

Технико-экономическое обоснование нормирования скорости движения на автомобильных дорогах горнодобывающих предприятий

А.С. Афанасьев¹✉, А.М. Егошин², С.В. Алексеев³

¹ Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II, г. Санкт-Петербург, Российская Федерация

² Санкт-Петербургский университет государственной противопожарной службы МЧС России, г. Санкт-Петербург, Российская Федерация

³ Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, г. Санкт-Петербург, Российская Федерация
✉ a.s.afanasev@mail.ru

Резюме: Предлагается методика технико-экономического обоснования нормирования скорости движения на автомобильных дорогах горнодобывающих предприятий. Эта методика дает возможность оценки экономии и затрат при введении ограничений скорости движения транспортного средства. Обоснование проводится благодаря расчету составляющих затрат и экономии денежных средств, которые впоследствии сравниваются друг с другом. Положительное решение о введении нормирования скорости принимается при положительной разнице между экономией и затратами. Использование методики позволяет не только улучшить уровень безопасности на дорогах и снизить риски аварийных ситуаций, но и рассчитать экономию денежных средств. Были проведены исследования нормирования скоростей движения на Зашуланском угольном месторождении. При этом протяженность дорог предприятия составляла 24,3 км. Для обоснования нормирования скоростей были проведены их замеры. Проведенный эксперимент показал, что нормирование скорости позволило: 1 – повысить безопасность дорожного движения практически на 15% и 2 – получить значительную абсолютную нормированную экономию денежных средств при введении данных мероприятий на дорогах горнодобывающего предприятия в размере 5,2 млн руб.

Ключевые слова: технико-экономическое обоснование, нормирование скорости, повышение безопасности дорожного движения, дороги горнодобывающих предприятий

Для цитирования: Афанасьев А.С., Егошин А.М., Алексеев С.В. Технико-экономическое обоснование нормирования скорости движения на автомобильных дорогах горнодобывающих предприятий. *Горная промышленность*. 2025;(1):82–87. <https://doi.org/10.30686/1609-9192-2025-1-82-87>

Feasibility study of speed regulation on motor roads of mining operations

A.S. Afanasyev¹✉, A.M. Egoshin², S.V. Alekseev³

¹ Empress Catherine II Saint Petersburg Mining University, Saint Petersburg, Russian Federation

² Saint Petersburg University of State Fire Service of EMERCOM of Russia, Saint Petersburg, Russian Federation

³ Peter the Great Saint Petersburg Polytechnic University, Saint Petersburg, Russian Federation
✉ a.s.afanasev@mail.ru

Abstract: A methodology is proposed for a feasibility study of speed regulation on the motor roads of mining enterprises, which makes it possible to technically and economically assess savings and costs when introducing speed limits for vehicles on the roads of mining operations. A justification is provided by calculating the cost components and saving money, which are subsequently compared with each other. A positive decision on introduction of the speed regulation is made with a positive difference between savings and costs. Application of this methodology allows not only to improve the road safety and reduce the risks of accidents, but also to calculate the financial savings.

Application of this methodology allows not only to improve the road safety and reduce the risks of accidents, but also to calculate the financial savings. Studies of speed regulation have been conducted at the Zashulan coal deposit. The length of roads at this operation amounted to 24.3 km. The actual speeds were measured in order to justify the speed norms.

The conducted experiment showed that the speed regulation made it possible to increase road safety by almost 15% and allowed to obtain significant absolute normalized savings in the amount of 5.2 million rubles when introducing these measures on the roads of a mining company.

