

DOI: 10.25558/VOSTNII.2020.28.89.011

УДК 622.2; 622.86;331.45;613.62

© В.В. Устюганова, Н.О. Ковальковская, В.С. Сердюк, А.И. Фомин, 2020

В.В. УТЮГАНОВА

аспирант

ФГБОУ ВО «ОмГТУ», г. Омск,

e-mail: kvomgtu@gmail.com



Н.О. КОВАЛЬКОВСКАЯ

аспирант

ФГБОУ ВО «ОмГТУ», г. Омск

e-mail: kow-nad2009.92@mail.ru

В.С. СЕРДЮК

д-р техн. наук, проф.

ФГБОУ ВО «ОмГТУ», г. Омск

e-mail: vitalyserdyuk@yandex.ru



А.И. ФОМИН

д-р техн. наук,

ведущий научный сотрудник

АО «НЦ ВостНИИ»,

профессор КузГТУ, г. Кемерово

e-mail: ncvostnii@yandex.ru



ВЫБОР МЕТОДА ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ РИСКОВ В ГОРНОЙ ОТРАСЛИ

В настоящей статье на основе анализа отечественных и зарубежных исследований в области управления профессиональными рисками представлен краткий обзор основных методов анализа и прогнозирования профессиональных рисков, имеющих место на рабочих местах предприятий горной отрасли.

Единого методического подхода к прогнозированию и оценки профессиональных рисков в настоящее время нет, а без этого невозможно создать эффективную систему управления охраной труда, снизить уровень аварийности, травматизма и профессиональной заболеваемости на предприятиях горной промышленности.

На основе исследований методов оценки профессиональных рисков сделано научное обоснование выбора наиболее эффективного метода прогнозирования рисков на предприятиях, ведущих добычу полезных ископаемых, — метод Монте–Карло.

В качестве практического применения данного метода приведен пример прогнозирования рисков при проведении одной из технологических операций на предприятиях горной отрасли.

Ключевые слова: ГОРНАЯ ОТРАСЛЬ, ОХРАНА ТРУДА, СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ОХРАНОЙ ТРУДА, ПРОФЕССИОНАЛЬНЫЕ РИСКИ, МЕТОДЫ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ

ВВЕДЕНИЕ

Прогнозирование профессиональных рисков имеет особое значение для совершенствования системы управления охраной труда во всех отраслях экономики России, особенно актуально это для предприятий, имеющих опасные производственные объекты, в том числе для предприятий, занимающихся разработкой месторождений полезных ископаемых.

В ходе исследования были проанализированы нормативные документы, изучены работы отечественных и зарубежных ученых, занимающихся вопросами управления профессиональными рисками [1–25].

«Прогнозирование риска — это расчет вероятности исхода события, повлиявшего на возникновение риска», а «вероятность — это показатель осуществимости того, что произойдет опасное событие» [12]. Под прогнозированием в современной теории необходимо понимать идентификацию и анализ рисков [13].

МЕТОДЫ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ РИСКОВ

Рассмотрим основные методы прогнозирования профессиональных рисков на предприятиях горной отрасли.

При проведении исследования методов оценки профессиональных рисков на предприятиях горной отрасли были рассмотрены **прямые методы**, такие как — **количественные методы**; метод весовых коэффициентов; метод весовых коэффициентов; метод Байеса; метод Файна-Кинни; **качественные методы**: анализ последствий или причинно-следственных связей; метод оценки влияния человеческого фактора; косвенные методы: метод контрольных листов (чек-листов); метод Элмери; анализ корневых причин происшествий, метод интервью; предварительный

анализ опасностей; и **смешанные методы**: матричный метод; анализ дерева неисправностей (FTA); анализ дерева событий (ETA); моделирование по методу Монте–Карло.

На основе обобщенных характеристик и их анализа сделаем небольшой обзор недостатков методов прогнозирования профессиональных рисков.

