

Академик НАН Украины А.Ф. Булат
(ИГТМ НАН Украины),
д-р техн. наук Б.В. Бокий
(ПАО «Шахта им. А.Ф. Засядько»),
кандидаты техн. наук И.А. Ященко
(Минуглепром Украины),
Т.В. Бунько, И.Е. Кокоулин
(ИГТМ НАН Украины)

КОНЦЕПЦИЯ БЕЗОПАСНОГО КОНТРОЛЯ И УПРАВЛЕНИЯ ПРОВЕТРИВАНИЕМ УГОЛЬНЫХ ШАХТ В НОРМАЛЬНЫХ И АВАРИЙНЫХ РЕЖИМАХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКИХ ТЕХНОЛОГИЙ

У нинішній час існують такі нормативно-методичні документи вугільної галузі, як Концепція підвищення рівня охорони праці в у нормальних та аварійних режимах на вугільних шахтах України та Концепція безпеки. Однак вони відносяться переважно до технічних аспектів охорони праці, і не враховують нових тенденцій – впровадження на багатьох шахтах інформаційно-аналітичних технологій контролю та керування технологічними процесами. У статті викладено основні положення, які ліквідують вказані недоліки в частині вентиляційних технологій.

CONCEPTION OF SAFE CONTROL AND MANAGEMENT BY VENTILATION OF COAL MINES IN NORMAL AND ACCIDENT REGIMES WITH THE USE OF INFORMATION-ANALYTICAL TECHNOLOGIES

There are the such normatively-methodical documents of coal industry in present time, as Conception of increase of level of labour protection on the coal mines in normal and accident regimes of Ukraine and Conception of safety. However much they behave mainly to the technical aspects of labour protection, and new tendencies are not taken into account is introduction on many mines of information-analytical technologies of control and technological process control. Substantive provisions which liquidate the indicated failings in part of vent technologies are expounded in the article.

Концепция безопасности, как известно, представляет собой системное изложение основных принципов, соблюдение которых обеспечит поддержание необходимого уровня защищенности от угроз при минимальных затратах на силы и средства защиты.

По состоянию на 1.06.2011 года, глубина большинства шахт Украины превышает 750м, а 33 шахты работают на глубине 1000-1400м. Более 90% шахт – газовые, 70% - опасные по взрываемости угольной пыли, 50% - по газодинамическим явлениям, 25% - по самовозгоранию угля. Только 9% шахт работают менее 30 лет, а 50% - 50-70 лет. Изношенность основных фондов и горношахтного оборудования превышает 60%. Одним из показателей охраны труда на предприятиях угольной промышленности является количество несчастных случаев с летальным исходом на 1 млн тонн добычи угля. В Украине при добыче 75 млн тонн угля в год этот показатель равен 3,7, и она является мировым лидером (для сравнения, этот показатель в США – 0,02, в Германии – 0,08, в России

- 0,33). Для повышения уровня безопасности труда в отрасли был принят целый ряд Законов Украины: «Об охране труда» [1], «Об Общегосударственной программе адаптации законодательства Украины к законодательству Европейского Союза» [2], «Об обеспечении санитарного и эпидемиологического благополучия населения» [3], «О престижности шахтерского труда» [4], и, наконец, «Горного Закона Украины» [5]. Все эти Законы намечают основные направления совершенствования безопасности и охраны труда, в рамках которых ведутся научные исследования отраслевых и академических институтов.

В 2005 году был разработан документ [20]; в дальнейшем он неоднократно корректировался. А в 2006 году на его основе был создан документ [19], выполнение решений которого закончилось в 2011 году, и в нем на основании новых полученных данных были внесены изменения. Его решения выполняются и в настоящее время.

Для дальнейшего проведения государственной политики по повышению уровня промышленной безопасности и охраны труда на предприятиях угольной отрасли разработана «Государственная целевая программа повышения уровня промышленной безопасности и охраны труда на предприятиях угольной промышленности Украины на 2012-2015 гг».