Keywords: feasibility study, speed rationing, improving road safety, roads of mining enterprises

For citation: Afanasyev A.S., Egoshin A.M., Alekseev S.V. Feasibility study of speed regulation on motor roads of mining operations. Russian Mining Industry. 2025;(1):82–87. (In Russ.) <https://doi.org/10.30686/1609-9192-2025-1-82-87>

Введение

Крупные горнодобывающие предприятия обладают достаточно протяженными разветвленными сетями технологических дорог. Эти дороги предназначены для обеспечения транспортно-логистических функций в ходе организации технологического процесса доставки добытых полезных ископаемых от разработанных месторождений и карьеров до мест погрузки на другие виды транспорта или дальнейшей переработки [1–3]. Организация движения на дорогах внутри крупных горнодобывающих предприятий связана не только с потребностью избежать дорожно-транспортных происшествий (ДТП), но и с возможностью получения экономии от рационального расходования топлива, увеличения сроков обслуживания и ремонта самих дорог и др. [4–6].

Превышение скорости движения является одним из ключевых факторов риска смертности и травматизма на дорогах Российской Федерации. Согласно данным Главного управления по обеспечению безопасности дорожного движения МВД России ежегодно в стране происходит около 4,5 тыс. ДТП по причине превышения установленной скорости движения, в которых погибает более тысячи человек и около 6 тыс. получают ранения различной степени тяжести¹.

Проблема соблюдения скоростного режима актуальна и для горнодобывающих предприятий, где каждый год происходят происшествия по причине превышения скорости. Экономический ущерб от инцидентов на подземном транспорте на шахтах и технологическом транспорте на

разрезах стоит на 2-м и 3-м месте (11,7% и 39,5% от общего количества инцидентов на шахтах и на разрезах) соответственно и составляет 584,1 млн руб. и 268,9 млн руб. [7]. Ограничение скорости движения всегда вызывает много дискуссий, поскольку для некоторых водителей ограничение скорости может показаться необоснованным или неудобным. Тем не менее экономические показатели свидетельствуют о том, что ограничение скорости движения является экономически обоснованной мерой. Для обоснования необходимости введения мероприятий по ограничению скорости на дорогах горнодобывающих предприятий предлагается методика технико-экономического обоснования нормирования скорости движения. Она позволяет оценить потенциальные затраты и выгоды от введения ограничений скорости для конкретного участка дороги [8–11].

Методика технико-экономического обоснования нормирования скорости состоит из пяти этапов, представленных на рис. 1.

Оценка экономических показателей

На этапе 1 происходит изучение данных о происшествиях на дорогах горнодобывающих предприятий, что позволяет определить участки, на которых наиболее часто происходят ДТП по причине превышения скорости [12]. Статистика о нарушениях скоростного режима на дорогах горнодобывающих предприятий показывает, что наиболее распространённое нарушение – превышение максимально разрешённой скорости движения водителями технологического транспорта.



Рис. 1
Алгоритм выполнения методики технико-экономического обоснования нормирования скорости на дорогах горнодобывающих предприятий

Fig. 1
An algorithm for implementation of the methodology for the feasibility study of speed regulation on the roads of mining operations

¹ Превышение скорости – один из основных факторов риска смертности и травматизма на дорогах. Режим доступа: <https://clck.ru/3FFqpu> (дата обращения: 03.06.2024).

На этапе 2 снижение затрат можно выразить суммой снижения затрат в год на эксплуатацию транспортных средств (ТС), на проведение ремонтов и капитальных ремонтов автомобильных дорог в результате снижения количества происшествий при нормировании скорости движения и в результате снижения выбросов отработавших газов. Снижение расхода топлива позволит снизить годовые затраты на эксплуатацию ТС на величину экономии топлива и моторного масла (в расчет не приняты износ деталей и расход других эксплуатационных материалов) [13]:

$$\mathcal{E}_{ЭТС} = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m (C_{Tij} + C_{Mij} (1 + \alpha_{Mij})) \cdot (g_{Фij} - g_{Нij}) \cdot \frac{l}{100} \quad (1)$$

Высокие эксплуатационные затраты на ремонт и обслуживание дорог приводят к дефициту бюджета, потерям при доставке полезных ископаемых. Нормирование скорости движения позволит замедлить разрушение дорожного покрытия и сократить годовые затраты на проведение ремонтов и капитальных ремонтов автомобильных дорог горнодобывающего предприятия [14–17]:

$$\mathcal{E}_{РД} = \left(\frac{Z_{РФ} - Z_{РН}}{t_P} + \frac{Z_{КРФ} - Z_{КРН}}{t_{КР}} \right) \cdot l \quad (2)$$

Статистика гласит, что за год количество аварий на территории Российской Федерации составило около 132 000². На сегодняшний день согласно законодательству страховые компании производят выплаты компенсаций в следующих размерах: вред, причиненный жизни и здоровью, – до 500 тыс. руб.; ущерб имуществу – до 450 тыс. руб.

