

К ВОПРОСУ О СООТВЕТСТВИИ СУЩЕСТВУЮЩЕЙ СИСТЕМЫ ПРОТИВОАВАРИЙНОЙ ЗАЩИТЫ ШАХТЫ ЦЕЛЯМ ПЛАНА ЛИКВИДАЦИИ АВАРИЙ

Розглянуто концепцію, методологію та основні задачі досліджень по проблемі проектування та використання системи протиаварійного захисту вугільних шахт з метою підвищення відповідності її складу та комплексу задач, які вона може вирішувати, меті та завданням плану ліквідації аварій

TO THE QUESTION ON CONFORMITY OF EXISTING SYSTEM ANTI-ACCIDENT PROTECTION OF MINE TO THE PURPOSES OF THE PLAN OF LIQUIDATION OF ACCIDENTS

The conception, methodology and primary problems of researches on a problem of projecting and use of system anti-accident protection of coal mines are considered in order to increase of conformity of composition and a complex of tasks, which is decided by it, and to aims tasks of the plan of liquidation of accidents.

В решении задач исследования причин возникновения, предотвращения и ликвидации шахтных аварий в настоящее время наметились две тенденции:

1. Организация горного производства таким образом, чтобы максимально снизить возможность возникновения шахтных аварий [1].

2. Организовать систему противоаварийной (иногда применяется термин «противопожарной») защиты (СПАЗ) шахт таким образом, чтобы возникшая авария была ликвидирована в кратчайшие сроки и с минимальными потерями.

Решение указанных проблем, несмотря на единство поставленной цели, осуществляется различными организациями и в соответствии с различными концепциями. Первая проблема связана с повышением функциональной надежности горношахтного оборудования, оптимальной организацией горнотехнических процессов, обеспечением неукоснительного соблюдения требований нормативных документов по охране труда и технике безопасности. Однако, несмотря на несомненное снижение вероятности возникновения аварий вследствие принятия указанных мер, они все же имеют место. Поэтому решение второй проблемы не менее актуально.

Задачи создания и эксплуатации СПАЗ успешно решаются коллективами институтов МакНИИ, НИИГД, ИГТМ НАН Украины, Национальной горной академии Украины, Донецкого технического университета, проектных институтов, а также института горного дела им. А.А. Скочинского, Московского государственного горного университета и других организаций Украины, России, стран СНГ и дальнего зарубежья. Однако усилия, направленные исследователями на их решение, не имеют до сих пор единой комплексной цели по следующим причинам:

1) проектирование СПАЗ производится, без достаточно полного учета особенностей технологии отработки полезного ископаемого, что усложняет использование средств СПАЗ при ликвидации возникших аварий;

2) наиболее изученные вопросы автоматизированного составления плана ликвидации аварий (ПЛА; в сущности, лишь его оперативной части) ориентированы на внедрение в отрыве от автоматизированного ввода ПЛА в действие;

3) практически неразработанным остается вопрос о постановке на научную основу процесса перехода от противоаварийных мероприятий первой очереди (реализуемых в течение оперативного времени ПЛА) к разработке оперативно-го (иногда называемого генеральным) ПЛА и осуществлению его мероприятий;

4) достаточно широко внедряемые на шахтах средства АСУ ТП практически не ориентированы на использование в аварийных условиях по причине отсутствия соответствующего нормативного, методического, информационного и программного обеспечения;

5) несмотря на разработку в последние годы ряда информационных технологий, направленных на выполнение вентиляционных расчетов [2, 3, 4], все существующие в угольной отрасли программные средства функционируют автономно;

6) проблема управления ликвидацией аварий решается в основном аппаратными средствами, которые часто не соответствуют современным требованиям ни по надежности, ни по быстродействию; в то же время в условиях интенсивного ведения горных работ, когда вероятность возникновения аварийных ситуаций высока, недостаточно ограничиться созданием отдельных систем и устройств, решающих локальные задачи безопасности и системно не объединенных;

