

В. Г. Новиков, А. И. Сафронов, М. А. Бесчастный

ПОВЫШЕНИЕ ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ УЧАСТКОВ ДВИЖЕНИЯ АВТОТРАНСПОРТА ПОСРЕДСТВОМ АДАПТАЦИИ ВРЕМЕНИ ЗАКРЫТИЯ РЕГУЛИРУЕМОГО ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ПЕРЕЕЗДА

Аннотация. Рост объемов перевозок обуславливает необходимость повышения эффективности функционирования систем управления и обеспечения безопасности движения поездов. Повышению уровня безопасности движения поездов, а также пропускной способности транспортных путей способствует применение принципов и методов, реализуемых системами управления и обеспечения безопасности движения поездов, использующими цифровой радиоканал передачи данных. Одним из таких методов, среди множества известных на сегодняшний день, является адаптивное закрытие железнодорожного переезда посредством изменения протяженности участка извещения участников движения о приближении поезда к переезду, позволяющее обеспечивать безопасное движение автотранспорта через железнодорожный переезд при минимально допустимом времени извещения о приближении поезда.

Ключевые слова: системы обеспечения безопасности движения поездов, системы управления, железнодорожный переезд, пропускная способность, адаптивное закрытие переезда, цифровой радиоканал передачи данных, автоматическая переездная сигнализация.

Для цитирования: Новиков, В. Г. Повышение пропускной способности участков движения автотранспорта посредством адаптации времени закрытия регулируемого железнодорожного переезда / В. Г. Новиков, А. И. Сафронов, М. А. Бесчастный // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2025. – № 4. – С. 151–160. – DOI 10.46973/0201-727X_2025_4_151.

Введение

Повышение уровня безопасности движения транспортных средств (ТС) через железнодорожные переезды и улучшение пропускной способности автотранспорта формирует актуальность поиска гибких решений, одним из которых является адаптация времени закрытия регулируемого железнодорожного переезда.

Кроме того, актуальность исследований данного направления подтверждается, в частности, формированием проектных заявок ОАО «РЖД», размещаемых на витрине проектов РУТ (МИИТ), с целью дальнейшей детальной проработки предложенных к рассмотрению проблемных ситуаций обучающихся, а также задач, связанных с необходимостью использования современных подходов к проектированию крупных промышленных систем.

Основная часть

Следует отметить, что улучшению показателей безопасности движения поездов, а также повышению пропускной способности участков движения ТС, содержащих железнодорожные переезды, способствует интенсификация внедрения новых принципов управления движением ТС, новых технологий и средств управления железнодорожной инфраструктурой, принципов и методов, реализуемых с применением интеллектуальных транспортных систем (ИТС) [1–4].

Интеллектуализация алгоритмов управления, применение цифрового радиоканала передачи данных, интеграция «умных» устройств и автоматизированных систем управления движением ТС [5–10] в совокупности позволяют повысить уровень безопасности движения поездов, а также ТС, пересекающих железнодорожные пути. Вместе с тем разработка комплексного подхода к решению обозначенной проблемы в перспективе окажет влияние и на уровень безопасности пешеходов, а также лиц, использующих для передвижения средства индивидуальной мобильности [11], пересекающих железнодорожные переезды.

В работе рассматривается разработка принципов, закладываемых в интеллектуальную систему управления и обеспечения безопасности движения поездов (ИСУиОБДП). Эта система предназначена для обеспечения безопасного процесса движения железнодорожного подвижного состава за счет примененных в ней современных технологий, автоматизированного поиска, принятия к реализации мак-

симально эффективных сценариев управления поездами и объектами железнодорожной инфраструктуры, а также беспроводных технологий передачи данных. Внедрение ИСУиОБДП способствует повышению пропускной способности участка движения автотранспорта посредством адаптации времени закрытия железнодорожного переезда, что несомненно является актуальной задачей [12–14].

Железнодорожные переезды первично классифицируются следующим образом: переезды общего пользования; переезды необщего пользования; регулируемые переезды; нерегулируемые переезды; охраняемые переезды; неохраняемые переезды [15].

Дополнительно следует отметить, что общее/необщее использование железнодорожных переездов зависит от ограничений, вводимых организациями, ответственными за содержание и эксплуатацию этих переездов.

Вторичная классификация железнодорожных переездов основывается на априорной оценке интенсивности движения автотранспорта и поездов через них в установленную единицу времени.

Соответствие железнодорожного переезда одной из отмеченных выше категорий определяет набор требований к обустройству, техническому обслуживанию, в том числе круглосуточному, регламентируют проведение ремонтных работ. Вместе с тем повышение гарантий функциональной безопасности объектов железнодорожной инфраструктуры, связанное с исключением разрушительных воздействий от заезда автотранспорта на железнодорожные пути по приближении поезда, основывается на применении противотаранных шлагбаумов.

В своей работе авторы сосредоточились на рассмотрении регулируемых железнодорожных переездов.

