

УДК 622.8.012.2:519.71

Булат А.Ф., акад. НАН України, д-р техн. наук, професор,
Круковский А.П., д-р техн. наук, ст. науч. сотр.,
Бунько Т.В., д-р техн. наук, ст. науч. сотр.,
Кокоулин И.Е., канд. техн. наук, ст. науч. сотр.
(ИГТМ НАН України)
Ященко И.А., канд. техн. наук
(Міненергоуголь України)
Жалилов А.Ш., магістр
(ГП «Селидовуголь»)

ОЦЕНКА ОПАСНОСТИ ШАХТ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕОРИИ РИСКОВ

Булат А.Ф., акад. НАН України, д-р техн. наук, професор,
Круковський О.П., д-р техн. наук, ст. наук. співр.,
Бунько Т.В., д-р техн. наук, ст. наук. співр.,
Кокоулін І.Є., канд. техн. наук, ст. наук. співр.
(ИГТМ НАН України)
Ященко І.О., канд. техн. наук
(Міненерговугілля України)
Жалілов О.Ш., магістр
(ДП «Селидіввугілля»)

ОЦІНКА НЕБЕЗПЕЧНОСТІ ШАХТ З ВИКОРИСТАННЯМ ТЕОРІЇ РИЗИКІВ

Bulat A.F., Acad. NASU, D.Sc. (Tech.), Professor,
Krukovsky A.P., D.Sc. (Tech.), Senior Researcher,
Bunko T.V., D.Sc. (Tech.), Senior Researcher,
Kokoulin I.Ye., Ph.D. (Tech.), Senior Researcher
Yashchenko I.A., Ph.D. (Tech.)
(Ministry of Power Engineering
and Coal Industry of Ukraine)
Zhalilov A.Sh., M.S (Tech)
(SE «Selydivvugillya»)

ESTIMATION DANGER OF MINES WITH THE USE OF THEORY OF RISKS

Аннотация. Обоснована необхідність створення Концепції зниження виробничих ризиків і підвищення безпеки праці на вугільних шахтах, керівним принципом якої повинен бути визначений ризик-орієнтований підхід до забезпечення безпечної експлуатації небезпечних виробничих об'єктів. Першим документом, включаючим вимоги до оцінки ризиків, можна вважати норматив «Система управління виробництвом і охороною праці в вугільній промисловості України. Типове положення».

В ИГТМ НАН Украины ведутся работы по изучению различных составляющих аэрологического риска, который занимает ведущее место среди рисков горного производства. Одним из важных его аспектов является снижение аэрологического и экологического рисков путем утилизации части техногенного газа метана. Для оценки и выработки средств по управлению аэрологическими рисками может быть использована матрица рисков, учитывающая, качественно и количественно, взаимосвязь вероятности возникновения рисков и тяжесть их последствий с учетом фоновых и системных факторов отработки угольных пластов. Для оценки риска предложено разделить аэрологические аварийные факторы на 12 классов и комплексировать их количественно путем суммирования оценок тяжести риска. Эффективной для практического использования может быть матрица состояний системы «вентиляторы главного проветривания – потребители», характеризующая взаимовлияние элементов системы с нарушенными техническими и эксплуатационными показателями. Кроме известных критериев оценки аэрологических рисков в ИГТМ НАН Украины разработан ряд новых, в частности, характеризующих возможность снижения риска совместной работы ВГП, связанного с их взаимовлиянием в составе вентиляционной системы. Показано, что структура матрицы рисков, ее размерность, детализация факторов риска в нормальном режиме и при возникновении аварийной ситуации и принципы ее использования не могут быть однозначно регламентированы, и каждый составитель должен формировать ее, исходя из собственного опыта и, при необходимости, - с привлечением коллектива экспертов.

Ключевые слова: аэрологический риск, матрица рисков, риск-ориентированный подход, вероятность и последствия рисков, аварийность, экспертные оценки

С риском человек знаком с первых дней своего сознательного существования. Понятия «риск» и «опасность» неотделимы: чтобы избежать опасности, человек рискует, выполняя какие-то действия, от цели и объема которых зависит снижение уровня опасности. Но наука о рисках – рискология – возникла относительно недавно, в последней четверти XX века, благодаря практическому стремлению обеспечению человеком личной безопасности. В 1980 году было создано крупнейшее в мире Международное общество анализа рисков – The Society for Risk Analysis, и начато издание первого профессионального журнала по анализу рисков - «Risk Analysis».

Риск, как количественная мера опасности, широко используется иностранными исследователями для обоснованного сравнения безопасности разных областей экономики, типов работ, аргументации социальных преимуществ, оценки вероятности реализации тех или иных нежелательных последствий. В России такие исследования начались позднее; хотя с 1996 года начал издаваться журнал «Управление рисками», и многие специалисты занялись разработкой теории рисков, до настоящего времени не сформирована единая методология оценки рисков. На Украине работы по рискологии только начинаются.