7) в настоящее время, в связи с расширением номенклатуры средств автоматизации и вычислительной техники, выпускаемых отечественной промышленностью, а также новыми возможностями в области кооперации с ведущими зарубежными фирмами, являющимися разработчиками средств автоматизации и вычислительной техники для горнодобывающей промышленности, появляются реальные технические возможности перехода к автоматизированному, в широком плане, управлению вентиляцией и ликвидацией аварий. Между тем, убедительная концепция и методические основы такого перехода на сегодняшний день отсутствуют;

8) объективные трудности информационного обеспечения обуславливают тот факт, что в основу приемлемой концепции управления функционированием шахтной вентиляционной сети (ШВС) в аварийных условиях должно быть положено эргадическое оптимальное управление в условиях неполной информации при широком использовании методов теории принятия решений и экспертных систем. Решению же этих вопросов внимание до сих пор практически не уделялось.

Отмеченные положения в значительной мере являются следствием отсутствия общей теоретической базы под решением вопросов проектирования и использования средств СПАЗ.

Методология решения проблемы проектирования и использования СПАЗ угольных шахт при возникновении в них аварий предполагает последовательное осуществление ряда взаимосвязанных этапов, направленных на организацию СПАЗ таким образом, чтобы максимально учесть как требования норма-

тивных документов, так и особенности конкретного объекта эксплуатации СПАЗ. Иными словами, решение проблемы предполагает организацию гибкой имитационной модели, на которой может быть проверена правильность функционирования всех технологических звеньев шахты с учетом поражающих факторов аварийной ситуации. В таком случае вырабатываемые рекомендации по проектированию и использованию СПАЗ будут максимально приближены к условиям ликвидации реальной аварийной ситуации, чем и будет достигнута максимальная эффективность разработки.

Основная проблема повышения эффективности СПАЗ заключается, как уже было сказано выше, в некоторой оторванности проекта СПАЗ от составляемого на шахтах ПЛА. Кроме того, не все возможности проекта СПАЗ решаются в условиях оперативного управления ликвидацией аварии, поскольку отсутствуют критерии оценки эффективности ее функционирования. Поэтому для решения проблемы должны быть решены следующие основные задачи, каждая из которых включает большое количество подзадач:

1. Проектирование СПАЗ.
2. Составление ПЛА.
3. Ввод ПЛА в действие при возникновении аварии.
4. Использование СПАЗ при ликвидации аварии.

Проектирование СПАЗ производится в настоящее время на основе требований нормативных документов без учета особенностей возникновения аварии на шахте. Например, для локализации аварии, происшедшей в воздухоподающем стволе, предусматривается установка в околоствольных дворах и последующее закрытие противопожарных дверей. Однако, во-первых, последствия такого закрытия численно не просчитываются, а во-вторых – не оценивается возможность решения указанной задачи с использованием других технических средств СПАЗ, а значит – и возможности выбора мест их установки, аэродинамических характеристик и т.д. Можно привести еще ряд аналогичных примеров, из которых становится ясно, что в основе проектирования СПАЗ конкретной шахты должна лежать имитационная модель ее функционирования в нормальных условиях и при возникновении аварийной ситуации.

Проектирование СПАЗ включает решение подзадач определения этапов проектирования СПАЗ, подлежащих автоматизации на основе имитационного моделирования. В качестве таких этапов могут быть выбраны в настоящее время система обнаружения аварийных ситуаций, система самоспасения шахтеров, система определения расположения средств регулирования воздушных потоков, а также система определения полноты комплексного подхода к решению задачи проектирования СПАЗ, в рамках которой должен быть решен вопрос, насколько решение сформулированных выше подзадач позволит решить общую задачу проектирования СПАЗ. При этом должен быть определен комплексный критерий полноты соответствия запроектированной СПАЗ реальным возможностям управления шахтой при ликвидации аварийной ситуации.

При возникновении аварии на шахте первым и основным документом, определяющим меры и действия по ее скорейшей и максимально безопасной ликвидации, является план ликвидации аварий (ПЛА). Поэтому он должен быть за-

благовременно и тщательно разработан, чтобы исключить неправильные меры и действия горного диспетчера, а впоследствии – ответственного руководителя работ по ликвидации аварии, связанные с принятием первоочередных неотложных мер по спасению людей и ликвидацией аварии. При этом автоматизации подлежит решение задач выбора позиций ПЛА, моделирования поражающих факторов шахтных аварий, изменения дебита газа в очаге пожара, выбора маршрутов аварийной эвакуации людей, аварийного вентиляционного режима, маршрутов движения отделений ГВГСС.