Расчет времени хода поезда до момента достижения регулируемого железнодорожного переезда

Адаптация времени закрытия переезда при изменении (уменьшении) длины участка оповещения о приближении поезда к переезду предназначена главным образом для обеспечения должного уровня безопасности движения ТС через регулируемый железнодорожный переезд при минимально допустимом времени извещения о приближении поезда в соответствии с параметрами его движения.

Система принимает решение о закрытии переезда на основании полученных данных от поездного устройства, находящегося в зоне извещения, о приближении поезда к регулируемому железнодорожному переезду и начинает в режиме реального времени рассчитывать момент времени достижения поездом переезда.

Рассматриваемая система производит вычисление (прогнозирование) времени достижения поездом переезда. Расчетное время при этом уменьшается на величину времени передачи команды на закрытие переезда (1 с).

Корректировка исходных данных, необходимых для проведения расчета, производится при каждом приеме сообщений от поездного устройства.

Расстояние до переезда (L_{Π}) определяется посредством вычисления математического модуля разности между координатой головы поезда ($k_{ГП}$) и координатой оси переезда ($k_{ОП}$) [16]. Полученная величина далее уменьшается на следующие величины:

- максимальную погрешность измерения навигационной координаты Δ_{GPS} (30 м);
 - путь ($L_{\Delta t}$), проходимый поездом за время цикла обмена данными (Δt), принимается равным 1 с при движении поезда с ускорением (a_y) до достижения им предельного значения по допустимой скорости ($V_{доп}$);
 - путь ($L_{ОБР}$), проходимый поездом за время вычислений, производимых в системе ($T_{ОБР}$) (величина ожидания отклика составляет около 0,5–2 с, что уточняется в процессе реализации расчета);
 - ширина одной автодорожной полосы ($L_{Д}$) по умолчанию принимаемой равной 4 метра.
- С учетом вышеизложенного величина оставшегося пути до переезда (L'_{Π}) определяется по формуле:

$$L'_{\Pi} = |k_{ГП} - k_{ОП}| - \Delta_{GPS} - L_{\Delta t} - L_{ОБР} - L_{Д}, \quad (1)$$

где $L_{\Delta t} + L_{ОБР}$ достигают максимальных значений при движении поезда с допустимой скоростью и определяются как

$$L_{\Delta t} + L_{ОБР} = V_{доп} \cdot (T_{ОБР} + \Delta t). \quad (2)$$

Минимальное время, за которое поезд преодолевает расстояние до переезда, определяется с учетом начала движения поезда с ускорением до достижения им предела допустимой скорости движения ($V_{доп}$). Значения ускорения и предела допустимой скорости определяются параметрами самого

поезда, ограничениями скорости на конкретном участке железнодорожного сообщения и текущей оперативной поездной ситуацией.

Определим минимальное время (T_{MIN}), за которое поезд достигает переезда при заходе на участок оповещения о приближении поезда со скоростью V_{Φ} . Схема движения поезда по участку, на котором происходит оповещение о приближении его к переезду, представлена на рис. 1.

Для начала определим время, которое понадобится поезду для достижения предела допустимой скорости (T_a):

$$V_{ДОП} = V_{\Phi} + a_y \cdot T_a \Rightarrow T_a = \frac{V_{ДОП} - V_{\Phi}}{a_y}. \quad (3)$$

Расстояние, пройденное поездом до достижения значения предела допустимой скорости L_a , определяется по формуле:

