

# Проблематика формирования извещения на железнодорожных переездах

## Problems associated with warning generation at railway crossings

Радковский С.А.<sup>1</sup>, Трунаев А.М.<sup>2\*</sup>  
Radkovsky S.A.<sup>1</sup>, Trunaev A.M.<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>Донецкий институт железнодорожного транспорта, Донецкая Народная Республика, Донецк

<sup>2</sup>Ростовский государственный университет путей сообщения, Российская Федерация, Ростов

<sup>1</sup>Donetsk Institute of Railway Transport, Donetsk People's Republic, Donetsk

<sup>2</sup>Rostov State Transport University, Russian Federation, Rostov

\*andrey.trunayev@mail.ru



Радковский С.А.



Трунаев А.М.

**Резюме. Цель.** Провести исследование работы процесса функционирования существующих переездных устройств. Рассмотреть подробный алгоритм работы заградительных устройств, в котором учитывается исправная работа каждого элемента. В действующих системах ограждения переезда применяются упрощенные алгоритмы работы. Уделить внимание процессу формирования извещения к переезду при движении поезда по участку извещения. Подробно рассмотреть работу операторов, которые определяют расстояние до подвижной единицы и, как следствие, определяют время начала включения заградительных устройств. Что позволит корректировать время включения заградительных устройств и, как следствие, уменьшить простой автотранспорта. **Методы.** Предложен метод, который заключается в непрерывном измерении акселерометром виброперемещений рельсовой линии у переезда. При постоянном измерении значений виброскорости ( $V$ ) и виброускорения ( $a$ ) у границы переезда, формируется множество измеренных значений  $V_i$  и  $a_i$ . С использованием этих значений составляется система уравнений координаты расположения поезда, правая часть которого приравнивается к значениям координат поезда. Решая систему уравнений координаты расположения поезда, по значениям виброскорости ( $V$ ) и виброускорения ( $a$ ) у границы переезда при приближении поезда к переезду можно определить координату подвижной единицы в определенный момент времени. Как следствие, скорость и характер движения на всем участке извещения. Из полученных значений можно определить время, за которое голова поезда проедет переезд. Сравнивая расчетное время включения заградительных устройств с временем, полученным от характера движения конкретного поезда, можно определить момент включения ограждения переезда. **Результаты.** Проведенное исследование показало, что существующие системы формирования извещения к железнодорожным переездам в пределах станции, как правило, заблаговременно включают заградительные устройства. Что может привести к излишнему простоя автотранспорта перед переездом. При фиксированной длине участка приближения фактическое время оповещения обратно пропорционально скорости поезда и может значительно превышать минимально необходимое время. Излишнее время оповещения может повлечь за собой негативные последствия, что требует решения. При регулярном длительном закрытом состоянии переезда водители будут стараться ускорить процесс пересечения переезда при включении заградительных сигналов, что может привести к аварийной ситуации, столкновению поезда и автотранспортного средства. Полученные данные о фактическом времени приближения поезда к переезду позволят сократить время простоя автотранспорта у заградительных устройств переезда при закрытых переездных устройствах до времени, равного расчетному времени закрытия и времени проследования через переезд поезда. Средняя скорость движения поездов по Российской Федерации составляет 35,7 км/ч [1], а расчет извещения проводится для максимальной скорости. **Заключение.** Время простоя автотранспорта перед заградительными устройствами можно сократить в среднем в 3-4 раза. Как следствие, снизить аварийность на переездах.

**Abstract. Aim.** To study the process of operation of the existing level crossing devices. To examine a detailed barrier operation algorithm that takes into account the proper operation of each component. The existing level crossing protection systems use simplified operation algorithms. To focus on the process of crossing warning generation when a train enters the warning section. To examine in detail the work of operators who identify the distance to a vehicle and, consequently, the barrier activation time. That will allow adjusting the barrier activation time and, consequently, reduce the rolling stock downtime. **Methods.** The paper suggests a

method that involves continuously measuring the vibration displacements of the rails at the crossing using an accelerometer. By continuously measuring the values of vibration velocity ( $V$ ) and vibration acceleration ( $a$ ) at the boundary of a crossing, a set of measured values  $V_i$  and  $a_i$  is generated. These values are used for making a system of equations for the train location coordinate, whose right part is equated to the values of the train coordinates. By solving the system of train coordinate equations using the values of vibration velocity ( $V$ ) and vibration acceleration ( $a$ ) at the boundary of a crossing at the approach of a train, the coordinate of the vehicle can be defined at specific points in time. Consequently, the speed and nature of its movement can be identified throughout the warning section. Out of the obtained values, the time of the train's head clearing the crossing can be identified. By comparing the estimated barrier activation time with the time derived from the nature of a train's movement, the moment of crossing barrier activation can be identified. **Results.** The study showed that the existing level crossing warning systems deployed within stations normally activate barriers in advance. That may cause motor vehicles to spend excessive amounts of time before a crossing. If the length of the approach section is fixed, the actual warning time is inversely proportional to the train's speed and may significantly exceed the minimum required time. Excessive warning time may have negative consequences, which requires a solution. If a crossing is regularly closed for long periods of time, drivers will be attempting to cross faster once the restrictive signal has turned on, which may lead to accidents, train-to-motor vehicle collisions. Should data on the actual time of a train's arrival to a crossing be available, the time spent by motor vehicles at closed crossings will be able to be reduced down to the estimated closing time and the time it takes for the train to clear the crossing. The average train speed in the Russian Federation is 35.7 km/h [1], while warnings are calculated for the top speed. **Conclusion.** The time spent by vehicles before a barrier can be reduced about 3 to 4 times. Consequently, the number of accidents at crossings can be reduced as well.

