ISSN 2658-5014 (Print) СИИТ ISSN 2686-7044 (Online)
http://siit.ugatu.su 2025. Т. 7, № 5(24)
СИСТЕМНАЯ ИНЖЕНЕРИЯ И ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ
Научная статья

УДК 004.8 DOI: 10.54708/2658-5014-SIIT-2025-no5-p64 EDN: WVLQFR

Разработка безопасной автоматизированной системы контроля железнодорожного транспорта для горного региона

А. Б. Садыгов • К. Р. Мустафаев • А. М. Ахмедова

Для обоснования актуальности темы проведен анализ текущего состояния существующих железнодорожных линий, применяемых в горной местности, а также определены исследовательские задачи и цель работы по строительству железнодорожного маршрута в горном регионе Карабаха. Цель статьи – обосновать строительство железнодорожной линии в горной местности в Карабахском регионе, определить безопасный маршрут и скорость движения поезда, разработать архитектуру его современной автоматизированной системы контроля. С целью исследования динамических параметров, которые могут быть реализованы при движении железнодорожного транспорта в горной местности, посредством теоретических и компьютерных экспериментов был разработан алгоритм определения безопасной скорости и ускорения, а также проведено компьютерное моделирование каждого параметра. На основе этих параметров предложена архитектура автоматизированной системы управления, обеспечивающей процесс управления безопасным движением поездов в горной местности. Для создания автоматизированной системы контроля безопасным маршрутом железнодорожной линии в горном регионе Карабаха определены типы информационно-измерительных, регулирующих, управляющих и контрольных средств и их функции на трех уровнях

Горная местность; железнодорожная линия; Карабахский регион; безопасная скорость движения поездов; ускорение; автоматизированное управление поездами; передатчик.

Введение

Актуальность темы. Одним из наиболее распространённых способов перевозки грузов и пассажиров в настоящее время считается железнодорожный транспорт. Значение этого вида транспорта возрастает, особенно в горных районах. Это связано с тем, что из-за сложного рельефа местности в населённых пунктах, расположенных в горных ландшафтах, ограничиваются логистические перевозки [Abd15, Rea21], усложняется строительство дорог и повышается необходимость применения мер безопасности [Gru16, Ker21].

Анализ логистической и транспортной инфраструктуры стран с преобладанием горных территорий [Sac06, Ift23, Bea18, Wig91, Cai02] показывает, что железнодорожная транспортная инфраструктура в горных районах со сложным рельефом устарела, вопросы безопасности используются недостаточно, а средства автоматизации и глобальные сетевые технологии устарели и не в полной мере отвечают современным требованиям. В этой связи можно отметить, что проектирование логистической и транспортной инфраструктуры стран с горными территориями, отвечающей современным требованиям, а также строительство железнодорожного транспорта с учетом принципов высокой безопасности в условиях горного рельефа, считается одной из актуальных научных проблем современности. Таким образом, железнодорожный транспорт для горных районов играет важнейшую роль в грузовых и пассажирских перевозках с точки зрения экономики, экологии и безопасности. Внедрение автоматизации повышает эффективность перевозок, уменьшает количество ошибок, вызванных человеческим фактором, снижает эксплуатационные расходы и повышает безопасность.

Садыгов А. Б., Мутафаев К. Р., Ахмедова А. М. Разработка безопасной автоматизированной системы контроля железнодорожного транспорта для горного региона // СИИТ. 2025. Т. 7, № 5(24). С. 64-72. DOI: 10.54708/2658-5014-SIIT-2025-no5-p64. EDN: WVLQFR.

Sadygov A. B., Mutafaev K. R., Akhmedova A. M. “Development of a safe automated control system for railway transport for a mountainous region” // SIIT. 2025. Vol. 7, no. 5(24), pp. 64-72. DOI: 10.54708/2658-5014-SIIT-2025-no5-p64. EDN: WVLQFR (In Russian).