Если исчерпаны средства аварийной эвакуации людей методами, регламентируемыми ПБ, и цели ПЛА не могут быть достигнуты за установленное время, в ряде случаев рекомендуется воспользоваться средствами непассажи́рского транспорта (конвейерами, вагонетками, предназначенными для транспортировки породы и полезного ископаемого) и скипового подъема. Несмотря на запрет использования таких средств для перевозки людей должны быть исследованы условия осуществления аварийной эвакуации людей на их основе с целью наиболее эффективного решения основной задачи ПЛА.

Представляет интерес прогнозирование позиций ПЛА на основе типизации вскрытия, подготовки и отработки шахтных полей. Осуществление параллельной подготовки лав в практически совпадающих условиях, а также совпадение условий проветривания горизонтов шахты (с поправкой, разумеется, на градиент температуры и величину атмосферного давления в зависимости от глубины заложения выработок) позволит автоматизировать процесс составления ПЛА для позиций, формируемых в аналогичных условиях отработки шахтного поля.

ПЛА составляется на шахтах, как правило, один раз в полугодие; сроки его составления определяются неоднозначно в соответствии с конкретными условиями работы горного предприятия. Поэтому актуальной является автоматизация корректировки мероприятий ПЛА в соответствии с происшедшими изменениями в структуре и аэродинамических параметрах ШВС в период между его составлением. Поскольку исходные данные для такого пересмотра могут на необходимый момент отсутствовать, необходимо предусмотреть возможность оперативной корректировки мероприятий ПЛА не на основе расчетных данных, а в соответствии с экспертными оценками правильности вносимых коррективов (например, по известному методу анализа иерархий).

При возникновении аварии первоочередной мерой является ввод в действие заблаговременно составленного ПЛА. Однако, как показывает опыт, эффективность этой меры существенно зависит от того, насколько условия протекания аварии соответствуют ее параметрам, заложенным в составляемый ПЛА. Поэтому актуальным является решение задачи оценки границ получения оперативной информации о динамике развития аварийной ситуации. В самом деле, ввод ПЛА в действие существенно зависит от того, насколько оперативно обнаружена авария. Если обнаружение ее произошло за пределами позиции, которая должна быть введена в действие при получении горным диспетчером информации о возникновении аварии – эффективность реализации рекомендаций ПЛА существенно снижается. Поэтому решению подлежат задачи оценки интервала актуализации информации о состоянии ШВС с точки зрения проявле-

ния косвенных признаков возникновения аварии. Если шахта не оснащена средствами автоматического обнаружения признаков возникновения аварийной ситуации (повышения температуры и увеличения концентрации пожарных газов в шахтной атмосфере) – решение указанной задачи неосуществимо. В противном случае необходимо решение задач (прямой и обратной) о размещении в ШВС системы датчиков-детекторов пожарных газов, сигнализирующих о вероятном возникновении очага аварии. Интервал актуализации информации определяется в этом случае в соответствии с количеством задействованных для обнаружения аварии датчиков и эффективностью применяемого для их расстановки оптимизационного метода.

В случае, если позиция ПЛА полностью соответствует реальному положению, сложившемуся в шахте на момент оповещения горного диспетчера о возникновении аварии, решению подлежит задача оценки степени необходимости вмешательства горного диспетчера в процесс ввода ПЛА в действие. Если процесс поочередной реализации мероприятий ПЛА (и автоматизации, при возможности, контроля их выполнения) происходит нормально – диспетчеру предоставляется функция только хронометража выполнения мероприятий с целью последующего анализа эффективности выполнения мероприятий по ликвидации аварий. Если же исполнение очередного мероприятия затягивается вследствие объективных или субъективных причин – диспетчер должен иметь возможность обратной связи с исполнителями или ответственными за исполнение соответствующего мероприятия с целью корректировки его во времени.

С целью вмешательства горного диспетчера (а в дальнейшем – и ответственного руководителя работ по ликвидации аварии) в процесс ввода ПЛА в действие должен быть разработан эффективный сценарий диалога "горный диспетчер - ПЭВМ", позволяющий оперативно реагировать на несвоевременность исполнения мероприятий ПЛА.