ПРЯМЫЕ КОЛИЧЕСТВЕННЫЕ МЕТОДЫ ОЦЕНКИ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ РИСКОВ

При прямых методах прогнозирования профессиональных рисков применяется статистическая информация о выбранных показателях риска или прямых показателях ущерба и вероятности их возникновения. При недостаточности статистической информации применяют статистические данные для комбинированной выборки, вероятностно-статистические или экспертно-статистические методы.

К наиболее распространенным прямым количественным методам прогнозирования риска относят:

- метод весовых коэффициентов (метод показателей риска, балльный метод) — весовые коэффициенты выбираются субъективно и при незначительном отклонении от достоверного выбора наблюдаются существенные изменения функции;

- метод Файна–Кинни — отсутствует объективность при проведении оценки профессиональных рисков;

- метод Байеса — определение всех взаимодействий для сложных систем не всегда выполнимо, подход требует знаний множества условных вероятностей, которые получают экспертными методами.

Применение на практике прямых количественных методов прогнозирования профессиональных рисков не всегда возможно.

ПРЯМЫЕ КАЧЕСТВЕННЫЕ МЕТОДЫ ОЦЕНКИ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ РИСКОВ

Прямые качественные методы оценки профессиональных рисков формируются на субъективном суждении, основанном на опыте и практике экспертов. Сравнительная оценка основана на критериях, устанавливаемых экспертами.

К прямым качественным методом прогнозирования риска относят:

– анализ последствий или причинно-следственных связей — применяются для выявления отдельных отказов, но не их сочетаний, требуется значительное количества времени на рассмотрение всех сбоев, в том числе, которые даже не представляют опасность, метод трудоемкий, необходим длительный анализ в отношении сложных систем;

– метод оценки влияния человеческого фактора — сложность и разнообразие психологических, поведенческих, физиологических и компетентностных характеристик человеческого организма и личности работника, которые затрудняют выявление простых опасностей и рисков, отсутствует четкий набор правильных или неправильных действий, что затрудняет оценку риска.

Таким образом, можно сделать вывод, что недостатки качественных методов заключаются в том, что они базируются на субъективных суждениях, основанных на практическом опыте, а сравнительная оценка проводится по критериям, установленным экспертным путем.

КОСВЕННЫЕ МЕТОДЫ ОЦЕНКИ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ РИСКОВ

В косвенных методах прогнозирования профессиональных рисков используются показатели, характеризующие отклонение контролируемых параметров от установленных норм и имеющие причинно-следственную связь с рисками. К косвенным методам оценки профессиональных рисков относятся:

– метод контрольных листов («чек-листов») — стандартная форма идентифика-

ции риска не отображает специфику горной отрасли; вопросы могут быть составлены некомпетентно, из-за неквалифицированного опроса, что не позволяет выявить опасные источники;

– метод интервью — информация может не восприниматься на слух, следовательно, и ответ может нести в себе искаженную информацию, интервью — трудоемкий и временно-затратный процесс, практически не предоставляется возможность работать по шаблону, приходится заново разрабатывать отдельные фрагменты тестов и план интервью, требуется значительное количество времени на апробацию мнений;

– метод использования предварительного анализа опасностей (РНА) — предоставляется только первичная информация о профессиональных рисках;

– метод анализа корневых причин происшествий — рассматривает один источник проблемы, не затрагивая все причины, приводящие к возникновению опасных происшествий;

– метод наблюдения за производственной средой (метод Элмери) — затруднительно применение при наблюдении больших совокупных происшествий, получение качественного, а не количественного характера выводов, сложность, а иногда и невозможность повторения наблюдений, не дает возможности определить, какой именно первоначальный фактор или факторы являются основной причиной повышенного риска.

Исследовав параметры и возможности использования качественных, количественных, косвенных методов оценки рисков на предприятиях горнодобывающей промышленности, необходимо рассмотреть более универсальные — смешанные методы оценки профессиональных рисков.