**Ключевые слова:** переезд, извещение, станция, виброускорение, заградительные устройства, формирование извещения

**Key words:** crossing, warning, station, vibration acceleration, barriers, warning generation

**Для цитирования:** Трунаев А.М., Радковский С.А. Проблематика формирования извещения на железнодорожных переездах // Надежность. 2025. №3. С. 34-41. <https://doi.org/10.21683/1729-2646-2025-25-3-34-41>

**For citation:** Trunaev A.M., Radkovsky S.A. Problems associated with warning generation at railway crossings. *Dependability* 2025;3: 34-41. <https://doi.org/10.21683/1729-2646-2025-25-3-34-41>

**Поступила:** 09.04.2025 / **После доработки:** 14.05.2025 / **К печати:** 25.07.2025

**Received on:** 09.04.2025 / **Revised on:** 14.05.2025 / **For printing:** 25.07.2025

## Введение

Безопасность на железнодорожных переездах, местах пересечения железнодорожных путей и автомобильных дорог, остается одной из наиболее актуальных проблем, требующих внимания общества и государства. Каждый год в мире случаются тысячи аварий на железнодорожных переездах, часто с трагическими последствиями. По данным Всемирной организации здравоохранения, более 50% всех происшествий на железнодорожных переездах происходят из-за нарушений правил безопасного проезда со стороны водителей автотранспорта [2].

Одной из основных причин аварий на переездах является недостаточное внимание со стороны водителей и увеличенное время ожидания приближения поезда к переезду, как следствие, повышение нервозности и пересечение переезда на запрещающие сигналы [3]. Также недостаточная осведомленность о правилах поведения при приближении к переезду. Многие водители игнорируют дорожные знаки, предупреждающие о приближении к железнодорожному переезду, не соблюдают установленные ограничения скорости или не останавли-

ваются перед закрытыми шлагбаумами. Это приводит к столкновениям с поездами, что, в свою очередь, часто оборачивается трагическими последствиями.

Меры по повышению безопасности на местах пересечения железнодорожных путей и автомобильного транспорта должны быть комплексными. Водителям необходимо регулярно напоминать о правилах безопасного проезда через переезды, в том числе с помощью информационных кампаний и обучающих программ. Кроме того, необходимо усилить контроль за соблюдением этих правил и ввести более строгие штрафы за их нарушение.

Важным этапом в повышении безопасности на переездах является также техническое оснащение. Современные системы безопасности, такие как светофоры, звуковые и световые сигналы, видеонаблюдение, способны значительно снизить риск аварий на переездах. Однако их внедрение должно быть сопровождено регулярным техническим обслуживанием и контролем качества работы. Разработкой, исследованием и внедрением новых, перспективных систем автоматики, повышающих

безопасность на железнодорожных переездах с минимизацией человеческого фактора в управлении процессом функционирования.

## 1. Заградительные устройства на переездах

При пересечении автомобильных дорог с железной дорогой в одном уровне осуществляется установка различных ограждающих устройств. Эти устройства включают: автоматическую светофорную переездную сигнализацию, автоматические шлагбаумы или автоматические предупредительные сигналы, а также неавтоматические шлагбаумы и заградительные плиты.

Светофорная переездная сигнализация включает в себя светофоры с двумя красными огнями, установленными с обеих сторон автомобильной дороги с правой стороны, по ходу движения транспорта на расстоянии 6 метров от переезда. Когда требуется остановить движение автотранспорта через переезд, сигналы подаются в сторону автомобильной дороги.

Работа светофоров на переездах запускается движением поездов по рельсовым цепям (РЦ), установленным перед переездом. При приближении поезда светофор начинает мигать красными огнями 40–45 миганий в минуту. Кроме того, работа светофора сопровождается звуковым сигналом.

Автоматические шлагбаумы и заградительные плиты дополняют автоматическую светофорную переездную сигнализацию. По умолчанию шлагбаум открыт, не препятствуя движению автотранспорта. Когда светофор включается, при обнаружении поезда, со временной задержкой (от 7 до 8 секунд) шлагбаумы медленно опускаются в течение 10 секунд, чтобы транспортные средства могли покинуть переезд. В закрытом состоянии шлагбаумы частично или полностью перекрывают дорогу, а заградительные плиты полностью блокируют доступ на переезд. Как только поезд проходит, светофоры гаснут, шлагбаумы поднимаются, а плиты опускаются [4, 5].