$$L_a = V_{\Phi} \cdot T_a + \frac{a_y \cdot T_a^2}{2}. \quad (4)$$

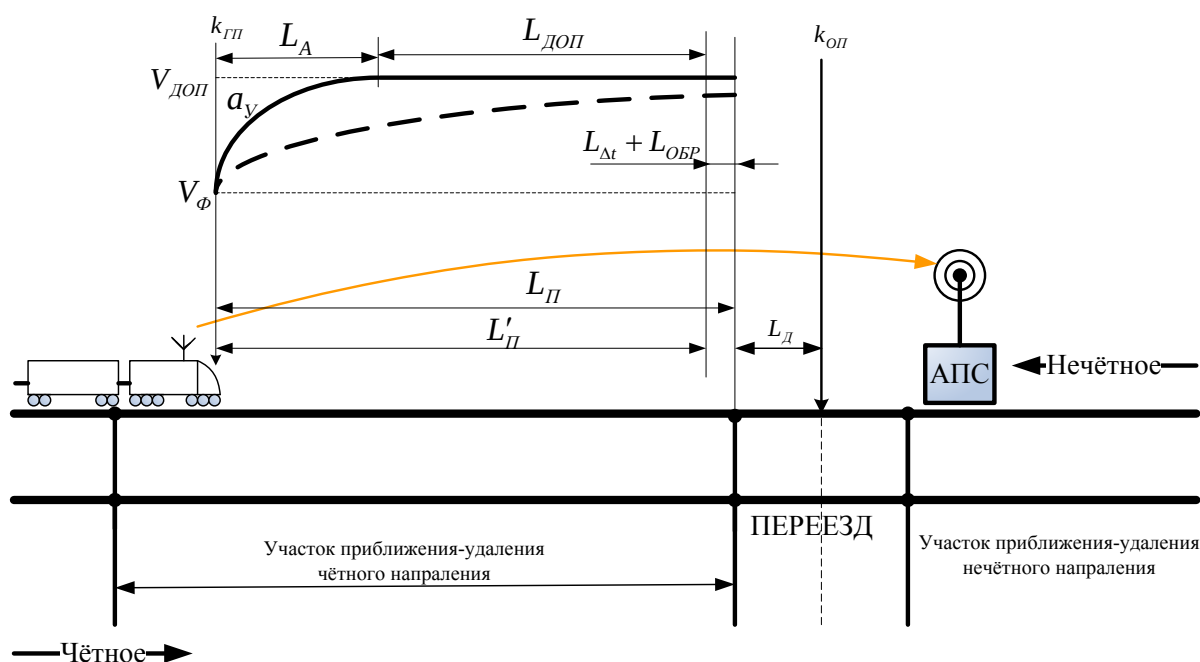


Рис. 1. Схема движения поезда по участку оповещения о приближении поезда к переезду

Путь, пройденный поездом при достижении им допустимой скорости при реализации равномерного движения ($L_{ДОП}$), определяется согласно соотношению (5):

$$L_{ДОП} = L'_П - L_a. \quad (5)$$

Для случаев, когда $L_{ДОП} > 0$, время движения поезда с максимальной скоростью ($T_{ДОП}$) составит:

$$T_{ДОП} = \frac{L_{ДОП}}{V_{ДОП}}. \quad (6)$$

Если $L_{ДОП} \leq 0$, то $T_{ДОП}$ приравняется к нулю.

Минимальное время хода поезда до момента достижения им регулируемого железнодорожного переезда (T_{MIN}) составит:

$$T_{MIN} = T_a + T_{ДОП}. \quad (7)$$

Обобщая формулы (1–7), получим выражение (8) для случая $L_{ДОП} > 0$:

$$T_{MIN} = \frac{V_{ДОП} - V_{\phi}}{a_y} + \frac{|k_{ГП} - k_{ОП}| - \Delta_{GPS} - (V_{ДОП} \cdot (T_{ОБР} + \Delta t)) - L_{Д} - \left(V_{\phi} \cdot T_a + \frac{a_y \cdot T_a^2}{2} \right)}{V_{ДОП}} \Rightarrow T_{MIN} = \frac{V_{ДОП} - V_{\phi}}{a_y} + \frac{|k_{ГП} - k_{ОП}| - \Delta_{GPS} - (V_{ДОП} \cdot (T_{ОБР} + \Delta t)) - L_{Д} - \left(\frac{V_{\phi}^2 - V_{ДОП}^2}{2 \cdot a_y} \right)}{V_{ДОП}}. \quad (8)$$

Для определения T_{MIN} при $L_{ДОП} \leq 0$ запишем уравнение движения поезда (9):

$$L'_{П} = V_{\phi} \cdot T_{MIN} + \frac{a_y \cdot T_{MIN}^2}{2}. \quad (9)$$

Решение квадратного уравнения (9) относительно T_{MIN} позволяет получить соотношение (10):

$$T_{MIN} = -\frac{V_{\phi}}{a_y} + \sqrt{\left(\frac{V_{\phi}}{a_y} \right)^2 - \frac{2 \cdot L'_{П}}{a_y}}. \quad (10)$$

Момент времени достижения поездом регулируемого железнодорожного переезда $t_{П}$ может быть вычислен по формуле (11):

$$t_{П} = t_{тек} + T_{MIN} + T_{СР}, \quad (11)$$

где $t_{тек}$ – текущее время,

$T_{СР}$ – время срабатывания заградительных устройств переезда (заградительные светофоры, устройства заградительные поездные (УЗП), шлагбаумы).

По вычислении момента времени достижения поездом регулируемого железнодорожного переезда отрабатывается следующий сценарий:

- рассчитанный момент времени достижения поездом регулируемого железнодорожного переезда сравнивается с нормативным временем извещения о приближении поезда к переезду. Если рассчитанное время не превышает или равно нормативному значению, то переезд закрывается;
- если рассчитанный момент времени достижения поездом регулируемого железнодорожного переезда превышает нормативное значение времени, необходимого для извещения о приближении поезда к переезду, то переезд остается открытым;
- управление УЗП осуществляется штатным, установленным порядком: включение переездных светофоров, опускание шлагбаумов, перекрытие движения автотранспорта посредством УЗП.

Определим численно выигрыш времени, необходимого для закрытия регулируемого железнодорожного переезда при применении адаптивного закрытия переезда $\Delta_{ПЕР}$ в сравнении с переездом, использующим традиционные методы контроля приближения поезда (контроль занятости рельсовых цепей, метод счета осей). Согласно методическим указаниям по проектированию устройств автоматики, телемеханики и связи на железнодорожном транспорте И-276-00 [17] рассматривается регулируемый железнодорожный переезд со следующими параметрами:

- длина $l_{ПЕР} = 30$ м,
- время извещения о приближении поезда $t_C = 38,6$ с,
- расчетная длина участка извещения $l^P = 1499$ м,
- допустимая скорость движения поезда 140 км/ч,
- перегон с электрической тяга $a_y = 0,8$ м/с².