В последнее время все большее распространение получает подход к определению риска как неблагоприятного события, учитывающий не только его вероятность, но и возможные последствия. Термин «риск» используют тогда, когда существует возможность негативных последствий. Риск выступает как вероятностная мера опасности причинения вреда человеку и природной среде в виде возможных потерь в течение определенного времени. С точки

зрения безопасности это означает, что, чем чаще возникает опасная ситуация и чем выше тяжесть последствий, тем выше будет риск, связанный с этой опасностью, т.е. риск выступает в качестве меры опасности того или иного события. А мера, как известно, понятие количественное, т.е. риск может быть представлен в реальных (жертвы, деньги) или условных единицах.

Предприятия угольной отрасли традиционно относятся к опасным производствам. Ведение горных работ на больших глубинах, наличие метана, который является пожаро- и взрывоопасным, негативные проявления горного давления, большое количество задействованных машин и механизмов приводят к тому, что работа в шахте опасна по многим факторам. Аварии на шахтах нередко приводят к гибели людей, потере основных фондов и запасов угля, остановке предприятия и большим финансовым убыткам.

В основу государственной политики в области обеспечения промышленной безопасности должна быть положена (в развитие положений [1]) Концепция решения вопросов снижения производственных рисков и повышения безопасности труда. Руководящим принципом Концепции должен быть определен риск-ориентированный подход к обеспечению безопасной эксплуатации опасных производственных объектов.

В Украине, существует множество нормативов по обеспечению безопасности в угольных шахтах, однако первым документом, который включает требования по оценке рисков, можно считать только нормативный документ «Система управления производством и охраной труда в угольной промышленности Украины. Типовое положение» [2], окончательная редакция которого (с учетом [3] и замечаний ряда заинтересованных организаций) подготовлена к утверждению Минэнергоуглем Украины.

Исходя из сформулированных общих подходов, можно условно дифференцировать шахтные риски на следующие группы: производственные, экологические, (геомеханические, геодинамические) и аэрологические. Условно потому, что нет четких границ между этими группами. Например, производственные риски, которые в нормальных условиях характеризуют (качественно или количественно) уровень промышленной безопасности, в экстремальных условиях нарушают ход производственного процесса и провоцируют возникновение аварий, которые в той или иной степени способны повлиять на экологическое состояние региона, где расположено предприятие, и людей, которые в этом регионе проживают, и способны привести к реализации аэрологических рисков.

В ИГТМ им. Н.С. Полякова НАН Украины ведутся работы по изучению различных составляющих аэрологического риска, который занимает ведущее место среди рисков горного производства. Снабжение потребителей шахты необходимым количеством воздуха и борьба с газом метаном как в нормальном режиме работы шахты, так и при возникновении аварий и аварийных ситуаций, вызванных им, - вот две основные задачи шахтного проветривания и, в частности, управления аэрологическим рисками.

В связи с этим, следует выделить научное направление в ИГТМ им. Н.С. Полякова НАН Украины под руководством академика НАН Украины А.Ф. Булата, целью которого является снижение аэрологических и экологических рисков угольной шахты, связанных с газом метаном, путем его утилизации и использования в качестве ценного альтернативного вида топлива.

Основным фактором аэрологических рисков является, таким образом, метан. Борьба с ним, как вредной примесью к шахтному воздуху, и одновременное использование как альтернативного вида топлива, являются основными направлениями снижения рисков шахты в плане уменьшения вероятности возникновения аварий, ликвидация которых предполагает использование вентиляционного воздействия. Принятая классификация шахт по категориям по метану безусловно, полезна, но несколько избыточна: основным, определяющим, фактором является наличие или отсутствие метана в шахте, а оценка его предельных или взрывоопасных концентраций - вопрос второй.

Риск, как уже отмечалось, имеет две составляющие: вероятность возникновения (или осложнения существующего) и тяжесть последствий. Поэтому для его оценки и выработки средств по управлению им в теории рисков используется двухмерная модель - матрица рисков.

Структурно аэрологические риски находятся между производственными и экологическими рисками, тесно контактируя с обеими группами. Технологические риски связаны непосредственно с проявлениями геомеханических и горно-технических факторов, аэрологические - заключаются в возможности, в результате отказа системы проветривания, возникновения аварийных ситуаций газо- и термодинамического характера, экологические [7] - вызывают травмы и даже смерть рабочих вследствие нарушения воздухообмена производственных участков и возникновения участков с опасными или взрывоопасными концентрациями метана, а также поступлением значительных его количеств в атмосферу региона и планеты в целом.

Сейчас в частном порядке горными предприятиями разрабатываются инструкции по управлению рисками в области промышленной безопасности, охраны труда и окружающей среды. Одним из методов является метод оценки рисков на основе ранжирования требований безопасности, основанный на экспертных оценках специалистов по поиску наиболее опасных источников отклонений и ранжирование их важности.

