

ОЦЕНКА РИСКОВ АВАРИЙ НА ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВАХ НА РУДНИКАХ

М.А. Сухорукова¹, А.Л. Иванников¹

¹ Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС», Москва

Аннотация: Проблема обеспечения безопасности является одной из важнейших на этапе современного производства. Увеличение объемов добычи полезных ископаемых и развитие технологий приводят к росту количества механизированной техники. Одним из основных опасных факторов, в свою очередь, является транспорт. Доля несчастных случаев, связанных с использованием транспортных средств, с каждым годом увеличивается и составляет около 25 % от их общего числа. Произведены анализ и оценка риска возникновения аварий с транспортными средствами для модели крупного рудника с годовым объемом добычи более 5 млн т. Применена методика, позволяющая учитывать имеющиеся статистические данные по частотам и вероятностям возможных неблагоприятных событий, которые могут являться причинами аварий с транспортными средствами. Авторами определены вероятности возникновения аварий для различных сценариев и видов транспортных средств при перевозке обычных и опасных грузов с учетом отсутствия светофорного регулирования на сопряжениях горных выработок. Приведены результаты расчетов рисков аварий транспортных средств при пожаре, взрыве опасного груза. Установлены вероятность наезда одного транспортного средства на другое, а также вероятность столкновения при движении транспортных потоков на сопряжениях. В результате расчетов установлено, что риски возникновения аварий во всех рассматриваемых случаях оказываются приемлемыми, даже с учетом отступления от требований Федеральных норм и правил в области промышленной безопасности. Приведенная методика позволяет оценивать риски аварий при обосновании безопасности на рудниках.

Ключевые слова: управление рисками, оценка риска аварий, обеспечение безопасности, горнорудное предприятие, опасные факторы, чрезвычайная ситуация, механизация, самоходное оборудование, транспортные средства.

Для цитирования: Сухорукова М.А., Иванников А.Л. Оценка рисков аварий на транспортных средствах на рудниках // Горный информационно-аналитический бюллетень. — 2020. — № 6-1. — С. 224–232. DOI: 10.25018/0236-1493-2020-61-0-224-232.

Vehicle accident risk assessment in mines

M.A. Sukhorukova¹, A.L. Ivannikov¹

¹ National university of science and technology «MISIS», Moscow, Russia

Abstract: The problem of ensuring the safety of modern production is one of the most important. An increase in mineral production and the development of technology lead to an increase in the number of mechanized equipment used in mining enterprises. Transport, in turn, is one of the main factors leading to industrial accidents. The article analyzes the risk of such accidents at large mining enterprises. The share of accidents related to the use of vehicles increases

every year and makes up about 25 % of the total number. A mine with annual production of more than 5 million tons of ore was selected as a research model. The risk probability of vehicle accidents in the absence of traffic control was determined. A technique that allows you to take into account the available statistical data on the frequencies and probabilities of possible adverse events, which may be the cause of accidents with vehicles, was chosen to assess risks. Cases of transportation of both ordinary and dangerous goods are considered. The authors determined the probability of accidents for various scenarios and types of vehicles when transporting conventional and dangerous goods, taking into account the lack of traffic light regulation at the interfaces of mining operations. In each case, several possible scenarios for the occurrence of accidents are analyzed. The results of calculations of vehicle accident risks in case of fire and explosion of dangerous cargo are presented. The probability of a collision between one vehicle and another, as well as the probability of a collision when traffic flows on the interfaces, has been established. As a result of the calculation, it was found that the risk of accidents in all cases was acceptable even taking into account deviations from the requirements of the Federal norms and rules in the field of industrial safety. The effectiveness of traffic control to reduce the risk of accidents is planned to be evaluated in further studies. This method allows us to assess the risks of accidents when justifying the safety of mines.

Key words: risk management, accident risk assessment, safety, mining enterprise, hazardous factors, emergency, mechanization, self-propelled equipment, vehicles.

For citation: Sukhorukova M.A., Ivannikov A.L. Vehicle accident risk assessment in mines. *MIAB. Mining Inf. Anal. Bull.* 2020;(6-1):224-232. [In Russ]. DOI: 10.25018/0236-1493-2020-61-0-224-232.