При использовании формул (1)–(11) в электронных таблицах Microsoft Office Excel выполнены расчеты, сведенные в таблицу.

В качестве параметров расчетов использованы значения возможной фактической скорости движения поезда V_{ϕ} , км/ч от 20 км/ч до 120 км/ч с шагом 5 км/ч. В результате расчета получены значения минимального времени хода поезда до момента достижения им регулируемого железнодорожного переезда (T_{MIN}), а также разность между значением величины T_{MIN} и значением времени хода поезда до момента достижения им регулируемого железнодорожного переезда при скорости 140 км/ч (T_{140}). Эта величина обозначена в таблице как $\Delta_{ПЕР}$, она означает сколько дополнительного времени можно предоставить автотранспорту для передвижения по переезду, сохраняя при этом безопасность движения, и является основным критерием повышения качества функционирования алгоритма адаптации времени закрытия переезда. В крайнем правом столбце таблицы приведено относительное значение

критерия повышения качества функционирования алгоритма адаптации времени закрытия переезда $\sigma_{ПЕР}$, которое определяется по формуле (12).

$$\sigma_{ПЕР} = \frac{(T_{140} - T_{MIN})}{T_{140}} \cdot 100 \%. \quad (12)$$

Также в таблице представлено усредненное значение относительного значения критерия повышения качества функционирования алгоритма адаптации времени закрытия переезда σ_{CP} , которое рассчитывается, как сумма всех найденных значений $\sigma_{ПЕР}$, разделенных на их количество.

Относительная оценка повышения качества функционирования регулируемого железнодорожного переезда при применении адаптивного регулирования времени закрытия

$V_{\Phi}, \text{км/ч}$	$V_{ДОП}, \text{км/ч}$	T_{MIN}	$\Delta_{ПЕР}$	$\sigma_{ПЕР}$
20	140	56,7	18,1	47
25	140	55,8	17,2	45
30	140	54,9	16,3	43
35	140	54,1	15,5	41
40	140	53,2	14,6	38
45	140	52,3	13,7	36
50	140	51,4	12,8	34
55	140	50,6	12	32
60	140	49,7	11,1	29
65	140	48,8	10,2	27
70	140	48	9,4	25
75	140	47,1	8,5	23
80	140	46,2	7,6	20
85	140	45,4	6,8	18
90	140	44,5	5,9	16
95	140	43,6	5	13
100	140	42,8	4,2	11
105	140	41,9	3,3	9
110	140	41	2,4	7
115	140	40,2	1,6	5
120	140	39,3	0,7	2
				$\sigma_{CP} = 22\%$

График функциональной зависимости расчетного времени хода поезда до момента достижения регулируемого железнодорожного переезда при движении с допустимой скоростью в 140 км/ч от скорости начала движения по участку начала оповещения о приближении к регулируемому железнодорожному переезду представлен на рис. 2.

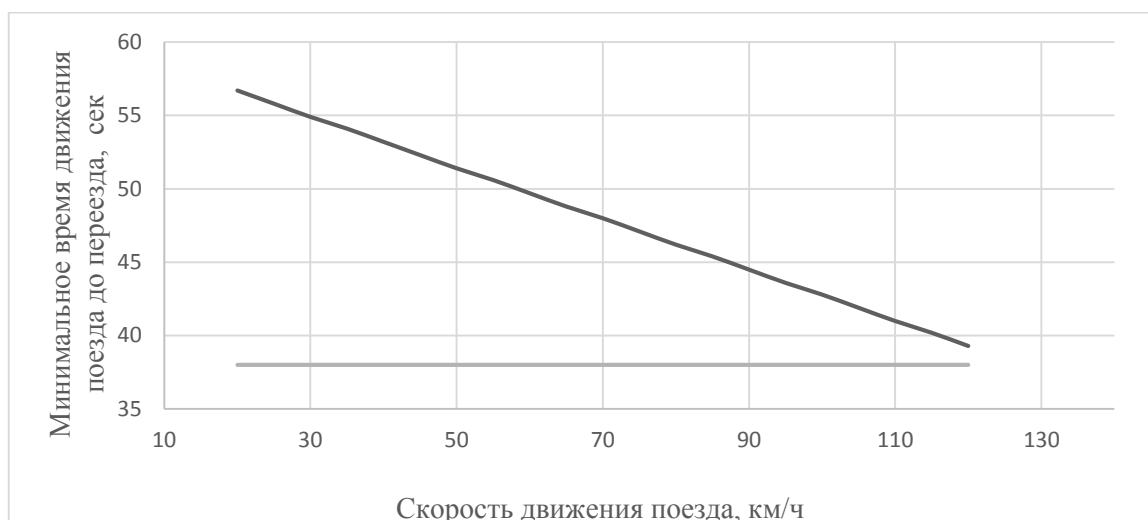


Рис. 2. Зависимость минимального времени хода поезда до переезда от его скорости

Из рис. 2 видно, что при скоростях от 20 до 120 км/ч минимальное время движения поезда до переезда (верхняя прямая) при применении адаптивного закрытия переезда превышает расчетное время для переезда, использующего традиционные методы контроля приближения поезда (нижняя прямая). То есть переезд при применении традиционных технологий будет закрыт значительно дольше, чем этого требует обеспечение безопасности движения автотранспорта и поезда. Результаты расчетов, приведенные в таблице, показывают, что расчетное время движения поезда при интеллектуальном адаптивном закрытии в среднем больше на 22 % при обеспечении безопасности движения автотранспорта через переезд.