В решении задачи повышения эффективности работы шахт важное место занимает совершенствование шахтной вентиляции, поскольку от нее в конечном итоге зависит снижение влияния вредностей технологического характера на производственный процесс добычи полезных ископаемых и безопасность труда горняков. Учитывая увеличение за последние годы почти вдвое количества шахт со сложными вентиляционными системами, включающих более тысячи горных выработок, неконтролируемые зоны обрушения и обводнения с нарушенными аэродинамическими связями и распределенными утечками воздуха, а также с несколькими источниками тяги, становится актуальным применение современных информационно-аналитических технологий для организации систем сбора, контроля, обработки количественной и качественной информации с целью принятия обоснованных технических решений при проектировании и управлении вентиляционными системами шахт в условиях информационной неопределенности ряда аэрогазодинамических параметров и их недостаточности для полного решения задач проветривания. Указанная проблема включает целый ряд задач, а именно: обоснование комплексного критерия структурно-параметрической адекватности, формализованного инвариантного способа описания неконтролируемых зон шахтной вентиляционной сети (ШВС) нелинейными многополюсниками, установления закономерностей формирования областей управляемости и управления в сложных многовентиляторных ШВС, разработку дискретно-событийной динамической асинхронной модели процесса функционирования участка вентиляции и техники безопасности (ВТБ) и обоснование адаптации его организационной структуры в связи с изменяющимися условиями угледобычи и с внедрением информационно-аналитических технологий вентиляционных расчетов, применение сетей Петри для решения перечисленных задач, что имеет важное значение для создания безопасных и

здоровых условий труда в угледобывающей отрасли.

Важными являются также вопросы решения задач системы противоаварийной защиты (СПАЗ) и входящего в ее состав плана ликвидации аварий (ПЛА). Если в обычном режиме работы шахты используется нормальный вентиляционный режим, то при возникновении экзогенного или эндогенного пожара нередко приходится использовать аварийный реверсивный вентиляционный режим, значительно менее изученный.

Проблемой отрасли является, как уже отмечалось, увеличение за последние годы почти вдвое количества шахт со сложными вентиляционными схемами, включающими в себя несколько тысяч горных выработок и десятки источников тяги, с депрессией, превышающей 500 мм вод. ст.; необходимость замены более чем трети вентиляторов главного проветривания (ВГП), которые отработали свой срок. Проводимые горные выработки имеют недостаточные (9-12 м²) площади поперечного сечения, что не позволяет обеспечить очистные работы необходимым количеством воздуха. Такая ситуация свидетельствует о необходимости совершенствования существующих методик проектирования ШВС и существенно осложняет управление ими в условиях действующих шахт в нормальных и аварийных режимах.

Несмотря на создание цифровых измерительных приборов нового поколения для измерения расходов воздуха и перепадов давления в горных выработках и на вентиляционных сооружениях, проблемой отрасли остается недостаточная оснащенность ими шахт, что существенно осложняет сбор данных о состоянии ШВС. В расчетах воздухораспределения необходимо учитывать значительное количество аэродинамических параметров (аэродинамическое сопротивление, температуру, площадь поперечного сечения горных выработок и т.д.). Получение этих данных в условиях действующих шахт является сложной задачей, связанной с большим количеством шахтных экспериментов и замеров. Их проведение сопряжено с большими материальными и человеческими затратами. В то же время погрешности полученных результатов измерений в ряде случаев могут достигать 50%. Одним из направлений совершенствования методов сбора данных о состоянии вентиляционной сети является использование оптимизационных методов для обработки результатов воздушно-депресссионных съемок (ВДС), что позволит существенно сократить трудоемкость сбора и обработки информации и повысить достоверность получаемых результатов.

Увеличение глубины разработки вызывает существенное увеличение температуры рудничного воздуха. На многих глубоких шахтах температура воздуха превышает 32-40 град.; если этот фактор не учитывается - это существенно влияет на результаты расчетов воздухораспределения. На шахтах, где имеет место взаимовлияние двух и более одновременно работающих ВГП (что характерно для практически всех шахт Украины), при наличии связей между ними на исходящей струе воздуха значительная часть депрессии тратится на компенсацию этого взаимовлияния. При этом потери депрессии в отдельных случаях достигают 100 ДаПа. Однако существующие методы определения оптимальных

режимов работы ВГП при их совместной работе на общую сеть не учитывают особенностей построения областей взаимовлияния ВГП для сетей с неопределенной структурой и аэродинамическими параметрами.