Система автоматической оповестительной сигнализации предназначена для предупреждения дежурного на переезде о приближении поезда с помощью звуковых и световых сигналов. Дежурный по переезду может самостоятельно управлять шлагбаумами. Автоматическая оповестительная сигнализация часто используется на переездах, которые расположены на территории станции или рядом с ней, где невозможно автоматически синхронизировать работу устройства на переезде с движением поездов на станции. На сегодняшний день полностью исключить человеческий фактор из алгоритма управления охраняемыми переездами не предоставляется возможным. Так как сложно автоматизировать все возможные ситуации и учесть их в процессе управления заградительными устройствами. В рамках данной работы это исследование не проводится в виду его большего объема. Данной проблеме будет посвящено отдельное научное исследование.

Человеческий фактор присутствует в работе автоматических ограждающих устройств на переездах, извещение которых формируется с учетом работы станционных элементов автоматики. Как правило такие схемы формирования извещения отличаются от перегонных, на каждой станции имеются свои отличительные особенности. Работа этих устройств зависит от сигналов, отправляемых выходными и входными светофорами. В отдельных случаях от занятия определенных РЦ на станции. Также заградительные устройства могут напрямую управляться дежурным по станции при помощи специальной кнопки закрытия переезда, например, при маневровой работе по станции. В таком случае неквалифицированные действия могут привести к несвоевременному закрытию переездных устройств и, как следствие, к столкновениям автомобилей и подвижного состава с вытекающими последствиями [6]. Исключить влияние человека в подобных ситуациях не предоставляется возможным. Поэтому вопрос повышения уровня безопасности на станциях остается актуальным.

В случаях, когда время уведомления для переезда, расположенного на горловине станции, обеспечено при движении поезда от сигнальных светофоров (входного или выходного), системы формирования извещения активируются с момента захода поезда в зону приближения при открытом сигнале светофора. Если условия не выполнены, закрытие переезда происходит до момента, когда поезд начинает движение к этому участку, вне зависимости от положения входного светофора. Закрытие переезда осуществляет дежурный по станции при отправлении поезда, а открытие выходных сигналов задерживается для компенсации недостающего времени уведомления. При определении длины зон приближения для переездов предполагается, что поезд движется по основному и второстепенным путям без остановок. Для основных путей учитывается предельно разрешенная скорость движения поездов, а для второстепенных – скорость составляет 50 или 80 км/ч в зависимости от типа крестовины [7].

Важно отметить, что при расчете времени формирования извещения о начале движения поезда не учитывается запасное время. Вместо этого во внимание принимается интервал времени, который нужен машинисту для реакции на сигнал и начала движения. Таким образом, фактические данные о времени уведомления определяются следующим образом:

$$t_{изв} = t_{прив} + t_{ход} + \sqrt{\frac{2d}{a}},$$

где  $t_{прив}$  – время восприятия сигнала машинистом и приведения поезда в движение;

$t_{ход}$  – время, необходимое для хода поезда от выходного светофора до переезда;

$d$  – расстояние от точки остановки поезда до переезда;

$a$  – ускорение поезда.

Полученные данные фактического времени сравниваются с табличными значениями. В момент отправления

поезда переезд закрывается с помощью нажатия кнопки, а светофор – с некоторой задержкой времени, для обеспечения безопасности. В случаях, когда требуется организация маневровых передвижений или отправление под запрещающий сигнал, использование специальной кнопки обязательно.

Системы автоматического контроля на железнодорожных переездах, как правило, представляют собой системы жесткого управления. Рабочий алгоритм автоматической переездной сигнализации (АПС) включает в себя элементы, еще не встречающиеся в современных системах, но которые играют ключевую роль в повышении безопасности и эффективности работы переездов. Эти элементы и методы их реализации находятся в стадии разработки и будут внедряться постепенно.

Алгоритм работы системы АПС (рис. 1) включает набор операторов, которые не существуют в текущих системах, но их важность в повышении безопасности и проходимости железнодорожных переездов очевидна.

Эти операторы представлены пунктирной линией. Методы и средства их реализации находятся в разработке и будут внедрены по мере совершенствования систем АПС. Операторы, обозначенные сплошной и пунктирной линиями, уже существуют в текущих системах, однако они часто выполняют информационные функции или требуют вмешательства человека для исполнения своих обязанностей.

Рассмотрим работу алгоритма более подробно. Если приближающихся поездов нет, переезд остается открытым для проезда автомобилей. Как только поезд въезжает в зону контроля, что отслеживается оператором 1, к системе АПС подсоединяются сенсоры для обнаружения препятствий на переезде (УОП). Определяются такие параметры движения поездов, как скорость, ускорение и координаты, на основании которых вычисляется дистанция до переезда, при достижении которой необходимо закрытие переезда. Эту работу выполняют операторы 2, 3 и 4. Проверку последнего условия проводит логический оператор 5. Когда поезд достигает заданной координаты, оператор 6 активирует систему предупреждения, включая красные мигающие света на светофорах переезда. Проверку их функционирования осуществляет оператор 7.