В настоящее время отсутствует система методических документов, которая позволяла бы на единой основе проводить оценку аэрологических рисков горнодобывающих предприятий. Необходимо разработать методическое обеспечение управления производственными рисками, которое позволит комплексно учитывать технические, технико-технологические, организационные и экономические факторы производства.

Решение проблемы обеспечения аэрологической безопасности предусматривает выполнение комплекса работ, связанных с анализом и оценкой риска возможных аварий, возникающих вследствие отклонения

параметров атмосферы от нормативных значений. При проведении оценки аэрологических рисков аварий необходимо учитывать аэрологические риски аварий на выемочных участках, а также аэрологические риски, возникающие вследствие нарушения дегазации, возможного разрушения горных выработок и воздухорегулирующих сооружений, отказов вентиляторов главного проветривания. При этом используются статистические данные по частотам, интенсивности и вероятности отказов шахтных вентиляционных систем.

Оценка аэрологического риска аварий на выемочном участке должна учитывать фоновые (газоносность, фильтрационно-коллекторские свойства, пылеобразующая способность, прочностные характеристики пластов и вмещающих пород и т.д.) и системные (газообильность участка, нагрузка на очистной забой, скорость его подвигания, топологические и аэродинамические параметры схем вентиляции участка) факторы отработки угольных пластов. Под аэрологическим риском аварий на выемочном участке следует понимать степень опасности, характеризующую возможность возникновения аварий, связанных с отклонением параметров шахтной атмосферы от их нормативных значений, установленную для схемы вентиляции выемочного участка.

Неоднократно делались попытки комплексной оценки аэрологического риска угольных шахт. Однако удачными эти попытки не стали вследствие многоплановости аэрологических факторов и их возможного влияния на состояние производства. Нами предлагается следующий метод. Он не претендует на исчерпывающую полноту, но предложенные подходы кажутся нам прогрессивными.

Аэрологические аварийные факторы и меры по их предупреждению и ликвидации условно можно подразделить на 12 классов. Внутри каждого класса существуют характеристические факторы, которым можно условно выставить оценки, которые будут характеризовать их «вес» в комплексной оценке риска шахты. Оценка проводится по известным частным и предлагаемым ИГТМ НАН Украины критериям, а комплексирование осуществляется путем суммирования этих оценок. Возникновение в прошлом (в течение анализируемого периода работы шахты) аварийной ситуации, связанной со взрывами метана в классах 1-8, добавляет дополнительные «штрафные» баллы к комплексной оценке., а за каждую возникшую аварию типов 10-12 добавляется по одному штрафному баллу (табл. 1).

Для условной шахты (с достаточно неплохими показателями) получена комплексная оценка риска в 10,4 условных баллов, характеризующей степень опасности аварий на ней, как среднюю, то есть вообще работа является удовлетворительной, но надо обратить внимание на некоторые факторы (в нашем примере - случаи экзогенного и эндогенного пожаров, произошедших в прошедшем периоде).

Таблица 1 – Комплексная оценка риска угольных шахт

| № п/п | Фактор риска | Балльная оценка (0÷1) | Комментарии | Условный пример |
|--|--|-----------------------|--|-----------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Показатели проветривания | | | | |
| 1 | Категория шахты по метану | | | |
| | негазовая | 0,0 | Определяется в соответствии с существующими нормативными документами | 0,5 |
| | I категория | 0,1 | | |
| | II категория | 0,3 | | |
| | III категория | 0,5 | | |
| | сверхкатегорийная | 1,0 | | |
| | опасная по внезапным выбросам | 0,9 | | |
| 2 | Обеспеченность шахты воздухом | | | |
| | обеспечена | 0 | Определяется с учетом критериев энергоэффективности и энергосбережения | 0 |
| | обеспечена | 0,3 | | |
| | | 0,6 | | |
| | | 1,0 | | |
| 3 | Устойчивость проветривания | | | |
| | 1 категория | 0 | Определяется с учетом критериев топологического и параметрического взаимовлияния ВПП | 0,5 |
| | 2 категория | 0,3 | | |
| | 2 категория (аварии) | 0,5 | | |
| | 3 категория | 1,0 | | |
| 4 | Трудность проветривания | | | |
| | легко проветриваемая | 0 | Определяется в соответствии с дифференцированным критерием и критерием технической эффективности | 0,4 |
| | средней трудности проветривания | 0,4 | | |
| | | 0,7 | | |
| | трудно проветривается | 1,0 | | |
| Средства усовершенствования проветривания | | | | |
| 5 | Комплексная дегазация | | | |
| | для объема капируемого метана в абсолютной газообильности шахты, % | 0 | На негазовых шахтах и шахтах I категории оценка равна 0,0. Определяется с учетом экологических критериев | 0,3 |
| | | 0,3 | | |
| | | 0,5 | | |
| | | 1,0 | | |
| 6 | Аэрогазовый контроль | | | |
| | стационарный контроль (УГАС) | 0,2 (нет – 0,5) | Определяется по методикам ИГТМ | 0,2 |
| | маршрутный контроль | 0,3 (нет – 0,8) | | |
| | комбинированный контроль | 0,8 (нет – 0,8) | | |
| 7 | Комплексное обеспыливание (орошение) | | | |
| | на загрузочном пункте | 0,2 (нет – 0,6) | Определяется по методикам ИГТМ | 0,2 |
| | при проходке | 0,4 (нет – 0,6) | | |
| | в лаве | 0,5 (нет – 1,0) | | |
| 8 | Пылевзрывозащита | | | |
| | в общешахтных выработках | 0,2 (нет – 0,5) | Определяется по методикам ИГТМ | 0,2 |
| | на подготовительном участке | 0,7 (нет – 1,0) | | |
| | на выемочном участке | 0,6 (нет – 1,0) | | |