Аэродинамические характеристики ВГП, средств местного регулирования и режимы функционирования ШВС в процессе эксплуатации существенно отличаются от проектных. Следствием этого является тот факт, что, даже при оптимизации параметров вентиляционной системы на стадии проектирования, эффективность ее функционирования на стадии эксплуатации может быть недостаточной. Важным направлением совершенствования методов проектирования ШВС является учет специфики объекта, что заключается в многокритериальности параметрической оптимизации, необходимости определения областей управляемости ШВС с неопределенной структурой и аэродинамическими параметрами, что позволит повысить достоверность принимаемых проектных решений.

Отсутствие нормативной базы использования ПЭВМ при проектировании и перспективном планировании ШВС существенно затрудняет внедрение программных средств в практику горного производства.

Повышение уровня охраны труда подразумевает обеспечение безопасности труда горнорабочих в нормальных и аварийных условиях работы горного предприятия. Опасным является не только возникновение аварии или техногенной катастрофы, которые, безусловно являются аномальными, но и просто выход за пределы нормативных значений параметров обеспечения жизнедеятельности людей. В рассматриваемых случаях это: нарушение безопасного режима проветривания горных выработок – потребителей свежего воздуха, а также оценка фактора риска возникновения ситуации, которая может повлечь опасность для жизнедеятельности людей.

Механизм обеспечения безопасности предусматривает следующие процедуры:

- определение объекта, предмета и субъекта рисков; таковым является в нашем случае работа горнорабочих в условиях нарушения правил аэрологической безопасности, а при возникновении аварийной ситуации, вызывающей необходимость ввода в действие ПЛА, регламентирующего порядок движения людей по маршруту аварийной эвакуации – эффективность этого процесса.

- разработка оптимальных мер по снижению рисков, идентификация причин и условий их возникновения; в условиях угольной шахты это – формирование маршрутов эвакуации таким образом, чтобы достичь максимально эффективного значения оперативного времени ПЛА с минимальными эргономическими показателями эвакуации;

- формулирование стратегии и тактики применения мер безопасности, расчет оптимальных сил и средств, обеспечивающих реализацию данных мер; в условиях угольной шахты – время обнаружения пожара в кратчайшее время минимальным количеством средств обнаружения;

- организация мер по сбору, оценке и анализу информации в условиях информационной неопределенности. Поскольку в аварийной ситуации стабильная

и эффективная деятельность предприятия неосуществима, необходимо скорейшее возвращение его работы в оптимальный нормальный режим;

·- определение полномочий и ответственности, распределение компетенций и определение обязанностей работников, принимающих участие в мероприятиях по безопасности. Таковыми в нашем случае являются мероприятия ПЛА и система противоаварийной защиты шахт. Для этой цели на шахтах должны создаваться группы информационного обеспечения (ГИО) [18], их функциональные обязанности и информация, необходимая для работы этих подразделений, будут определяться соответствующими нормативными документами.

Существует нормативный документ (план предупреждения аварий (ППА) [6,7]), который призван исключить шахтные аварии, что проблематично в условиях функционирования глубоких, метанообильных шахт. Более перспективным является разработка специальных численных методов управления и контроля в условиях информационной неопределенности с использованием информационно-аналитических технологий (ИАТ).

Концепция повышения безопасности при возникновении шахтных аварий, связанных с повышением температуры и загазированием горных выработок в условиях глубоких угольных шахт, существует достаточно давно и основана именно на составлении и использовании ПЛА (косвенно может учитывать и материалы ППА, которого на момент ее формирования еще не существовало). Она достаточно проработана и обоснована; характеристика ее отдельных элементов, их анализ и методы решения ряда предусмотренных концепцией задач изложены в [8,9].

