ГИАБ. Горный информационно-аналитический бюллетень /
MIAB. Mining Informational and Analytical Bulletin, 2023;(9-1):199-214
ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ / ORIGINAL PAPER

УДК 331.451 DOI: 10.25018/0236_1493_2023_91_0_199

РАЗРАБОТКА РЕКОМЕНДАЦИЙ ПО УПРАВЛЕНИЮ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫМИ РИСКАМИ РАБОТНИКОВ ГОРНООБОГАТИТЕЛЬНОГО КОМБИНАТА

Г.И. Коршунов[1], А.Н. Никулин[2], Д.Ю. Красноухова[1]

[1] Санкт-Петербургский горный университет, Санкт-Петербург, Россия,
e-mail: darya.krasnouhova@yandex.ru
[2] Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет,
Санкт-Петербург, Россия

Аннотация: Рассмотрены проблемы воздействия шума на работников горнодобывающих предприятий. Проведен анализ отечественной и зарубежной литературы для обоснования актуальности изучаемой проблемы и исследования передового опыта в вопросах борьбы с наиболее распространенными факторами, такими как шум и аэрозоли преимущественно фиброгенного действия (АПФД). В результате проведенных измерений на АО «Гавриловское карьероуправление» было установлено превышение уровня шума при проведении работ по дроблению и грохочению. На рабочих местах операторов оборудования были проведены дозиметрия и хронометраж, что позволило определить периоды и значения оказываемого шумового воздействия. Шум, воздействующий на работников в течение смены, может повлиять на безопасное поведение персонала и увеличить риск получения травмы. Также на рабочих местах было установлено выделение пыли при реализации технологических процессов разгрузки и перевалки полезного ископаемого. В результате была проведена комплексная оценка воздействия шума в совокупности с запыленностью. Для проведения анализа был использован алгоритм оценки совокупного воздействия на основе выставления баллов, по результатам которого рекомендуется принимать меры по предупреждению совершения ошибочных действий и травмирования работников. Таким образом, было установлено совокупное воздействие выявленных факторов производственной среды с чрезмерным значением уровня воздействия и вероятностью реализации ошибок и получения травмы.

Ключевые слова: охрана труда, шум, оценка воздействия вредных факторов, когнитивные процессы работников, риск ошибочных действий, применение средств индивидуальной защиты, балльная оценка, совокупное воздействие факторов.

Для цитирования: *Коршунов Г. И., Никулин А. Н., Красноухова Д. Ю.* Разработка рекомендаций по управлению профессиональными рисками работников горнообогатительного комбината // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2023. – № 9-1. – С. 199–214. DOI: 10.25018/0236_1493_2023_91_0_199.

Development of recommendations for professional risk management of employees of the mining and processing plant

G.I. Korshunov[1], A.N. Nikulin[2], D.Yu. Krasnoukhova[1]

[1] Saint-Petersburg Mining University, Saint-Petersburg, Russia, e-mail: darya.krasnouhova@yandex.ru
[2] Saint-Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering, Saint-Petersburg, Russia

© Г.И. Коршунов, А.Н. Никулин, Д.Ю. Красноухова. 2023.

Abstract: The authors study the problem of the impact of noise on workers of mining enterprises. The analysis of domestic and foreign literature has been carried out to substantiate the relevance of the problem under study and to study best practices in combating the most common factors, such as noise and dustiness. As a result of the measurements carried out at LLC «Gavrilovskoe Quarry Management», an excess of the noise level was found during crushing and screening operations. Dosimetry and timekeeping were carried out at the workplaces of equipment operators, which made it possible to determine the periods and values of the noise exposure. Noise affecting workers during a shift can affect the safe behavior of workers and increase the risk of injury. Dust was also detected at the workplaces during the implementation of technological processes for unloading and transshipment of minerals. As a result, a comprehensive assessment of the impact of noise in combination with dustiness is necessary. To carry out the analysis, an algorithm for assessing the cumulative impact based on scoring was used. Thus, the cumulative impact was established with an excessive value of the impact level and the probability of error and injury.

Key words: occupational safety, noise, assessment of the impact of harmful factors, cognitive processes of employees, the risk of erroneous actions, the use of personal protective equipment, score assessment, cumulative impact of factors

For citation: Korshunov G. I., Nikulin A. N., Krasnoukhova D. Yu. Development of recommendations for professional risk management of employees of the mining and processing plant. *MIAB. Mining Inf. Anal. Bull.* 2023;(9-1):199-214. [In Russ]. DOI: 10.25018/0236_1493_2023_91_0_199.

Введение

Работники горнодобывающей промышленности многих стран вынуждены сталкиваться с одним из наиболее распространенных профессиональных заболеваний — потерей слуха в результате воздействия шума [1] на рабочих местах при интенсивности 80—85 дБ и выше [2—4]. На горнообогатительных предприятиях воздействие шума происходит при добыче, погрузке, транспортировке, выгрузке и непосредственно переработке полезного ископаемого, где все оборудование классифицируется как источники непостоянного шума [5].

Согласно исследованиям, посвященным изучению влияния шума на организм человека, воздействие шума способствует развитию ряда заболеваний, к которым относятся сердечно-сосудистые заболевания, расстройство нервной системы, заболевания опорно-двигательного аппарата, нарушение сна, депрессия и др. [6, 7].

В дополнение к этим последствиям воздействие шума влияет на различные когнитивные процессы, такие как: время реакции; память; восприятие; внимание.

Оказываемое влияние шума при проведении работ в различных условиях может приводить к увеличению числа человеческих ошибок и числа травм или несчастных случаев в связи с изменением показателей внимания в ходе выполнения трудовой деятельности. Также в работах Y. Wang [8], Y. Lu [9] и др. было установлено влияние различных профессиональных опасностей на стресс, таких как пыль, шум и химические вещества, которые также, согласно утверждениям авторов, оказывают влияние на

психическое здоровье персонала горнодобывающих предприятий, а при воздействии шума в 95 дБА и более приводят к снижению зрительного и слухового внимания у работников [10].

Воздействие шума, превышающего предельно допустимый уровень 80 дБА более 10 лет, способствует развитию профессионального заболевания, известного как нейросенсорная тугоухость [11]. В угольной промышленности эквивалентный уровень шума, воздействующий на шахтеров, превышает предельно допустимое значение на 15—25 дБА [12—14]. В результате этого значительно увеличен риск развития профессионального заболевания.