Продолжение табл. 1

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|------------------------------------|---------------------------------------|-----|---|-------------|
| Аварии и аварийные ситуации | | | | |
| 9 | Экзогенные пожары | | | |
| | на выемочных участках | 1,0 | Определяется по методикам ИГТМ За каждый возникший пожар добавляется к основному удвоенный балл | 3,0 |
| | на проходческих участках | 1,0 | | |
| | в камерах | 0,9 | | |
| | в дополнительных потребителях воздуха | 0,7 | | |
| | на других участках | 0,3 | | |
| 10 | Эндогенные пожары | | | |
| | пласты, не склонные к самовозгоранию | 0 | Определяется по методикам ИГТМ | 1,3 |
| | пласты, склонные к самовозгоранию | 0,3 | | |
| | | 0,6 | | |
| | | 1,0 | | |
| 11 | Внезапные выбросы | | | |
| | не выбросоопасные пласты | 0 | Определяется по методикам ИГТМ | |
| | угрожаемые пласты | 0,3 | | |
| | опасные пласты | 0,5 | | |
| | все пласты опасны | 1,0 | | |
| 12 | Прорывы метана | | | |
| | не опасные пласты | 0 | За каждый суфляк оценка увеличивается на 1 балл | |
| | угрожаемые пласты | 0,3 | | |
| | опасный пласт | 0,5 | | |
| | все пласты опасны | 1,0 | | |
| | Всего по шахті (R) | | | 10,4 |

Однако этот метод оценивания (преимущественно количественный) не учитывает ряд факторов, которые трудно формализуются, и требуют предварительной качественной оценки. Связь таких факторов тоже двумерная, хотя взаимовлияющих факторов может быть и больше. Необходимо использовать одну из разновидностей матрицы рисков [6].

Для оценки степени опасности аварии (ОА) используются следующие расчетные показатели (табл. 2).

Таблица 2 – Оценка степени опасности аварии

| Сравнительная степень ОА | Значения расчетного показателя R | |
|--------------------------|----------------------------------|----------------|
| Малая | R < 7,1 | НА < 10% |
| Средняя | R = 7,2 ÷ 13,9 | 10% < НА < 30% |
| Высокая | R = 14,0 ÷ 16,9 | 31% < НА < 80% |
| Необычайно высокая | R > 17 | НА > 80% |

Качественная матрица оценки рисков является лишь первым этапом формирования проблемно-ориентированной матрицы оценки рисков горного производства. Она содержит сведения о вреде людям и окружающей среде (только качественные, которые лишь указывают на возможную степень причиненного вреда), возможного нарушения правовых норм (что вообще количественно не оценивается), нарушения социальных интересов.

Если представить степени риска по вероятности и тяжести в денежном эквиваленте материальных и человеческих потерь, то полученные с использованием методов вербальных оценок результаты будут уравновешены по величине (хотя они и не имеют физического смысла). Используя их, уже можно будет выработать эффективную стратегию управления рисками системы управления производством и охраной труда (СУПОТ) или системой противоаварийной защиты (СПАЗ) [4]. Критерии работы с составленными матрицами с целью достижения приемлемых решений как безопасности, так и трудоемкости (в зависимости от приоритетности используемого подхода) представлены в [5].

Матриц рисков в практике горного предприятия может использоваться много. Можно привести пример матрицы рисков (табл. 3) одновременного использования двух образующих аэрологический риск элементов шахтной вентиляционной системы: ее выработки и вентилятора главного проветривания, который ее обслуживает. Система «вентиляторы главного проветривания - шахтная вентиляционная сеть» характеризуется сложным взаимодействием элементов. Все они имеют некоторые значения износа, загроможденности и т.д., которые нужно учитывать при оценке риска возникновения аварийной ситуации в системе.