Для исключения предпосылок и причин возникновения аварийности и оперативной ликвидации аварий необходимо разработать специализированную нормативную и методическую базу ориентированную на решение задач оценки риска производственных процессов и шахт в целом, при прогнозировании аварийности, обновить лабораторную базу отраслевых и академических институтов.

Однако существуют и другие аспекты проблемы. Во-первых, на шахтах существует не только обязательный документ – ПЛА, но начинает внедряться и ППА. А кроме того, существует крупная система мер, в состав которой входят как эти документы, так и ряд технических, организационных мер, и не только описанных в [15,16], а и в ряде документов, выпущенных НИИГД, ДПИ, МакНИИ, ДонУГИ и т.д. Это – СПАЗ. Частичная характеристика работ, выполненных в рамках этой системы ИГТМ НАН Украины, Минуглепромом Украины МакНИИ и шахтой им. А.Ф. Засядько, представлена в работах [9,10,13].

Во-вторых, практически все работы в рамках СПАЗ выполнялись до 70-х годов прошлого столетия вручную, без использования ЭВМ; теоретические исследования велись методами математического моделирования. С появлением достаточно мощных ЭВМ на смену аналитическим методам пришло имитационное моделирование, которое широко используется и на современных ПЭВМ. Однако отсутствуют достаточно общие критерии оптимизации мероприятий СПАЗ и ПЛА и регламентирующие их использование нормативные документы.

В третьих, исследователи наконец дошли до вопроса: как точное математическое, так и более приближенное имитационное моделирование базируются на достаточно полной информации об объекте, которую в ряде случаев получить трудно. Поэтому необходима разработка методов максимального сокращения объемов информации, использование которой не снизит, или снизит незначительно, точность получаемых решений (проще говоря, не той информации, которую хотелось бы иметь, а на той, которую можно получить реально). Такие методы уже существуют; достаточно назвать хотя бы те из них, которые разрабатываются авторами настоящей публикации [10]. На очереди – разработка еще более сложного вида моделирования ситуационного; к сожалению, в горном деле, по крайней мере в СПАЗ, оно пока используется недостаточно полно.

И, наконец, в четвертых ставится вопрос: как быть, если для решения всего круга ставящихся задач корректных методов просто нет? На помощь придет экспертное моделирование, в рамках которого руководить расчетными работами будет коллектив специалистов-экспертов. К сожалению, такое экспертное моделирование на угольных шахтах в большинстве случаев производится только специалистами-экспертами, а ПЭВМ используется лишь для решения отдельных задач. Пример – составление ПЛА. Попытки коллективов ИГТМ НАН Украины и НИИГД, описанные в [8] составить ПЛА полностью в рамках человеко-машинной экспертной системы, себя не оправдали, и в такой постановке задача сейчас не решается.

Поэтому данная концепция совершенствования вентиляции шахт в области нормальных и аварийных режимах проветривания угольных шахт сформулирована с учетом необходимости решения перечисленных выше, а также неучтенных задач СПАЗ.

В перспективе до 2030 года уровень добычи угля (программа «Украинский уголь») возрастет до 125 млн тонн в год. Решение возникающих проблем потребует совершенствования вентиляции и дегазации шахт, для обоснования которых необходимо применение информационно-аналитических технологий расчете ШВС: уменьшению общей протяженности горных выработок; проведению выработок большого сечения с учетом возможности их безремонтного поддержания; схемно-структурной оптимизации ШВС (- строительству новых воздухоподающих выработок); модернизации источников тяги(замена ВГП); - создание более эффективных схем дегазации (шахта им. «А.Ф. Засядько»[13]).

Перспективными направлениями совершенствования безопасности угольных шахт является использование ИАТ, основанных на синтезе математического, имитационного, ситуационного и экспертного моделирования. Применение ИАТ при определении безопасного расстояния при взрывах метановоздушной смеси в угольных шахтах позволит учесть возможность перераспространения воздушных ударных волн оптимизацией мест установки и аэродинамических сопротивлений различных взрывозащитных сооружений, в выработках, примыкающих к опасным и угрожаемым участкам; проведения расчетов аэродинамических параметров вентиляционных процессов в ШВС при реверсе ВГП; при работе подземных дегазационных установок и вентиляторов местного