Анализ, представленный в исследованиях J. Li и др., показывает, что воздействие шума способствует развитию около 96,5% несчастных случаев, аварий и инцидентов в результате совершения ошибок работниками. Таким образом, результаты исследования показывают, что при уровне воздействия более 70—80 дБ значительно ухудшаются внимание и реакция работников, поэтому когнитивные способности в условиях длительного сверхнормативного шумового воздействия значительно ниже [15].

В исследовании C.L. Themann и E.A. Masterson анализировалось влияние шума на коммуникативные способности, восприятие сигналов и производительность труда. Авторы установили снижение производительности труда и ухудшение способностей сотрудников воспринимать и передавать информацию коллегам [16].

Среди работников перерабатывающей промышленности, по статистике Росстата на конец 2021 г., около 50% работников подвергаются воздействию вредных производственных факторов, 20% из которых работают в тяжелых условиях. К наиболее распространенным факторам производственной среды и трудового процесса относится шум (рис. 1).

Как представлено на графике (рис. 2), за последние 20 лет процент работников,

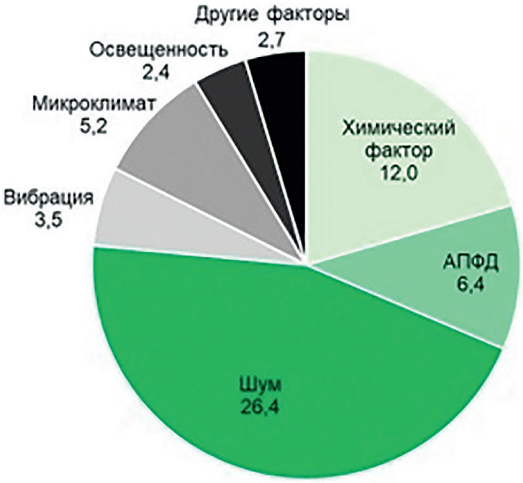

Рис. 1. Удельный вес численности работников, занятых на работах с вредными и (или) опасными условиями труда, в % от общей численности работников обрабатывающих производств (Официальная статистика условий труда и травматизма Федеральной службы государственной статистики России, URL: https://rosstat.gov.ru/workingconditions)

Fig. 1. The share of the number of workers engaged in work with harmful and (or) dangerous working conditions, in % of the total number of workers in manufacturing industries (Official statistics of working conditions and injuries of the Federal State Statistics Service of Russia, URL: https://rosstat.gov.ru/workingconditions)

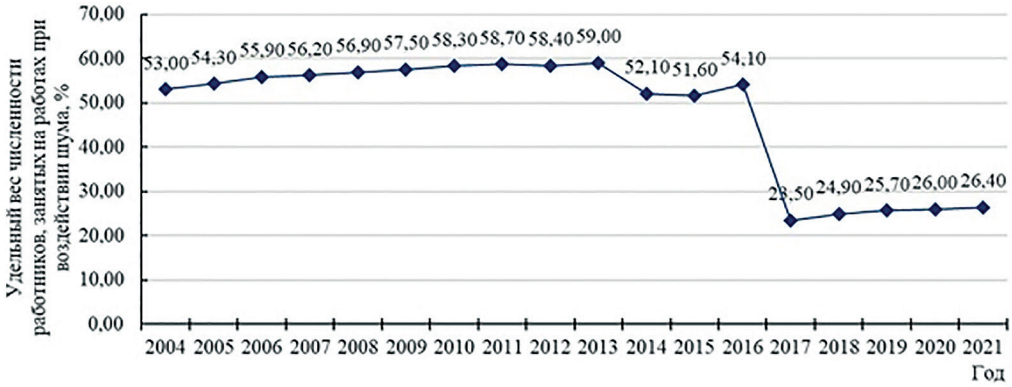

Рис. 2. Удельный вес численности работников, занятых на работах при воздействии шума, % от общей численности работников, занятых на обрабатывающих производствах по годам (Официальная статистика условий труда и травматизма Федеральной службы государственной статистики России, URL: https://rosstat.gov.ru/workingconditions)

Fig. 2. The share of the number of workers employed at work under the influence of noise, % of the total number of workers employed in manufacturing industries by year (Official statistics of working conditions and injuries of the Federal State Statistics Service of Russia URL: https://rosstat.gov.ru/workingconditions)

занятых на рабочих местах обрабатывающей промышленности, подверженных сверхнормативному воздействию шума, уменьшился, но за последние 7 лет имеет тенденцию к увеличению. При этом остается проблема высокого уровня травматизма, который, несмотря на положительную динамику, остается высоким [17—19].

Методы

Анализ условий труда на АО «Гавриловское карьероуправление»

Переработка полезного ископаемого осуществляется в несколько этапов:

1-й этап — первичное дробление в щековой дробилке (ЩД) до фракции 0—300 мм;

2-й этап — вторичное дробление в конусной дробилке (КД) среднего дробления;

3-й этап — сортировка материала по фракциям на грохотах.

Поскольку технологические процессы на предприятии механизированы, управление осуществляется с пульта оператора, находящегося в соответствующем цеху в непосредственной близости с оборудованием. При этом, согласно должностной инструкции, в обязанности дробильщиков и грохотовщиков входит проверка состояния оборудования и технологического процесса для поддержания машин в работоспособном состоянии. В ходе работ операторы установок находятся в непосредственной близости

Таблица 1

Классы условий труда на рассматриваемых рабочих местах
Classes of working conditions at the considered workplaces

Рабочее место	Аэрозоли преимущественно фиброгенного действия (АПФД)	Шум	Вибрация общая	Тяжесть труда	Общий класс условий труда
Дробильщик	3,2	3,2	2	2	3,3
Грохотовщик	3,3	3,2	2	2	3,3

к оборудованию и подвергаются воздействию вредных производственных факторов (ВПФ).

По правилам трудового распорядка, смена рабочих составляет 12 ч. В смену включены два перерыва для приема пищи по 40 мин. Согласно сводной ведомости по результатам проведения специальной оценки условий труда (СОУТ), на рабочих местах ГОКа установлены следующие классы условий труда (табл. 1).

Таким образом, осмотр рабочих мест, анализ условий и режима работы позволили выявить ряд опасностей, к основным из которых относятся:

- падение с рабочих площадок, расположенных вокруг дробилки;
- получение травм о выступающие или движущиеся части оборудования;
- разлет щебня при грохочении.

Также установлены вредные факторы, которые оказывают сверхнормативное воздействие при реализации определенных операций:

- сверхнормативное воздействие шума;
- снижение видимости в результате запыленности в помещении.

Исходя из проведенного анализа, на рабочих местах дробильщика и грохотовщика были выявлены основные опасности и вредные факторы, которые могут значительно увеличить профессиональный риск травмирования работников при выполнении определенных видов работ.