Цель работы – обосновать строительство железнодорожной линии в горной местности Карабахского региона, определить безопасный маршрут и скорость движения поезда, разработать архитектуру его современной автоматизированной системы управления.

Основные вопросы исследования:

1. Анализ основных направлений автоматизации железнодорожного транспорта, основных проблем и технологических подходов, а также путей их решения.
2. Определение маршрута железнодорожной линии, созданной в условиях горного рельефа, и исследование динамических параметров поезда при его движении путем теоретических и компьютерных экспериментов.
3. Разработка архитектуры автоматизированной системы управления железнодорожным транспортом в горной местности.
4. Выбор, применение и исследование информационно-измерительных и управляющих средств для автоматизированной системы контроля железнодорожным транспортом в горных условиях.

Основные направления, основные проблемы и технологические подходы к решению задач автоматизации железнодорожного транспорта

Одним из направлений, обеспечивающих стремительное экономическое развитие стран, является создание эффективной логистической инфраструктуры. Этот вопрос стал ещё более актуальным в странах со сложным горным рельефом. В качестве примера можно привести горный рельеф Гедабекского и Кельбаджарского (рис. 1) районов Азербайджанской Республики, которые считаются горными регионами [Wul11]. При анализе существующей железнодорожной инфраструктуры в горных районах этих территорий, видим, что из-за оккупации наших территорий за последние 40 лет железнодорожные логистические коммуникации не построены. В горных районах со сложным рельефом в настоящее время используются автомобильные транспортные линии [Hel10, Hu13, Rau09].



Рис. 1 Дорожная инфраструктура в сложной горной местности Кельбаджара

Однако после полного освобождения территорий Карабаха в 2020 и 2023 годах были подняты вопросы строительства новых железнодорожных линий в горных районах и оснащения

их современными технологиями автоматизации и искусственного интеллекта, в этом направлении ведутся инновационные научные и инженерные работы.

В этом смысле следует поставить и решить вопрос о выборе маршрута железнодорожной линии, проходящей через горную часть Кельбаджарского района, и проектировании её автоматизированной системы управления. Для проектирования железнодорожной линии, проходящей через горную территорию Кельбаджарского района, проведём анализ проектируемых в этой зоне железнодорожных линий. Исходя из опыта, можно отметить, что проект грузинской железнодорожной линии Баржоми – Бакуриани проходит по предгорьям горных хребтов (рис. 2), и проложен по безопасному с точки зрения безопасности маршруту [Mam25, Wan19].



Рис. 2 Изображения железнодорожной линии Баржоми–Бакуриани

Железнодорожная линия Боржоми–Бакуриани, введенная в эксплуатацию в 1901 году, представляет собой узкоколейную линию протяженностью 38 км и шириной колеи 900 мм. Эта железнодорожная линия соединяет курорт Боржоми с горным курортом Бакуриани, а также предлагает прекрасные виды на горные районы во время поездки.

Меры безопасности при движении общественного пассажирского транспорта по существующему железнодорожному маршруту Барджоми-Бакуриани через горную местность обеспечиваются за счет опыта и профессионализма водителей, диспетчеров и других специалистов. Однако для обеспечения современной технологии железнодорожного транспорта в горной местности недостаточно водительских, управленческих и инженерных знаний. В связи с этим должна быть обеспечена комплексная автоматизация железнодорожной линии и системы управления транспортным средством в горной местности. На трассе железнодорожной линии в горной местности должны быть установлены станции измерения, контроля, мониторинга и диспетчеризации [Mam18, Mam25b, Hsu16]. Железнодорожная линия должна быть проложена

на основе рельсов узкой колеи [Shl06]. Конструкция железнодорожного транспортного средства должна полностью отвечать современным требованиям, а требуемые скорости движения при линейных и угловых перемещениях не должны превышать.

Теоретическое и компьютерно-экспериментальное исследование динамических параметров

Динамические параметры, которые могут быть реализованы при движении железнодорожного транспорта в горной местности, играют важную роль в определении линейных, угловых перемещений и скоростей железнодорожного транспортного средства на местности и уклонах.