С учетом необходимой задержки (операторы 8 и 9) команду на опускание шлагбаумов дает оператор 10.

В стандартных настройках системы АПС команды к операторам 6 и 8 подаются одновременно. После получения сведений от оператора 11 о нормальной работе шлагбаума и отсутствии преград на переезде, переезд остается закрытым до момента проезда поезда, подтвержденного оператором 12. После того, как предыдущий поезд освобождает переезд и после проверки наличия других приближающихся поездов оператором 13, происходит отключение сигнализации, поднятие шлагбаумов и деактивация сенсоров (операторы 14, 15 и 16). Система АПС восстанавливает исходное состояние.

В случае неисправности переездной сигнализации, не закрытия автошлагбаума или наличия препятствий

на переезде возникает аварийная ситуация, требующая немедленных действий для предотвращения аварии. Операторы 7, 11 и 12 включают заградительную сигнализацию и отключают кодирование РЦ, выполненное операторами 13 и 14. Это приводит к замедлению скорости поезда и его последующей полной остановке. После устранения неисправностей или препятствий, что подтверждается оператором 15, заградительная сигнализация выключается и включается кодирование РЦ, после чего поезд продолжает движение, и система АПС возвращается в изначальное положение.

На практике функции, предусмотренные для операторов 2-5, в большинстве не предусмотрены системами АПС, а операторы 7 и 11 служат лишь каналами для отправки информации в системе управления движением. Операции 12-17, хотя и задумываются в проекте и оснащении системы АПС, возлагаются исключительно на дежурного по переезду.

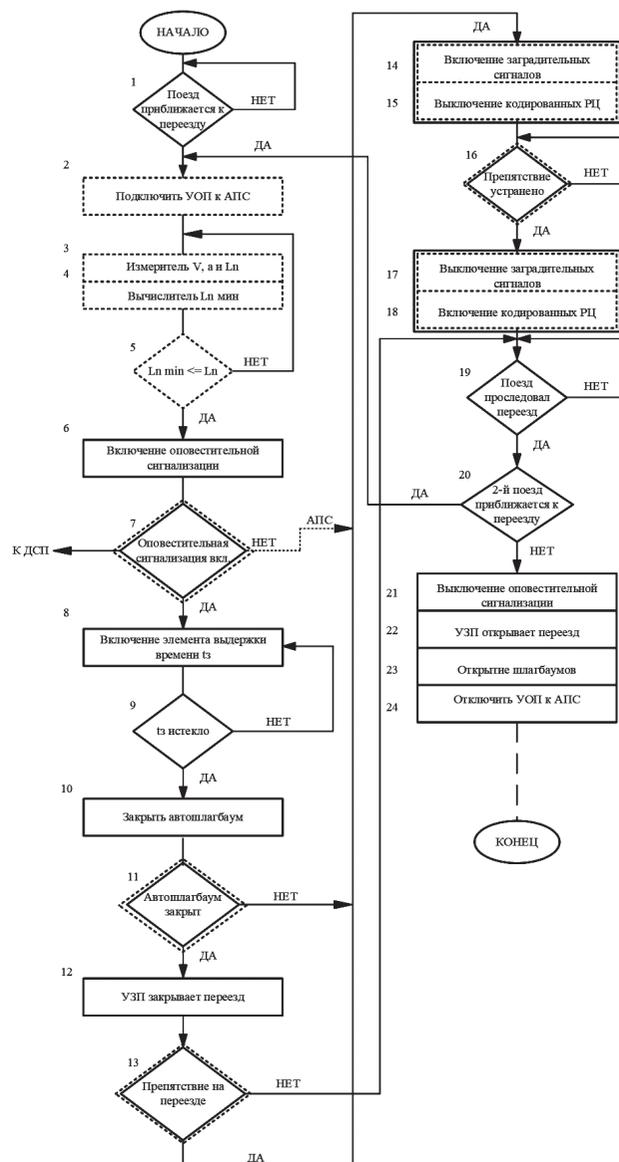


Рис. 1. Алгоритм работы системы АПС

В результате отсутствие операций 2–5 приводит к увеличению времени простоя автотранспорта перед закрытым переездом, что приводит к снижению эффективности применения систем АПС, повышение аварийности. Кроме того, вопрос автоматизации операций 12–17 с использованием информации от операторов 7 и 11 позволил бы повысить надежность системы и безопасности движения, а также создал бы условия для снятия охраны на переездах.

В случае неисправности определенных узлов переезда из числа операций 7, 12-17, необходимо предусмотреть систему оповещения на локомотив о снижении скоростного режима и управление автоматически тормозным усилием без участия человека.