Дозиметрия и хронометраж

Для эффективной оценки шума на рабочих местах были использованы методики проведения дозиметрии и хронометража, применялись дозиметры, таймер и чек-листы для регистрации выполняемых операторами работ [20].

Дозиметрия проводилась с применением персональных шумомеров SV104, разработанных компанией ООО «Алгоритм-Акустика», а также с использованием прибора «Ассистент S». Приборы позволяют измерять шум согласно стандартам проведения специальной оценки условий труда и определять средний эквивалентный уровень шума, пиковые значения максимального воздействия, а также проводить 1/1- и 1/3-октавный спектральный анализ.

Шумомер SV104 ударопрочный, выполнен во взрывозащищенном исполнении с возможностью крепления на спецодежду, что позволяет проводить измерения в течение смены, не стесняя работника при выполнении работ.

«Ассистент S» предназначен для измерения уровней звука и частотного анализа шума и вибрации, является переносным устройством.

Обработка полученных данных производилась в специализированном для каждого прибора программном обеспечении, что позволило полностью проанализировать шумовую обстановку на рабочих местах за определенные промежутки времени.

В ходе хронометража определялись рабочие циклы оператора, фиксировались место проведения работ и пути перемещения. В результате исследования производилось наблюдение за ходом технологического процесса исследуемого

Таблица 2

Измеренное шумовое воздействие на работников
Measured noise impact on workers

Наименование показателя	Полученные значения	
	дробильщик	грохотовщик
Шум, эквивалентный уровень звука, E_q, дБА	92,6	96,4

Рис. 3. Измерение уровня шумового воздействия на рабочем месте оператора щековой дробилки (материал авторов)

Fig. 3. Measurement of the noise level at the workplace of the jaw crusher operator (authors' material)

оборудования во время его обычной работы по дроблению и грохочению полезных ископаемых.

Результаты

Результаты измерения шума на рабочих местах

В исследовании проведены измерения шума на рабочих местах дробильщика и грохотовщика горно-обогатительного предприятия. Измеренный прибором «Ассистент S» уровень шумового воздействия представлен в табл. 2.

Как представлено в табл. 2, в ходе выполнения работ или при нахождении вблизи дробильной установки оператор подвергается шумовому воздействию до 92,6 дБА, что превышает допустимое значение на 12,6 дБА; в то же время оператор грохота подвергается воздействию до 96,4 дБА при выполнении работ в цеху.

В результате проведения дозиметрии и хронометража с применением дозиметров SV104 были определены периоды воздействия. Построенные по результатам измерений графики распределения эквивалентного уровня шумового воздействия во времени представлены на рис. 3, 4.

На рис. 3 указано распределение шума, оказывающего воздействие на опе-

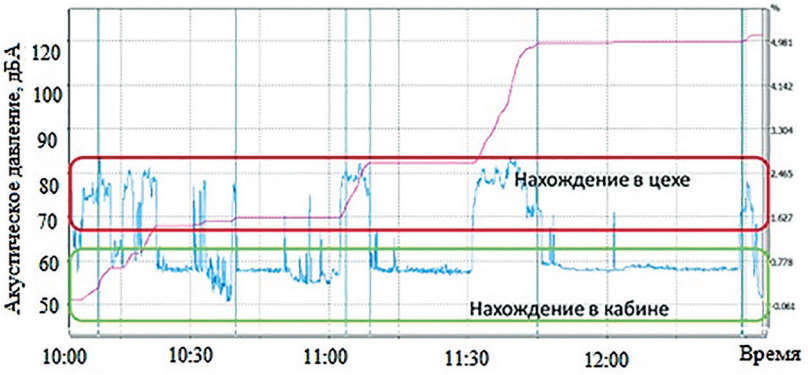

Рис. 4. Измерение уровня шумового воздействия на рабочем месте грохотовщика (материал авторов)

Fig. 4. Measurement of the level of noise exposure at the workplace of the screen operator (author's material)

ратора щековой дробилки, по которому можно определить промежутки времени, за которые оператор находился за пультом управления, находился в цеху, вблизи работающего оборудования и проводил наблюдения за разгрузкой автосамосвала за пределами цеха.

Согласно графику на рис. 4, около половины рабочего времени оператор грохота проводит в цеху вблизи работающего оборудования или за пультом управления в специализированной кабине.

Оценка риска травмирования работников

Вклад идентифицированных опасностей значительно возрастает в процессе выгрузки породы. Поскольку это циклический процесс, сопровождающийся обильным выделением пыли, вероятность реализации неблагоприятного события будет варьироваться в зависимости от этапа технологического процесса. Для визуализации воздействия опасностей был использован метод оценки риска «Галстук-бабочка» (рис. 5), на котором представлены непосредственные опасности, факторы эскалации и возможные последствия.

Поскольку на рабочем месте установлено интенсивное выделение пыли [21—23] при производстве определенных операций, оценку воздействия факторов эскалации необходимо проводить в совокупности данных факторов [24].

Гранитная пыль относится к аэрозолям преимущественно фиброгенного действия и негативно воздействует на организм работников, при этом чрезмерная запыленность снижает видимость при работе с оборудованием, что увеличивает риск получения травмы. В зависимости от цикла транспортировки полезного ископаемого и процессов переработки, концентрация пыли в цехах значительно ухудшает восприятие окружающей среды и коммуникации между работниками, чему также способствует применение средств индивидуальной защиты органов дыхания.

Как указано на рис. 5, воздействие вредных производственных факторов приводят к снижению внимания работников и чрезмерному утомлению, в результате чего работник совершает ошибки, при которых может получить травмы различной степени тяжести или оказаться под воздействием опасных факторов. Таким образом, для снижения риска получения травм необходимо снизить риск совокупного воздействия вредных производственных факторов, как факторов эскалации, в рассматриваемой системе «опасность (источник риска) —

Рис. 5. Оценка ухудшения работы когнитивных процессов операторов при воздействии различных факторов методом оценки риска «Галстук-бабочка» (материал авторов)

Fig. 5. Assessment of the deterioration of the cognitive processes of operators under the influence of various factors by the «Bow Tie» method (authors' material)

Таблица 3

Балльная оценка воздействия факторов производственной среды
Score assessment of the impact of factors of the production environment

№	Уровень воздействия	Балльная оценка, *f*
1	Воздействие соответствует классу условий труда 2	1
2	Воздействие соответствует классу условий труда 3.1	2
3	Воздействие соответствует классу условий труда 3.2	3
4	Воздействие соответствует классу условий труда 3.3	4
5	Воздействие соответствует классу условий труда 3.4	5

снижение внимания, утомление (и, как следствие, совершение ошибочных действий) — травма (последствие)».

