

Е.В. Михайлов, Д.С. Татарникова, Н.С. Татарникова, С.М. Куценко, М.Э. Скоробогатов

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

КОМПЛЕКСНАЯ СИСТЕМА ЗАЩИТЫ ПЕРЕЕЗДОВ

Аннотация. На основе статистических данных за последние несколько лет рассмотрены основные причины аварий на железнодорожных переездах. Проведен анализ недостатков действующих устройств автоматической переездной сигнализации. Разработана новая система обеспечения безопасности на переездах, включающая в себя датчики контроля свободности автомобильной дороги, устройства, препятствующего выезду автомобильного транспорта на переезд, а также индикаторное табло с отчётом времени до перекрытия переезда. Даны технические характеристики разработанной комплексной системы защиты переездов. Показано, что практическая реализация и применение разработанных устройств способствует значительному снижению аварийности на переездах.

Ключевые слова: автоматическая переездная сигнализация, дорожно-транспортное происшествие, устройство заграждения переездов, контроль свободности переезда.

E.V.Mikhaylov, D.S. Tatarnikova, N.S. Tatarnikova, S.M. Kutsenko, M.E. Skorobogatov

Irkutsk State Transport University, Irkutsk, the Russian Federation

INTEGRATED PROTECTION SYSTEM OF RAILWAY GRADE CROSSING

Abstract. On the basis of statistical data for the last few years, the main causes of accidents at railway crossings are considered. The analysis of the shortcomings of the existing automatic crossing alarm devices is carried out. Developed a new security system at railway crossings, comprising sensor monitoring of vacancy of road, the device prevents departure of automobile transport to move, and indicator scoreboard with a report time to block the railroad crossing. Technical characteristics of the developed complex system of protection of railroad crossings are given. It is shown that the practical implementation and application of the developed devices contributes to a significant reduction in accidents at crossings.

Keywords: automatic crossing alarm, traffic accident, crossing device, control of free railroad crossing.

Введение

Железнодорожный транспорт является зоной повышенной опасности, но особенную опасность представляют железнодорожные переезды. Обеспечение безопасности на переездах осуществляется с помощью автоматической переездной сигнализации (АПС), состав которой зависит от его месторасположения: охраняемый переезд на перегоне, например, должен быть оборудован автоматической светофорной сигнализацией, автоматическим шлагбаумом, а также устройством запираания переезда [1]. Однако, при данной тенденции развития высокоскоростного движения необходимо внедрение дополнительных устройств и систем, способных повысить уровень безопасности, как для железнодорожного, так и для автомобильного транспорта.

Согласно [2], по всей сети железных дорог за 2017 год было зафиксировано 266 дорожно-транспортных происшествий (ДТП), а за первое полугодие 2018 года – 122 (Рисунок 1). Причём следует отметить, что большая часть аварий на переездах связана с нарушением правил дорожного движения (ПДД) по вине водителей автомобильного транспорта.

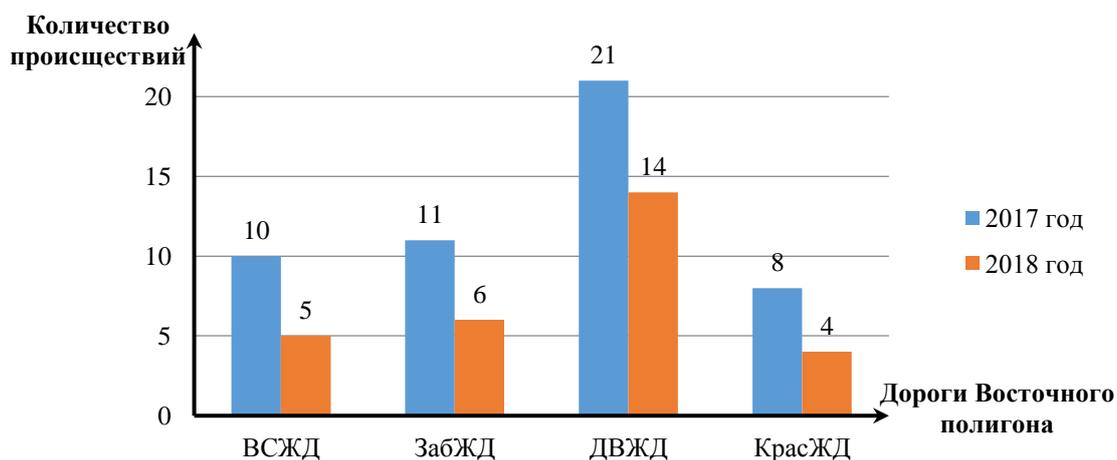


Рисунок 1 – Диаграмма, характеризующая статистику происшествий на переездах Восточного полигона

Проблема железнодорожных переездов является актуальной, как для всей сети железных дорог, так и для Восточного полигона [2], поскольку в его границах на железнодорожных переездах за тот же отчетный период было зафиксировано соответственно 50 и 29 ДТП, а это составляет в среднем 20% от общего числа случаев (Рисунок 2).