В горной местности уклон дороги **(θ)** напрямую влияет на скорость движения поезда. Поэтому скорость поезда определяется следующим образом [Gen00]:

$$a = g(\sin\theta - f_r \cos\theta), \tag{1}$$

где g= 9,81 м/с²; f_r – коэффициент трения.

Масса поезда, движущегося по железнодорожной линии в горной местности, и мощность двигателя, необходимая для обеспечения оптимальной скорости движения, зависят от величины возникающей силы. С увеличением массы поезда его способность к замедлению и ускорению снижается. Сила, возникающая при движении поезда по железнодорожной линии в горной местности, определяется следующим образом [Nat17]:

$$F_{\text{traction}} = ma\,. \tag{2}$$

Поскольку железная дорога, которая проектируется в горной местности Кельбаджарского района, включает мосты, тоннели и криволинейные траектории на склоне, скорость регулируется в зависимости от радиуса кривой. В этом случае максимальная скорость поезда определяется следующим образом [Lee24]:

$$v_{\max} = \sqrt{R\,g\,\mu}\,, \tag{3}$$

где R — радиус криволинейной траектории; μ — коэффициент трения между дорогой и шиной.

Как известно, в связи с резко континентальным климатом Кельбаджарского района при проектировании путей сообщения железнодорожного транспортного средства необходимо учитывать факторы окружающей среды. Дождь , снег и гололед во время движения поезда ограничивают его скорость. Необходимо учитывать факторы безопасности при изменчивых погодных условиях. В этом случае при движении в горной местности необходимо рассчитывать оптимальную скорость движения поезда. Оптимальная скорость (v_{opt}) определяется с точки зрения как энергопотребления, так и безопасности и скоростных требований маршрута.

Для минимального расхода энергии скорость поезда с поправкой на уклоны и кривые определяется следующим образом [Viv23]:

$$P_{\text{elec}} = F_{\text{total}} v, \tag{4}$$

где $F_{\text{total}} = F_{\text{rolling}} + F_{\text{gravity}} + F_{\text{aerodynamic}}$

При движении по горной местности необходимо обеспечить максимально допустимые скорости движения поезда, обеспечивающие безопасность движения с учётом радиуса кривизны, уклона, трения и ограничений тоннеля. В связи с этим для определения максимально безопасной скорости записывается следующее выражение:

$$v_{\max} = \min\left(v_{\text{curve}}, v_{\text{slope}}, v_{\text{infratructure}}\right). \tag{5}$$

Минимальный расход энергии при движении поезда по железнодорожной линии, спроектированной для горной местности, должен быть обеспечен в зависимости от максимально

допустимой скорости движения. Поэтому для выбора оптимальной скорости движения поезда в горной местности используется следующее выражение [Sun16]:

$$v_{\text{opt}}(x) = \arg \min_{v \le v_{\max}(x)} E(v), \tag{6}$$

где $E(v)$ – расход энергии на один километр.

Опыт показывает, что при движении поезда, в зависимости от особенностей горного рельефа, для выбора максимально безопасной скорости движения необходимо определять экспериментальные значения. В связи с этим определим экспериментальные исходные параметры, обеспечивающие безопасное строительство железнодорожного пути для горного рельефа (табл. 1).

Таблица 1

Экспериментальные значения для выбора максимально безопасной скорости движения поезда при движении по горной местности

№ п/п	Масса поезда (т)	Радиус, образованный в горной местности R (м)	Угол наклона в горной местности θ (град)	Коэффициент трения поезда μ
1	225	250	9	0,003
2	150	270	4	0,001
3	200	300	5	0,002
4	175	330	7	0,004
5	250	360	8	0,005