СМЕШАННЫЕ МЕТОДЫ ОЦЕНКИ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ РИСКОВ

Смешанные методы включают методы, в которых первичные оценки даются на качественном уровне, а затем идет переход к

количественной оценке (в баллах). Методы эти основаны на комплексном подходе к прогнозированию профессиональных рисков, который сочетает методы как количественного, так и качественного анализа риска. Эти методы являются универсальными и используются, если представлена достаточная статистическая база данных по количеству возникновения опасных явлений, а также приняты во внимание экспертные оценки тяжести и вероятности их последствий [20].

К прямым смешанным методам оценки профессиональных рисков относятся:

- матричный метод — необходимо, чтобы в результате оценки прогнозирования полученная матрица соответствовала рассматриваемой ситуации; применяется в качестве средства предварительной оценки риска; применение таких подходов требует наличия всех имеющихся данных для обоснования экспертных суждений о значимости (тяжести) последствий и возможности (вероятности) возникновения опасных ситуаций и воздействия опасностей на организм работника;

- метод анализа дерева неисправностей (FTA) — высокий уровень неопределенности в случаях, когда вероятности события отказа точно неизвестны; в отдельных случаях затруднительно определить, приняты ли во внимание все существенные риски конечного события; фактор времени не учитывается; требуется значительное количество времени и средств на реализацию;

- метод анализа дерева событий (ETA) — реализация метода эффективна только в совокупности с другими методами, т. к. как необходимо идентифицировать все возможные исходные события; затруднено учесть отложенные нарушения исправного состояния или события восстановления системы;

- метод моделирования Монте–Карло (ММК) — точность решений зависит от количества операций, которые могут быть выполнены, что позволяет не оценивать профессиональный риск, а только его прогнозировать; большие и сложные модели могут представлять трудности при их моделировании.

В настоящее время универсального мето-

да оценки профессиональных рисков нет, и каждый из существующих методов имеет как плюсы, так и минусы. Но все они направлены на улучшение условий труда на рабочих местах, сохранение жизни и здоровья работников. Прогнозирование профессиональных рисков является важным этапом процесса управления рисками, охраной труда на горном предприятии, а метод моделирования Монте–Карло дает возможность оперативно получать вероятностный прогноз развития любого риска с применением доступных данных об этапах производственного технологического процесса, статистики аварийности, травматизма, профессиональных заболеваний, поэтому рассмотрим его более детально.

Чаще метод моделирования Монте–Карло применяется в прогнозировании для определения вероятности установленных состояний. Главным критерием выбора данного метода являются то, что он — один из наиболее точных методов прогнозирования профессиональных рисков. Данный метод является надежным (свойство статистического метода, которое характеризует независимость влияния на результат исследования различных типов наблюдений) с точки зрения измерения различных параметров, таких как распределение случайных величин [25].

Модели, применяемые в методе моделирования Монте–Карло, относительно просты с научной точки зрения, и при формировании необходимой ресурсной базы для их разработки и внедрения их можно дополнять и расширять, независимо от источника их возникновения или поступления. Применение метода моделирования Монте–Карло основано на получении множества реализаций стохастического процесса, в каждой из которых его вероятностные составляющие заменяются их случайными реализациями. Последующий анализ полученных реализаций дает возможность получить статистическую информацию о вероятностном поведении стохастического процесса. При каждой реализации случайным образом выбираются значения стохастических элементов модели – ошибки в заданных условиях протекания, например, технологи-

ческого процесса. На основе этих ошибок создается детерминированный прогноз.

Полученная оценка вероятности зависит от количества реализаций, используемых для прогнозирования, и приближается к истинному значению по мере увеличения количества реализаций. В связи с тем, что современные подходы к управлению рисками предъявляют все более жесткие требования к точности прогнозирования, задача прогнозирования ММК усложняется одновременно с развитием информационных технологий. Таким образом, можно решить эту проблему путем создания модели прогнозирования ММК, адекватно описывающей изучаемый процесс. Точность прогноза может быть оценена путем сравнения оценок вероятности модели с частотой опасных событий.