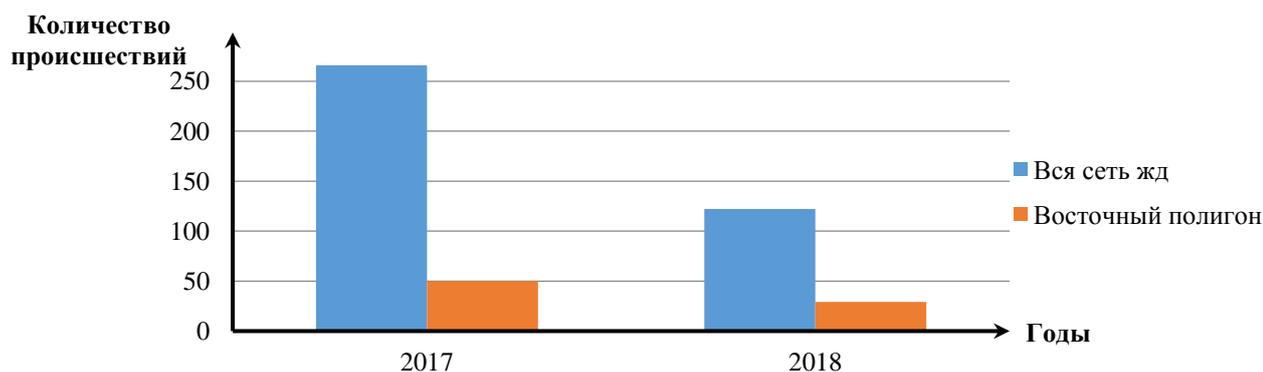


Рисунок 2 – Сравнительная диаграмма по количеству ДТП на сети и на Восточном полигоне

Высокий уровень аварийности на железнодорожных переездах всех категорий обусловлен выполнением двух противоречивых требований: обеспечение безопасности движения и увеличение пропускной способности через переезд с сохранением скорости подвижного состава [3, 4].

При современном развитии транспортной инфраструктуры действующие устройства АПС обладают рядом недостатков, среди которых можно выделить:

- отсутствие своевременного информирования машиниста локомотива о наличии нештатной ситуации на переезде;
- несовершенство устройств заграждения переездов (УЗП);
- отсутствие нормативной видимости приближающегося поезда (отсутствие горизонтальных площадок перед переездом);
- несовершенство устройств оповестительной сигнализации.

Комплексная система защиты переездов

Данные недостатки призвана устранить комплексная система защиты переездов (КСЗП).

Первой составляющей КСЗП является система информирования машиниста. В ее основе лежит передача данных с помощью радиотехнического датчика скорости (РТД-С), основное назначение которого обнаружение подвижных единиц в зоне его действия.

РТД-С включает в себя три конструктивных модуля: один передающий и два приемных, работающих в диапазоне сверхвысокочастотных волн (9,4-9,6 ГГц).

Передающий модуль ПРД излучает сверхвысокочастотный сигнал (СВЧ), воспринимаемый каждым приемным модулем ПРМ, на выходах которых формируется сигналы управления контрольным реле. Структурная схема РТД-С представлена на рисунке 3.