На основании экспериментальных значений, приведенных в табл. 1, максимальная скорость движения поезда по криволинейной линии горной местности определяется по следующей формуле:

$$v_i = \sqrt{R_i g \mu_i}\ . \tag{7}$$

При использовании в формуле (7) экспериментальных значений табл. 1 скорости, формирующиеся под влиянием уклона, определяются следующим образом:

$$v_1 = \sqrt{R_1 g \mu_1} \approx 2{,}71 \text{ м/с}; \quad v_2 = \sqrt{R_2 g \mu_2} \approx 1{,}63 \text{ м/с};$$
$$v_3 = \sqrt{R_3 g \mu_3} \approx 2{,}43 \text{ м/с}; \quad v_4 = \sqrt{R_4 g \mu_4} \approx 3{,}60 \text{ м/с};$$
$$v_5 = \sqrt{R_5 g \mu_5} \approx 4{,}20 \text{ м/с}.$$

С учетом углов уклона и коэффициентов сцепления поезда, приведенных в табл. 1, ускорение θ определяется следующим образом в зависимости от максимальной скорости поезда:

$$a_i = g(\sin\theta_i - \mu_i), \quad a_i\ (i = \overline{1,5}). \tag{8}$$

При использовании в формуле (8) экспериментальных значений табл. 1 импульс, образующийся под действием наклона, определяется следующим образом:

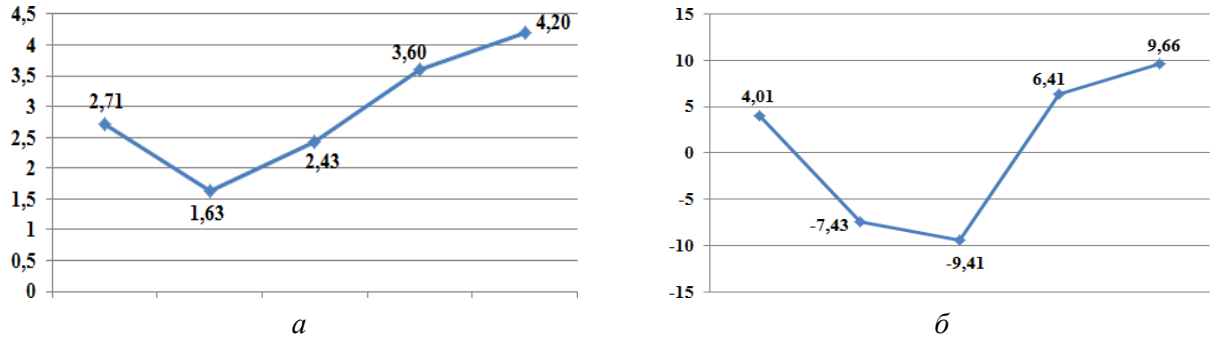
$$a_1 = g(\sin\theta_1 - \mu_1) \approx 4{,}01 \text{ м/с}^2; \quad a_2 = g(\sin\theta_2 - \mu_2) \approx -7{,}43 \text{ м/с}^2;$$
$$a_3 = g(\sin\theta_3 - \mu_3) \approx -9{,}41 \text{ м/с}^2; \quad a_4 = g(\sin\theta_4 - \mu_4) \approx 6{,}41 \text{ м/с}^2;$$
$$a_5 = g(\sin\theta_5 - \mu_5) \approx 9{,}66 \text{ м/с}^2.$$

Таким образом, в результате экспериментов составляется таблица показателей скоростей v_i, и ускорений a_i, образующихся под влиянием уклона (табл. 2).

Таблица 2

№ п/п	Экспериментальная скорость поезда v_i	Ускорение a_i поезда, образовавшаяся под воздействием уклона
1	2.71	4.01
2	1.63	–7.43
3	2.43	–9.41
4	3.60	6.41
5	4.20	9.66

Скорость v_i для поезда, движущегося по горной местности, определяется радиусом кривой, уклоном, трением и ограничениями туннеля с точки зрения безопасности. По полученным экспериментальным результатам построены графики скоростей v_i и ускорений a_i , формирующихся под влиянием уклона (рис. 3).