проветривания, при управлении аварийными вентиляционными режимами, в том числе при возникновении и распространении пожара; управление скоростью распространения пожара и направлениями газообразных продуктов сгорания в сети выработок угольной шахты при возникновении и развитии пожара, изучение влияния выработанных пространств на аэрогазодинамические процессы при аварийных режимах вентиляции шахт и установление закономерностей теплообмена при переносе газовых примесей в шахтной атмосфере; обусловленных аварийными режимами вентиляции, применением сетей Петри для моделирования движения потоков эвакуируемых горнорабочих при выборе эргономичных маршрутов, что позволит повысить эффективность практической реализации планов ликвидации аварий и мероприятий СПАЗ в условиях информационной неопределенности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Закон України «Про охорону праці» ВР України; від 14.10.1992 № 2694-ХІІ Електронний ресурс. Режим доступу: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/2694-12>.
2. Закон Украины Об Общегосударственной программе адаптации законодательства Украины к законодательству Европейского Союза ВР от 18.03.2004 № 1629-IV Електронний ресурс. Режим доступу : search.ligazakon.ua/l_doc2.nsf/link1/T041629Z.html.
3. Закон України «Про забезпечення санітарного та епідеміологічного благополуччя населення» ВР України; Закон от 8.04.1994 № N 4004-ХІІ Електронний ресурс. Режим доступу : <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/4004-12/page>
4. Закон Украины «О повышении престижности шахтерского труда» ВР Украины; Закон от 02.09.2008 № 345-VI Електронний ресурс. Режим доступу: http://search.ligazakon.ua/l_doc2.nsf/link1/T080345.html
5. Закон Украины «Гірничий закон України». ВР України; Закон от від 06.10.1999 № 1127-XIV Електронний ресурс. Режим доступу: zakon.rada.gov.ua/go/1127-14.
6. Мухин П.Е. Количественные оценки готовности руководителя основных участков работ угольной шахты к действиям по предупреждению аварийных ситуаций / П.Е. Мухин, Ю.И. Кияшко, В.Г. Шевченко // Геотехническая механика: межвед. сб. научн. трудов.- Днепропетровск.-2012.- Вып.97.- С. 50-58.
7. Шевченко В.Г. К разработке плана предупреждения аварий на урановых шахтах / В.Г. Шевченко, Ю.И. Кияшко, П.Е. Мухин // Геотехническая механика: межвед. сб. научн. трудов.- Днепропетровск.-2012.- вып.101.- С. 216-223
8. Потемкин В.Я. Автоматизация составления оперативной части планов ликвидации аварий на шахтах и рудниках / В.Я. Потемкин, Е.А. Козлов, И.Е. Кокоулин.- К.: Техника, 1991.- 124с
9. Состояние техники безопасности и эффективности функционирования противоаварийной защиты угольных шахт / А.Ф. Булат, В.В. Фичев, И.А. Яценко [и др.] - Днепропетровск, 2005.- 266с.
10. Совершенствование вентиляции и дегазации угольных шахт / А.Ф. Булат, Е.Л. Звягильский, Б.В. Бокий [и др.] - Днепропетровск/- 205.- 216с.
11. Бунько Т.В. Критерии адекватности математических моделей вентиляционных сетей угольных шахт с неопределенной структурой и аэродинамическими параметрами / Т.В. Бунько // Геотехническая механика: межвед. сб. научных трудов. – Днепропетровск, 2005. – Вып. 59. - С. 176-183.
12. Т.В. Бунько Неопределенность в системах противоаварийной защиты угольных шахт / А.Ф. Булат, Т.В. Бунько, И.Е. Кокоулин // Геотехническая механика: межвед. сб. научн. трудов.- Днепропетровск.-2012.- вып.64.- С. 21-30.
13. Проветривание и газовый режим шахты им. А.Ф. Засядько: состояние и пути совершенствования // Е.Л. Звягильский, А.Ф. Булат, И.А. Ефремов [и др.] – Донецк-Днепропетровск – 2002.- 197с.
14. Булат А.Ф. Методология поиска рациональных параметров шахтной вентиляционной системы в условиях неопределенности / А.Ф. Булат, Т.В. Бунько, И.Е. Кокоулин // Геотехническая механика: межвед. сб. научн. трудов.- Днепропетровск.-2005.- Вып. 57.- С. 3-8.
15. НПА ОП 10.0-1.01-10 Правила безпеки у вугільних шахтах. Затв. наказом Державного комітету України з промислової безпеки, охорони праці та гірничого нагляду 22.03.2010 № 62.- Київ: 2010. – 2154 . (Нормативний документ Мінвуглепрому України).
16. СОУ10.1-00185790-002-2005 Правила технічної експлуатації вугільних шахт. – Київ: Мінвуглепром України, 2006.- 354с.
17. Галузева програма поліпшення стану безпеки, гігієни праці та виробничого середовища на підприємствах ПЕК на 2007-2011 роки. Електронний ресурс. Режим доступу: <http://document.ua/galuzeva-programa-polipshennja-stanu-bezpeki-gigieni-praci-t-nor12896.html>
18. Порядок створення групи інформаційного забезпечення дільниці вентиляції вугільної шахти / А.Ф. Бу-