Сущность применения метода Монте-Карло заключается в определении резуль-

татов на основании данных статистики, получаемых к моменту принятия некоторого решения. Поэтому достоверность результатов, получаемых при использовании метода Монте-Карло, решающим образом определяется качеством генератора случайных чисел.

Для получения случайных чисел на ЭВМ используются способы генерирования, которые обычно основаны на многократном повторении некоторой операции. Полученной таким образом последовательности более соответствует название псевдослучайных чисел, поскольку генерируемая последовательность является периодичной и, начиная с некоторого момента, числа начнут повторяться.

Рассмотрим простейшую карту опасностей при нормальном режиме работы дорожно-путевого рабочего, сделанную на основе специфики его деятельности (таблица 1).

Таблица 1

Основные опасности при выполнении технологических операций на рабочем месте дорожно-путевого рабочего горного предприятия

№	Код опасности	Идентифицированные опасности
1.	01.01.01	Опасность падения из-за потери равновесия при спотыкании или поскользывании
2.	02.01	Опасность поражения током вследствие прямого контакта с токоведущими частями из-за касания незащищенными частями тела деталей, находящихся под напряжением
3.	02.02	Опасность поражения током вследствие контакта с токоведущими частями, которые находятся под напряжением из-за неисправного состояния (косвенный контакт)
4.	03.01	Опасность ожога при контакте незащищенных частей тела с поверхностью предметов, имеющих высокую температуру
5.	03.03	Опасность ожога от воздействия открытого пламени
6.	04.01.01	Опасность воздействия пониженных температур воздуха
7.	07.01.02	Опасность от вдыхания паров вредных жидкостей, газов, пыли, тумана, дыма
8.	07.01.05	Опасность воздействия на кожные покровы смазочных масел
9.	10.01	Опасности от физических перегрузок
10.	10.02	Опасность от напряженности трудового процесса
11.	10.02.01	Опасность психических нагрузок, стрессов
12.	11.01	Акустические опасности
13.	12	Вибрация общая
13.	15.01	Опасность, связанная с освещенностью
15.	24.01	Опасность от вдыхания дыма, паров вредных газов и пыли при пожаре
16.	25.02	Опасность обрушения подземных конструкций

Рассмотрим пример расчета прогнозирования опасностей и вероятностей рисков их возникновения в технологическом процессе при проведении работ дорожно-путевым рабочим в горной отрасли. Проведем расчет для 16 вышеизложенных опасностей (таблица 1). Экспертным методом в ходе исследования документации предприятий горной отрасли 4 опасности были определены с вероятностью возникновения выше 80 %, 5 опасностей с вероятностью возникновения выше 50 %, но ниже 80 %, остальные 7 опасностей определены с вероятностью возникновения ниже 50 %.

Методом машинной имитации определим вероятность того, сколько всего может произойти опасных событий во время технологического процесса. Для этого были спрогнозированы риски по 16 опасностям. Все

исходные данные для удобства сформированы в таблицу Microsoft Excel. Исходные значения основных операций при проведении горных выработок возможно получить путем выполнения функции «Генерация случайных чисел», выбираем псевдослучайные числа на интервале от 0 до 1 (16 случайных чисел). При проведении исследования было выполнено 1000 генераций для получения более точной оценки. Важно отметить, что используя метод Монте-Карло, представляется возможным имитировать порядка 10 000 значений для получения еще более высокой точности. Затем был проведен расчет с помощью имитационного моделирования частоты и вероятности возникновения на каждую операцию, результаты которого отражены на рисунке 1.