Таким образом, в зависимости от оказываемого воздействия вероятность совершения ошибки будет меняться. Для оценки воздействия принята за основу методика ранжирования, применяемая при установке классов условий труда. В результате чего в зависимости от воздействия каждому фактору присуждается балл [25] согласно табл. 3.

Относительная величина воздействия по *i*-му фактору $F_{ПФ_i}$ определяется по формуле

$$F_{ПФ_i} = \frac{f_i}{f_{max}}, \quad (1)$$

где f_{max} — максимальная балльная оценка; f_i — балльная оценка *i*-го фактора.

Оценка совокупного воздействия факторов производственной среды определяется по формуле для всех факторов на рабочем месте, превышающих нормативное значение:

$$A = \sum_{1}^{i} \frac{F_{ПФ_i}}{f_{max}} \quad (2)$$

где $F_{ПФ_i}$ — относительная величина воздействия по *i*-му фактору.

Полученное распределение возможных сочетаний воздействия представлено на рис. 6.

Таким образом, наиболее опасными являются сочетания факторов с риском реализации совокупного воздействия более 0,6 и уровнем совокупного воздействия более 0,4, поскольку соответствуют воздействию, характеризующему класс условий труда 3.2 и выше. При регистрации указанных значений в течение смены необходимо принять меры по предупреждению совершения ошибочных действий и получения травм.

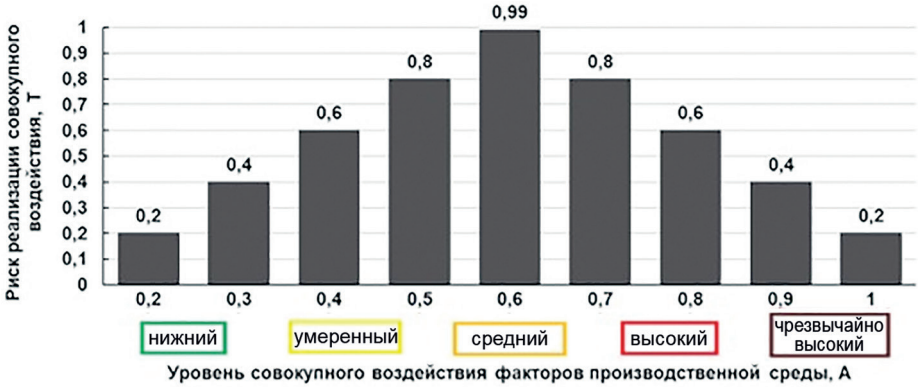

Рис. 6. Соотношение риска реализации совокупного воздействия (материал авторов)
Fig. 6. The ratio of the risk of realization of the cumulative impact (the authors' material)

Обсуждение

Оценка вероятности реализации совокупного воздействия выявленных факторов

Меры по снижению воздействия вредных и опасных производственных факторов требуют практической реализации на горнодобывающих предприятиях России [26].

Из проведенного анализа видно, что в разные промежутки времени работник будет подвергаться различным уровням вредного воздействия. Таким образом, существует ряд проблем, к которым относятся:

- непостоянный уровень риска и совокупного воздействия в течение смены;
- невозможность определения уровня воздействия шума работником самостоятельно при выполнении работ;
- необходимость защиты работников в определенные моменты времени с учетом сохранения его коммуникативных способностей.

Применение правильно подобранных средств индивидуальной защиты органа слуха (СИЗОС) позволяет снизить вредное воздействие шума при выполнении работ. Современные разработки новых конструкций и материалов, методов подбора и применения СИЗ позволяют подбирать наиболее эффективные СИЗ в зависимости не только от эквивалентного уровня звука, но и от дозы шума, которая дает возможность оценивать нагрузку на работников в течение смены [27, 28].

При этом существует ряд отечественных и зарубежных исследований, где проводится оценка воздействия СИЗ на коммуникативные способности работников. Таким образом был выявлен низкий уровень распознавания речи при ношении защитных масок и защитных наушников. Шумовая и запыленная среды также влияют на взаимодействие работников, что существенно затрудняет обмен информацией и оценку ситуации вокруг [29, 30].

Актуальной остается проблема неудобства использования СИЗ при выполнении определенных видов работ, например, при работе вблизи оборудования или в некомфортных условиях, в результате чего работники пренебрегают их использованием и подвергают себя дополнительному риску получения травм или развития заболеваний.

Операторы анализируемых установок могут снимать средства защиты и обмениваться информацией с другими работниками только при нахождении в изолированной операторской, но, поскольку выявлена цикличность технологического процесса, имеют место периоды допустимого воздействия, в которые нет необходимости применять средства защиты.

И.Б. Ушаков, А.В. Богомолов и др. предлагают применять персонифицированный акустический мониторинг с использованием персонифицированных акустических дозиметров [31] для оценки шумового воздействия на работников при выполнении работ [32].

Также авторы предлагают методику расчета коэффициента акустической безопасности, основанную на соотношении предельно допустимых и фактически измеренных показателей шумовой обстановки на рабочих местах [33]. Недостатком применения описанных методик при оценке воздействия в горной промышленности является невозможность учитывать другие вредные и опасные факторы.

В ходе рабочего процесса уровень воздействия разных факторов непостоянный и может превышать нормативные значения в определенные промежутки времени. Согласно измерениям и картам СОУТ, выявлены основные факторы на рабочих местах дробильщика и гро-

Таблица 4

Расчет совокупного воздействия факторов производственной среды
Calculation of the combined impact of the factors of the production environment

Рабочее место	Балльная оценка *i*-го фактора, *f*		Риск по *i*-му фактору, $F_{ПФ}$		Уровень совокупного воздействия факторов, *A*	Риск реализации совокупного воздействия, *T*
	АПФД	шум	АПФД	шум		
Дробильщик	3	4	0,6	0,8	0,7	0,8
Грохотовщик	4	5	0,8	1,0	0,9	0,4

хотовщика цехов переработки гранитной породы: шум и аэрозоли преимущественно фиброгенного действия. Далее была произведена балльная оценка полученных значений и рассчитано совокупное воздействие рассматриваемых факторов за период измерений (табл. 4).

Согласно проведенным измерениям и картам специальной оценки условий труда, на рабочих местах дробильщика и грохотовщика уровень совокупного воздействия шума и запыленности могут достигать 0,7 и 0,9 соответственно.