а *б*

Рис. 3 График максимально допустимой скорости v_i, обусловленной радиусом кривой, уклоном, трением и ограничениями туннеля для поезда по соображениям безопасности (*а*) и график ускорения a_i , образующегося под действием уклона, с точки зрения безопасности движения поезда (*б*)

В результате эксперимента установлено, что при движении поезда по горной местности максимально допустимое увеличение скорости за счет радиуса кривой, уклона, трения и ограничений тоннеля необходимо контролировать в соответствии с максимальной скоростью.

Разработка архитектуры автоматизированной системы контроля безопасного движения поездов в горной местности

При движении поездов в горной местности необходимо создать автоматизированную систему управления для оперативного контроля безопасного прохождения поворотов и скорости движения с целью контроля максимальной скорости в зависимости от радиуса кривой, уклона, трения и ограничений тоннеля. В связи с этим, предлагается архитектура автоматизированной системы контроля, обеспечивающей безопасное прохождение пути поездом в горной местности (рис. 4) .

В зонах безопасного движения поезда в горной местности установлена автоматизированная система контроля скоростью (АСКС) . На 1-м уровне архитектуры АСКС применяются датчики скорости поезда, датчики уклона и поворота, а также система автоматического торможения. На 2-м уровне архитектуры используется централизованный программируемый контроллер управления (ЦПУ). Реализовано сопряжение оперативного управления АСКС с автоматизированными рабочими местами (АРМ) с глобальной вычислительной сетью и программируемой системой визуального контроля оператора на базе SCADA.

На 1-м уровне архитектуры АСКС применяются датчики вращения колес поезда (тахометр), который измеряет частоту вращения колёс во время движения, и на основе этого пока-

зателя определяется скорость поезда, которая постоянно контролируется оператором. Используемые энкодеры являются частью системы управления поездом. Он измеряет угол и частоту вращения с высокой точностью, позволяя рассчитать скорость и расстояние. Скорость определяется частотой импульсов, генерируемых контактными датчиками, установленными на рельсах. Скорость поезда измеряется магнитами, установленными на рельсах.



Рис. 4 Архитектура системы автоматизированного контроля безопасного движения и автоматического регулирования скорости поездов в горной местности

В горной местности используются инерциальные и спутниковые датчики. Используемые GPS/GNSS-модули определяют точную скорость и координаты поезда при движении по открытой местности. Современный инерциальный измерительный блок. Система измеряет ускорение, направление и угловую скорость поезда, используя комбинацию акселерометров и гироскопов. Во время движения поезда радарные датчики измеряют его скорость, анализируя отражение радиоволн в направлении движения.

На 2-м уровне АСКС используются следующие блоки: OCC/CTC/TMS (планирование маршрута, последовательность движения поездов, управление задержками); RBC/CBTC зональный контроллер (управление движением) и оперативное управление; DMI (интерфейс «машинист-машина»), BTM (модуль передачи данных Balise), GNSS/IMU, колесный энкодер; SCADA/RTU; автоматическая защита поезда (АЗП); управление скоростью, максимально допустимая скорость (Vмакс); автоматическое управление поездом (АУП); автоматическое регулирование скорости в соответствии с профилем.

На 3-м уровне архитектуры АСКС в рамках глобальной сети региона, организованной через Интернет, предусмотрены функции измерения безопасной скорости движения поездов на прямых и наклонных участках, автоматического регулирования скорости по профилю, управления движением в зонах.

Заключение

- Проанализированы основные направления и проблемы автоматизации железнодорожного транспорта, сформулированы задачи исследования.
- Разработан и исследован с помощью компьютерных экспериментов алгоритм определения маршрута железнодорожной линии, создаваемой в горной местности, а также определения безопасных параметров скорости и ускорения при движении поезда.
- Определены типы информационно-измерительных и контрольных устройств автоматизированной системы контроля железнодорожным транспортом в горной местности.
- Предложена общая архитектура автоматизированной системы контроля железнодорожным транспортом в горной местности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ | REFERENCES

[Abd15] Abdel-Rahim, A.; Dixon, M.; Grover, A.; Wulfhorst, J.D.; Reyna, M.A.; Jennings, B. Benefits of IdaShield Signs at Highway–Rail Crossings in Idaho. Transp. Res. Rec. J. Transp. Res. Board 2015, - p. 101–108. DOI:10.3141/2476-14.