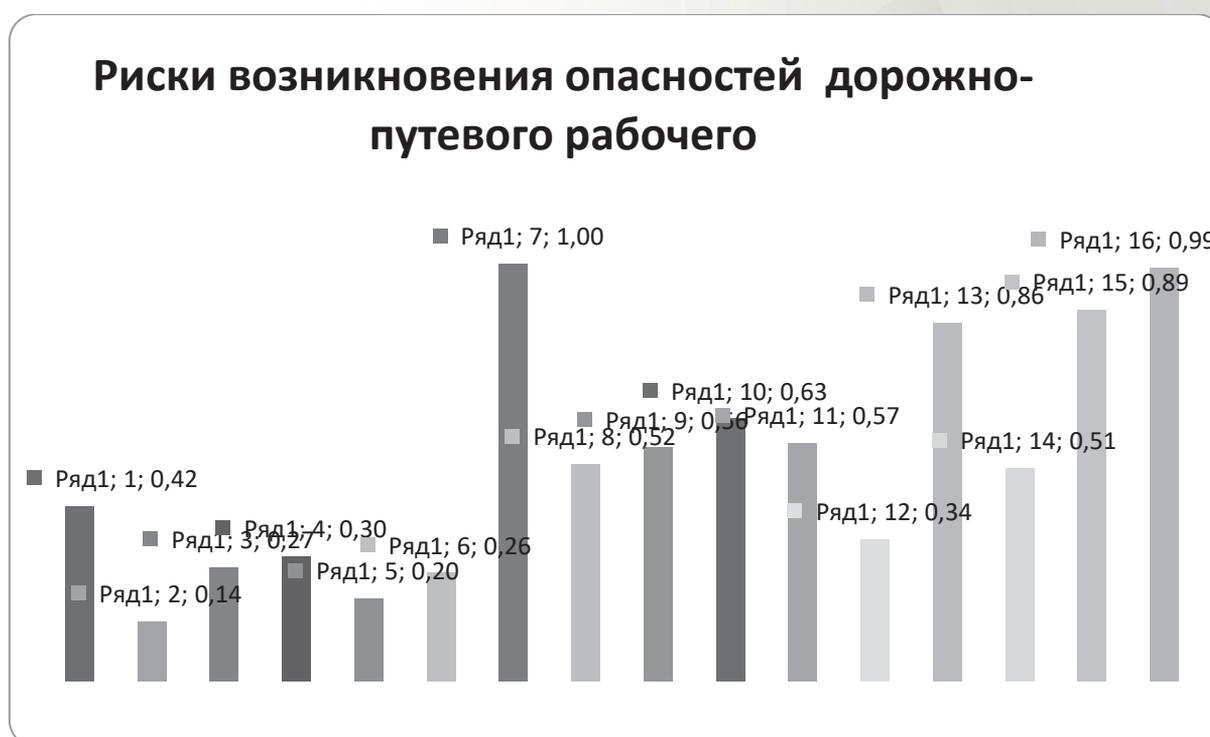


Рис. 1. Основные риски при проведении работ дорожно-путевым рабочим горного предприятия и риск их возникновения

По результатам анализа полученных значений было выявлено, что в ходе технологического процесса при проведении работ дорожно-путевым рабочим в горной отрасли существует высокая вероятность возникновения 7, 13, 15 и 16 опасностей с вероятностью порядка выше 80 %. Данное значение

представляет содержательную оценку риска. Дальнейший анализ показывает наличие от 50 %-ной вероятности до 80 %-ной вероятности того, что возникнет 8, 9, 10, 11, 14 опасностей. Риск возникновения 1-ой опасности равен 42 %, у 3, 4, 5, 6, 12-ой опасностей равен меньше 40 %. А самый низкий риск возник-

новения у 2-ой опасности — равен 14 %. Однако полное отсутствие рисков практически исключено.