Алгоритм адаптивного закрытия регулируемого железнодорожного переезда

При подходе к участку приближения локомотивное устройство передает на стационарное устройство по радиоканалу информацию о своей координате, скорости движения, и времени передачи сообщения.

Стационарное устройство, в свою очередь, используя принятые параметры, рассчитывает T_{MIN} – минимальное время, за которое поезд доедет до переезда с помощью формул (1)–(11), сравнивает его с рассчитанным временем извещения t_c для переезда, использующего традиционные методы контроля приближения поезда. Если $T_{MIN} > t_c$, то запускается счетчик времени и при $T_{MIN} + T_{сч} \leq t_c$ ($T_{сч}$ – время счетчика), запускается механизм закрытия переезда. Иллюстрация алгоритма представлена на рис. 3.

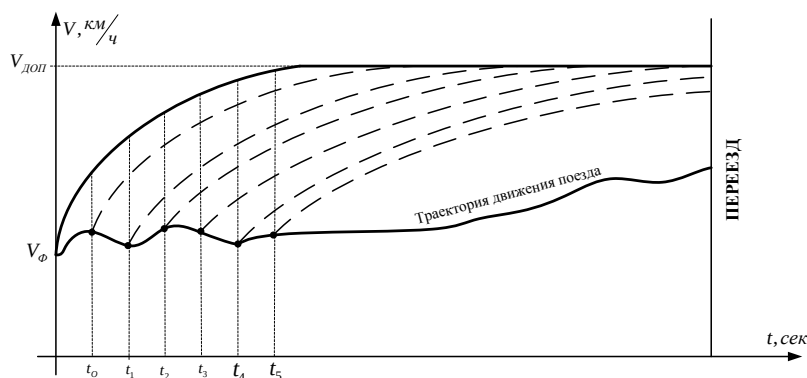


Рис. 3. Иллюстрация способа адаптивного закрытия переезда

После получения от локомотива следующего сообщения значение T_{MIN} пересчитывается для новых параметров, и в случае выполнения условия $T_{MIN} > t_c$ алгоритм, описанный выше, повторяется.

В настоящее время проводятся различные исследования и создаются разработки, которые направлены на совершенствование автоматической переездной сигнализации [18–20], однако данные

исследования направлены на совершенствование самих устройств АПС без их взаимодействия с бортовыми устройствами. В данной статье представлена методика повышения качества функционирования переезда за счет взаимодействия с бортовыми устройствами обеспечения безопасности по цифровому радиоканалу передачи данных.

Выводы

Представленные выше расчеты показывают, что время движения автотранспорта через регулируемый железнодорожный переезд может быть увеличено в среднем на 22 % при внедрении адаптации времени его закрытия с сохранением уровня безопасности движения автотранспорта.

Применение методики позволит повысить эффективность работы сценариев управления движением транспортными средствами, а также объектами железнодорожной инфраструктуры при ее совместном внедрении с ИТС.

Список литературы

- 1 **Розенберг, Е. Н.** Концепция развития интеллектуальных систем управления и обеспечения безопасности движения поездов / Е. Н. Розенберг, В. Г. Новиков // Интеллектуальные транспортные системы : материалы IV Международной научно-практической конференции, Москва, 22 мая 2025 года. – Москва : РУТ (МИИТ), 2025. – С. 376–383. – DOI 10.30932/9785002587582-2025-376-383.
- 2 **Ермакова, А. Е.** Принципы построения и функционирования современных интеллектуальных систем управления автомобильным транспортом без участия оператора / А. Е. Ермакова, И. С. Иконников, А. И. Сафронов // Интеллектуальные транспортные системы : материалы III Международной научно-практической конференции, Москва, 30 мая 2024 года. – Москва : РУТ (МИИТ), 2024. – С. 118–122. – DOI 10.30932/9785002446094-2024-118-122.
- 3 **Патент № 2791353 C1 Российская Федерация, МПК B61L 27/04, B61L 27/60.** Интеллектуальный комплекс управления перевозочным процессом городской рельсовой транспортной системы (ГРТС) : № 2022113881 : заявл. 24.05.2022 : опубл. 07.03.2023 / Е. П. Балакина, Л. А. Баранов, А. В. Ершов [и др.] ; заявитель Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Российский университет транспорта». – EDN FUBFXG.
- 4 **Баранов, Л. А.** Особенности автоматизированного планирования движения поездов в интеллектуальных системах управления внеуличного городского транспорта в условиях интенсивного движения / Л. А. Баранов, В. Г. Сидоренко, А. И. Сафронов // Интеллектуальные транспортные системы: материалы Международной научно-практической конференции, Москва, 26 мая 2022 года. – Москва : РУТ, 2022. – С. 59–70. – EDN GTPSTP.