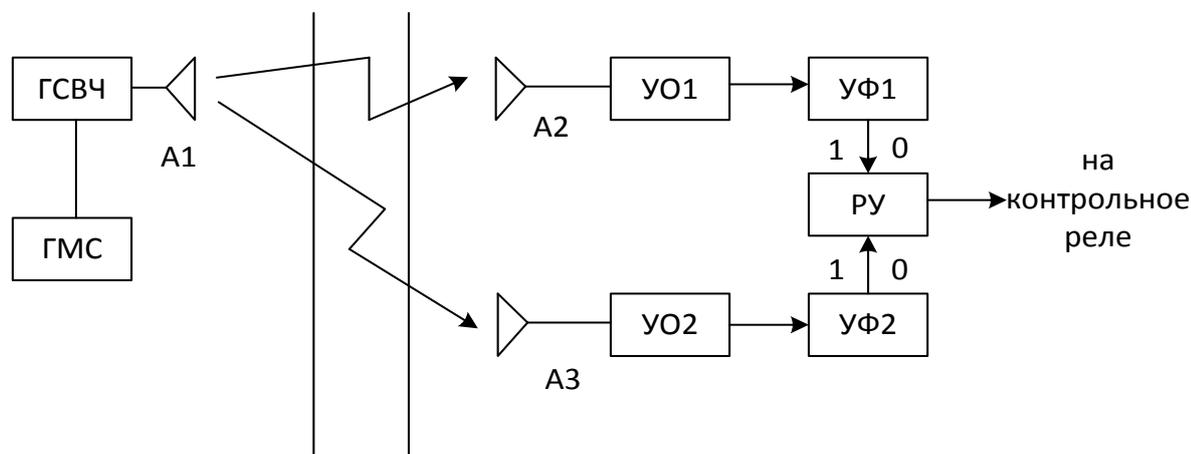


Рисунок 3 – Структурная схема работы РТД-С:

ГМС – генератор модулирующих сигналов; ГСВЧ – генератор сверхвысокочастотных колебаний; А1 – передающий модуль; А2, А3 – приемный модуль; УО1, УО2 – усилитель-ограничитель сигнала; УФ1, УФ2 – устройство фиксации; РУ – решающее устройство.

ГСВЧ излучает СВЧ колебания, которые передаются через модуль А1 на рупорные антенны А2 и А3. Сигнал, усиливаясь под действием УО1 и УО2, поступает на устройства фиксации УФ1, УФ2, которые формируют на выходе два значения (логические 0 и 1): $f_{12} = 1$ ($f_{13} = 1$) или $f_{12} = 0$ ($f_{13} = 0$).

Решающее устройство может принимать решения о свободности или занятости по следующим алгоритмам: свободность характеризуется наличием двух сигналов на приемных антеннах А2 и А3, т.е. $f_{12} = 1$ ($f_{13} = 1$). Если одновременно наступают оба события, то на выходе РУ формируется команда «свободно», в противном случае, если $f_{12} = 0$ и $f_{13} = 0$ либо $f_{12} = 1$ и $f_{13} = 0$ ($f_{12} = 0, f_{13} = 1$), то на выходе РУ формируется команда «занято».

В данной системе РТД-С должен обеспечивать надежную фиксацию любых транспортных средств, включая автопоезда, на любых скоростях движения с момента вступления ТС на огражденный участок до момента его освобождения.

Система датчиков на переезде размещается следующим образом.

По обе стороны от железнодорожных путей за заградительной сигнализацией устанавливается датчик РТД-С на крепежных штангах. На одной стороне проезжей части автодороги устраивается передающий модуль ПРД, на другой – два приемных модуля ПРМ, установленных на одной крепежной стойке в разных уровнях (первый – на высоте 0,5-0,7м; второй – 1,5 м), что позволяет обеспечить фиксацию транспортных средств любого габарита.

Принцип действия системы

При вступлении поезда на второй участок приближения (проследование 9 или 10 проходного светофора) срабатывает АПС. В случае несоблюдения водителем ПДД и проезда ТС через УЗП датчик РТД-С фиксирует этот факт и формирует команду «занято». При дальнейшем пересечении железнодорожных путей и проследовании переезда дублирующий датчик РТД-С также формирует команду «занято». Совокупность данных команд «занято» + «занято» означает, что нарушитель проследовал переезд и данный участок железнодорожного пути свободен, соответственно показания заградительного

светофора (7 или 8) не меняются. В случае проследования первого датчика и не проследования дублирующего в течение 30 секунд формируется совокупность команд «занято» + «свободно», что информирует о занятости переезда. Следовательно, передается сигнал на заградительный светофор (7 или 8), и его показание меняется с разрешающего на запрещающее.