Введение

Безопасность является одним из ключевых аспектов процесса горного производства, особенно на этапе современной добычи – в условиях роста объемов извлекаемого полезного ископаемого, увеличения глубины разработки, перехода на новые технологии и оборудование.

Изучением и решением вопросов обеспечения безопасности на предприятиях горной промышленности занимаются университеты и научные центры во многих странах мира [1–3]. Исследования и работы на эту тему проводятся на кафедре «Безопасность и экология горного производства» Горного института НИТУ «МИСиС» [4–8]. Большое внимание уделяется анализу и оценке рисков аварий, прогнозированию рисков на основе установленных причинно-следственных связей как одному из инструментов эффективного управления промышленной безопасностью на горных предприятиях.

Работы ведутся в тесном сотрудничестве с международными партнерами [9–12]. Осуществляется внедрение новых технологий в учебный процесс. Подготовка специалистов в области промышленной безопасности является одним из важных принципов устойчивого функционирования и будущего развития горных предприятий и производств [13, 14].

Одним из основных опасных факторов на предприятиях горной промышленности являются движущиеся машины и механизмы. Стоит отметить, что увеличение объемов добычи полезных ископаемых приводит ко все большей механизации производственных процессов, в том числе, – к широкому использованию самоходного оборудования. В связи с этим оптимизация управления транспортом является одной из приоритетных тем исследований [15–17].

Имеющиеся статистические данные показывают, что на крупных руд-

никах, как в России, так и за рубежом, например, в Китае, доля несчастных случаев, связанных с использованием транспортных средств, с каждым годом увеличивается и составляет около 25 % от общего их числа.

В настоящей работе рассмотрены риски возникновения аварий, связанных со столкновением транспортных средств.

Описание объекта моделирования и постановка задачи исследования

В качестве объекта исследования выбрана модель рудника с годовым объемом добычи более 5 млн т. Как правило, глубина ведения работ на таких крупных предприятиях может превышать 1000 м, а протяженность выработка – 300 км. Горные работы на руднике ведутся с использованием самоходных транспортных средств (СТС). Проходка выработок и ведение очистных работ осуществляется с применением самоходных буровых установок (СБУ), для отгрузки горной массы используют погрузочно-доставочные машины (ПДМ), применяется вспомогательное самоходное оборудование (ВСО).

Принято, что на руднике эксплуатируется 140 единиц самоходного дизельного оборудования, транспортные средства (ТС) передвигаются по одной полосе. Согласно требованиям Федеральных норм и правил [18] в 10–15 м от сопряжений установлены знаки для регулирования движения, на сопряжениях горных выработок предусмотрено расхождение машин при встречном движении, в протяженных выработках расхождение происходит в нишах, которые расположены через 100–150 м, машины передвигаются по выработкам со скоростью, обеспечивающей безопасность людей и оборудования.

Задачей исследования является определение вероятности возникновения аварийных ситуаций с учетом отступлений от Федеральных норм и правил [18] в части отсутствия светофоров на сопряжениях подземных горных выработок.

Анализ и оценка риска аварии

При анализе условий возникновения и развития инцидентов были определены события, которые могут стать причинами аварий с транспортными средствами. Для проведения оценки рисков необходимо установить, каковы вероятности реализации инцидентов, и оценить тяжесть их последствий.

В настоящем исследовании для оценки рисков аварий использована методика [19], как наиболее приемлемая, позволяющая учитывать имеющиеся статистические данные по частотам и вероятностям возможных неблагоприятных событий. Качественные критерии приняты в соответствии с [20]. Рассмотрены случаи перевозки обычных и опасных грузов.

Движение каждого транспортного средства, которое перевозит опасные грузы, является независимым событием, так как во время их передвижения в выработках отсутствуют другие транспортные средства. Вследствие этого оценка вероятности аварии в данном случае производится по максимальной длине пробега одного транспортного средства.

Рассмотрены следующие сценарии аварий:

- авария транспортного средства с возгоранием, вызывающим взрыв перевозимого опасного груза, и без инициации взрыва от огня (сценарий 1);
- авария транспортного средства, инициирующая детонацию опасного груза (сценарий 2).