Уровень совокупного воздействия на рабочем месте дробильщика имеет среднее значение, но наибольшую вероятность реализации, что подразумевает наиболее длительное воздействие, в результате чего требует дополнительного внимания к выполняемым работам и проведения мер по снижению риска [34]. Так как риск совокупного воздействия факторов на рабочем месте грохотовщика в момент проведения измерений был высокий, соответственно также требуются мероприятия по снижению риска реализации совокупного воздействия.

Методы снижения совокупного воздействия

На основе проведенной оценки риска реализации совокупного воздействия

Таблица 5

Рекомендации к выполнению работ в зависимости от уровня совокупного воздействия вредных факторов
Recommendations for work depending on the level of combined exposure to harmful factors

Уровень совокупного воздействия	Рекомендации к ведению работ
Низкий	Работы ведутся
Умеренный	Работы ведутся при соблюдении трудового распорядка и режима труда и отдыха (необходимо введение регламентированных перерывов по 10 мин в течение смены)
Средний	Работы ведутся при повышенном внимании к выполнению, необходимо предоставление регламентированных перерывов по 10 мин в течение смены и мини-перерывов для снижения утомления
Высокий	Требуется повышенное внимание к выполняемым работам, при возможности снизить влияние производственных факторов перед продолжением работ, необходимо предоставление регламентированных перерывов по 10 мин в течение смены и мини-перерывов
Чрезвычайно высокий	При установке значения совокупного воздействия, соответствующего классу условий труда 3.4 и выше в течение продолжительного времени, необходимо остановить работы и предпринять меры по снижению опасности

факторов рекомендуется проводить дополнительные мероприятия по обеспечению безопасности в зависимости от уровня оказываемого воздействия. Поскольку предполагается 5 уровней возможного воздействия (рис. 6), разработаны рекомендации к ведению работ при колебании уровня совокупного воздействия в течение смены (табл. 5).

Для снижения опасностей необходимо осуществлять мероприятия, соответствующие оценке уровня воздействия, для достижения допустимого значения профессионального риска травматизма при выполнении определенного вида работ в условиях воздействия установленных ВПФ.

Заключение

С совершенствованием и механизацией технологических систем обслуживание и контроль процессов производства переходит к операторам производственных установок. Обслуживание оборудования производится согласно графику ремонтов или при реализации поломки, в результате чего в цеху работают не только оператор, но и ремонтные бригады.

Проведенный анализ позволил выявить места наиболее частого нахождения работников и вредные и опасные факторы, оказывающие воздействие в зависимости от периода цикла рабочей операции.

В исследовании был выявлен ряд проблем, связанных с обеспечением безопасности в горнодобывающей и перерабатывающей промышленности:

- невозможно ограничиться применением средств индивидуальной защиты для снижения оказываемого воздействия шума;
- средства коллективной защиты применимы только при стационарном рабочем месте, но работы могут выполнятся в цеху;
- воздействие шума и применение СИЗ снижают коммуникативные способности работников;
- воздействие факторов на работников необходимо оценивать в совокупности;
- работник не может самостоятельно определять уровень воздействия факторов и вероятность получения травмы.

Таким образом, были проведены измерения и расчеты вероятности реализации совокупного воздействия шума и запыленности на операторов дробилки и грохота. Согласно измерениям и картам специальной оценки условий труда, уровень совокупного воздействия на дробильщиков и грохотовщиков может достигать 0,7 и 0,9, что соответствует высокому риску реализации совокупного воздействия.

Для снижения риска получения травм рекомендуется проводить мероприятия, соответствующие уровню оказываемого воздействия вредных факторов.

Авторы выражают признательность за техническую поддержку измерений ООО «Алгоритм-Акустика».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Мигунова Ю. В.* Влияние производственных факторов на условия труда работников // Общество: социология, психология, педагогика. — 2021. — № 4(84). — С. 53—56. DOI: 10.24158/spp.2021.4.9.

2. *Kanji A., Khoza-Shangase K., Ntlhakana L.* Noise-induced hearing loss: what South African mineworkers know // International Journal of Occupational Safety and Ergonomics. 2019, vol. 25, no. 2, pp. 305—310. DOI: 10.1080/10803548.2017.1412122.

3. *Moroe N. F., Khoza-Shangase K., Kanji A., Ntlhakana L.* The management of occupational noise—induced hearing loss in the mining sector in Africa. A systematic review — 1994

to 2016 // Noise & Vibration Worldwide. 2018, vol. 49, no. 5, pp. 181—190. DOI: 10.1177/0957456518781860.

4. *Grobler L. M.*, *Swanepoel D. W.*, *Strauss S., Becker P., Eloff Z.* Occupational noise and age. A longitudinal study of hearing sensitivity as a function of noise exposure and age in South African gold mine workers // South African Journal of Communication Disorders. 2020, vol. 67, no. 2. DOI: 10.4102/sajcd.v67i2.687.

5. *Чемезов Е. Н.* Принципы обеспечения безопасности горных работ при добыче угля // Записки Горного института. — 2019. — Т. 240. — С. 649—653. DOI: 10.31897/PMI.2019.6.649.

6. *Kazanin O. I.*, *Rudakov M. L.*, *Kolvah K. A.* Occupational safety and health in the sector of coal mining // International Journal of Civil Engineering and Technology. 2018, vol. 9, no. 6, pp. 1333—1339.

7. *Yang Y., Zhang E., Zhang J., Chen S.* Relationship between occupational noise exposure and the risk factors of cardiovascular disease in Chin. A meta-analysis // Medicine (United States). 2018, vol. 97, no. 30. DOI: 10.1097/MD.0000000000011720.

8. *Wang Y., Huang X., Zhang J., Huang S., Wang J., Feng Y., Jiang Z., Wang H., Yin S.* Bottom-up and top-down attention impairment induced by long-term exposure to noise in the absence of threshold shifts // Frontiers in Neurology. 2022, vol. 13, article 836683. DOI: 10.3389/fneur.2022.836683.

9. *Lu Y., Zhang Z., Yan H., Rui B., Liu J.* Effects of occupational hazards on job stress and mental health of factory workers and miners: A propensity score analysis // BioMed Research International. 2020, vol. 2020, article 1754897. DOI: 10.1155/2020/1754897.

10. *Jafari M. J.*, *Khosrowabadi R., Khodakarim S., Mohammadian F.* The effect of noise exposure on cognitive performance and brain activity patterns // Open Access Macedonian Journal of Medical Sciences. 2019, vol. 7, no. 17, pp. 2924—2931. DOI: 10.3889/oamjms.2019.742.

