V. Zolnikov [et al.] ; applicant Limited Liability Company "Uralzheldoravtomatization". – EDN XUSHXW.

2. Patent No. 2565159 C2 Russian Federation, IPC B61L 23/16, B61L 29/00. Railway crossing protection system : No. 2013151931/11 : application 20.11.2013 : publ. 20.10.2015 / V. L. Gurevich, S. A. Shchigolev, V. A. Kuchuk [et al.] ; applicant Closed Joint Stock Company "VNTC "Uralzheldoravtomatization" (CJSC "VNTC "Uralzheldoravtomatization"). – EDN YNKTKU.

3. Patent No. 2681451 C1 Russian Federation, IPC B61L 29/00. Method of ensuring safety at a railway crossing : No. 2018111315 : application 30.03.2018 : publ. 06.03.2019 / D. V. Efanov, D. G. Plotnikov, G. V. Osadchy. – EDN ZDZZGH.

4. Inductively-wired IPD sensor. Operating Manual 36961.00.00 RE.

5. Lyany, V. V. Ensuring the safety of railway transport on the basis of improving inductive sensors for wheel registration / V. V. Lyany // Trans- port of the Urals. – 2016. – № 2(49). – Pp. 93-98. – DOI 10.20291/1815-9400-2016-2-93-98. – EDN WCCOEH.

Информация об авторах

Ежиков Тимофей Валентинович – студент группы СОД.2-18-1, факультет очного обучения, Забайкальский институт железнодорожного транспорта, г. Чита, e-mail: ezhtikov@mail.ru

Неугодников Павел Евгеньевич – студент группы СОД.2-18-1, факультет очного обучения, Забайкальский институт железнодорожного транспорта, г. Чита, e-mail: pasha-neugodnikov@mail.ru

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

Information about the authors

Yezhikov Timofei Valentinovich – student of the SOD.2-18-1 group, Faculty of Full-time Education, Zabaikalsk Rail Transport Institute, a branch of Irkutsk State Transport University, Chita, e-mail: ezhtikov@mail.ru

Neugodnikov Pavel Evgenievich – student of the SOD.2-18-1 group, Faculty of Full-time Education, Zabaikalsk Rail Transport Institute, a branch of Irkutsk State Transport University, Chita, e-mail: pasha-neugodnikov@mail.ru

Menaker Konstantin Vladimirovich – 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