Таблица 1

Частоты и вероятности аварий с транспортными средствами
Frequencies and probabilities of accidents with vehicles

№	Событие	Тип величины	Обозначение	Значение
1	Авария ТС	Частота	F_a	$1,8 \cdot 10^{-7} \cdot 1/\text{км}$
2	Авария и пожар ТС	Частота	$F_{\text{ап}}$	$7,8 \cdot 10^{-11} \cdot 1/\text{км}$
3	Возгорание ТС	Частота	F_b	$1,5 \cdot 10^{-9} \cdot 1/\text{км}$
4	Инициация взрыва от огня	Вероятность	P_v	0,1
5	Инициация взрыва от детонации	Вероятность	$P_{\text{дв}}$	0,001

Значения частот и вероятностей исходных событий при перевозке опасных грузов взяты из литературных источников [21, 22] с учетом современных горнотехнических условий на рудниках Российской Федерации (табл. 1).

Максимальное расстояние, на которое транспортируют взрывчатые или горюче-смазочные материалы от места погрузки до места назначения для всех участков принято равным 2,3 км при одном рейсе в смену.

Учитывая, что рудник работает 363 дня в году в 3 смены, найдем пробег ВСО при перевозке опасного груза, составляет 2504,7 км/год.

Сценарий 1. В случае аварии транспортного средства с возгоранием и пожаром, взрывом опасного груза от пожара вероятность события находим вероятность события для данного сценария по формуле 1:

$$P_1 = F_{\text{ап}} S P_v, \quad (1)$$

где P_1 — вероятность взрыва опасного груза от действия огня при аварии и пожаре транспортного средства; $F_{\text{ап}}$ — частота аварий и пожара транспортного средства; S — пробег транспортного средства, км/год; P_v — вероятность инициации взрыва от огня.

Вероятность составляет $1,953 \cdot 10^{-8}$. Оцениваем ее, как крайне маловероятную (E). Оценку уровня тяжести последствий и рисков аварий производим с учетом полученных значе-

ний вероятностей. Последствия аварии определяем, как «существенные». Используя матрицу оценки рисков (табл. 2), производим оценку риска аварии. Он является приемлемым ($R_{\text{пр}}$).

В случае аварии транспортного средства с возгоранием и пожаром без инициации взрыва от пожара вероятность события находим по формуле 2:

$$P'_1 = F_{\text{ап}} S (1 - P_v), \quad (2)$$

где P'_1 — вероятность аварии транспортного средства с возгоранием и пожаром (без инициации взрыва от огня).

Вероятность события составляет $1,758 \cdot 10^{-7}$. Оцениваем как крайне маловероятную (E). Последствия аварии аналогично определяем, как «умеренные». Риск аварии в данном случае также является приемлемым ($R_{\text{пр}}$).

Сценарий 2. В случае аварии транспортного средства, инициирующей детонацию опасного груза, вероятность события рассчитывается по формуле 3:

$$P'_2 = F_a S P_{\text{дв}}, \quad (3)$$

где P'_2 — вероятность взрыва (взрывчатые материалы, горючее) от детонации при аварии транспортного средства; F_a — частота аварий транспортных средств; S — пробег транспортного средства, км/год; $P_{\text{дв}}$ — вероятность инициации взрыва от детонации.

Вероятность события составляет $4,508 \cdot 10^{-7}$. Оцениваем как крайне

маловероятную (E). Последствия события определяем, как «существенные». Риск аварии является приемлемым ($R_{пр}$).

Основным фактором, который влияет на вероятность возникновения аварии транспортных средств, используемых на руднике при перевозке обычных грузов, является интенсивность их движения.

В процессе исследования были рассчитаны вероятности аварий для следующих сценариев:

- наезд одного транспортного средства на другое (сценарий 1);
- столкновение при движении транспортных потоков на сопряжении (сценарий 2);
- движение по выработке при наличии разминок, снижающих интенсивность на три единицы с учетом того,

что выработки рудника имеют в среднем по 3 разминовки (сценарий 3).

В табл. 3 отражены данные о количестве и видах используемых транспортных средств и создаваемой ими наибольшей интенсивности движения в сумме за три смены.