11. *Рудаков М. Л.*, *Дука Н. Е.* Изучение свойств звукопоглощающих материалов при конструировании средств индивидуальной защиты органа слуха // Горный информационно-аналитический бюллетень. — 2022. — № 3. — С. 165—180. DOI: 10.25018/0236_1493_2022_3_0_165.

12. *Guan P. P.*, *Zhou Y. Z.*, *Song W. T.*, *Cheng J. W.*, *Wang K.* Investigation and analysis of underground noise in Sichuan coal mines // Chinese Journal of Industrial Hygiene and Occupational Diseases. 2022, vol. 40, no 2, pp. 149—151. DOI: 10.3760/cma.j.cn121094-20200708-00396.

13. *Иванов Ю. М.*, *Куракина Н. В.*, *Фомин А. И.*, *Ли Хи Ун*, *Ворошилов А. С.* Анализ травматизма работников, обусловленного трудовым стажем. Оценка рисков травматизма // Уголь. — 2022. — № 2(1151). — С. 37—40. DOI: 10.18796/0041-5790-2022-2-37-40.

14. *Miao L., Zhang J., Yin L., Pu Yu.* Hearing loss and hypertension among noise-exposed workers: a pilot study based on baseline data // International Journal of Environmental Health Research. 2022, vol. 33, no. 7, pp. 783—795. DOI: 10.1080/09603123.2022.2050681.

15. *Li J., Qin Y., Yang L., Wang Z., Han K.*, *Guan C.* A simulation experiment study to examine the effects of noise on miners' safety behavior in underground coal mines // BMC Public Health. 2021, vol. 21, no. 1, article 324. DOI: 10.1186/s12889-021-10354-2.

16. *Themann C. L.*, *Masterson E. A.* Occupational noise exposure. A review of its effects, epidemiology, and impact with recommendations for reducing its burden // Journal of the Acoustical Society of America. 2019, vol. 146, no. 5, pp. 3879—3905. DOI: 10.1121/1.5134465.

17. *Глебова Е. В.*, *Волохина А. Т.*, *Вихров А. Е.* Оценка эффективности управления культурой производственной безопасности в компаниях ТЭК // Записки Горного института. — 2023. — Т. 259. — С. 68—78. DOI: 10.31897/PMI.2023.12.

18. *Туманов М. В.*, *Гендлер С. Г.*, *Кабанов Е. И.*, *Родионов В. А.*, *Прохорова Е. А.* Индекс персонального риска как перспективный инструмент управления человеческим фактором в охране труда // Горный информационно-аналитический бюллетень. — 2022. — № 6-1. — С. 230—247. DOI: 10.25018/0236_1493_2022_61_0_230.

19. *Кречманн Ю., Плиен М., Нга Нгуен Т. Х., Рудаков М. Л.* Эффективное наращивание потенциала в горном деле за счет обучения, расширяющего возможности в области управления охраной труда // Записки Горного института. — 2020. — Т. 242. — № 2. — С. 248—256. DOI: 10.31897/PMI.2020.2.248.

20. *Peterson J. S.* Experimental methods to reduce noise generated by haul trucks and LHDs // Noise Control Engineering Journal. 2018, vol. 66, no. 5, pp. 446—458. DOI: 10.3397/1/376638.

21. *Смирняков В. В., Родионов В. А., Смирнякова В. В., Орлов Ф. А.* Влияние формы и размеров пылевых фракций на их распределение и накопление в горных выработках при изменении структуры воздушного потока // Записки Горного института. — 2022. — Т. 253. — С. 71—81. DOI: 10.31897/PMI.2022.12/

22. *Ilyashenko I. S., Kovshov S. V.* Investigation of the adhesion properties of organic dust suppressants // E3S Web of Conferences. 2021, vol. 266, no. 7, article 02014. DOI: 10.1051/e3sconf/202126602014.

23. *Корнев А. В., Ледяев Н. В., Кабанов Е. И., Корнева М. В.* Оценка прогнозной запыленности в забоях угольных шахт с учетом особенностей смачиваемости угольной пыли // Горный информационно-аналитический бюллетень. — 2022. — № 6-2. — С. 115—134. DOI: 10.25018/0236_1493_2022_62_0_115.

24. *Потоцкий Е. П., Фирсова В. М., Сахарова Е. А.* Учет сочетанного действия комплекса вредных факторов и анализ влияния производственного фактора химической природы на уровень профессионального риска // Известия высших учебных заведений. Черная металлургия. — 2018. — № 61(1). — С. 35—39. DOI: 10.17073/0368-0797-2018-1-35-39.

25. *Gridina E. B., Kovshov S. V., Borovikov D. O.* Hazard mapping as a fundamental element of OSH management systems currently used in the mining sector // Науковий вісник Національного гірничого університету. — 2022. — № 1. — С. 107—115. DOI: 10.33271/nvngu/2022-1/107.

26. *Смирняков В. В., Каргополова А. П., Смирнякова В. В., Кабанов Е. И., Алмосова Я. В.* Риск-ориентированный подход как инструмент повышения качества подготовки и развития персонала АО «СУЭК-Кузбасс» // Горный информационно-аналитический бюллетень. — 2022. — № 6-1. — С. 214—229. DOI: 10.25018/0236_1493_2022_61_0_214.

27. *Kwak C., Han W.* The effectiveness of hearing protection devices: a systematic review and meta-analysis // International Journal of Environmental Research and Public Health. 2021, vol. 18, no. 21, article 11693. DOI: 10.21203/rs.3.rs-192095/v1.

28. *Nadon V. F., Bonnet R. E., Bouserhal A., Bernier J.* Voix Method for protected noise exposure level assessment under an in-ear hearing protection device: a pilot study // International Journal of Audiology. 2021, vol. 60, no. 1, pp. 60—69. DOI: 10.1080/14992027.2020.1799082.

29. *Themann C. L., Masterson E. A.* Occupational noise exposure. A review of its effects, epidemiology, and impact with recommendations for reducing its // Journal of the Acoustical Society of America. 2019, vol. 146, no. 5, pp. 3879—3905. DOI: 10.1121/1.5134465.

30. *Barrett M. E., Gordon-Salant S., Brungart D. S.* The cafeteria study: Effects of facial masks, hearing protection, and real-world noise on speech recognition // The Journal of the Acoustical Society of America. 2021, vol. 150, no. 6, pp. 4244—4255. DOI: 10.1121/10.0008898.