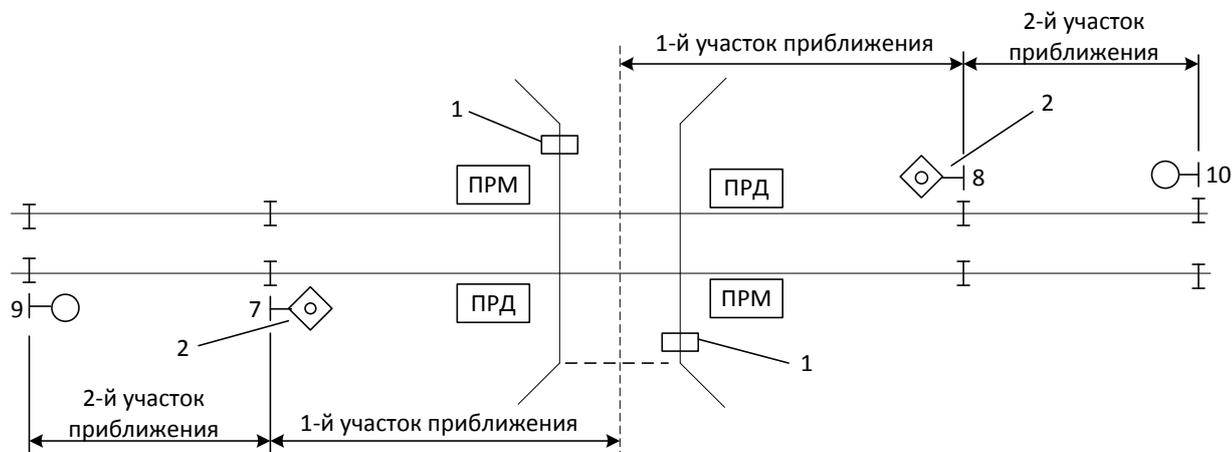


Рисунок 4 – Система информирования машиниста:

1 – переездная сигнализация; 2 – заградительный светофор; 3 – проходной светофор

Таким образом, данная система позволяет предотвратить столкновение подвижного состава с автотранспортом за счет своевременного информирования машиниста о занятости переезда посредством устройств автоблокировки.

Вторым элементом КСЗП является настил с изменяемым сопротивлением движению.

Для предотвращения выезда ТС на переезд во время его закрытия в дополнение к УЗП можно использовать специальное покрытие с изменяемым сопротивлением движению автомобилей, которое состоит из большого числа роликов.

Во время срабатывания АПС при въезде ТС на настил под действием силы тяжести срабатывает механический датчик pedalного типа, который замыкает цепь и воздействует на специальный механизм (блокирующий привод). Данный привод освобождает ролики, что позволяет им свободно вращаться и препятствовать дальнейшему движению автомобиля. При попытке автомобилем пересечь железнодорожный переезд вся механическая энергия от колес будет поглощаться роликами [5].

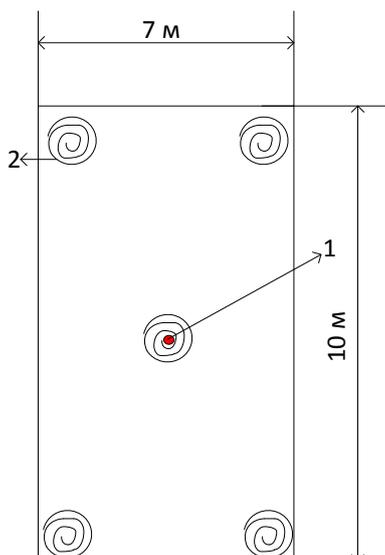


Рисунок 5 - Опорно-контактное устройство настила с изменяемым сопротивлением: 1 – датчик педального типа на пружине; 2 – опорная пружина