References

- 1 **Rosenberg, E. N.** Concept of development of intelligent control systems and ensuring safety of train traffic / E. N. Rosenberg, V. G. Novikov // Intelligent transport systems : proceedings of the IV International scientific and practical conference, Moscow, May 22, 2025. – Moscow : RUT (MIIT), 2025. – P. 376–383. – DOI 10.30932/9785002587582-2025-376-383.
- 2 **Ermakova, A. E.** Principles of construction and operation of modern intelligent control systems for road transport without operator participation / A. E. Ermakova, I. S. Ikonnikov, A. I. Safronov // Intelligent transport systems : proceedings of the III International scientific and practical conference, Moscow, May 30, 2024. – Moscow : RUT (MIIT), 2024. – P. 118–122. – DOI 10.30932/9785002446094-2024-118-122.
- 3 **Patent No. 2791353 C1 Russian Federation, IPC B61L 27/04, B61L 27/60.** Intelligent complex for controlling the transportation process of the urban rail transport system (GRTS) : No. 2022113881 : declared 24.05.2022 : published 07.03.2023 / E. P. Balakina, L. A. Baranov, A. V. Ershov [et al.] ; applicant Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education "Russian University of Transport". – EDN FUBFXG.
- 4 **Baranov, L. A.** Features of automated train movement planning in intelligent control systems for off-street urban transport under heavy traffic conditions / L. A. Baranov, V. G. Sidorenko, A. I. Safronov // Intelligent Transport Systems : proceedings of the International scientific and practical conference, Moscow, May 26, 2022. – Moscow : RUT, 2022. – P. 59–70. – EDN GTPSTP.

5 Комплексная технология интервального регулирования движения поездов / С. А. Кобзев, Е. Н. Розенберг [и др.]. – Москва : Т8 Издательские технологии, 2023. – 216 с. – ISBN 978-5-521-23792-0.

6 **Евтеев, Д. В.** Система интервального регулирования движения поездов с подвижными блок-участками / Д. В. Евтеев, В. Г. Новиков // Интеллектуальные транспортные системы : материалы IV Международной научно-практической конференции, Москва, 22 мая 2025 года. – Москва : РУТ (МИИТ), 2025. – С. 526–531. – DOI 10.30932/9785002587582-2025-526-531.

7 **Розенберг, Е. Н.** Применение технологии виртуальной сцепки на восточном полигоне / Е. Н. Розенберг, М. А. Дежков, В. Г. Новиков // Автоматика, связь, информатика. – 2025. – № 8. – С. 7–11. – DOI 10.62994/AT.2025.8.8.002.

8 **Новиков, В. Г.** Повышение пропускной способности участков метрополитена за счет применения цифрового радиоканала и инфракрасного канала передачи данных / В. Г. Новиков, Л. Н. Логинова // Наука и техника транспорта. – 2023. – № 4. – С. 30–36. – ISSN 2074-9325.

9 **Новиков, В. Г.** Обеспечение безопасности движения поездов при координатном способе интервального регулирования / В. Г. Новиков // Проблемы управления безопасностью сложных систем: Материалы XXXII международной конференции, посвященной памяти Владимира Васильевича Кульбы, заслуженного деятеля науки РФ, д-ра техн. наук, профессора, Москва, 13 ноября 2024 года. – Москва : ИПУ им. В.А. Трапезникова РАН. – 2024. – С. 369–379. – ISBN 978-5-91450-277-2.

10 **Новиков, В. Г.** Обеспечение безопасности движения поездов при координатном способе интервального регулирования / В. Г. Новиков // Проблемы управления безопасностью сложных систем : Материалы XXXII международной конференции, посвященной памяти Владимира Васильевича Кульбы, Заслуженного деятеля науки РФ, д-ра техн. наук, профессора, Москва, 13 ноября 2024 года. – Москва : Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН, 2024. – С. 369–379. – EDN IMULAZ.

11 **Михалевич, И. Ф.** Средства индивидуальной мобильности в системе субъекто-объектных отношений безопасности / И. Ф. Михалевич, И. А. Жеребятин // Интеллектуальные транспортные системы : материалы IV Международной научно-практической конференции, Москва, 22 мая 2025 года. – Москва : РУТ

5 Integrated technology for interval control of train traffic / S. A. Kobzev, E. N. Rozenberg, V. A. Voronin [et al.]. – Moscow : T8 Publishing Technologies, 2023. – 216 p. – ISBN 978-5-521-23792-0.

6 **Evteev, D. V.** System for interval control of train traffic with movable block sections / D. V. Evteev, V. G. Novikov // Intelligent transport systems : proceedings of the IV International scientific and practical conference, Moscow, May 22, 2025. – Moscow : RUT (MIIT), 2025. – P. 526–531. – DOI 10.30932/9785002587582-2025-526-531.

7 **Rosenberg, E. N.** Application of virtual coupling technology on the eastern testing ground / E. N. Rosenberg, M. A. Dezhkov, V. G. Novikov // Automation, communication, informatics. – 2025. – No. 8. – P. 7–11. – DOI 10.62994/AT.2025.8.8.002.