[Rea21] Read, G.J.M.; Cox, J.A.; Hulme, A.; Naweed, A.; Salmon, P.M. What Factors Influence Risk at Rail Level Crossings? A Systematic Review and Synthesis of Findings Using Systems Thinking. 2021, p. 105-127. DOI: 10.1016/j.ssci.2021.105207. EDN: PFNZKS.

[Gru16] De Gruyter, C.; Currie, G. Rail-Road Crossing Impacts: An International Synthesis. Transp. Rev. 2016, - *p.* 793–815. DOI: 10.1016/j.jsr.2021.04.008 EDN: GADNBK.

[Ker21] Keramati, A.; Lu, P.; Ren, Y.; Tolliver, D.; Ai, C. Investigating the Effectiveness of Safety Countermeasures at Highway-Rail at-Grade Crossings Using a Competing Risk Model. *J. Saf. Res.* 2021, p. 251–261. DOI:10.1016/j.jsr.2021.04.008.

[Sac06] Saccomanno, F.F.; Park, P.Y.-J.; Fu, L. Estimating Countermeasure Effects for Reducing Collisions at Highway–Railway Grade Crossings. Accid. Anal. Prev. 2006, p. 406–416. DOI:10.1016/j.aap.2006.08.016.

[Ift23] Iftekharuzzaman, I.; Ghosh, S.; Basher, M.; Islam, M.; Das, N.; Nur-E-Alam, M. Design and Concept of Renewable Energy Driven Auto-Detectable Railway Level Crossing Systems in Bangladesh. Future Transp. 2023, p. 75–91. DOI:10.3390/futuretransp3010005.

[Bea18] Beanland, V.; Grant, E.; Read, G.J.M.; Stevens, N.; Thomas, M.; Lenné, M.G.; Stanton, N.A.; Salmon, P.M. Challenging Conventional Rural Rail Level Crossing Design: Evaluating Three New Systems Thinking-Based Designs in a Driving Simulator. Saf. Sci. 2018, - p. 100–114. DOI:10.1016/j.ssci.2018.03.002.

[Wig91] Wigglesworth, E.C.; Uber, C.B. An Evaluation of the Railway Level Crossing Boom Barrier Program in Victoria, Australia. J. Saf. Res. 1991, p. 133–140.

[Cai02] Cairney, P.; Gunatillake, T.; Wigglesworth, E. Reducing Collisions at Passive Railway Level Crossings in Australia; Report No. APR 208; Austroads: Sydney, Australia, 2002; p. 17-34.

[Wul11] Wullems, C. Towards the Adoption of Low-Cost Rail Level Crossing Warning Devices in Regional Areas of Australia: A Review of Current Technologies and Reliability Issues. Saf. Sci. 2011, p. 1059–1073. DOI:10.1016/j.ssci.2011.04.006.

[Hel10] Hellman, A.D.; Ngamdung, T. Low-Cost Warning Device Industry Assessment; Report No. DOT-VNTSC-FRA-09-12; U.S. Department of Transportation: Washington, DC, USA, 2010.

[Hu13] Hu, S.-R.; Lin, J.-P. Effects of Three Advanced Devices on Preventing Crashes and Gate-Breaking Incidents at Highway–Rail Grade Crossings. Transp. Res. Rec. J. Transp. Res. Board 2013, p. 109–117. DOI:10.3141/2384-13.

[Rau09] Raub, R.A. Examination of Highway–Rail Grade Crossing Collisions Nationally from 1998 to 2007. Transp. Res. Rec. J. Transp. Res. Board 2009, p. 63–71. DOI:10.3141/2122-08.

[Mam25] Mammadov J.F., Ahmadova T. The selection of information – measuring means for the robototechnical complex and the research of their worker characteristics. Radio Electronics, Computer Science, Control. № 2, 2025. – p. 20-31.