Не привязываясь к конкретным цифрам, рассчитать снижение затрат в результате снижения количества ДТП при нормировании средней скорости движения можно по формуле

$$\mathcal{E}_{ЭЗУ} = Y_G \cdot (A_{ФГ} - A_{НГ}) + Y_P \cdot (A_{ФР} - A_{НР}) + (Y_{ФПГ} - Y_{НПГ}) + (Y_{ФПД} - Y_{НПД}), \quad (3)$$

где $\mathcal{E}_{ЭЗУ}$ – снижение затрат в результате снижения количества дорожно-транспортных происшествий при нормировании средней скорости движения, руб.; Y_G – ущерб от гибели человека в результате ДТП, руб.; $A_{ФГ}$ и $A_{НГ}$ – количество погибших в результате ДТП в год при фактической и нормированной скоростях соответственно, чел.; Y_P – ущерб от ранения человека в результате ДТП, руб.; $A_{ФР}$ и $A_{НР}$ – количество раненых в результате ДТП в год при фактической и нормированной скоростях соответственно, чел.; $Y_{ФПГ}$ и $Y_{НПГ}$ – ущерб автомобилю и грузу в результате ДТП при фактической и нормированной скоростях соответственно, руб. $Y_{ФПД}$ и $Y_{НПД}$ – ущерб дороге и дорожной инфраструктуре в результате ДТП при фактической и нормированной скоростях соответственно, руб.

Экономия затрат на проведение экологических мероприятий в результате снижения выбросов отработавших газов складывается из разности экологических ущербов от выбросов отработавших газов при фактической скорости движения и при нормированной скорости движения.

Оценка расходов и затрат

На этапе 3 выделяются затраты на организацию движения и эксплуатацию дорожных устройств; затраты на проведение исследования в ходе научно-исследовательских работ; экономические потери, связанные с увеличением времени доставки полезных ископаемых. Организация дорожного движения на дорогах внутри горнодобывающих предприятий является важным аспектом функционирования транспортной инфраструктуры. Она обеспечивает безопасность, эффективность и комфорт передвижения ТС и пешеходов. Однако организация дорожного движения требует определённых экономических затрат, связанных с проектированием, строительством, эксплуатацией и обслуживанием дорожных устройств [18]. Затраты на организацию движения и эксплуатацию дорожных устройств равны сумме экономических затрат, связанных с проектированием и строительством дорожных устройств организации движения и связанных с эксплуатацией и обслуживанием дорожных устройств организации движения. Данный вид затрат полностью зависит от уровня, содержания и глубины проводимых исследований. Как правило, организация и проведение данных работ ограничиваются статистическим исследованием интенсивности движения транспорта по дням недели и часам рабочего дня, а также выявления пиковых нагрузок интенсивности.

Время доставки полезных ископаемых играет ключевую роль в современной экономике, так как влияет на конкурентоспособность компаний и уровень удовлетворённости клиентов. Основными видами экономических потерь, связанных с увеличением времени доставки, являются упущенная прибыль, рост издержек, ухудшение репутации. Для расчета экономических потерь, связанных с увеличением времени доставки полезных ископаемых, используется формула

$$Z_{\Delta T} = \sum_{k=1}^s \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^n \Delta T_{kj} \cdot C_{kj} \quad (4)$$