Алгоритм работы переезда с АПС основан на взаимоисключающем принципе функционирования. Путем взаимодействия переездного светофора и заградительного светофора движение автотранспорта через железнодорожный переезд разрешается только при запрещающем показании заградительного светофора, и наоборот. Такая система обеспечивает сохранение допустимого уровня опасности при использовании элементов не первого класса надежности.

В эксплуатируемых системах с АПС методы автоматического управления заграждающими устройствами на перегоне зависят от различных факторов, таких как расположение заграждающих устройств относительно входных и проходных светофоров, тип автоблокировки и особенности движения поездов (одно- или двухстороннее движение).

В результате этого разнообразия возникает множество вариантов переездных установок, отличающихся схемами управления и связью с автоблокировкой.

На сегодняшний день в российской железнодорожной системе сохраняется практика присутствия дежурных на переездах, которые выполняют ответственные функции, связанные с обеспечением безопасности движения. Однако существуют технические средства, способные обеспечить более надежную реакцию на аварийные ситуации [8, 9].

На данный момент значительные работы проводятся в направлении создания автоматических систем контроля аварийных ситуаций (КАС) на переездах. Эти системы предназначены для обнаружения препятствий на пути движения поезда, таких как разрушенные автомобили, и предоставляют соответствующую информацию подвижному составу [10, 11].

В настоящее время проводятся испытания различных систем обнаружения препятствий, начиная от сложных радарных систем на скоростных участках и заканчивая более простыми устройствами с индукционными шлейфами, уложенными под покрытием дороги. Применение этих систем способствует значительному повышению эффективности работы заграждающих устройств и созданию условий для перевода определенной части переездов в категорию неохраняемых [12].

Одной из нерешенных задач является увязка автоматизации на железнодорожных переездах с текущей скоростью

движения поезда по участку приближения к переезду [13]. На практике переезд закрывается с учетом расчетной, максимально допустимой скорости. Что приводит к увеличению времени закрытого переезда в 2-5 раз. [14].

## 2. Метод формирования извещения, учитывающий координату подвижной единицы

Одним из способов минимизации времени закрытого состояния переездов в процессе управления заграждающими устройствами предлагается метод непрерывного отслеживания координаты, скорости движения поезда на участке приближения. С учетом возможного ускорения поезда и с расчетом времени закрытия переезда для оптимального срабатывания заграждающих устройств [15].

Авторами в работе [16] рассматривался принцип определения координаты поезда, основанный на принципе измерения изменения величины напряжения и тока рельсовой линии, однако предложенный принцип имеет следующие недостатки, что обуславливает погрешности в измерениях:

- изоляционные свойства рельсовой линии зависят от состояния изоляции рельса от шпал;
- сопротивление РЦ ниже чем 1 Ом·км, из-за неудовлетворительного состояния переездного настила, постоянного засорения и загрязнения проезжей части автодорог переездов и не возможности интенсивного испарения влаги под настилами;
- увеличение скоростей движения приводит к увеличению участков извещения и к неустойчивой работе РЦ;
- изменение погодных условий.

Однако вместо предлагаемых параметров могут быть использованы и другие, которые будут определяться типом используемых датчиков о приближении поезда. А также более точным измерением параметров рельсовой линии, что позволит более точно определить место положение поезда.

В качестве признака определения поезда на участке приближения предлагается использовать вибрацию рельсовой линии, которая возникает при движении поезда. Одним из устройств, способных контролировать ее наличие, является акселерометр.

Для определения координаты и скорости поезда используется уравнение координаты поезда, которое использует измеренные сигналы виброскорости и виброускорения на участке измерения.

При этом возможна организация контроля движения поезда, путем установки акселерометров на определенном расстоянии вдоль рельсовой линии [17].

Как известно [18], величина виброускорения связана с виброскоростью следующим соотношением:

$$a(t) = \frac{dV}{dt} = -\omega^2 D \sin(\omega t),$$

где  $V$  – виброскорость;

$\omega$  – угловая циклическая частота;

$D$  – максимальное смещение.

По значению  $a(t)$  возможно определение движения поезда в некоторой зоне контроля

$$a_{cp}^k = \frac{1}{T} \sum_{i=1}^T |a_{T(k-1)+i}|$$

По характеру изменения функции  $a_{cp}^k$  возможно не только контролировать наличие поезда в зоне действия датчика, но и определять количество прошедших вагонов.