Проведенное научное исследование показывает значимость метода Монте–Карло, позволяющего с высокой точностью при увеличении количества генерации значений спрогнозировать вероятность возникновения опасной ситуации, включив в нее больше информации.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Подводя итоги, следует отметить, что анализ рисков представляет собой процесс развития понимания каждого из рисков, выявленных на этапе идентификации рисков, помогает определить параметры потенциальных рисков, а также их возможные последствия. Оценка является завершающим этапом анализа и приводит к количественному выражению риска и/или какому-либо решению, т. е. позволяет количественно сравнить несколько проанализированных объектов, установить значимость явления, что является важным шагом к совершенствованию процесса управления профессиональными рисками и внедрения более

современных подходов и методов прогнозирования и оценки рисков на горных предприятиях. Для выявления эффективных методов прогнозирования профессиональных рисков был проведен анализ наиболее распространенных методов, показавший их недостатки и преимущества.

В условиях особенностей ведения горных работ и существующих профессиональных рисков на предприятиях горной отрасли, по сравнению с другими отраслями экономики, возрастает актуальность использования стохастических методов прогнозирования рисков, одним из которых является метод Монте–Карло. Данный метод позволяет учесть максимально возможное число факторов, влияющих на профессиональный риск в горной отрасли для принятия управленческих решений по минимизации риска, что характеризует ММК как мощное средство, используемое для анализа рисков и управления ими. Используемые модели ММК на предприятиях горной отрасли прозрачные и понятные, что повышает доверие к этому методу. ММК позволяет достичь необходимой точности прогнозируемых рисков на основе увеличения числа реализаций, используемых для построения прогноза.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. OHSAS 18001:2007 «Occupational Health and Safety management systems — Requirements» / Occupational Health and Safety Assessment Series (OHSAS) Standard.
2. ГОСТ 12.0.230-2007. Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Системы управления охраной труда. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200052851> (дата обращения: 07.07.2020).
3. ГОСТ Р 51901.1-2002. Менеджмент риска. Анализ риска технологических систем. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200030153> (дата обращения: 07.07.2020).
4. ГОСТ Р 12.0.010-2009. Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Системы управления охраной труда. Определение опасностей и оценка рисков. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200080860> (дата обращения: 07.07.2020).
5. ГОСТ 12.0.002-2014. Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Термины и определения. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200125989> (дата обращения: 07.07.2020).
6. ISO 45001-2018 Occupational health and safety management systems — requirements with guidance for use.
7. ГОСТ Р 12.0.011-2017. Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Методы оценки и расчета профессиональных рисков работников железнодорожного транспорта. URL: <http://docs.cntd.ru/document/556323222> (дата обращения: 07.07.2020).
8. Read J., Stacey P. (Eds.) Risk management. Guidelines for Open Pit Design, CSIRO Publishing, Melbourne, (2009). P. 381–400.

9. Standard of Practice Actuarial Standard of Practice No. 12. Risk Classification (for All Practice Areas) (2006). URL: <http://www.actuarialstandardsboard.org/asops/risk-classification-practice-areas/> (дата обращения: 07.07.2020).

10. International Standard ISO 31000 Risk management — Principles and guidelines URL: http://iso-iran.ir/standards/iso/ISO_31000_2009_%2C_Risk_Management.pdf (дата обращения: 07.07.2020).

11. Файнбург Г.З. Методы оценки профессионального риска и их практическое применение (от метода Файна-Кинни до наших дней) // Безопасность и охрана труда. 2020. 2 (83). С. 25–41.

12. ГОСТ Р 58771-2019. Менеджмент риска. Технологии оценки риска. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200170253> (дата обращения: 07.07.2020).

13. ГОСТ 12.0.230.4-2018. Системы управления охраной труда. Методы идентификации опасностей на различных этапах выполнения работ. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200160464> (дата обращения: 07.07.2020).

14. Edwin T. Brown. Risk assessment and management in underground rock engineering—an overview. *Journal of Rock Mechanics and Geotechnical Engineering* (2015), 4(3). P. 193–204.