[Wan19] Wang, X.; Li, J.; Zhang, C.; Qiu, T.Z. Active Warning System for Highway-Rail Grade Crossings Using Connected Vehicle Technologies. J. Adv. Transp. 2019, p. 321-334. DOI:10.1155/2019/3219387.

[Mam18] Mammadov J.F. Development of program tool for expert assessment of innovation projects in the scientific technopark / Huseynov E.B., Talibov N.H., Akhmedova T.A., Genjeliyeva G.Q. // IFAC Papers Online Conference paper archive, Science Direct, 2018. - p. 135-142. DOI:10.1016/j.ifacol.2018.11.248.

[Mam25b] Mammadov J.F., Nikola Nikolov, Mammadova Sh.T. Research and application of information-energy indicators of analog type electromagnetic transmitters in the different industry fields. EUREKA: Physics and Engineering, №3, 2025.-p. 62-75. DOI: 10.21303/2461-4262.2025.003745.

[Hsu16] Hsu, C.-J.; Jones, E.G. Sensitivity Analyses of Stopping Distance for Connected Vehicles at Active Highway-Rail Grade Crossings. Accid. Anal. Prev. 2016, p. 210–217. DOI:10.1016/j.aap.2016.12.007.

[Shl06] Shladover, S.E.; Tan, S.-K. Analysis of Vehicle Positioning Accuracy Requirements for Communication-Based Cooperative Collision Warning. J. Intell. Transp. Syst. 2006, p. 131–140. DOI:10.1080/15472450600793610.

[Gen00] Gent, S.J.; Logan, S.; Evans, D. Automated-Horn Warning System for Highway-Railroad Grade Crossings: Evaluation at Three Crossings in Ames, Iowa. Transp. Res. Rec. J. Transp. Res. Board 2000, p. 77–82. DOI:10.3141/1708-09.

[Nat17] National Cooperative Highway Research Program (NCHRP). Traffic Signal Preemption at Intersections Near Highway-Rail Grade Crossings; Transportation Research Board: Washington, DC, USA, 2017. – p. 56-78.

[Lee24] Lee, S.; Chen, T.; Sze, N.N.; Mao, T.; Ou, Y.; Mihaita, A.-S.; Chen, F. Analysing Driver Behaviour and Crash Frequency at Railway Level Crossings Using Connected Vehicle and GIS Data. Travel Behav. Soc. 2024, - p. 100-124. DOI: 10.1016/j.tbs.2024.100957.

[Viv23] Vivek, A.K.; Gupta, S.; Khan, T.; Mohapatra, S.S. Strategies to Mitigate Safety and Associated Problems at Gated Rail Road Grade Crossing: A Structural Equation Modelling Approach. Transp. Policy 2023, p. 19–30. DOI: 10.1016/j.tranpol.2023.11.002

[Sun16] Sun, Q.; Odolinski, R.; Xia, J.; Foster, J.; Falkmer, T.; Lee, H. Validating the Efficacy of GPS Tracking Vehicle Movement for Driving Behaviour Assessment. Travel Behav. Soc. 2016, *p.* 32–43. DOI:10.1016/j.tbs.2016.05.001.

ОБ АВТОРАХ | ABOUT THE AUTHORS

САДЫГОВ Аминага Бахман оглы
Сумгаитский государственный университет, Азербайджан.
ivanov@gmail.com ORCID: 0009-0009-2408-4003.
Студент спец. «Применение и эксплуатация автоматизированных систем специального назначения».

МУСТАФАЕВ Кямран Рамиз оглы
Сумгаитский государственный университет, Азербайджан.
petrov.v@bash.ru ORCID: 0000-0002-5402-9525.
Зав. каф. систем управления, профессор. Инженер (Башкирск. гос. ун-т, 1979). Д-р техн. наук (Уфимск. гос. авиац. техн. ун-т, 2015). Иссл. в обл. интеллектуальных систем.