Техническая реализация данного принципа заключается в непрерывном измерении акселерометром виброперемещений рельсовой линии. При постоянном измерении значений виброскорости ( $V$ ) и виброускорения ( $a$ ) у границы переезда, формируется множество измеренных значений  $V_i$  и  $a_i$ . С использованием этих значений составляется система уравнений координаты расположения поезда, правая часть которой приравнивается к значениям координат поезда. Решая таким образом систему уравнений

$$X_{ni} = \sum_{j=1}^n C_j f(V_{ij}, a_{ij}), i = 1, 2, \dots, n,$$

где  $X_{ni}$  – координаты расположения поезда, при которых измерены  $V_{ij}$  и  $a_{ij}$ , определяют коэффициенты уравнения координаты поезда; затем, измеряя текущее значение виброскорости и виброускорения, определяют текущую координату поезда на участке приближения

$$X_n = \sum_{j=1}^n C_j f(V_1, a_1),$$

где  $C = C_1/C_n$  – априорно определенные решением системы коэффициенты уравнения координаты поезда;

$f(V_1, a_1)$  – ортогональный полином, позволяющий интерполировать кривую координаты поезда;

$V_1, a_1$  – аргументы ортогонального полинома – текущие, измеряемые информационные признаки, зависящие от координаты поезда;

Скорость поезда на участке определяют по формуле:

$$V_n = \frac{X_n - X_{n(i-1)}}{\Delta t},$$

где  $X_n$  – текущая координата поезда;

$X_{n(i-1)}$  – предыдущая координата, пройденная поездом за время  $\Delta t$  и с учетом возможного его ускорения.

Фактическую координату закрытия переезда определяют по формуле:

$$X_{3i} = I_{yn} - \left( V_n t_3^n + \frac{a_{pi} (t_3^n)^2}{2} \right), i = 1, 2, \dots, n,$$

где  $I_{yn}$  – длина участка приближения к переезду;

$t_3^n$  – время, необходимое для закрытия переезда (табличное значение);

$a_{pi}$  – ускорение движения поезда на участке приближения, вычисляемое по кривой скорости поезда для конкретного переезда.

Применение представленных операций дает следующие возможности для достижения поставленной задачи:

- обеспечивается непрерывное определение координаты и скорости поезда с использованием предложенного уравнения координаты поезда;

- определение направления движения поезда;

- обеспечивается непрерывное определение координаты поезда при которой необходимо закрыть переезд с учетом возможного ускорения поезда при приближении;

Таким образом, в работе получил дальнейшее развитие метод формирования извещения на переезд с учетом фактического нахождения поезда, а также скорости и ускорения его приближения к месту пересечения железнодорожной и автомобильной магистралей.

## Заключение

Диапазон скоростей на большинстве железнодорожных магистралей очень широкий, однако большинство поездов, движущихся по этим маршрутам, передвигаются с небольшой скоростью. В связи с этим возникают дополнительные задержки в автотранспортном потоке около закрытых железнодорожных переездов. Интересно отметить, что длительное закрытие переезда до прибытия поезда значительно снижает безопасность дорожного движения, поскольку водители автомобилей начинают сомневаться в работоспособности ограждающих устройств. По статистике, в течение года теряется несколько тысяч автомобиле-часов на переездах средней интенсивности движения из-за избыточного оповещения о приближении поездов. Фактические задержки автотранспорта на переездах, закрытых для движения, значительно превышают прогнозируемые из-за увеличения расстояний приближения.

С увеличением интенсивности и скорости железнодорожного и автомобильного транспорта, переезды становятся все более опасными для людей и техники. Хотя развязки в разных уровнях широко используются на местах пересечения дорог с высокой интенсивностью движения, они не могут быть введены повсеместно из-за ограничений местных условий и требований в отношении капитальных затрат. Поэтому повышение безопасности и проходимости переездов становится актуальной задачей. Существующие системы ограждения в этом отношении не являются оптимальными и требуют значительных усовершенствований.

При фиксированной длине участка приближения фактическое время оповещения обратно пропорционально скорости поезда и может значительно превышать минимально необходимое время. Излишнее время оповещения может повлечь за собой негативные последствия, что требует решения.

Проведенное исследование показало, что существующие системы формирования извещения к железнодорожным переездам в пределах станции, как правило, заблаговременно включают ограждающие устройства. Что может привести к излишнему простоям

автотранспорта перед переездом. При регулярном длительном закрытом состоянии переезда водители будут стараться ускорить процесс пересечения переезда при включении заградительных сигналов, что может привести к аварийной ситуации, столкновению поезда и автотранспортного средства.

Совершенствование средств формирования извещения, уменьшение времени срабатывания заградительных устройств до расчетного времени позволит сократить простой автотранспорта и нервозность водителей, что снизит количество пересечения переездов в закрытом состоянии и, как следствие, уменьшит аварийность на железнодорожных переездах.