15. Risk management – Risk assessment techniques: ISO / IEC 31010:2009. Geneva: IEC, 2009. 92 p.

16. Analysis techniques for system reliability – Procedure for failure mode and effects analysis: IEC 60812:2006. Geneva: IEC, 2006. 54 p.

17. Environmental Risk Management – Principles and Process: HB 203. Sydney: Standards Australia International; Wellington N.Z.: Standards New Zealand, 2006. 98 p.

18. Fault tree analysis: IEC 61025. Geneva: IEC, 2006. 58 p.

19. Hazard and operability studies (HAZOP studies). Application guide: IEC 61882: Geneva: IEC, 2001. 64 p.

20. HSE — Health and Safety Executive, Risk management. URL: <http://www.hse.gov.uk/risk/index.htm> (дата обращения: 07.07.2020).

21. Barreras A.J. Risk management: Monte Carlo simulation in cost estimating. Paper presented at PMI® Global Congress 2011. North America, Dallas, TX. Newtown Square, PA: Project Management Institute (2011).

22. Leveson N.G. Engineering a safer world: Systems thinking applied to safety. Cambridge, MA: MIT Press (2011).

23. Lintern G.A comparison of the decision ladder and the recognition-primed decision model. *Journal of Cognitive Engineering and Decision Making*, (2010), 4(4). P. 304–327.

24. McDermott R.E., Mikulak R.J., Beauregard M.R., Ebooks C. The basics of FMEA. New York, NY: CRC Press (2009).

25. ГОСТ 12.0.230.5-2018. Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Системы управления охраной труда. Методы оценки риска для обеспечения безопасности выполнения работ. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200160465> (дата обращения: 07.07.2020).

DOI: 10.25558/VOSTNII.2020.28.89.011

UDC 622.2; 622.86;331.45;613.62

© V.V. Ustyuganova, N.O. Kovalkovskaya, V.S. Serdyuk, A.I. Fomin, 2020

V.V. UTUGANOVA

Graduate Student

OmSTU, Omsk

e-mail: kvomgtu@gmail.com

N.O. KOVALKOVSKAYA

Graduate Student
OmSTU, Omsk
e-mail: kow-nad2009.92@mail.ru

V.S. SERDYUK

Doctor of Engineering Sciences, Professor
OmSTU, Omsk
e-mail: vitalyserdyuk@yandex.ru

A.I. FOMIN

Doctor of Engineering Sciences
Leading Researcher
JSC «SC VostNII»,
Professor of KuzSTU, Kemerovo
e-mail: ncvostnii@yandex.ru

CHOICE OF A METHOD FOR FORECASTING PROFESSIONAL RISKS IN THE MINING INDUSTRY

Based on the analysis of domestic and foreign studies in the field of occupational risk management, this article provides a brief overview of the main methods of analysis and forecasting of occupational risks occurring in the workplaces of mining enterprises.

There is currently no unified methodological approach to forecasting and assessing occupational risks, and without this it is impossible to create an effective system of labor protection management, reduce the level of accidents, injuries and occupational morbidity at mining enterprises.

Based on research on methods for assessing occupational risks, a scientific justification has been made for choosing the most effective method for predicting risks in mining enterprises — the Monte Carlo method.

As a practical application of this method, an example of forecasting risks during one of the technological operations at mining enterprises is given.

Keywords: MINING INDUSTRY, LABOR PROTECTION, LABOR SAFETY MANAGEMENT SYSTEM, OCCUPATIONAL RISKS, FORECASTING METHODS.