АХМЕДОВА Арзу Муса кызы
Сумгаитский государственный университет, Азербайджан.
sidorv@gmail.com.
Нач. отдела. Канд. техн. наук (Уфимск. ун-т науки и технологий, 2020), Иссл. в обл. математического и программного обеспечения вычислительных систем, комплексов и компьютерных сетей.

SADIGOV Aminaga Bakhman ogly
Sumgait State University, Azerbaijan.
ivanov@gmail.com ORCID: 0009-0009-2408-4003.
Student of the specialty "Application and operation of automated systems for special purposes".

MUSTAFAYEV Kamran Ramiz oglu
Sumgait State University, Azerbaijan.
petrov.v@bash.ru ORCID: 0000-0002-5402-9525.
Head of the Dept of Control Systems, Prof. Eng. (Bashkir State Univ., 1979). Doctor of Engineering Sciences (Ufa State Aviation Tech. Univ., 2015). Research in the field of intelligent systems.

AKHMEDOVA Arzu Musa kyzy
Sumgait State University, Azerbaijan.
sidorv@gmail.com..
Head of department. Cand. Sc.(Ufa Univ. of Science & Technology, 2020). Research in the field of mathematical and software support for computing systems, complexes, and computer networks.

МЕТАДАННЫЕ | METADATA

Заглавие: Разработка безопасной автоматизированной системы контроля железнодорожного транспорта для горного региона.

Авторы: Садыгов А. Б., Мустафаев К. Р., Ахмедова А. М.

Аннотация: Для обоснования актуальности темы проведен анализ текущего состояния существующих железнодорожных линий, применяемых в горной местности, а также определены исследовательские задачи и цель работы по строительству железнодорожного маршрута в горном регионе Карабаха. Цель статьи – обосновать строительство железнодорожной линии в горной местности в Карабахском регионе, определить безопасный маршрут и скорость движения поезда, разработать архитектуру его современной автоматизированной системы контроля. С целью исследования динамических параметров, которые могут быть реализованы при движении железнодорожного транспорта в горной местности, посредством теоретических и компьютерных экспериментов был разработан алгоритм определения безопасной скорости и ускорения, а также проведено компьютерное моделирование каждого параметра. На основе этих параметров предложена архитектура автоматизированной системы управления, обеспечивающей процесс управления безопасным движением поездов в горной местности. Для создания автоматизированной системы контроля безопасным маршрутом железнодорожной линии в горном регионе Карабаха определены типы информационно-измерительных, регулирующих, управляющих и контрольных средств и их функции на трех уровнях.

Ключевые слова: Горная местность; железнодорожная линия; Карабахский регион; безопасная скорость движения поездов; ускорение; автоматизированное управление поездами; передатчик.

Язык: Русский.

Статья поступила в редакцию 31 августа 2025 г.

Title: Development of a safe automated control system for railway transport for a mountainous region.

Authors: Sadygov A. B., Mustafaev K. R., Akhmedova A. M.

Abstract: To substantiate the relevance of the topic, the current state of the existing railway lines used in mountainous areas was analyzed, and research tasks and the purpose of the work on the construction of a railway route in the mountainous region of Karabakh were determined. The purpose of the article is to substantiate the construction of a railway line in the mountainous area of the Karabakh region, determine safe route and train speed, and develop the architecture of its modern automated control system. To study the dynamic parameters that can be implemented when moving rail transport in mountainous areas, an algorithm for determining safe speed and acceleration was developed through theoretical and computer experiments, and computer modeling of each parameter was carried out. Based on these parameters, the architecture of an automated control system is proposed that ensures the process of managing the safe movement of trains in mountainous areas. To create an automated system for monitoring the safe route of a railway line in the mountainous region of Karabakh, the types of information-measuring, regulating, controlling and monitoring equipment and their functions at three levels have been determined.

Key words: Mountainous terrain; railway line; Karabakh region; safe speed of trains; acceleration; automated train control; transmitter.

Language: Russian.

The article was received by the editors on 31 August 2025.