В соответствии с методикой [19] определяем среднее количество аварий, произошедших за год, по формуле 4:

$$A = b_0 x_1^{b_n}, \quad (4)$$

где A — среднее количество аварий за год; x_n — интенсивность движения транспортного средства; b_n — коэффициент модели для каждого сценария; b_0 — постоянная мультипликативная величина для каждого сценария.

Таблица 2

Матрица оценки риска
Risk Assessment Matrix

Обозначение уровня последствий					Обозначение уровня вероятности
1	2	3	4	5	
$R_{пр}$	$R_{пр}$	$R_{пр}$	$R_{пр}$	$R_в$	E
$R_{пр}$	$R_{пр}$	$R_{пр}$	$R_в$	$R_в$	D
$R_{пр}$	$R_{пр}$	$R_в$	$R_в$	$R_н$	C
$R_{пр}$	$R_в$	$R_в$	$R_н$	$R_н$	B
$R_в$	$R_н$	$R_{11_н}$	$R_н$	$R_н$	A

$R_{пр}$ — приемлемый риск; $R_в$ — возможный риск; $R_н$ — неприемлемый риск.

Таблица 3

Интенсивность движения транспортных средств на участках рудника
Vehicle traffic in the mine sites

№	Вид ТС	Количество ТС	Интенсивность движения, ТС/сут
1	Самоходные буровые установки (СБУ)	3	21
2	Машины для перевозки людей (ВСО)	1	12
3	Погрузочно-доставочные машины (ПДМ)	3	21
4	Шахтные автосамосвалы (ШАС)	3	18
5	Машины для крепления выработок (ВСО)	2	8
6	Машины для механизированной зарядки ВМ (ВСО)	1	2
7	Машины для перевозки материалов (ВСО)	2	12
8	Машины для механизированной оборки заколов (ВСО)	1	6

Вероятность возникновения аварии для каждого рассматриваемого случая вычисляем по формуле 5:

$$P = A / N, \quad (5)$$

где A — среднее количество аварий за год; N — среднее количество транспортных средств на всех участках, $N = 14$ ТС.

Максимальное значение приобретают вероятности возникновения аварий при перевозке грузов с помощью СБУ и ПДМ: *сценарий 1* — $3,081 \cdot 10^{-6}$, *сценарий 2* — $3,356 \cdot 10^{-5}$, *сценарий 3* — $3,293 \cdot 10^{-6}$. Вероятности аварий оцениваем как крайне маловероятные (сценарии 1, 3), вероятные (сценарий 2), риски являются приемлемыми ($R_{пр}$), как и для других видов транспортных средств.

Полученные данные позволяют сделать вывод, что во всех рассмотренных случаях риски возникновения аварий при выполнении требований по перевозке опасных грузов на руднике оказываются приемлемыми ($R_{пр}$), даже

с учетом отступлений от требований Федеральных норм и правил [18], связанных с отсутствием светофоров на сопряжениях выработок.

Заключение

На примере модели крупного рудника были произведены анализ и оценка риска возникновения аварий при перевозке опасных и обычных грузов.

Определены вероятности возникновения инцидентов для различных сценариев и видов транспортных средств. Расчеты показали, что риски возникновения аварий при отступлении от требований Федеральных норм и правил в области промышленной безопасности, а именно — при отсутствии светофорного регулирования, являются приемлемыми ($R_{пр}$) и не требуют разработки дополнительных мероприятий для повышения безопасности. Используемая методика позволяет оценивать риски аварий и при проведении обоснования безопасности на рудниках.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Bondarenko V., Cherniak V., Sawood F., Chervatiuk V.* Technological safety of sustainable development of coal enterprises. 2017, Mining of Mineral Deposits 11(2), pp. 1–11. DOI: 10.15407/mining11.02.001
2. *Pivniak H.H., Pilov P.I., Pashkevych M.S., Shashenko D.O.* Synchro-mining: Civilized solution of problems of mining regions' sustainable operation. 2012. Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu. 3, pp. 131–138.
3. *Куприянов В.В., Мацкевич О.А., Бондаренко И.С.* Параметрические и непараметрические модели прогнозирования нештатных ситуаций в подземных горных выработках. // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2018. – № 3. С. 200–207. DOI: 10.25018/0236-1493-2018-3-0-200-207.
4. *Скопинцева О.В., Вертинский А.С., Иляхин С.В., Савельев Д.И., Прокопович А.Ю.* Обоснование рациональных параметров обеспыливающей обработки угольного массива в шахтах // Горный журнал. – 2014. – №5. – С. 17–20.
5. *Kulikova E.Yu.* Estimation of factors of aggressive influence and corrosion wear of underground structures. Materials Science Forum. 2018. Vol. 931. Pp. 385–390. ISSN: 1662–9752, doi:10.4028/www.scientific.net / MSF.931.385 Trans Tech Publications, Switzerland.
6. *Баловцев С.В.* Оценка схем вентиляции с учетом горно-геологических и горнотехнологических условий отработки угольных пластов // Горный информационно-