REFERENCES

1. OHSAS 18001:2007 «Occupational Health and Safety management systems — Requirements» / Occupational Health and Safety Assessment Series (OHSAS) Standard.
2. GOST 12.0.230-2007. Occupational safety standards system (SSBT). Occupational safety management systems. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200052851> (date of application: 07.07.2020). [In Russ.].
3. GOST R 51901.1-2002. Risk management. Risk analysis of technological systems. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200030153> (date of application: 07.07.2020). [In Russ.].
4. GOST R 12.0.010-2009. Occupational safety standards system (SSBT). Occupational safety management systems. Hazard identification and risk assessment. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200080860> (date of application: 07.07.2020). [In Russ.].
5. GOST 12.0.002-2014. Occupational safety standards system (SSBT). Terms and Definitions. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200125989> (date of application: 07.07.2020). [In Russ.].
6. ISO 45001-2018 Occupational health and safety management systems — requirements with guidance for use.
7. GOST R 12.0.011-2017. Occupational safety standards system (SSBT). Methods for assessing and

calculating the occupational risks of railway workers. URL: <http://docs.cntd.ru/document/556323222> (date of application: 07.07.2020). [In Russ.].

8. Read J., Stacey P. (Eds.) Risk management. Guidelines for Open Pit Design, CSIRO Publishing, Melbourne, (2009). P. 381–400.

9. Standard of Practice Actuarial Standard of Practice No. 12. Risk Classification (for All Practice Areas) (2006). URL: <http://www.actuarialstandardsboard.org/asops/risk-classification-practice-areas/> (date of application: 07.07.2020).

10. International Standard ISO 31000 Risk management — Principles and guidelines URL: http://iso-iran.ir/standards/iso/ISO_31000_2009_%2C_Risk_Management.pdf (date of application: 07.07.2020).

11. Fainburg G.Z. Methods for assessing occupational risk and their practical application (from the Fine-Kinney method to the present day) // Safety and labor protection [Bezopasnost i okhrana truda]. 2020. No. 2 (83). P. 25–41. [In Russ.].

12. GOST R 58771-2019. Risk management. Risk assessment technologies. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200170253> (date of application: 07.07.2020). [In Russ.].

13. GOST 12.0.230.4-2018. Occupational safety management systems. Methods for identifying hazards at various stages of work. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200160464> (date of application: 07.07.2020). [In Russ.].

14. Edwin T. Brown. Risk assessment and management in underground rock engineering—an overview. Journal of Rock Mechanics and Geotechnical Engineering (2015). No. 4(3). P. 193–204.

15. Risk management – Risk assessment techniques: ISO / IEC 31010:2009. Geneva: IEC, 2009. 92 p.

16. Analysis techniques for system reliability – Procedure for failure mode and effects analysis: IEC 60812:2006. Geneva: IEC, 2006. 54 p.

17. Environmental Risk Management – Principles and Process: HB 203. Sydney: Standards Australia International; Wellington N.Z.: Standards New Zealand, 2006. 98 p.

18. Fault tree analysis: IEC 61025. Geneva: IEC, 2006. 58 p.

19. Hazard and operability studies (HAZOP studies). Application guide: IEC 61882: Geneva: IEC. 2001. 64 p.

20. HSE — Health and Safety Executive, Risk management. URL: <http://www.hse.gov.uk/risk/index.htm> (date of application: 07.07.2020).

21. Barreras A.J. Risk management: Monte Carlo simulation in cost estimating. Paper presented at PMI® Global Congress 2011—North America, Dallas, TX. Newtown Square, PA: Project Management Institute (2011).

22. Leveson N.G. Engineering a safer world: Systems thinking applied to safety. Cambridge, MA: MIT Press (2011).

23. Lintern G.A comparison of the decision ladder and the recognition-primed decision model. Journal of Cognitive Engineering and Decision Making, (2010), 4(4). P. 304–327.

24. McDermott R.E., Mikulak R.J., Beauregard M.R., Ebooks C. The basics of FMEA. New York, NY: CRC Press (2009).

25. GOST 12.0.230.5-2018. Occupational safety standards system (SSBT). Occupational safety management systems. Risk assessment methods to ensure the safety of work. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200160465> (date of application: 07.07.2020). [In Russ.].