В случае, если на шахте предусмотрено использование для реализации мероприятий ПЛА (в настоящее время, как правило, вентиляционных) автоматизированных устройств – в распоряжении горного диспетчера должна быть соответствующая программная и аппаратурная база.

Если позиция ПЛА не соответствует реальному положению, сложившемуся в шахте на момент возникновения аварии (о чем могут свидетельствовать, например, звонки из шахты с противоречивыми сообщениями о появлении признаков возникновения аварии, появление вторичных признаков аварии в местах, не предусмотренных ПЛА, и т.д.), горный диспетчер должен быть готов к принятию мер при возникновении следующих ситуаций:

Отдельно следует рассмотреть вопрос о вводе в действие не той позиции ПЛА. Такая ситуация может возникнуть в случае, если сообщение о возникновении аварии поступило с опозданием, и авария была обнаружена по косвенным признакам в выработке, относящейся к соседней (или даже отнесенной далее по ходу вентиляционной струи) позиции ПЛА. В этом случае горному диспетчеру должна быть предоставлена возможность возврата к реальной позиции ПЛА (если, конечно, она будет правильно и однозначно идентифицирована) и, с учетом корректировки временного фактора, ввести последнюю в действие.

В случае, если позиция ПЛА изначально выбрана неправильно (что может случиться, если на момент ее выбора у составителя ПЛА отсутствовала обоснованная методика ее выбора, вследствие чего в позицию попали выработки, иницирующие различную конфигурацию зон действия поражающих факторов аварии) – горному диспетчеру должна быть предоставлена возможность оперативной корректировки маршрутов аварийной эвакуации людей в соответствии с изменением конфигурации аварийных зон с оперативным оповещением эвакуируемых о факте такой корректировки.

При поступлении сообщения о возникновении шахтной аварии горный диспетчер, как правило, попадает в стрессовую ситуацию. Назначением автоматизированной системы ввода ПЛА в действие является поэтому также максимально возможное облегчение принятия в этом случае обоснованных решений по реализации мероприятий ПЛА. Поэтому вводу ПЛА в действие должны предшествовать следующие меры.

- горный диспетчер должен быть своевременно обучен работе с автоматизированной системой ввода ПЛА в действие, ознакомиться со средствами осуществляемого ей моделирования нестандартных ситуаций и мер, применяемых для корректировки неправильных решений в ходе ликвидации возникшей аварии;

- должна быть осуществлена по возможности максимально подробная и оперативная обратная связь по реализации мероприятий ПЛА. Интервал получения информации о реализации мероприятий ПЛА должен быть максимально сокращен;

- горному диспетчеру должна быть постоянно доступна комплексная оценка правильности применяемых им мер по ликвидации аварий, а в случае недостаточно высоких ее показателей – возможность применения волевых решений по устранению недостатков, если временной фактор препятствует принятию решений на основе расчетов или экспертных оценок.

Значение использования СПАЗ при ликвидации аварийной ситуации значительно повышается по окончании оперативного времени ПЛА, т.е. когда заканчивается аварийная эвакуация людей из шахты и принимаются меры по активной ликвидации аварии. В этой ситуации должны быть решены следующие задачи:

- произведена оценка необходимости составления оперативного (иногда называемого "генеральным") ПЛА. Обычно такая необходимость возникает, поскольку ликвидация сложных аварий (в частности, экзогенных пожаров), как правило превышает возможности направляемых в шахту для этих целей отделений ГВГСС и, по временным оценкам, оперативное время ПЛА. Поэтому в системе использования СПАЗ должна быть предусмотрена интерактивная, скорее всего, оценка необходимости перехода к очередному этапу ликвидации аварии – составлению оперативного ПЛА.

- должен быть выбран критерий перехода от реализации мероприятий ПЛА к мероприятиям оперативного ПЛА с целью наиболее эффективного использования результатов, полученных при имитационном моделировании аварийной

ситуации, произведенного на этапе составления ПЛА и автоматизированного ввода его в действие, для составления оперативного ПЛА.