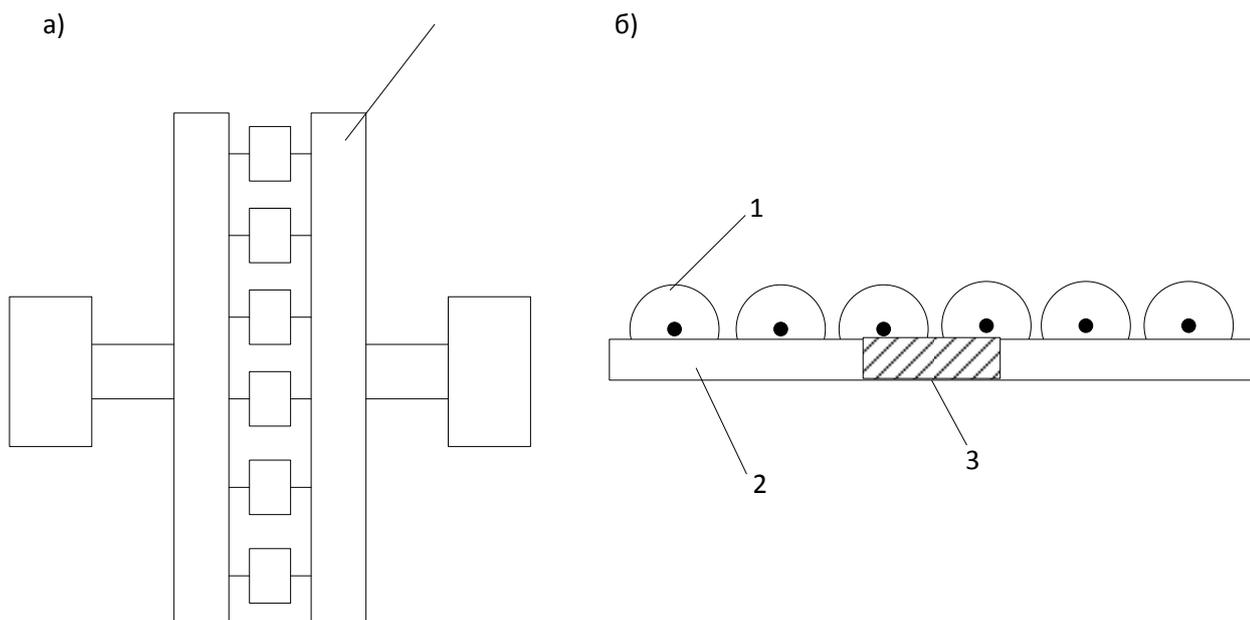


Рисунок 6 – Устройство блокировки роликов: а – вид сверху; б – вид сбоку; 1 – ролики; 2-блокирующая колодка; 3 – привод

Третьей составляющей КСЗП является информационное табло.

Для лучшей ориентации водителей дополнительно к оповестительной сигнализации устанавливается светодиодное табло с цифровым оповещением об оставшемся времени до закрытия переезда. Табло, установленное на мачте переездного светофора, начинает работать как минимум за 10 секунд до включения сигнализации и позволяет водителям скорректировать скорость.



Рисунок 7 – Светодиодное табло с цифровым оповещением об оставшемся времени до закрытия переезда

Табло срабатывает под действием индуктивного датчика, который устанавливается на таком расстоянии от начала участка приближения в противоположную от переезда сторону, которое пройдёт поезд с максимально реализуемой скоростью на данном участке пути. По истечении отсчётного времени табло отключается и срабатывает переездная сигнализация. Повторное включение табло происходит при приближении следующего поезда к переезду [6].

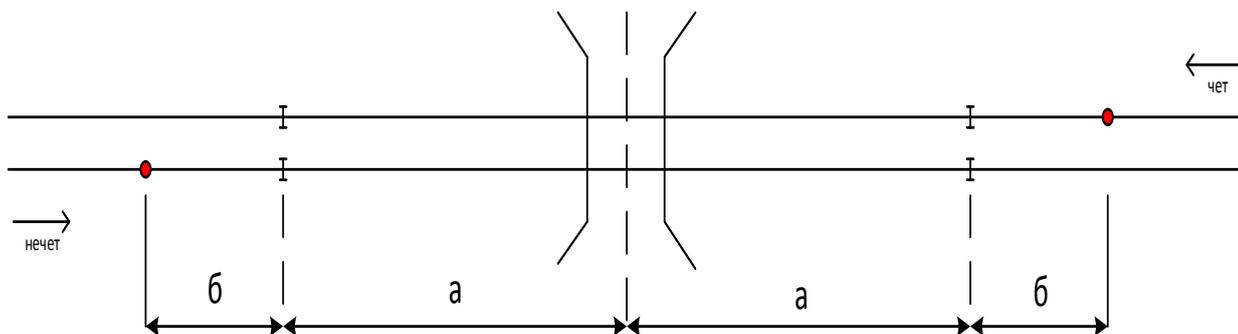


Рисунок 8 – Схема расположения индукционных датчиков в рельсовой цепи: а – расстояние участков приближения к переезду; б – расстояние от изолирующего стыка до индукционного датчика

В качестве индукционного датчика предполагается использовать датчики электронной системы счёта осей (ЭССО).[7] Рельсовый датчик (РД) системы ЭССО состоит из двух индуктивно чувствительных элементов, которые устанавливаются на определенном расстоянии друг от друга. При проходе поезда данных элементов происходит изменение частоты колебаний автогенераторов, работающих совместно с РД, что является сигналом о проследовании колесной пары ПС. Также в систему входят детекторы (АД), которые выделяют аналоговые электрические сигналы прохода колесной пары, и схемы формирования дискретных сигналов (ФДС), формирующие дискретные сигналы из аналоговых. Главным элементом в этой системе является микроЭВМ, предназначенная для обработки информации, получаемой от ФДС, и формирования сигнала, который передаётся в решающее устройство.