Нормирование скорости движения на дорогах внутри горнодобывающих предприятий слабо влияет на увеличение времени доставки, особенно если правильно рассчитать время выхода груженого транспортного средства с учетом снижения скорости движения. К тому же, чтобы избежать экономических потерь, связанных с увеличением времени доставки, компаниям следует оптимизировать свои производственные процессы и улучшить логистику [19]. Это может включать в себя использование современных технологий, таких как автоматизация процессов, расчет времени доставки и внедрение систем управления движением транспорта и работой погрузочно-разгрузочных постов и пунктов. Такие решения имеются и предложены на рынке, например, автоматизированная система управления горнотранспортным комплексом «Карьер», предлагающая систему диспетчеризации парка горнотранспортного предприятия [20]. В этапе 4 определяется итоговая разность доходов и расходов [21], а на этапе 5 полученная положительная итоговая разность говорит о целесообразности введения нормирования скоростей движения ТС на дорогах горнодобывающего предприятия. Отрицательная разность говорит о невыгодности введения ограничения скоростей. В данном случае еще играет роль срок окупаемости вложенных средств. Поэтому нужно производить перспективный расчет на срок окупаемости, чтобы просчитать все затраты и экономию. Были проведены иссле-

² Информация о показателях безопасности дорожного движения. Режим доступа: <http://stat.gibdd.ru> (дата обращения: 03.06.2024).

Таблица 1
Распределение скоростей движения транспортных средств на автомобильных дорогах горнодобывающего предприятия до и после введения нормирования скорости

Интервалы скорости, км/ч	До введения ограничения		После введения ограничения	
	Доля автомобилей, %	Накопленная частость, %	Доля автомобилей, %	Накопленная частость, %
30–40	2	2	2	2
40–50	5,25	7,25	3,7	5,7
50–60	28,5	35,75	36	41,7
60–70	32,05	67,8	40,8	82,5
70–80	16,75	84,55	16,95	99,45
80–90	11,2	95,75	0,35	99,8
90–100	4,25	100	0,2	100

Table 1
Distribution of the vehicle speeds on the roads of the mining company before and after the introduction of speed regulation



Рис. 2
Распределение автомобилей по скоростям движения на автомобильных дорогах угольного разреза до и после введения ограничения скорости движения

Fig. 2
Distribution of the vehicles by speed on the roads of a coal strip mine before and after the introduction of speed limits

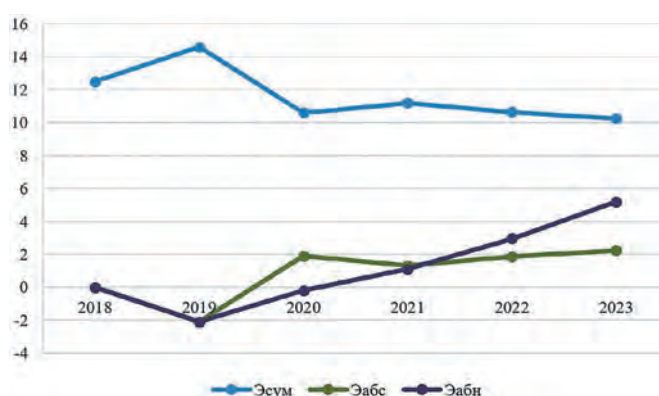


Рис. 3
Итоговая разность затрат и экономии средств $\mathcal{E}_{\text{сум}}$, абсолютный $\mathcal{E}_{\text{абс}}$ и накопленный $\mathcal{E}_{\text{абн}}$, доход по отношению к 2018 г. при нормировании скорости движения с 2018 по 2023 г.

Fig. 3
The total difference of costs and cost savings $\mathcal{E}_{\text{сум}}$, absolute $\mathcal{E}_{\text{абс}}$ and accumulated $\mathcal{E}_{\text{абн}}$, revenue in relation to 2018 with the speed regulation from 2018 to 2023

Таблица 2
Распределение затрат и экономии средств при нормировании скорости в 2018–2023 гг.