Для каждого ВГП и каждой выработки-потребителя вводится три категории состояния: хорошее, удовлетворительное и неудовлетворительное. В свою очередь каждое из этих состояний делится на подкатегории по определенным факторами (три - для ВГП, они охарактеризованы в таблице по вертикали, четыре - для выработок-потребителей, они расположены по горизонтали). Такая матрица строится для конкретного объекта, и ждать универсальных рекомендаций или выводов не стоит - их не может быть принципиально, никто не знает лучше свой объект, чем его сотрудник - технолог.

Кроме известных критериев оценки аэрологических рисков в ИГТМ НАН Украины разработан ряд новых [7,8], представленных в адаптированном к современным условиям виде:

а) критерий топологического взаимовлияния ВГП

$$\bar{U} = \bigcup_{i=1}^{m_g} \bigcup_{j=1}^{m_g} \{(U_i^g \cap U_j^g)\}$$

б) критерий параметрического взаимовлияния ВГП

$$\bar{U}_{общ} = \sum_{(j, j_k) \in \bar{U}_{вых}} Q(j, j_k) \rightarrow \sum_{(j, j_k) \in \bar{U}_{вых}} \left\{ \min \sum_{\substack{(j, j_k) \in U_1^g \\ \sum_k Q(j, j_k) \leq \sum_m Q(j, j_m)}} Q(j, j_k) + \max \sum_{(j, j_m) \in U_p^g} Q(j, j_m) \right\}$$

Таблица 3 – Матрица аэрологического риска (взаимосвязи рисков ВГП и ШВС)

| Состояние ВГП | | Состояние выработки, как потребителя и средства доставки воздуха | | | | | | | | | | | |
|-----------------|---|--|-------|-------|-------|--------------------|-------|-------|-------|----------------------|----------|----------|----------|
| | | Хорошее | | | | Удовлетворительное | | | | Неудовлетворительное | | | |
| | | X_1 | X_2 | X_3 | X_4 | X_5 | X_6 | X_7 | X_8 | X_9 | X_{10} | X_{11} | X_{12} |
| хорошие | Незначительное ослабление креплений узлов | 1 | 1 | 1 | 1 | 0,75 | 0,8 | 0,75 | 0,8 | 0,8 | 0,7 | 0,8 | 0,8 |
| | Заваренные трещины, не выходящие за контур | 1 | 1 | 1 | 1 | 0,8 | 0,8 | 0,75 | 0,75 | 0,65 | 0,65 | 0,65 | 0,65 |
| | Равномерный износ рабочего оборудования | 1 | 1 | 1 | 1 | 0,75 | 0,7 | 0,75 | 0,7 | 0,65 | 0,6 | 0,65 | 0,6 |
| удовлетворит. | Допустимый износ и деформация узлов | 0,9 | 0,9 | 0,9 | 0,9 | 0,75 | 0,7 | 0,65 | 0,7 | 0,6 | 0,6 | 0,6 | 0,6 |
| | Трещины, не выходящие за контур | 0,8 | 0,8 | 0,8 | 0,8 | 0,7 | 0,65 | 0,65 | 0,6 | 0,55 | 0,55 | 0,55 | 0,5 |
| | Допустимый износ соединений | 0,8 | 0,8 | 0,8 | 0,7 | 0,7 | 0,65 | 0,65 | 0,65 | 0,5 | 0,55 | 0,5 | 0,5 |
| неудовлетворит. | Недопустимые износ и деформация узлов и соединений. Трещины металлоконструкций, выходящие за контур | 0,6 | 0,6 | 0,6 | 0,6 | 0,5 | 0,55 | 0,55 | 0,5 | 0,45 | 0,45 | 0,4 | 0,4 |
| | Отсутствие крепления элементов | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,4 | 0,4 | 0,35 | 0,35 | 0,3 | 0,25 | 0,25 | 0,2 |
| | Любые повреждения колеса и направляющего аппарата | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,25 | 0,25 | 0,25 | 0,2 | 0,15 | 0,15 | 0,1 | 0,1 |

Показатели состояния ВГП описаны явно; для выработок-потребителей приняты обозначения X_1, \dots, X_{12} , а именно: X_1 - фактический расход воздуха соответствует расчетному; X_2 - отсутствие загроможденности; X_3 - площадь поперечного сечения выработки отвечает требованиям Правил безопасности к скорости движения воздуха для данного типа потребителя; X_4 - отсутствуют ограничения на использование на участке местного регулирования воздушных потоков; X_5 - фактический расход превышает расчетный (недостаточная энергоэффективность проветривания); X_6 - в качестве местных сопротивлений выступают только технологические элементы, принимающие участие в производственном процессе; X_7 - существующие местные сопротивления не нарушают требований Правил безопасности по скорости движения воздуха; X_8 - имеет место уменьшение площади поперечного сечения выработки в допустимых пределах; X_9 - фактический расход воздуха меньше расчетного; X_{10} - местные сопротивления технологического характера нарушают требования Правил безопасности к скорости движения воздуха; X_{11} - в выработках присутствует загроможденность, подлежащая ликвидации; X_{12} - несоответствие требованиям эксплуатации по фактору вентиляции