8 **Novikov, V. G.** Increasing the throughput of metro sections through the use of a digital radio channel and an infrared data transmission channel / V. G. Novikov, L. N. Loginova // Science and technology of transport. – 2023. – No. 4. – P. 30–36. – ISSN 2074-9325.

9 **Novikov, V. G.** Ensuring the safety of train traffic with the coordinate method of interval control / V. G. Novikov // Problems of safety management of complex systems : proceedings of the XXXII International conference dedicated to the memory of Vladimir Vasilyevich Kulba, honored scientist of the Russian Federation, Doctor of Engineering Sciences, professor, Moscow, November 13, 2024. – Moscow : V.A. Trapeznikov Institute of Control Sciences of the Russian Academy of Sciences. – 2024. – P. 369–379. – ISBN 978-5-91450-277-2.

10 **Novikov, V. G.** Ensuring train traffic safety with the coordinate method of interval regulation / V. G. Novikov // Problems of complex systems safety management : proceedings of the XXXII International conference dedicated to the memory of Vladimir Vasilyevich Kulba, honored scientist of the Russian Federation, Doctor of Technical Sciences, professor, Moscow, November 13, 2024. – Moscow : V.A. Trapeznikov Institute of Control Sciences of the Russian Academy of Sciences, 2024. – P. 369–379. – EDN IMULAZ.

11 **Mikhalevich, I. F.** Individual mobility devices in the system of subject-object safety relations / I. F. Mikhalevich, I. A. Zherebyatin // Intelligent transport systems : proceedings of the IV International scientific and practical conference, Moscow, May 22, 2025. – Moscow : RUT (MIIT), 2025. – P. 660–666. – DOI 10.30932/9785002587582-2025-660-666.

(МИИТ). – 2025. – С. 660–666. – DOI 10.30932/9785002587582-2025-660-666.

12 **Лисюк, Я. В.** К вопросу об организации движения на железнодорожных переездах и разделении переездов на категории / Я. В. Лисюк, К. Е. Деменюк, Г. Г. Ахмедзянов // Молодой ученый. – 2022. – № 13(408). – С. 12–14. – ISSN 2072-0297.

13 **Галинуров, Р. З.** Повышение эффективности функционирования железнодорожного переезда : специальность 29.40.00: диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Галинуров Ришат Зинфирович. – Екатеринбург, 2022. – 210 с.

14 **Третьяков, Г. М.** Интеллектуальный алгоритм автоматизированного управления переездной сигнализацией / Г. М. Третьяков, А. Е. Тарасова, Е. М. Тарасов // Электротехника. – 2023. – № 10. – С. 29–34. – DOI 10.53891/00135860_2023_10_29.

15 Условия эксплуатации железнодорожных переездов. Утвержденные приказом Министерства транспорта РФ от 5 октября 2022 г. N 402 «Об утверждении Условий эксплуатации железнодорожных переездов» // Гарант. Информационно-правовое обеспечение. – URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/406179331/> (дата обращения: 15.10.2025).

16 **Гуляев, Д. М.** Повышение пропускной способности железнодорожного переезда посредством адаптации времени закрытия / Д. М. Гуляев // Интеллектуальные транспортные системы : материалы IV Международной научно-практической конференции, Москва, 22 мая 2025 года. – Москва : РУТ (МИИТ), 2025. – С. 512–516. – DOI 10.30932/9785002587582-2025-512-516.

17 **И-276-00.** Методические указания по проектированию устройств автоматики, телемеханики и связи на железнодорожном транспорте. Расчет параметров работы переездной сигнализации. Утверждены Министерством путей сообщения РФ письмом № ЦШТех-11/58 от 05.11.2000 // Documentation. – URL: <https://scbist.com/scb/mu/I-276-00.pdf> (дата обращения: 15.10.2025).

18 **Кириллов, А. Н.** Автоматическая переездная сигнализация / А. Н. Кириллов // Автоматика, связь, информатика. – 2025. – № 7. – С. 5–8. – DOI 10.62994/AT.2025.7.7.002.

19 **Кочетов, А. С.** Перспективные инновационные безопасные железнодорожные переезды с высокой пропускной способностью / А. С. Кочетов, Л. М. Липсиц // История и перспективы развития транспорта на севере России. – 2017. – № 1. – С. 100–104. – EDN YSTAVR.

12 **Lisyuk, Ya. V.** On the issue of organizing traffic at level crossings and dividing crossings into categories / Ya. V. Lisyuk, K. E. Demenyuk, G. G. Akhmedzyanov // Young scientist. – 2022. – No. 13 (408). – P. 12–14. – ISSN 2072-0297.

13 **Galinurov, R. Z.** Improving the efficiency of railway crossing operation : specialty 29.40.00 : dissertation for the degree of Candidate of Technical Sciences / Galinurov Rishat Zinifirovich. – Yekaterinburg, 2022. – 210 p.

14 **Tretyakov, G. M.** Intelligent algorithm for automated control of level crossing signaling / G. M. Tretyakov, A. E. Tarasova, E. M. Tarasov // Electrical Engineering. – 2023. – No. 10. – P. 29–34. – DOI 10.53891/00135860_2023_10_29.