Год	$\mathcal{E}_{\text{сум}}$	$\mathcal{E}_{\text{экс}}$	$\mathcal{E}_{\text{рд}}$	$\mathcal{E}_{\text{сзу}}$	$\mathcal{E}_{\text{эко}}$	$\mathcal{Z}_{\text{од}}$	$\mathcal{Z}_{\text{нир}}$	$\mathcal{Z}_{\text{дт}}$	$\mathcal{E}_{\text{абс}}$	$\mathcal{E}_{\text{абн}}$
2018	12,5	5,2	1,5	2,4	2,6	0,4	–	0,4	–	–
2019	14,6	6,4	2,5	0,1	1,1	0,9	1,7	1,9	-2,1	-2,1
2020	10,6	6,2	0,8	1,7	0,8	–	–	1,1	1,9	-0,2
2021	11,2	6,1	0,6	2,2	1,2	0,1	–	1	1,3	1,1
2022	10,65	6,4	0,4	2,1	1	0,05	–	0,7	1,85	2,95
2023	10,25	6,2	1,6	0,05	1,2	0,1	–	1,1	2,25	5,2

Table 2
Distribution of costs and savings in speed regulation from 2018-2023

дования нормирования скоростей движения на Зашуланском угольном месторождении³. При этом протяженность дорог предприятия составляла 24,3 км. Для обоснования нормирования скоростей были проведены их замеры. Результаты замеров скоростей движения приведены в табл. 1.

Данные позволяют сделать вывод, что нормирование

дало положительный результат. Цели его достигнуты, при этом удалось повысить количество ТС, двигающихся с нормированной или чуть выше скоростью движения, практически на 15%.

Экономическая оценка нормирования скорости на автомобильных дорогах горнодобывающего предприятия (табл. 2, рис. 3) показала, что срок 1 год является недостаточным для оценки окупаемости затрат на нормирование скорости движения.

Однако при оценке доходов и расходов на более длитель-

³ Обоснование инвестиций в строительство автомобильной дороги от Зашуланского угольного разреза до ж/д ст. Гыршелун. Режим доступа: <https://nipitrti.ru/2020/03/23/obosnovanie-investitsij-v-stroitelstvo-avtomobilnoj-dorogi-ot-zashulanskogo-ugolnogo-razreza-do-zh-d-st-gyrshelun> (дата обращения: 03.06.2024).

ный срок (начиная с трех лет) можно получить значительную экономию при введении мероприятий нормирования скорости на дорогах горнодобывающих предприятий.

Заключение

Методика технико-экономического обоснования нормирования скорости является важным инструментом планирования безопасности движения технологического транспорта, который помогает принимать обоснованные решения на основе расчетных данных. Ее использование позволяет не только улучшить уровень безопасности на дорогах, в шахтах, на горных разрезах и снизить риски аварийных ситуаций, но и рассчитать экономию денеж-

ных средств, обосновав комплекс мероприятий по нормированию скорости движения с экономической точки зрения.

Положительный экономический эффект, полученный в ходе расчетов по данной методике, доказывает необходимость ее применения. Соблюдение скоростного режима призвано в том числе обеспечить безопасность на дорогах горнодобывающих предприятий, сократить расходы на их обслуживание и ремонт, а также сохранить жизни и здоровье шахтеров.