в) дифференцированный критерий трудности проветривания

$$n_{y\partial} = \left\{ \frac{Q_1^e H_1^e}{100(\sum_i^{n_{yч}} Q_{yч}^i + \sum_i^{n_{кам}} Q_{кам}^i + \sum_i^{n_{под}} Q_{под}^i) \eta_{\partial i}} ; \frac{Q_2^e H_2^e}{100(\sum_i^{n_{yч}} Q_{yч}^i + \sum_i^{n_{кам}} Q_{кам}^i + \sum_i^{n_{под}} Q_{под}^i) \eta_{\partial i}} \dots \frac{Q_e^e H_e^e}{100(\sum_i^{n_{yч}} Q_{yч}^i + \sum_i^{n_{кам}} Q_{кам}^i + \sum_i^{n_{под}} Q_{под}^i) \eta_{\partial i}} \right\}$$

г) критерий технической эффективности

$$N_e = \frac{Q_e H_e}{1000 \eta_e},$$

Вследствие своей разноплановости они не допускают комплексирования (кроме некоторых их них), но их последовательная удовлетворяемость достижима.

Таким образом, структура матрицы рисков, ее размерность, детализация факторов риска в нормальном режиме и при возникновении аварийной ситуации и принципы ее использования не могут быть однозначно регламентированы. Ознакомление с матрицами риска, используемыми несколькими угольными шахтами при совершенствовании СУПОТ и решения задач СПАЗ, показало нецелесообразность рекомендации единого варианта к широкому использованию. Слишком они отличаются как по выбору и степени детализации рисков, так и по величине и сложности. Они ориентированы на конкретный объект и формируются согласно его потребностям и квалификации составителя, и дают лишь наглядное представление о структуре и принципах использования матрицы рисков. Каждый пользователь должен составлять матрицу рисков по своему усмотрению с использованием изложенных выше приемов, при необходимости привлекая к решению этой задачи квалифицированных экспертов Основным условием является удобство и эффективность ее использования в аварийной ситуации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Концепція підвищення рівня охорони праці на вугільних шахтах України (Затверджено Мінпаливенерго України 17 січня 2005р.). – Київ, 2005. – 29с.
2. СОУ-П 10.1.00174088.018:2009 Система управления производством и охраной труда в угольной промышленности Украины (типовое руководство). Утверждено Приказом Министерства угольной промышленности Украины от 21.01.2010 № 7. – Киев, 2010. – 200с.
3. Бунько, Т.В. Совершенствование системы управления производством и охраной труда / Т.В. Бунько, В.Г. Шевченко, И.А. Яценко, И.Е. Кокоулин // Геотехническая механика: межвед. сб. науч. тр. / ИГТМ НАН Украины. – Днепропетровск, 2016. – Вып. 127. – С. 3-17.
4. Булат, А.Ф. Управление показателями аварийности и травматизма с использованием матрицы рисков / А.Ф. Булат, Т.В. Бунько, И.Е. Кокоулин, И.А. Яценко // Геотехническая механика: межвед. сб. науч. тр. / ИГТМ НАН Украины. – Днепр, 2016. – Вып. 128. – С. 19-30.
5. Булат, А.Ф. Критерии использования матрицы рисков при совершенствовании системы управления производством и охраной труда на угольных шахтах / А.Ф. Булат, Т.В. Бунько, И.Е.

Кокоулин, И.А. Ященко // Геотехническая механика: межвед. сб. науч. тр. / ИГТМ НАН Украины. – Днепр, 2016. – Вып. 133. – С. 228-238.

6. Ященко, И.А. Использование теории рисков в системах противоаварийной защиты угольных шахт / Матеріали VII Всеукраїнської науково-практичної конференції з міжнародною участю «Надзвичайні ситуації: безпека та захист», м. Черкаси, 20-21 жовтня 2017 року. – Черкаси: ЧПБ ім. Героїв Чорнобиля, 2017. – С. 126-128.

7. Булат, А.Ф. Комплексирование параметров вентиляторов главного проветривания и реконфигурируемой вентиляционной сети угольной шахты / А.Ф. Булат, Т.В. Бунько, А.Ш. Жалилов, И.А. Ященко, А.Б. Бокий, И.Е. Кокоулин. – Днепр, 2017. – 160с.

8. Булат, А.Ф. Совершенствование функционирования угольных шахт: вентиляция, кондиционирование, дегазация, экология / А.Ф. Булат, Т.В. Бунько, И.А. Ященко, М.В. Шишов, В.В. Мирошниченко, В.Р. Алабьев, А.Б. Бокий, Л.А. Новиков, М.Н. Дудник, И.Е. Кокоулин. – Днепр, 2017. – 465с.