аналитический бюллетень. — 2019. — №6. — С. 173–183. DOI: 10.25018/0236-1493-2019-06-0-173-183.

7. *Кобылкин С.С., Кобылкин А.С.* Трехмерное моделирование при проведении инженерных расчетов по тактике горноспасательных работ // Горный журнал. — 2018. — № 5. С. 82–85. DOI: 10.17580/gzh.2018.05.13

8. *Batugin A., Kolikov K., Ivannikov A., Ignatov Y., Krasnoshtanov D.* Transformation of the geodynamic hazard Manifestation forms in mining areas. International Multidisciplinary Scientific GeoConference Surveying Geology and Mining Ecology Management, 2019, SGEM 19(1.3), pp. 717–724. DOI: 10.5593/sgem2019/1.3/S03.091.

9. *Пелипенко М.В., Баловцев С.В., Айнбиндер И.И.* К вопросу комплексной оценки рисков аварий на рудниках // Горный информационно-аналитический бюллетень. — 2019. — № 11. — С. 180–192. DOI: 10.25018/0236-1493-2019-11-0-180-192.

10. *Kulikova E.Yu.* Assessment of operating environment of concrete lining of sewage collector tunnels. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2019. Vol. 687, 044035, doi:10.1088/1757–899X/687/4/044035, pp. 1–7.

11. *Karduck A.P., Sienou A., Lamine E., Pingaud H.* Collaborative process driven risk management for enterprise agility. 2007. Proceedings of the 2007 Inaugural IEEE-IES Digital EcoSystems and Technologies Conference, DEST 2007, 4233768, pp. 535–540. DOI: 10.1109/DEST.2007.372034.

12. *Баловцев С.В.* Оценка аэрологического риска аварий на выемочных участках угольных шахт, опасных по взрывам газа и пыли // Горный журнал. — 2015. — №5. — С. 91–93.

13. *Мясков А.В.* Будущее горных инженеров: работа в условиях междисциплинарности и цифровизации. // Горный журнал. — 2018. — № 2. — С. 13–17.

14. *Rybak J., Ivannikov A., Egorova A., Ohotnikova K., Fernandes I.* Some remarks on experience based geotechnical education. International Multidisciplinary Scientific GeoConference Surveying Geology and Mining Ecology Management, 2017, SGEM 17(12), pp. 1003–1012. DOI: 10.5593/sgem2017/12/S02.127.

15. *Темкин И.О., Мясков А.В., Конов И.С., Дерябин С.А.* О методах построения и функционировании цифровой платформы управления транспортно-технологическими процессами в карьерах. // Горный журнал. — 2019. — №11. — С. 82–86. DOI: 10.17580/gzh.2019.11.15.

16. *Скопинцева О.В., Ганова С.Д., Бузин А.А., Федотова В.П.* Мероприятия по борьбе с пылью при погрузке и транспортировании твердых полезных ископаемых // Горный журнал. — 2019. — № 12. — С. 76–79. DOI: 10.17580/gzh.2019.12.16.

17. *Keropyan A.M., Gorbatyuk S.M., Bibikov P.Y., Bardovski A.D.* Influence of Roughness of Working Surfaces of the Wheel–Rail System of Open-Pit Locomotives with an Implementable Adhesion Coefficient. 2019, Journal of Friction and Wear 40(1), pp. 73–79. DOI: 10.3103/S1068366619010082.

18. Приказ Ростехнадзора от 11.12.2013 № 599 (ред. от 21.11.2018) «Об утверждении Федеральных норм и правил в области промышленной безопасности «Правила безопасности при ведении горных работ и переработке твердых полезных ископаемых».