## Библиографический список

1. Ura.ru. Информационное агентство. URL: <https://ura.news/news/1052892415> (дата обращения: 04.02.2025).
2. Шматченко В.В., Меремсон Ю.Я., Иванов В.Г. Специфика безопасности движения на железнодорожных переездах // Известия Петербургского университета путей сообщения. 2022. Т. 19. № 1. С. 143-154. DOI: 10.20295/1815-588X-2022-19-1-143-154
3. Трунаев А.М. Иваницкая И.Л. Анализ средств обеспечения безопасности на железнодорожных переездах // Сборник научных трудов Донецкого института железнодорожного транспорта. 2021. № 63. С. 4-12.
4. Устройство заграждения железнодорожного переезда // Виртуальная библиотека Studref.com. 2019. URL: [https://studref.com/557167/tehnika/ustroystvo\\_zagrazhdeniya\\_zheleznodorozhnogo\\_pereezda](https://studref.com/557167/tehnika/ustroystvo_zagrazhdeniya_zheleznodorozhnogo_pereezda) (дата обращения: 10.02.2025).
5. Устройства безопасности на переездах // Персональный сайт Дениса Игоревича Карелина. 2023. URL: <http://www.caredenis.ru/resources/srd/html/les08.html> (дата обращения 10.02.2025).
6. Рубцова М.В. Прокурорский надзор за исполнением законов в сфере обеспечения безопасности движения на железнодорожных переездах // Современная наука. 2021. № 3. С. 16-20. DOI: 10.53039/2079-4401.2021.5.3.003
7. Методические указания по проектированию автоматики, телемеханики и связи на железнодорожном транспорте И-276-00. Расчет параметров работы переездной сигнализации. МПС России, 2000.
8. Сацюк А.В., Воевода Е.Г. Система автоматического контроля безопасности на железнодорожных переездах // Сборник научных трудов Донецкого института железнодорожного транспорта. 2024. № 2(73). С. 39-45.
9. Комплексная система защиты переездов / Е.В. Михайлов, Д.С. Татарникова, Н.С. Татарникова [и др.] // Молодая наука Сибири. 2018. № 2(2). С. 17-25.
10. Патент на полезную модель № 193496 U1 Российская Федерация, МПК В61L 29/24. Устройство управления системой защиты железнодорожных переездов : № 2019117851 : заявл. 06.06.2019 : опубл. 30.10.2019 / С.А. Виноградов, А.С. Виноградов, А.С. Мельников.

11. Патент № 2774478 С1 Российская Федерация, МПК В61L 29/00. Способ предупреждения аварийного выезда автомобильного транспорта на неохраняемый железнодорожный переезд : № 2021139295 : заявл. 28.12.2021 : опубл. 21.06.2022 / В.А. Питов.

12. Повышение безопасности на железнодорожных переездах посредством видеофиксации препятствий в зоне переезда с передачей сигнала машинисту / А.Н. Евстифеева, Л.Д. Любушкина, И.А. Петикова, В.А. Надежкин // XLIX Самарская областная студенческая научная конференция : Тезисы докладов, Самара, 10–21 апреля 2023 года. С-Пб: ООО «Эко-Вектор», 2023. С. 94-95.

13. Балугев Н. Н. Возможные направления развития устройств автоматики на переездах // Автоматика, связь, информатика. 2017. № 12. С. 25-27.

14. Трунаев А.М., Чепцов М.Н., Радковский С.А. Синтез математической модели управления процессом функционирования железнодорожных переездов на основе новых способов формирования извещений // Информатика и кибернетика. 2019. № 4(18). С. 22-28.

15. Тарасов Е.М., Тарасова А.Е. Автоматизированная система определения координаты поезда с самонастройкой решающей функции // Инженерные технологии и системы. 2022. Т. 32. № 3. С. 437-459. DOI: 10.15507/2658-4123.032.202203.437-459.

16. Патент RU 2281219С1. Способ управления автоматической переездной сигнализацией / Тарасов Е.М. Заявл. 02.14.2004. Опубл. 08.10.2006.

17. Путьевой вибрационный датчик контроля наличия и определения параметров подвижных единиц // 36. наук. праць Донецького інституту залізничного транспорту / Трунаев А.М., Радковский С.А., Чепцов М.Н., Бойник А.Б. Донецьк: ДонІЗТ, 2012. Вип. 32. С. 73–78.

18. Сергиенко А.Б. Цифровая обработка сигналов. СПб.: Питер, 2002. 608 с.

## References

1. [Russian Railways revealed plans to upgrade regional commuter trains]. (accessed 04.02.2025). Available at: <https://ura.news/news/1052892415>. (in Russ.)
2. Shmatchenko V.V., Meremson Ya.Ya., Ivanov V.G. Traffic safety specifics on rail crossings. *Proceedings of Petersburg Transport University* 2022;19(1):143-154. (in Russ.) DOI: 10.20295/1815-588X-2022-1-143-154.
3. Trunaev A.M., Ivanitskaya I.L. Analysis of safety measures at level crossings. *Collection of research papers of the Donetsk Railway Transport Institute* 2021;63:4-12. (in Russ.)
4. Level crossing safety barrier. Studref.com. (accessed 10.02.2025). Available at: [https://studref.com/557167/tehnika/ustroystvo\\_zagrazhdeniya\\_zheleznodorozhnogo\\_pereezda](https://studref.com/557167/tehnika/ustroystvo_zagrazhdeniya_zheleznodorozhnogo_pereezda).
5. [Level crossing safety systems]. [Denis Karelin's personal website]. (accessed 10.02.2025). Available at: <http://www.caredenis.ru/resources/srd/html/les08.html>.