REFERENCES

1. Conception of increase level of labour protection on the coal mines of Ukraine (Ministry of Fuel and Power Engineering of Ukraine is Ratified on January, 17 2005p.) (2005), Kiev, UA.

2. Ministry of Coal Industry of Ukraine (2010), *SOU-P 10.1.00174088.018:2009 Systema upravleniya proizvodstvom i okhranoj truda v ugolnoj promyshlennosti Ukrainy (tipovoye rukovodstvo)* [SOU-T 10.1.00174088.018:2009: Control System by production and labour protection in coal industry of Ukraine (model guidance)], Kiev, UA.

3. Bunko, T.V., Shevchenko, V.G., Yashchenko, I.A. and Kokoulin, I.Ye. (2016), «Perfection of the control system by production and labour protection», *Geo-Technical Mechanics*, no. 127, pp 3-17.

4. Bulat, A.F., T.V. Bunko, T.V., Kokoulin, I.Ye. and Yashchenko, I.A. (2016), «Control indexes of accident rate and traumatism with the use of matrix of risks», *Geo-Technical Mechanics*, no. 128, pp 19-30.

5. Bulat, A.F., T.V. Bunko, T.V., Kokoulin, I.Ye. and Yashchenko, I.A. (2017), «Criterion uses matrix of risks at perfection of the control system by production and labour protection on coal mines», *Geo-Technical Mechanics*, no. 133, pp 228-238.

6. Yashchenko, I.A. (2017), «Use theories of risks in the systems of against-accident defence of coal mines», Materials of the VII All Ukrainian Science-Practical Conference with International Participation «Extraordinary Situations: Safety and Defence», Cherkasy, UA, 21 zhovtnya 2017, pp 126-128.

7. Bulat, A.F., Bunko, T.V., Zhalilov, A.Sh. [and others] (2017), *Kompleksirovaniye parametrov ventilyatorov glavnogo provetrivaniya i rekonfiguriruyemoy ventilyatsionnoy seti ugolnoy shakhty* [Complexing parameters of mine fans and reconfigured ventslation network of coal mine], Dnepr, UA.

8. Bulat, A.F., Bunko, T.V., Yashchenko, I.A. [and others] (2017), *Sovershenstvovaniye funktsionirovaniya ugolnykh shakht: ventilyatsiya, konditsionirovaniye, degazatsiya, ekologiya* [Perfection functionings of coal mines: ventilation, conditioning, degassing, ecology], Dnepr, UA.

Об авторах

Булат Анатолий Федорович, Академик Национальной академии наук Украины, доктор технических наук, профессор, директор института, Институт геотехнической механики им. Н.С. Полякова Национальной академии наук Украины (ИГТМ НАНУ), Днепр, Украина, gtm.bulat@gmail.com

Круковский Александр Петрович, доктор технических наук, старший научный сотрудник, заместитель директора института по научной работе, Институт геотехнической механики им. Н.С. Полякова Национальной академии наук Украины (ИГТМ НАНУ), Днепр, Украина, igtm@ua.fm

Бунько Татьяна Викторовна, доктор технических наук, старший научный сотрудник, старший научный сотрудник в отделе проблем разработки месторождений на больших глубинах, Институт геотехнической механики им. Н.С. Полякова Национальной академии наук Украины (ИГТМ НАНУ), Днепр, Украина, bunko2017@ukr.net

Кокоулин Иван Евгеньевич, кандидат технических наук, старший научный сотрудник, старший научный сотрудник в отделе проблем разработки месторождений на больших глубинах, Институт геотехнической механики им. Н.С. Полякова Национальной академии наук Украины (ИГТМ НАНУ), Днепр, Украина, bunko2017@ukr.net

Яценко Игорь Алексеевич, кандидат технических наук, заместитель начальника управления охраны труда, промышленной безопасности, физической и гражданской защиты Министерства энергетики и угольной промышленности Украины, Киев, Украина

Жалилов Александр Шамильевич, магистр, главный механик ГП «Селидовуголь», Селидово, Украина, zhalilov.aleksandr@gmail.com

About the authors

Bulat Anatoly Fedorovich, Academician of the National Academy of Science of Ukraine, Doctor of Technical Sciences (D. Sc), Professor, Director of the Institute, M.S. Polyakov Institute of Geotechnical Mechanics, National Academy of Sciences of Ukraine (IGTM, NASU), Dnepr, Ukraine, gtm.bulat@gmail.com

Krukovsky Aleksandr Petrovich, Doctor of Technical Sciences (D. Sc), Senior Researcher, Deputy Director of the Institute, M.S. Polyakov Institute of Geotechnical Mechanics, National Academy of Sciences of Ukraine (IGTM, NASU), Dnepr, Ukraine, igtm@ua.fm