19. Accident Prediction Models for High Intersections, Dr. Shane Turner, Professor Graham Wood Aaron Roozenburg, Beca Infrastructure Lid, New Zealand Macquarie University, NSW Australia Beca Infrastructure Lid, New Zealand.

20. ГОСТ Р ИСО 31000–2010. Национальный стандарт Российской Федерации. «Менеджмент риска. Принципы и руководство».

21. DNV, The Risk Assessment of the Transport of Explosives in Hong Kong QRA Report, Environmental Protection Department Hong Kong Government, 1997.

22. *Котельников В.С., Грозовский Г.И., Сидорчук В.В., Грот В.В., Бром А.Е.* Анализ безопасности движения транспортных средств в выработках калийных рудников. // Безопасность в техносфере. 2017. — Т. 6. — № 4. — С. 37–39. **WAS**

REFERENCES

1. Bondarenko V., Cherniak V., Cawood F., Chervatiuk V. Technological safety of sustainable development of coal enterprises. 2017, *Mining of Mineral Deposits* 11(2), pp. 1–11. DOI: 10.15407/mining11.02.001.
2. Pivniak H.H., Pilov P.I., Pashkevych M.S., Shashenko D.O. Synchro-mining: Civilized solution of problems of mining regions' sustainable operation. 2012. *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu*. 3, pp. 131–138.
3. Kupriyanov V.V., Mackevich O.A., Bondarenko I.S. Parametric and no. nparametric models for predicting off-normal situations in underground mines. *MIAB. Mining Inf. Anal. Bull.* 2018. no. 3. pp. 200–207. DOI: 10.25018/0236-1493-2018-3-0-200-207. [In Russ]
4. Skopintseva O.V., Vertinskiy A.S., Ilyakhin S.V., Savelev D.I., Prokopovich A.Yu. Substantiation of efficient parameters of dust-controlling processing of coal massif in mines. *Gornyj zhurnal*. 2014. no. 5. pp. 17–20. [In Russ]
5. Kulikova E.Yu. Estimation of factors of aggressive influence and corrosion wear of underground structures. *Materials Science Forum*. 2018. Vol. 931. pp. 385–390. ISSN: 1662–9752, doi:10.4028/www.scientific.net. MSF.931.385 Trans Tech Publications, Switzerland.
6. Balovtsev S.V. Assessment of ventilation circuits with regard to geological and geotechnical conditions of coal seam mining. *MIAB. Mining Inf. Anal. Bull.* 2019. no. 6. pp. 173–183. DOI: 10.25018/0236-1493-2019-06-0-173-183. [In Russ]
7. Kobylkin S.S., Kobylkin A.S. 3D modeling in engineering design of mine rescue work tactics. *Gornyj zhurnal*. 2018. no. 5. pp. 82–85. DOI: 10.17580/gzh.2018.05.13 [In Russ]
8. Batugin A., Kolikov K., Ivannikov A., Ignatov Y., Krasnoshtanov D. Transformation of the geodynamic hazard Manifestation forms in mining areas. *International Multidisciplinary Scientific GeoConference Surveying Geology and Mining Ecology Management, 2019, SGEM 19(1.3)*, pp. 717–724. DOI: 10.5593/sgem2019/1.3/S03.091.
9. Pelipenko M.V., Balovtsev S.V., Aynbinder I.I. Integrated accident risk assessment in mines. *MIAB. Mining Inf. Anal. Bull.* 2019. no. 11. pp. 180–192. DOI: 10.25018/0236-1493-2019-11-0-180-192. [In Russ]
10. Kulikova E.Yu. Assessment of operating environment of concrete lining of sewage collector tunnels. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. 2019. Vol. 687, 044035, doi:10.1088/1757–899X/687/4/044035, pp. 1–7.
11. Karduck A.P., Sienou A., Lamine E., Pingaud H. Collaborative process driven risk management for enterprise agility. 2007. *Proceedings of the 2007 Inaugural IEEE-IES Digital EcoSystems and Technologies Conference, DEST 2007*, 4233768, pp. 535–540. DOI: 10.1109/DEST.2007.372034.
12. Balovtsev S. V. Aerological risk assessment in working areas of gas and dust explosion-hazardous coal mines. *Gornyi Zhurnal*. 2015, no. 5, pp. 91-93. DOI: 10.17580/gzh.2015.05.19. [In Russ].
13. Myaskov A.V. The future of mining engineers: Interdisciplinary and digitization work. *Gornyj zhurnal*. 2018. no. 2. pp. 13–17. [In Russ]
14. Rybak J., Ivannikov A., Egorova A., Ohotnikova K., Fernandes I. Some remarks on experience based geotechnical education. *International Multidisciplinary Scientific GeoConference Surveying Geology and Mining Ecology Management, 2017, SGEM 17(12)*, pp. 1003–1012. DOI: 10.5593/sgem2017/12/S02.127.
15. Temkin I.O., Myaskov A.V., Konov I.S., Deryabin S.A. Construction and functioning of digital platform for transportation control in opencast mines. *Gornyj zhurnal*. 2019. no. 11. pp. 82–86. DOI: 10.17580/gzh.2019.11.15. [In Russ]
16. Skopintseva O.V., Ganova S.D., Buzin A.A., Fedotova V.P. Measures to reduce dusting during loading and transportation of solid mineral resources. *Gornyj zhurnal*. 2019. no. 12. pp. 76–79. DOI: 10.17580/gzh.2019.12.16. [In Russ]