Список литературы / References

1. Ботян Е.Ю., Лавренко С.А., Пушкарев А.Е. Методика уточненного расчета межремонтного периода элементов подвески карьерных автосамосвалов посредством учета горнотехнических условий их эксплуатации. *Горная промышленность*. 2024;(1):71–76. <https://doi.org/10.30686/1609-9192-2024-1-71-76>
Botyan E.Y., Lavrenko S.A., Pushkarev A.E. Methodology for refined calculation of mean time to repair of mining dump truck suspension elements with account of mining and technical conditions of their operation. *Russian Mining Industry*. 2024;(1):71–76. (In Russ.) <https://doi.org/10.30686/1609-9192-2024-1-71-76>
2. Бабурь Н.В., Габов В.В., Носов А.А., Никифоров А.В. Особенности конструкции и технологии работы выемочного модуля для угольных месторождений Российской Арктики. *Горный информационно-аналитический бюллетень*. 2024;(6):5–16. https://doi.org/10.25018/0236_1493_2024_6_0_5
Babur N.V., Gabov V.V., Nosov A.A., Nikiforov A.V. Features of design and work method of mining module at coal deposits in the Russian Arctic. *Mining Informational and Analytical Bulletin*. 2024;(6):5–16. (In Russ.) https://doi.org/10.25018/0236_1493_2024_6_0_5
3. Malozyomov B.V., Martyushev N.V., Babur N.V., Pogrebnoy A.V., Efremkov E.A., Valuev D.V., Boltrushevich A.E. Modelling of reliability indicators of a mining plant. *Mathematics*. 2024;12(18):2842. <https://doi.org/10.3390/math12182842>
4. Botyan E.Y., Lavrenko S.A., Pushkarev A.E. Evaluation of complicated mining exploitation conditions influence on service life of open pit trucks suspensions with remote monitoring systems. *International Journal of Engineering*. 2024;37(11):2268–2275. <https://doi.org/10.5829/ije.2024.37.11b.12>
5. Сафиуллин Р.Н., Сафиуллин Р.Р., Сорокин К.В. Метод оценки и прогнозирования технического состояния ресурсных элементов карьерных самосвалов на основе контрольных карт Шухарта. *Горный информационно-аналитический бюллетень*. 2024;(7):111–124. https://doi.org/10.25018/0236_1493_2024_7_0_111
Safiullin R.N., Safiullin R.R., Sorokin K.V. Assessment and prediction of technical condition of dump truck life components using the Shewhart control charts. *Mining Informational and Analytical Bulletin*. 2024;(7):111–124. (In Russ.) https://doi.org/10.25018/0236_1493_2024_7_0_111
6. Махараткин П.Н., Абдулаев Э.К., Вишняков Г.Ю., Ботян Е.Ю., Пушкарев А.Е. Повышение эффективности функционирования карьерных автосамосвалов на основе обоснования их рациональной скорости с помощью имитационного моделирования. *Горный информационно-аналитический бюллетень*. 2022;(6-2):237–250. https://doi.org/10.25018/0236_1493_2022_62_0_237
Makharatkin P.N., Abdulaev E.K., Vishnyakov G.Yu., Botyan E.Yu., Pushkarev A.E. Increase of efficiency of dump trucks functioning on the basis of justification of their rational speed by means of simulation modeling. *Mining Informational and Analytical Bulletin*. 2022;(6-2):237–250. (In Russ.) https://doi.org/10.25018/0236_1493_2022_62_0_237
7. Cao Y. Analysis of accident source and preventive measures in local coal mine. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2019;237(3):032082. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/237/3/032082>
8. Afanas'ev A.S., Egoshin A.M., Alekseev S.V. Justification of logistical approach application in road safety management. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2018;194:072001. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/194/7/072001>
9. Oladimeji D., Gupta K., Kose N.A., Gundogan K., Ge L., Liang F. Smart transportation: An overview of technologies and applications. *Sensors*. 2023;23(8):3880. <https://doi.org/10.3390/s23083880>
10. Keropyan A.M., Kuziev D.A., Krivenko A.E. Process research of wheel-rail mining machines traction. In: Radionov A., Kravchenko O., Guzeev V., Rozhdestvenskiy Y. (eds) *Proceedings of the 5th International Conference on Industrial Engineering (ICIE 2019)*. Springer, Cham; 2020, pp. 703–709. https://doi.org/10.1007/978-3-030-22063-1_75
11. Kouziyev D., Krivenko A., Chezganova D., Blumensteiu V. Sensing of dynamic loads in the open-cast mine combine. *E3S Web of Conferences*. 2019;105:03014. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/201910503014>