Расстояние до рельсового датчика от изолирующего стыка участка приближения зависит от максимально допустимой скорости движения поездов на данном участке. При этом, минимальное время, за которое поезд должен проследовать это расстояние должно быть не менее 10 секунд.

$$S_{рд} = V_{max} * t,$$

где $S_{рд}$ – расстояние до рельсового датчика от изолирующего стыка участка приближения;

V_{max} – максимально допустимая скорость на данном участке;

t – минимальное время обратного отсчета на табло ($t = 10$ сек).

Принцип работы информационного табло с цифровым извещением: при проходе поездом зоны установки рельсового датчика, определяется его скорость через микроЭВМ и передается на решающее устройство, устанавливающее расчетное время до закрытия переезда и включения переездной сигнализации и передает эту информацию на светодиодное табло, на котором выводится данная цифровая информация.

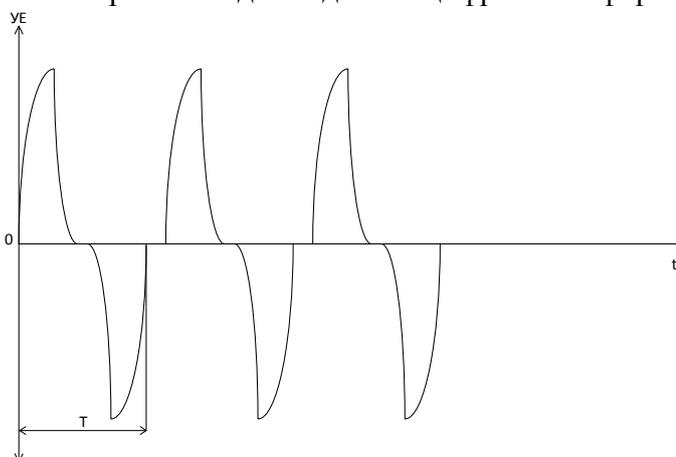


Рисунок 9– Осциллограмма индуктивного датчика системы ЭССО

По данным РД микроЭВМ создает осциллограмму, исходя из которой определяется фактическая скорость следования поезда. Она определяется следующим образом: при

проследовании колесной пары первого индуктивного элемента рельсового датчика формируется положительный скачок частоты колебаний, а при проходе второго индуктивного элемента – отрицательный скачок частоты колебаний. Расстояние между началом первого и концом второго скачка равно периоду, т.е. времени проследования колесной парой двух индуктивных элементов. Отсюда можно определить скорость следования подвижного состава по формуле

$$V_{\text{факт}} = \frac{S_{\text{иэ}}}{T},$$

где $V_{\text{факт}}$ – фактическая скорость следования подвижного состава;

$S_{\text{иэ}}$ – расстояние между индуктивными элементами;

T – период, определяемый по осциллограмме.

Также, микроЭВМ и решающее устройство системы ЭССО будут использоваться для обеспечения работы всей системы как единого целого через один блок управления. Помимо работы с информационным табло, их задача будет заключаться в принятии решения по свободности/занятости переезда и передаче сигнала на заградительный светофор для включения запрещающего показания.

Общая схема железнодорожного переезда, оборудованного комплексной системой защиты переездов представлена на рисунке 10.