31. *Богомолов А.В., Драган С.П., Солдатов С.К., Кукушкин Ю.А., Зинкин В.Н., Свиридюк Г.А.* Патент № 185310 U1 РФ, МПК G01H 11/06. Персонифицированный акустический дозиметр, заявл. 02.10.2018: опубл. 29.11.2018.

32. *Ушаков И. Б., Богомолов А. В., Драган С. П., Солдатов С. К.* Методологические основы персонифицированного акустического мониторинга // Безопасность труда в промышленности. — 2020. — № 10. — С. 33—39. DOI: 10.24000/0409-2961-2020-10-33-39.

33. *Драган С. П., Богомолов А. В.* Метод оценивания акустической безопасности человека // Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture. — 2021. — Т. 13. — № 1. — С. 259—278. DOI: 10.12731/2658-6649-2021-13-1-259-278.

34. *Климова И. В.*, *Родионов В. А.*, *Жихарев С. Я.*, *Коншина Т. Э.* Снижение профессионального риска работников нефтешахты путем замены взрывчатого вещества // Известия ТулГУ. Науки о Земле. — 2020. — № 3. — С. 65—73. ГИАБ

REFERENCES

1. Migunova Yu. V. The influence of production factors on the working conditions of workers. *Society: sociology, psychology, pedagogics*. 2021, no. 4(84), pp. 53—56. [In Russ]. DOI: 10.24158/spp.2021.4.9.

2. Kanji A., Khoza-Shangase K., Ntlhakana L. Noise-induced hearing loss: what South African mineworkers know. *International Journal of Occupational Safety and Ergonomics*. 2019, vol. 25, no. 2, pp. 305—310. DOI: 10.1080/10803548.2017.1412122.

3. Moroe N. F., Khoza-Shangase K., Kanji A., Ntlhakana L. The management of occupational noise—induced hearing loss in the mining sector in Africa. A systematic review — 1994 to 2016. *Noise & Vibration Worldwide*. 2018, vol. 49, no. 5, pp. 181—190. DOI: 10.1177/0957456518781860.

4. Grobler L. M., Swanepoel D. W., Strauss S., Becker P., Eloff Z. Occupational noise and age. A longitudinal study of hearing sensitivity as a function of noise exposure and age in South African gold mine workers. *South African Journal of Communication Disorders*. 2020, vol. 67, no. 2. DOI: 10.4102/sajcd.v67i2.687.

5. Chemezov E. N. Principles of ensuring the safety of mining operations in coal mining. *Journal of Mining Institute*. 2019, vol. 240, pp. 649—653. [In Russ]. DOI: 10.31897/PMI.2019.6.649.

6. Kazanin O. I., Rudakov M. L., Kolvah K. A. Occupational safety and health in the sector of coal mining. *International Journal of Civil Engineering and Technology*. 2018, vol. 9, no. 6, pp. 1333—1339.

7. Yang Y., Zhang E., Zhang J., Chen S. Relationship between occupational noise exposure and the risk factors of cardiovascular disease in Chin. A meta-analysis. *Medicine (United States)*. 2018, vol. 97, no. 30. DOI: 10.1097/MD.0000000000011720.

8. Wang Y., Huang X., Zhang J., Huang S., Wang J., Feng Y., Jiang Z., Wang H., Yin S. Bottom-up and top-down attention impairment induced by long-term exposure to noise in the absence of threshold shifts. *Frontiers in Neurology*. 2022, vol. 13, article 836683. DOI: 10.3389/fneur.2022.836683.

9. Lu Y., Zhang Z., Yan H., Rui B., Liu J. Effects of occupational hazards on job stress and mental health of factory workers and miners: A propensity score analysis. *BioMed Research International*. 2020, vol. 2020, article 1754897. DOI: 10.1155/2020/1754897.

10. Jafari M. J., Khosrowabadi R., Khodakarim S., Mohammadian F. The effect of noise exposure on cognitive performance and brain activity patterns. *Open Access Macedonian Journal of Medical Sciences*. 2019, vol. 7, no. 17, pp. 2924—2931. DOI: 10.3889/oamjms.2019.742.

11. Rudakov M. L., Duka N. E. Analysis of properties of deafeners to design personal ear protectors. *MIAB. Mining Inf. Anal. Bull.* 2022, no. 3, pp. 165—180. [In Russ]. DOI: 10.25018/0236_1493_2022_3_0_165.

12. Guan P. P., Zhou Y. Z., Song W. T., Cheng J. W., Wang K. Investigation and analysis of underground noise in Sichuan coal mines. *Chinese Journal of Industrial Hygiene and Occupational Diseases*. 2022, vol. 40, no 2, pp. 149—151. DOI: 10.3760/cma.j.cn121094-20200708-00396.

13. Ivanov Yu. M., Kurakina N. V., Fomin A. I., Lee Hee Un, Voroshilov A. S. Analysis of employee injuries caused by work experience. Injury risk assessment. *Ugol'*, 2022, no. 2(1151), pp. 37—40. [In Russ]. DOI: 10.18796/0041-5790-2022-2-37-40.

14. Miao L., Zhang J., Yin L., Pu Yu. Hearing loss and hypertension among noise-exposed workers: a pilot study based on baseline data. *International Journal of Environmental Health Research*. 2022, vol. 33, no. 7, pp. 783—795. DOI: 10.1080/09603123.2022.2050681.

15. Li J., Qin Y., Yang L., Wang Z., Han K., Guan C. A simulation experiment study to examine the effects of noise on miners' safety behavior in underground coal mines. *BMC Public Health*. 2021, vol. 21, no. 1, article 324. DOI: 10.1186/s12889-021-10354-2.

16. Themann C. L., Masterson E. A. Occupational noise exposure. A review of its effects, epidemiology, and impact with recommendations for reducing its burden. *Journal of the Acoustical Society of America*. 2019, vol. 146, no. 5, pp. 3879 – 3905. DOI: 10.1121/1.5134465.

17. Glebova E. V., Volokhina A. T., Vikhrov A. E. Evaluation of the effectiveness of the management of industrial safety culture in fuel and energy companies. *Journal of Mining Institute*. 2023, vol. 259, pp. 68 – 78. [In Russ]. DOI: 10.31897/PMI.2023.12.

18. Tumanov M. V., Gendler S. G., Kabanov E. I., Rodionov V. A., Prokhorova E. A. Personal risk index as a promising tool for managing the human factor in labor protection. *MIAB. Mining Inf. Anal. Bull.* 2022, no. 6-1, pp. 230 – 247. [In Russ]. DOI: 10.25018/0236_1493_2022_61_0_230.