- должны быть проанализированы и выбраны мероприятия оперативного ПЛА, подлежащие оптимизации. К ним, очевидно, в первую очередь относятся:

- аварийный вентиляционный режим. Он выбирается по критерию, отличному от применяемого для решения задач ПЛА, поскольку горнорабочих в шахте нет и остается лишь необходимость создания условий для эффективной ликвидации аварии и ведения аварийно-восстановительных работ. Одним из вариантов расчета аварийного вентиляционного режима является расчет значений $G(i,j)$ - массовых расходов воздуха в выработках ШВС с использованием теории взаимосвязанности воздушных потоков; при этом исключается необходимость проведения подмеров воздуха в определяющих участках сети, что зачастую невозможно вследствие их принадлежности аварийной зоне с нарушенными (или даже опасными для людей) аэрогазодинамическими характеристиками воздушных потоков.

Поскольку использование нового критерия эффективности аварийного вентиляционного режима облегчает проведение маневров средствами местного регулирования – при выборе его должен использоваться метод, основанный на использовании комплекса технических средств "ВГП – противопожарные двери – вентиляционные двери" с широким диапазоном регулирования и ограниченным учетом влияния всплесков концентрации метана на состояние ШВС.

- оптимизация поля концентраций метана и пожарных газов в аварийном и угрожаемых участках шахты. При решении этой задачи расчеты базируются на исходном состоянии поля концентраций, определенного имитационным моделированием и, при возможности, частичными замерами, произведенными отделениями ГВГСС, направленными на разведку состояния аварийного и угрожаемых участков. При этом должны быть проанализированы и учтены изолирующие (по фактору загазирования) характеристики противопожарных и вентиляционных дверей, оценена степень проникновения (а значит – и концентрация пожарных газов) при просачивании загрязненного воздуха через дверь, а также динамика изменения поля концентраций пожарных газов в ШВС при регулировании воздушных потоков в ШВС. Последний фактор является второстепенным, поскольку предельно допустимая концентрация, например, окиси углерода при пожаре превышает в подавляющем большинстве выработок аварийного и угрожаемых участков ШВС, и для ведения аварийно-восстановительных работ необходимо применять изолирующие самоспасатели. Однако учет этого фактора важен при реализации выбора аварийного вентиляционного режима, поскольку в аналитическое выражение для критерия его оптимальности входит численное значение указанной концентрации.

- оптимизация методики ведения горноспасательных работ. Она также предусматривает решение ряда задач, в числе которых проведение дополнительной разведки по маршрутам аварийной эвакуации людей с целью определения пострадавших, не эвакуированных в ходе реализации мероприятий ПЛА,

- принятие общих мер по тушению, или, при невозможности такового активным способом, - изоляции пожарного очага.

- осуществление мер по реализации выбранного в соответствии с оперативным ПЛА аварийного вентиляционного режима (закрытие вручную неавтоматических вентиляционных и противопожарных дверей и т.д.).

- осуществление комплексной оценки эффективности стратегии ликвидации аварий, которая включает разработку критерия и комплексную оценку на его основе эффективности мер и действий, предпринятых для ликвидации аварийной ситуации.

- методику оперативной корректировки мероприятий оперативного ПЛА в случае, если в ходе их реализаций произошли незапланированные изменения в протекании аварии и реализации противоаварийных мероприятий.

Кроме того, с целью окончательной оценки эффективности применения при ликвидации аварии организованной на шахте СПАЗ, должны быть заблаговременно решены (на основе имитационного моделирования и проведения, при необходимости, шахтных экспериментов) и уточнены в ходе реализации мероприятий оперативного ПЛА следующие задачи:

- определение границ влияния управляющих воздействий на возможность и эффективность мероприятий ПЛА и оперативного ПЛА. Иными словами, необходимо оценить степень и глубину регулирования воздушных потоков с целью определения возможности достижения необходимых результатов по осуществлению аварийного вентиляционного режима, а если такие результаты имеющимися техническими средствами достигнуты быть не могут – выбрать места установки дополнительных средств местного регулирования и обосновать их аэродинамические параметры;

- оценки особенностей работы по ликвидации аварии в диалоговом режиме "горный диспетчер - ПЭВМ" с целью выбора оптимального сценария человеко-машинного диалога с учетом правильного взаимодействия формальных и интерактивных процедур принятия решений;

- оценки экономической и социальной эффективности мероприятий по ликвидации возникшей в шахте аварии с использованием ПЭВМ, методов работы с неполной и неточной исходной информацией, методов экспертных оценок, анализа иерархий и других современных методов обработки материалов по анализу, контролю и управлению сложными сетевыми объектами.