6. Rubtsova M.V. Prosecutor's supervision over the implementation of laws in the field of traffic safety at railway crossings. *Sovremennaya nauka* 2012;3:16-20. (in Russ.) DOI: 10.53039/2079-4401.2021.5.3.003.

7. [Guidelines for the design of railway signalling systems I-276-00. Calculation of the operating data of a level crossing alarm system]. Ministry of Railways of Russia; 2000. (in Russ.)

8. Satsuk A.V., Voevoda Y.G. Automatic safety control system at railway crossings. *Collection of research papers of the Donetsk Railway Transport Institute* 2024;2(73):39-45. (in Russ.)

9. Mikhaylov E.V., Tatarnikova D.S. Integrated protection system of railway grade crossing. *Young Science of Siberia* 2018;2(2):17-25. (in Russ.)

10. Vinogradov S.A., Vinogradov A.S., Melnikov A.S. [Utility Model Patent No. 193496 U1 Russian Federation, IPC B61L 29/24. Railway crossing protection control device: No. 2019117851: application 06.06.2019: published 30.10.2019.] (in Russ.)

11. Pitov V.A. [Patent No. 2774478 C1 Russian Federation, IPC B61L 29/00. Method for preventing unauthorised presence of motor vehicles within unsupervised railway crossings: No. 2021139295: application 28.12.2021: published 21.06.2022]. (in Russ.)

12. Evstifeeva A.N., Liubushkina L.D., Petikova I.A., Nadiozhkin V.A. [Improving the safety of railway crossings by video-recording obstacles within such crossings and transmitting a signal to the driver]. In: Abstracts of the XLIX Samara Regional Student Scientific Conference. Samara, April 10-21; 2023. Saint Petersburg: OOO Eko-Vektor; 2023. Pp. 94-95. (in Russ.)

13. Baluiev N.N. [Possible ways forward for level crossing automation]. *Automation, Communications, Informatics* 2017;12:25-27. (in Russ.)

14. Trunaev A., Cheptsov M., Radkovsky S. Synthesis of a mathematical model for controlling the process of functioning of level crossings based on new means of generating notifications. *Informatika i kibernetika* 2019;4(18):22-28. (in Russ.)

15. Tarasov E.M., Tarasova A.E. Automated Train Coordinate Determination System with Self-Tuning of the Decision Function. *Engineering Technologies and Systems* 2022;32(3):437-459. (in Russ.) doi: <https://doi.org/10.15507/2658-4123.032.202203.437-459>.

16. Tarasov E.M. [Patent RU 2281219C1. A method for controlling an automatic level crossing signalling system. Application 02.14.2004. Published on 08.10.2006.]

17. Trunaev A.M., Radkovsky S.A., Cheptsov M.N., Boynik A.B. [Trackside vibration sensor for monitoring the presence and identifying the parameters of vehicles]. In: *Collection of research papers of the Donetsk Railway Transport Institute*. Donetsk: Donizt; 2012;32:73-78. (in Russ.)

18. Sergienko A.B. [Digital signal processing]. Saint Petersburg: Piter; 2002. (in Russ.)

## Сведения об авторах

**Радковский Сергей Александрович** – кандидат технических наук, доцент, кафедры «Автоматика, телемеханика, связь и вычислительная техника», ФГБОУ ВО «Донецкий институт железнодорожного транспорта», 283018, Россия, Донецкая Народная Республика, г. Донецк, ул. Горная, 6, e-mail: serj\_rsa@mail.ru

**Трунаев Андрей Михайлович** – кандидат технических наук, доцент кафедры «Автоматика и телемеханика на железнодорожном транспорте», ФГБОУ ВО «Ростовский государственный университет путей сообщения», 344038, Россия, г. Ростов-на-Дону, пл. Ростовского Стрелкового Полка Народного Ополчения, д. 2, e-mail: andrey.trunayev@mail.ru

## About the authors

**Sergey A. Radkovsky**, Candidate of Engineering, Senior Lecturer, Department of Automation, Remote Control, Telecommunications, and Computer Engineering, Donetsk Institute of Railway Transport, 6 Gornaya St., Donetsk, 283018, Russia, Donetsk People's Republic, e-mail: serj\_rsa@mail.ru.

**Andrey M. Trunaev**, Candidate of Engineering, Senior Lecturer, Department of Railway Signalling, Rostov State Transport University, 2 Rostovskogo Strelkovogo Polka Narodnogo Opolcheniya Sq., Rostov-on-Don, 344038, Russia, e-mail: andrey.trunayev@mail.ru.

## Вклад авторов статью

**Радковский С. А.** – сбор и анализ исходной информации, анализ алгоритма функционирования заградительных устройств.

**Трунаев А.М.** – идея статьи, разработка метода формирования извещения анализ данных, анализ и получении результатов.

## Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.