Bunko Tatyana Viktorovna, Doctor of Technical Sciences (D.Sc), Senior Researcher, Senior Researcher in Department of problems of underground mines in great depths, M.S. Poljakov Institute of Geotechnical Mechanics under the National Academy of Sciences of Ukraine (IGTM NASU), Dnepr, Ukraine, bunko2007@mail.ru

Kokoulin Ivan Yevgenievich, Candidate of Technical Sciences (Ph.D.), Senior Researcher, Senior Researcher in Department of problems of underground mines in great depths, M.S. Poljakov Institute of Geotechnical Mechanics under the National Academy of Sciences of Ukraine (IGTM NASU), Dnepr, Ukraine

Yashchenko Igor Alekseevich, Candidate of Technscal Sciences (Ph.D.), Deputy Chsef of the Department of Labour Protection, Industrial Safety, Physical and Civil Defence, Ministry of Pjwer Engineering and Coal Industry of Ykraine, Riev, Ukraine.

Zhalilov Aleksandr Shamiyevych, Master of Science, Chief Mechanical Engineer of the State Enterprise «Selidovugol», Selidovo, Ukraine, alnat01@mail.ru.

Анотація. Обґрунтовано необхідність створення Концепції зниження виробничих ризиків і підвищення безпеки праці на вугільних шахтах, керівним принципом якої повинен бути визначений ризик-орієнтований підхід до забезпечення безпечної експлуатації небезпечних виробничих об'єктів. Першим документом, що включає вимоги щодо оцінки ризиків, можна вважати норматив «Система управління виробництвом і охороною праці у вугільній промисловості України. Типове положення».

У ІГТМ НАН України ведуться роботи щодо вивчення різних складових аерологічного ризику, який займає провідне місце серед ризиків гірничого виробництва. Одним із важливих його аспектів є зниження аерологічного і екологічного ризиків шляхом утилізації частини техногенного газу метану. Для оцінки і вироблення засобів щодо керування аерологічними ризиками може бути використана матриця ризиків, яка враховує, якісно і кількісно, взаємозв'язок імовірності виникнення ризиків і тяжкості їх наслідків з урахуванням фонових і системних факторів відпрацювання вугільних пластів. Для оцінки ризику запропоновано розділити аерологічні аварійні фактори на 12 класів і комплексувати їх кількісно шляхом сумування оцінок тяжкості ризику. Ефективною для практичного використання може бути матриця станів системи «вентилятори головного провітрювання – споживачі», що характеризує взаємовплив елементів системи з порушеними технічними і експлуатаційними показниками. Крім відомих критеріїв оцінки аерологічних ризиків у ІГТМ НАН України розроблено ряд нових, які, зокрема, характеризують можливість зниження ризику спільної роботи ВГП, пов'язаного з хх взаємовпливом у складі вентиляційної системи. Показано, що структура матриці ризиків, її розмірність, деталізація факторів ризику у нормальному режимі і під час виникнення аварійної ситуації і принципи її використання не можуть бути однозначно регламентовані, і кожний складач повинен формувати її, виходячи із власного досвіду і, за необхідності, - із залученням колективу експертів.

Ключові слова: аерологічний ризик, матриця ризиків, ризик-орієнтований підхід, імовірність і наслідки ризиків, аварійність, експертні оцінки

Annotation. The necessity of creation Conception of decline of production risks and increase safety of labour on coal mines is grounded. The leading principle of which may be the risk-oriented certain approach to providing of safe exploitations of dangerous production objects. By the first document including the requirements as evaluated by the risks, it is possible to count a norm «System by control production and labour protection in coal industry of Ukraine. Model statute».

Works on the study of different constituents of aerological risk which takes leading seat among the risks of mine production are conducted in IGTM NAS of Ukraine. One of important his aspects is the decline of aerological and ecological risks by utilization part of technogen methane. For estimation and making of facilities on the management the aerological risks may be use the matrix of risks, taking into account, quality and quantitative, intercommunication probability of origin of risks and weight of their consequences taking into account the background and system factors of working off coal layers. For estimation of risk it is suggested to divide aerological emergency factors into 12 classes and complexed them quantitative by adding up of estimations weight of risk. Effective for the practical use there may be the matrix of states of the system «main fans - users», characterizing interrelation of elements of the system with the broken technical and operating indexes. Except for the known criteria estimation of aerological risks the row of new is developed in IGTM NAS of Ukraine, in particular, characterizing possibility decline of the risk of the joint work of main fans, related to their interconnection in composition the ventilation system. It is shown that structure of matrix of risks, its dimension, refinement factors of risk in the normal mode and in case occurring of emergency situation and principles of its use can not be simply regulated, and every compiler must form her, coming own experience and, if necessary, - with bringing in of collective of experts.

Keywords: aerological risk, matrix of risks, risk-oriented approach, probability and consequences of risks, accident rate, expert estimations./

Статья поступила в редакцию 28.07.2017

Рекомендовано к печати д-ром техн. наук К.К. Софийским