лат, І.О. Ященко, Б.В. Бокій [та інші] // Геотехническая механика: межвед. сб. научных трудов. – Днепропетровск, 2012. – Вып. 97. – С. 3-17.

19. Програма підвищення безпеки праці на вугледобувних та шахтобудівних підприємствах. Затверджено Постановою Кабінету Міністрів України постановою від 29.03.2006р. № 374. Зміни внесені згідно з постановами КМ від 24.10.2007 № 1263 та № 521 від 18.05 2011..Електронний ресурс. Режим доступу: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/374-2006-n/print1329904436>.

20. Концепція підвищення рівня охорони праці на вугільних шахтах України / Затверджено Мінпаливенерго України 17 січня 2005р.

УДК [622.236.4:622.215.1].001.6

Кандидаты техн. наук К.С. Ищенко,
И.Л. Кратковский
(ИГТМ НАН Украины)

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ НОВОГО СПОСОБА ОТДЕЛЕНИЯ МОНОЛИТОВ ОТ СКАЛЬНОГО МАССИВА ЭНЕРГИЕЙ ВЗРЫВА

Наведені результати експериментальних і теоретичних досліджень щодо обґрунтування раціональних параметрів нового способу відокремлення монолітів від скельного масиву енергією вибуху.

RESEARCH OF NEW METHOD MONOLITHS SEPARATION FROM ROCK MASSIF EFFICIENCY BY ENERGY OF EXPLOSION

Results over of experimental and theoretical researches are brought on the ground of monoliths separation new method rational parameters from a rock massif by explosion's energy.

Введение. Интрузивные породы, являясь сырьем для получения облицовочного и декоративного камня, интенсивно разрабатываются как нерудные строительные материалы. Цена на отдельные виды декоративного камня на внешнем рынке составляет 800-1000 долларов США за 1 м³. Наблюдается устойчивая тенденция к росту мировых цен на этот вид сырья [1, 2].

Экспорт декоративного и облицовочного камня, может, таким образом, стать надежным источником валютных поступлений в бюджет в условиях рыночной экономики. Существенное повышение объема добычи монолитных блоков из природного камня при их высоком качестве возможно только за счет внедрения новых технологий отделения их от массива.

Анализ состояния проблемы. Следует отметить, что часто в обработку вовлекается так называемое «некондиционное» сырье, что ведет к снижению прочности щебня и к большим потерям качественного блочного камня. На некоторых карьерах по добыче блочного камня реальный выход качественного блочного камня, отделяемого от массива, не превышает 4-6 % при прогнозируемом объеме 40-45 %. Это определяет актуальность задачи совершенствования технологии добычи блочного камня. Добыча интрузивных пород ведется в основном взрывным способом, причем затраты средств на буровзрывные работы составляют не менее 30-50 % от себестоимости монолитных блоков. По условиям выполнения и предъявляемым требованиям к достигаемому результату взрывное отделение монолитов от гранитного массива относится к числу слож-