17. Keropyan A.M., Gorbatyuk S.M., Bibikov P.Y., Bardovski A.D. Influence of Roughness of Working Surfaces of the Wheel–Rail System of Open-Pit Locomotives with an Implementable Adhesion Coefficient. 2019, Journal of Friction and Wear 40(1), pp. 73–79. DOI: 10.3103/S1068366619010082.

18. *Prikaz Rostekhnadzora ot 11.12.2013 no. 599 (red. ot 21.11.2018) «Ob utverzhdenii Federal'nyh norm i pravil v oblasti promyshlenno j bezopasnosti «Pravila bezopasnosti pri vedenii gornyh rabot i pererabotke tverdyh poleznyh iskopaemyh».* [In Russ]

19. Accident Prediction Models for High Intersections, Dr. Shane Turner, Professor Graham Wood Aaron Roozenburg, Beca Infrastructure Lid, New Zealand Macquarie University, NSW Australia Beca Infrastructure Lid, New Zealand.

20. *GOSTR ISO 31000–2010. Nacional'nyj standart Rossijskoj Federacii. «Menedzhment riska. Principy i rukovodstvo».* [In Russ]

21. DNV, The Risk Assessment of the Transport of Explosives in Hong Kong QRA Report, Environmental Protection Department Hong Kong Government, 1997.

22. Kotel'nikov V.S., Grozovskij G.I., Sidorchuk V.V., Grot V.V., Brom A.E. Vehicle safety analysis in potash mine workings. *Bezopasnost' v tekhnosfere.* 2017. T. 6. no. 4. pp. 37–39. [In Russ]

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

*Сухорукова Марина Анатольевна*¹ – горный инженер, e-mail: marinasuhruk242822@yandex.ru, Горный институт, кафедра Безопасности и экологии горного производства, Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС», Ленинский пр., 4, Москва, 119049;

Иванников Александр Любимович – канд. техн. наук, доцент, e-mail: ivannickov@bk.ru, Институт информационных технологий и автоматизированных систем управления, Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС», Ленинский пр., 4, Москва, 119049.

Для контактов: Сухорукова М.А., e-mail: marinasuhruk242822@yandex.ru.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Sukhorukova M.A., Mining Engineer, e-mail: marinasuhruk242822@yandex.ru, Mining Institute, Department of Safety and Ecology of Mining, National university of science and technology «MISIS», Russia;

Ivannikov A.L., Associate Professor, e-mail: ivannickov@bk.ru, Institute of Information Technologies and Automated Control Systems, National university of science and technology «MISIS», Russia.

For contacts: Sukhorukova M.A., e-mail: marinasuhruk242822@yandex.ru.

Получена редакцией 11.03.2020; получена после рецензии 16.04.2020; принята к печати 20.05.2020.

Received by the editors 11.03.2020; received after the review 16.04.2020; accepted for printing 20.05.2020.