Апробация и внедрение указанных методических подходов целесообразны на шахтах со сложной организацией системы противоаварийной защиты и проблемами с вводом в действие ПЛА вследствие неопределенности процессов своевременного обнаружения, локализации и ликвидации аварий. Примером такой шахты может служить шахта им. А.Ф. Засядько.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дубов Е.Д., Мухин П.Е., Коптиков В.П., Красик Я.Л., Синенко В.В., Курносое В.Г., Виноградов В.В. Информационные технологии – основа стратегии развития безопасной угледобычи. – Уголь №1, 2001, с. 30.
2. Компьютерная технология проектирования, оперативного контроля и управления проветриванием на угольных шахтах/ Потемкин В.Я., Лимаренко П.Л., Пономаренко Т.В., Кокоулин И.Е.// Проблемы аэрологии горнодобывающих предприятий. Сборник Научных трудов Национальной горной академии Украины.- Днепропетровск, 1999.- № 5.- с. 85-87.
3. Решение задач рудничной вентиляции в нормальных и аварийных условиях/ Кравченко Н.М.// Уголь Украины, 2002 - № 6.- с. 34-38.

УДК 622.243.2:622.831

В.В. Лукинов, А.П. Клец, А.А. Тихонов,
И.А. Ефремов, В.Г. Ильюшенко, В.С. Грязнов,
В.В. Бобрышев, Б.В. Бокий, В.П. Иванов

**СОСТОЯНИЕ ПОВЕРХНОСТНЫХ ДЕГАЗАЦИОННЫХ СКВАЖИН
ПРЕКРАТИВШИХ РАБОТУ И РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ИХ
ВОССТАНОВЛЕНИЮ НА ШАХТЕ ИМ. А. Ф. ЗАСЯДЬКО**

Досліджений газодинамічний та фізичний стан дегазацийних свердловин, пробурених з поверхні, які вийшли із експлуатації, та надані рекомендації щодо їх відновлювання.

**THE STATE OF THE SURFACE DEGASSING WELLS IN THE MINE
NAMED AFTER A.F. ZASJADKO WHERE THE MINING WAS CEASED
AND RECOMMENDATIONS FOR RESUME THEIR OPERATION**

Gas-dynamic and physical states of degassing wells drilled from the surface, which are not in operation, are analyzed, and recommendations for their renewal are presented.

Дегазация подработанного угленосного массива поверхностными дегазационными скважинами (ПДС) на шахте им. А.Ф. Засядько уже в течении многих лет осуществляется по рекомендациям МакНИИ, согласно "Проекту дегазации...". Извлекаемый ими метан используется в качестве горючего для автомобилей.

Параметры скважин изменялись в широких пределах (табл. 1).

Таблица 1 - Параметры ПДС на шахте им. А.Ф. Засядько

Параметры	Диапазон
Диаметр обсадной колонны, мм	108-127
Диаметр газоприемной части, мм	73-108
Длина газоприемной части, м	37-600
Расстояние от забоя скважины до разрабатываемого пласта, м	10-80
Расстояния между скважинами, м	200-400

Скважины подключали к газопроводу, по которому под естественным давлением газ транспортировался к компрессорной станции. Общие сведения о работе ПДС, подработанными горными выработками, по пластам m_3 и l_1 сведены в таблицу 2.

Анализ показывает, что эффективность работы дегазационных скважин, подработанных лавами пласта m_3 в 2 раза выше эффективности аналогичных скважин, подработанных лавами пласта l_1 . Такая тенденция сохраняется как по количеству эффективно работающих скважин (64 % на пласт m_3 и 30 % на пласт l_1) по среднесуточному дебиту (4,7 и 2,4 тыс. м³ в сутки, соответственно), так и по извлекаемости 1 тысячи м³ газа на 1 пог. м эффективной скважины (1,8 и 0,95 тыс. м³/пог. м., соответственно).