19. Kretschmann Yu., Plien M., Nga Nguyen T. H., Rudakov M. L. Effective capacity building in mining through training that expands opportunities in the field of occupational safety management. *Journal of Mining Institute*. 2020, vol. 242, no. 2, pp. 248 – 256. [In Russ]. DOI: 10.31897/PMI.2020.2.248.

20. Peterson J. S. Experimental methods to reduce noise generated by haul trucks and LHDs. *Noise Control Engineering Journal*. 2018, vol. 66, no. 5, pp. 446 – 458. DOI: 10.3397/1/376638.

21. Smirnyakov V. V., Rodionov V. A., Smirnyakova V. V., Orlov F. A. The influence of the shape and size of dust fractions on their distribution and accumulation in mine workings when the structure of the air flow changes. *Journal of Mining Institute*. 2022, vol. 253, pp. 71 – 81. [In Russ]. DOI: 10.31897/PMI.2022.12/

22. Ilyashenko I. S., Kovshov S. V. Investigation of the adhesion properties of organic dust suppressants. *E3S Web of Conferences*. 2021, vol. 266, no. 7, article 02014. DOI: 10.1051/e3sconf/202126602014.

23. Kornev A. V., Ledyaev N. V., Kabanov E. I., Korneva M. V. Assessment of the forecast dust content in the faces of coal mines, taking into account the wettability of coal dust.*MIAB. Mining Inf. Anal. Bull.* 2022, no. 6-2, pp. 115 – 134. [In Russ]. DOI: 10.25018/0236_1493_2022_62_0_115.

24. Potocki E. P., Firsova V. M., Sakharova E. A. Consideration of the combined action of a complex of harmful factors and analysis of the influence of the production factor of chemical nature on the level of occupational risk. *Izvestiya. Ferrous Metallurgy*. 2018, no. 61(1), pp. 35 – 39. [In Russ]. DOI: 10.17073/0368-0797-2018-1-35-39.

25. Gridina E. B., Kovshov S. V., Borovikov D. O. Hazard mapping as a fundamental element of osh management systems currently used in the mining sector. *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu*. 2022, no. 1, pp. 108 – 115. DOI: 10.33271/nvngu/2022-1/107.

26. Smirnyakov V. V., Kargopolova A. P., Smirnyakova V. V., Kabanov E. I., Almosova Ya. V. Risk-oriented approach as a tool for improving the quality of training and development of personnel of JSC SUEK-Kuzbass. *MIAB. Mining Inf. Anal. Bull.* 2022, no. 6-1, pp. 214 – 229. [In Russ]. DOI: 10.25018/0236_1493_2022_61_0_214.

27. Kwak C., Han W. The effectiveness of hearing protection devices: a systematic review and meta-analysis. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2021, vol. 18, no. 21, article 11693. DOI: 10.21203/rs.3.rs-192095/v1.

28. Nadon V. F., Bonnet R. E., Bouserhal A., Bernier J. Voix Method for protected noise exposure level assessment under an in-ear hearing protection device: a pilot study. *International Journal of Audiology*. 2021, vol. 60, no. 1, pp. 60 – 69. DOI: 10.1080/14992027.2020.1799082.

29. Themann C. L., Masterson E. A. Occupational noise exposure. A review of its effects, epidemiology, and impact with recommendations for reducing its. *Journal of the Acoustical Society of America*. 2019, vol. 146, no. 5, pp. 3879 – 3905. DOI: 10.1121/1.5134465.

30. Barrett M. E., Gordon-Salant S., Brungart D. S. The cafeteria study: Effects of facial masks, hearing protection, and real-world noise on speech recognition. *The Journal of the Acoustical Society of America*. 2021, vol. 150, no. 6, pp. 4244 – 4255. DOI: 10.1121/10.0008898.

31. Bogomolov A.V., Dragan S.P., Soldatov S.K., Kukushkin YU.A., Zinkin V.N., Sviridyuk G.A. *Patent RU 185310 U1, MPK G01H 11/06*. 29.11.2018. [In Russ].

32. Ushakov I. B., Bogomolov A. V., Dragan S. P., Soldatov S. K. Methodological foundations of personalized acoustic monitoring. *Occupational Safety in Industry*. 2020, no. 10, pp. 33—39. [In Russ]. DOI: 10.24000/0409-2961-2020-10-33-39.

33. Dragan S. P., Bogomolov A. V. Method of human acoustic safety assessment. *Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture*. 2021, vol. 13, no. 1, pp. 259—278. [In Russ]. DOI: 10.12731/2658-6649-2021-13-1-259-278.

34. Klimova I. V., Rodionov V. A., Zhikharev S. Ya., Konshina T. E. Reducing the occupational risk of oilshed workers by replacing explosives. *News of the Tula state university. Sciences of Earth*. 2020, no. 3, pp. 65—73. [In Russ].

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Коршунов Геннадий Иванович[1] — д-р техн. наук,
профессор, e-mail: korshunov_gi@pers.spmi.ru,
ORCID ID: 0000-0003-2074-9695,
Никулин Андрей Николаевич — канд. техн. наук,
доцент, Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет,
e-mail: anikulin@lan.spbgasu.ru,
ORCID ID: 0000-0002-6878-0512,
Красноухова Дарья Юрьевна[1] — аспирант,
e-mail: darya.krasnouhova@yandex.ru,
ORCID ID: 0000-0001-7573-3864,
[1] Санкт-Петербургский горный университет.
Для контактов: Красноухова Д.Ю., e-mail: darya.krasnouhova@yandex.ru.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

G.I. Korshunov[1], Dr. Sci. (Eng.), Professor,
e-mail: korshunov_gi@pers.spmi.ru,
ORCID ID: 0000-0003-2074-9695,
A.N. Nikulin, Cand. Sci. (Eng.),
Assistant Professor,
Saint-Petersburg State University
of Architecture and Civil Engineering,
Saint-Petersburg, 190005, Russia,
e-mail: anikulin@lan.spbgasu.ru,
ORCID ID: 0000-0002-6878-0512,
D.Yu. Krasnoukhova[1], Graduate Student,
e-mail: darya.krasnouhova@yandex.ru,
ORCID ID: 0000-0001-7573-3864,
[1] Saint-Petersburg Mining University,
199106, Saint-Petersburg, Russia.
Corresponding author: D.Yu. Krasnoukhova, e-mail: darya.krasnouhova@yandex.ru.

Получена редакцией 02.05.2023; получена после рецензии 28.06.2023; принята к печати 10.08.2023.
Received by the editors 02.05.2023; received after the review 28.06.2023; accepted for printing 10.08.2023.