15 Operating conditions of railway crossings. Approved by order of the Ministry of Transport of the Russian Federation dated October 5, 2022 N 402 "On Approval of the Operating Conditions of Railway Crossings" // Garant. Information and legal support. – URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/406179331/> (date of access: 15.10.2025).

16 **Gulyaev, D. M.** Increasing the capacity of a railway crossing by adapting the closing time / D. M. Gulyaev // Intelligent transport systems : proceedings of the IV International scientific and practical conference, Moscow, May 22, 2025. – Moscow : RUT (MIIT), 2025. – P. 512–516. – DOI 10.30932/9785002587582-2025-512-516.

17 **I-276-00.** Methodological guidelines for the design of automatic, telemechanics, and communication devices in railway transport. Calculation of operating parameters of level crossing signaling. Approved by the Ministry of Railways of the Russian Federation by letter No. TsShTekh-11/58 dated 05.11.2000 // Documentation. – URL: <https://scbist.com/scb/mu/I-276-00.pdf> (date of access 15.10.2025).

18 **Kirillov, A. N.** Automatic crossing signalling / A. N. Kirillov // Automation, Communications, Informatics. – 2025. – No. 7. – P. 5–8. – DOI 10.62994/AT.2025.7.7.002.

19 **Kochetov, A. S.** Promising innovative safe railway crossings with high capacity / A. S. Kochetov, L. M. Lipsits // History and prospects of transport development in Northern Russia. – 2017. – No. 1. – P. 100–104. – EDN YSTAVR.

20 **Хорощенко, А. А.** Умная логистика – умный переезд / А. А. Хорощенко // Актуальные проблемы транспорта в XXI веке : труды III Международной научно-практической конференции, Новокузнецк, 27–28 марта 2024 года. – Новокузнецк : Сибирский государственный индустриальный университет, 2024. – С. 148–151. – EDN YDBEKI.

20 **Khoroshchenko, A. A.** Smart logistics – a smart crossing / A. A. Khoroshchenko // Actual problems of transport in the 21st century : proceedings of the III International scientific and practical conference, Novokuznetsk, March 27–28, 2024. – Novokuznetsk : Siberian State Industrial University, 2024. – P. 148–151. – EDN YDBEKI.

V. G. Novikov, A. I. Safronov, M. A. Beschastny

INCREASING THE CAPACITY OF MOTOR TRANSPORT SECTIONS BY ADAPTING THE CLOSING TIME OF A REGULATED RAILWAY CROSSING

Abstract. The growing volume of traffic necessitates the improvement of train control systems and safety measures. The application of the principles and methods implemented by the train control and safety systems using the digital radio data transmission channel contributes to the improvement of the train traffic safety level, as well as the capacity of the transport routes. One of such methods, among many known today, is the adaptive closure of the railway crossing by changing the length of the section of the traffic participants' notification of the train approach to the crossing, which allows to ensure the safe movement of motor vehicles through the railway crossing with the minimum allowable time of notification of the train approach.

Keywords: train traffic safety systems, control systems, railway crossings, capacity, adaptive closure of crossings, digital radio data transmission channel, automatic crossing signaling.

For citation: Novikov, V. G. Increasing the capacity of motor transport sections by adapting the closing time of a regulated railway crossing / V. G. Novikov, A. I. Safronov, M. A. Beschastny // Vestnik Rostovskogo Gosudarstvennogo Universiteta Putej Soobshcheniya. – 2025. – No. 4. – P. 151–160. – DOI 10.46973/0201-727X_2025_4_151.

Сведения об авторах

Новиков Вячеслав Геннадьевич

Российский университет транспорта (МИИТ),
кафедра «Управление и защита информации»
и «Автоматика, телемеханика и связь
на железнодорожном транспорте»,
кандидат технических наук, доцент,
e-mail: 9268888805@mail.ru

Сафронов Антон Игоревич

Российский университет транспорта (МИИТ),
кафедра «Управление и защита информации»,
кандидат технических наук, доцент,
e-mail: safronov-ai@mail.ru

Бесчастный Михаил Александрович

Российский университет транспорта (МИИТ),
кафедра «Управление и защита информации»,
кандидат технических наук, доцент,
e-mail: schastlivyy.mikhail@gmail.com

Information about the authors

Novikov Vyacheslav Gennadievich

Russian University of Transport (MIIT),
Chair “Information Management and Security”
and “Automation, Telemechanics, and
Communications in Railway Transport”,
Candidate of Engineering Sciences,
Associate Professor,
e-mail: 9268888805@mail.ru

Safronov Anton Igorevich

Russian University of Transport (MIIT),
Chair “Information Management and Security”,
Candidate of Engineering Sciences,
Associate Professor,
e-mail: safronov-ai@mail.ru

Beschastny Mikhail Alexandrovich

Russian University of Transport (MIIT),
Chair “Information Management and Security”,
Candidate of Engineering Sciences,
Associate Professor,
e-mail: schastlivyy.mikhail@gmail.com