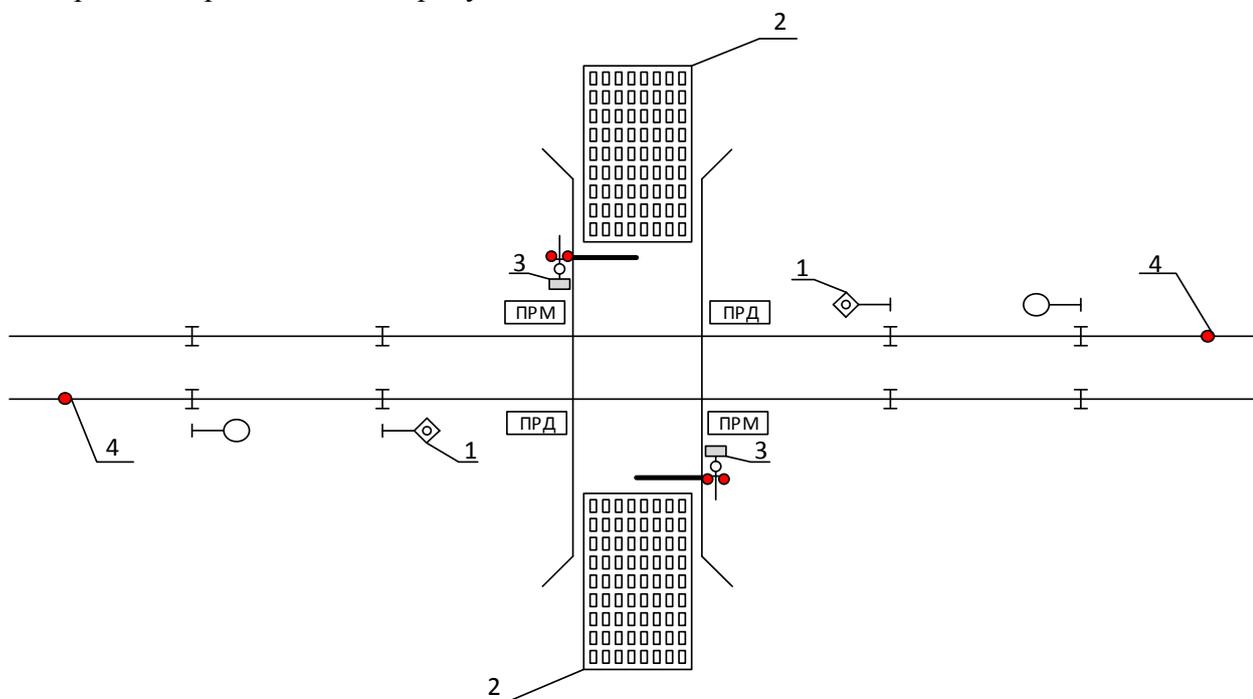


Рисунок 10 – Схема железнодорожного переезда, оборудованного системой КСЗП: 1 – заградительный светофор; 2- покрытие с изменяемым сопротивлением движения; 3 – светодиодное табло с цифровым оповещением об оставшемся времени до закрытия переезда; 4 – индукционный датчик электронной системы счета осей ЭССО.

Структурная схема системы КСЗП представлена на рисунке 11.

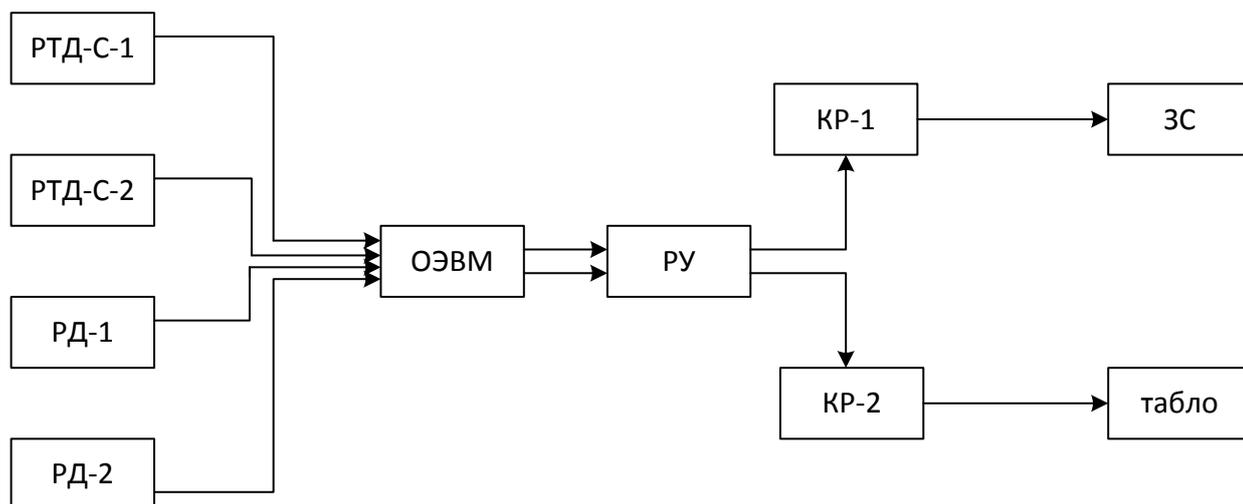


Рисунок 11 – Структурная схема КСЗП: РТД-С – радиотехнический датчик скорости; РД – рельсовый датчик; ОЭВМ – однокристалльная электронная вычислительная машина; РУ – решающее устройство; КР – контрольное реле; ЗС – заградительный светофор.

Вывод: Таким образом, представленная в данной статье комплексная система защиты переездов (КСЗП) позволит устранить недостатки действующей системы АПС, повысить уровень безопасности при эксплуатации двух видов транспорта: железнодорожного и автомобильного, а также избежать неблагоприятных экономических последствий и человеческих жертв, возникающих в результате аварий на железнодорожных переездах.