12. Zhao P., Li Y., Han B., Yang R., Liu Z. Integrated optimization of rolling stock scheduling and flexible train formation based on passenger demand for an intercity high-speed railway. *Sustainability*. 2022;14(9):5650. <https://doi.org/10.3390/su14095650>
13. Louadah H., Papadakis E., McCluskey T.L., Tucker G. Supporting the management of rolling stock maintenance with an ontology-based virtual depot. *Applied Sciences*. 2024;14(3):1220. <https://doi.org/10.3390/app14031220>
14. Gurmai L., Kiss P. A comparative study of destructive effects resulting from road profile acting on off-road towed vehicles. *Journal of Terramechanics*. 2019;81:57–65. <https://doi.org/10.1016/j.jterra.2018.06.002>
15. Doroshin I., Jadanovskiy B., Kazaryan R. Methodology for economic substantiation of assessment of the integrated use of organizational and technological solutions for land allocation for road and bridge construction. *E3S Web of Conferences*. 2023;460:09011. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202346009011>
16. Levkovich O., Rouwendal J., van Marwijk R. The effects of highway development on housing prices. *Transportation*. 2016;43(2):379–405. <https://doi.org/10.1007/s11116-015-9580-7>
17. Zheng S., Jiang C., Wang K. Climate change adaptation projects of transport facilities: is a demonstrator necessary? *Annals of Operations Research*. 2024. <https://doi.org/10.1007/s10479-024-06010-8>
18. Ryazanova O., Timin A. Assessment of the state, threats and risks of the economic security system of motor transport enterprises of the Kirov region. *Transportation Research Procedia*. 2022;63:1121–1130. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2022.06.115>
19. Kholiyarov N.A. Criteria for assessing economic safety in the field of motor vehicles. *European Journal of Humanities and Educational Advancements*. 2022;3(3):211–215. Available at: <https://www.scholarzest.com/index.php/ejhea/article/view/1974> (accessed: 19.10.2024).
20. Bakhaev P.K. Automated control of unmanned truck for transport complex of mining industry. *Journal of Physics: Conference Series*. 2019;1333(5):052001. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1333/5/052001>
21. Pawelczyk M. Contemporary challenges in military logistics support. *Security and Defence Quarterly*. 2018;20(3):85–98. <https://doi.org/10.5604/01.3001.0012.4597>

Информация об авторах

Афанасьев Александр Сергеевич – кандидат технических наук, профессор, заведующий кафедрой транспортно-технологических процессов и машин, Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II, г. Санкт-Петербург, Российская Федерация; e-mail: a.s.afanasev@mail.ru

Егошин Алексей Михайлович – доктор технических наук, доцент, профессор кафедры управления и экономики, Санкт-Петербургский университет государственной противопожарной службы МЧС России, г. Санкт-Петербург, Российская Федерация; e-mail: al-ego@yandex.ru

Алексеев Сергей Викторович – кандидат военных наук, доцент высшей школы промышленно-гражданского и дорожного строительства, Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, г. Санкт-Петербург, Российская Федерация; e-mail: sergeyaleks1966@gmail.com

Information about the authors

Alexander S. Afanasyev – Cand. Sci. (Eng.), Professor, Head of the Department of Transport and Technological Processes and Machines, Empress Catherine II Saint Petersburg Mining University, Saint Petersburg, Russian Federation; e-mail: a.s.afanasev@mail.ru

Aleksey M. Egoshin – Dr. Sci. (Eng.), Associate Professor, Professor, Department of Management and Economics, Saint Petersburg University of State Fire Service of EMERCOM of Russia, Saint Petersburg, Russian Federation; e-mail: al-ego@yandex.ru

Sergey V. Alekseev – Cand. Sci. (Milit.), Associate Professor, Higher School of Industrial, Civil and Road Construction, Peter the Great Saint Petersburg Polytechnic University, Saint Petersburg, Russian Federation; <https://orcid.org/0000-0002-2667-4017>; e-mail: sergeyaleks1966@gmail.com

Информация о статье

Поступила в редакцию: 08.11.2024

Поступила после рецензирования: 09.01.2025

Принята к публикации: 10.01.2025

Article info

Received: 08.11.2024

Revised: 09.01.2025

Accepted: 10.01.2025