В настоящее время ОАО «РЖД» инвестирует значительные ресурсы в развитие инфраструктуры Восточного полигона с целью увеличения пропускной и провозной способностей. При реализации данного проекта ключевым моментом является обеспечение безопасности движения на перегонах при возрастающих размерах перевозок, на которую по большей мере влияет аварийность на переездах. Так КСЗП сыграет значительную роль в осуществлении этого проекта.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Условия эксплуатации железнодорожных переездов, утверждённые приказом Минтранса России № 237 от 31.07.2015.
2. Официальный сайт ОАО «РЖД» [Электронный ресурс] - <http://www.rzd.ru>
3. Коваленко В.Н., Катаев М.Н. Современные тенденции автоматизации переездов на железнодорожном транспорте/ В.Н. Коваленко, М.Н. Катаев // Инновационный транспорт.- 2015.- № 3 (17).- С. 54–58.
4. Демьянов В.В. Состояние проблемы и методы обеспечения безопасности движения на железнодорожных переездах/ В.В. Демьянов, О.Б. Имарова, М.Э. Скоробогатов. // Вестник Иркутского государственного технического университета. – 2018.- №4 (22).- С. 215-230.
5. Маслюк В. И. Усилители безопасности//Гудок.-2018.-№166(26539)
6. Черепанов С.В. Предотвратить ДТП на переездах помогут профилактические меры //Автоматика связь информатика. – 2018. - №7.
7. Кириленко А.Г., Груша А.В. Счётчики осей в системах железнодорожной автоматики и телемеханики ДВГУПС. – Хабаровск, 2003.

REFERENCES

1. Operating conditions of railway crossings, approved by the order of the Ministry of transport of Russia № 237 from 31.07.2015.
2. Official site of JSC "RZD" [Electronic resource] - <http://www.rzd.ru>
3. Kovalenko V. N., Kataev M. N. Modern trends in the automation of crossings in railway

transport/ V. N. Kovalenko, M. N. Kataev // Innovative transport.- 2015.- № 3 (17).- P. 54-58.

4. Demyanov V. V. State of the problem and methods of ensuring the safety of railway crossings/ V. V. Demyanov, O. Imarov, M. E. Skorobogatov. // Bulletin of Irkutsk state technical University. - 2018.- №4 (22).-Pp. 215-230.
5. Maslyuk V. I. Safety amplifiers// Веер.-2018.- №166(26539)
6. Cherepanov S. V. Prevent accidents at crossings will help preventive measures / / Automation communication Informatics. - 2018. - №7.
7. Kirilenko, A. G., Grusha, A.V. Counters of axes in the systems of railway automatics and telemechanics. - Khabarovsk, 2003.

Информация об авторах

Михайлов Евгений Витальевич – студент группы ЭЖД.1-15.2, факультет «Управление на транспорте и информационные технологии», Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск.;

Татарникова Дарья Сергеевна - студент группы ЭЖД.1-15.2, факультет «Управление на транспорте и информационные технологии», Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск.;

Татарникова Наталья Сергеевна – студент группы ЭЖД.1-15.2, факультет «Управление на транспорте и информационные технологии», Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск.;

Куценко Сергей Михайлович – доцент, канд. техн. наук Иркутского государственного университета путей сообщения, г. Иркутск, e-mail: kutsenko_s@irgups.ru

Скоробогатов Максим Эдуардович – старший преподаватель Иркутского государственного университета путей сообщения, г. Иркутск, e-mail: skor_maxim@mail.ru

Authors

Mikhailov Evgeny Vitalievich - student of the group EZHD.1-15.2, Department of Transport Management and Information Technologies, Irkutsk State Transport University, Irkutsk;

Tatarnikova Daria Sergeevna - student of the group EZHD.1-15.2, Department of Transport Management and Information Technologies, Irkutsk State Transport University, Irkutsk;

Tatarnikova Natalia Sergeevna - student of the group EZHD.1-15.2, faculty "Transport Management and Information Technologies", Irkutsk State Transport University, Irkutsk;

Kutsenko Sergey Mikhailovich - Associate Professor, Candidate of Technical Sciences Irkutsk State Transport University, Irkutsk, e-mail: kutsenko_s@irgups.ru

Skorobogatov Maxim Eduardovich – senior lecturer of Irkutsk State Transport University, Irkutsk, e-mail: skor_maxim@mail.ru