

## **К ВОПРОСУ ВЫБОРА И МАТЕМАТИЧЕСКОГО ОПИСАНИЯ МАРШРУТОВ ЭВАКУАЦИИ ЛЮДЕЙ ИЗ ВЫРАБОТОК АВАРИЙНОЙ ЗОНЫ**

Сформульовані основні вимоги і метод формування маршрутів аварійної евакуації людей з виробок позиції плану ліквідації аварій, яка вимушено вибрана з порушенням вимог Правил безпеки щодо її обсягу і конфігурації, і описано порядок викладення таких маршрутів у оперативній частині плану ліквідації аварій.

## **TO THE ISSUE OF CHOICE AND MATHEMATICAL DESCRIPTION OF ROUTES OF EVACUATION PEOPLES FROM MAKINGS OF EMERGENCY AREA**

The basic requirements and method of forming routes of emergency evacuation of peoples from makings of the plan of accidents liquidation positions which is forcedly chosen with violation of requirements of Rules of safety in relation to its volume and configuration are formulated, and the order of exposition of such routes in the operative part plan of accident liquidation is described.

Основной задачей плана ликвидации аварий (ПЛА) является эвакуация всех людей, оказавшихся в аварийном (непосредственно подверженном влиянию поражающих факторов аварии) и угрожаемых (где такое влияние может проявиться впоследствии) участках шахты. С этой целью в оперативную часть ПЛА включаются (в частности, для экзогенных пожаров) сведения о предположительных маршрутах аварийной эвакуации, основанные на прогнозных данных о повышении температуры в горных выработках и распространении по ним газообразных продуктов горения.

В простых случаях, когда топологическая размерность шахтной вентиляционной системы (ШВС) невелика, решение этих задач не представляет сложности. Маршрут практически из каждой выработки очевиден даже для случая осуществления более сложного аварийного реверсивного вентиляционного режима; необходимо лишь правильно изложить его структуру в оперативной части ПЛА.

Иначе обстоит дело на крупных угольных предприятиях. Примеры в Украине есть: это шахты им. А.Ф. Засядько, «Краснолиманская», «Красноармейская-Западная» и ряд других. Для них правильная организация аварийной эвакуации является проблемой. Причин тому несколько. Главная – большая размерность ШВС. Описание маршрутов эвакуации из всех ее выработок, где находятся люди, настолько усложнит ПЛА, что им практически нельзя будет оперативно воспользоваться в аварийной ситуации.

Для таких случаев Правилами безопасности в угольных шахтах (ПБ, [1]) предусмотрено разделение ШВС на участки с однотипными возможностями применения противоаварийных мероприятий – позиции ПЛА. Трактовка их неоднозначна; мы пользуемся своей и обосновали ее неоднократно в научных публикациях [2,3 и др.]. Но – есть требования [1]: позиция не должна быть

слишком крупной и позиций не должно быть слишком много. Второе - понятно, но не всегда выполняется: скажем, для шахты им. А.Ф. Засядько позиций ПЛА оказывается все же более 250. Отсюда – следствие: позиции формируются вынужденно с отступлениями от требований [1]. Именно, в оперативную часть ПЛА включаются совокупности выработок (условно принимаемые в качестве позиций ПЛА), маршруты выхода из которых отличаются (конечно, не принципиально) по своей структуре в начальный период.

Требования [1] однозначны: позиция ПЛА должна содержать горные выработки, для которых одинаковы аварийный вентиляционный режим и маршруты выхода людей в аварийной ситуации. Что имеется ввиду – обсуждалось неоднократно и включено в состав нормативно-методических документов. Однако в практических условиях учитывать следующие соображения.

В дальнейшем изложении фрагмент ШВС, на котором производится исследование особенностей выбора позиций ПЛА и оптимизации маршрутов аварийной эвакуации (рис. 1), изображен условно с целью большей наглядности изложения; в расчетной схеме ШВС он выглядит иначе. Однако с использованием несложных приемов легко перенести его на реальную схему ШВС.

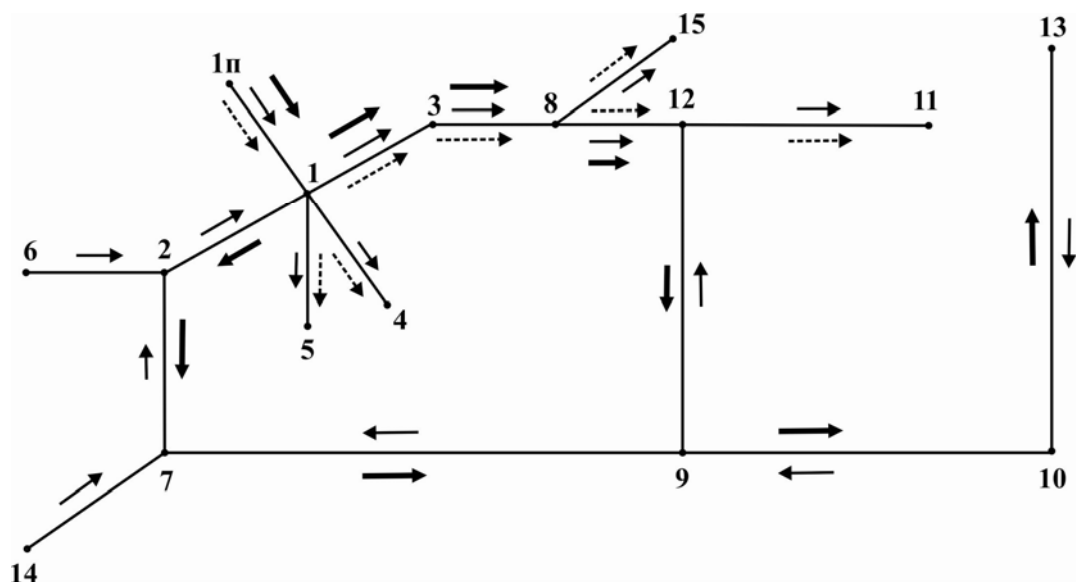


Рис. 1.- Участок вентиляционной сети для иллюстрации «метода определения точки слияния частных маршрутов»

На рис. 1 сплошными стрелками изображены направления движения воздуха  $Q(i,j)$  в выработках  $(i,j)$ , а пунктирными – направления распространения пожарных газов. Прогнозируемый аварийный вентиляционный режим является нормальным, и полная зона загазирования выработок продуктами горения стабильна в течение рассматриваемого периода времени аварийной эвакуации. В первом приближении будем считать, что пожар возникает в точке  $1п$ .

1. Если позиция ПЛА выбрана правильно (в точном соответствии с требованиями [1]) – все люди из нее следуют однотипными маршрутами к одному и тому же запасному выходу. Но это однозначно верно лишь для случая, когда

позицией является единственная выработка  $(1n,1)$ . Люди, находящиеся в аварийной зоне, направляются к точке  $1$  и далее к точке выхода на свежую струю.

2. Если в аварийную позицию дополнительно включить выработку  $(1,3)$  – движение людей из выработки  $(1n,1)$  происходит по загазированной зоне до точки  $1$  и далее либо навстречу свежей струе к точке  $2$ , либо, в соответствии с требованиями [1], по загазированной струе до следующей точки подсвеживания в направлении точки  $3$ , чем обеспечивается единство маршрутов эвакуации из выработок позиции  $(1n,1)$  и  $(1,3)$ .

3. Если рассмотреть более полно возможные варианты движения людей после преодоления точки  $1$ , можно видеть еще более сложную альтернативу: люди могут двигаться либо к единственной чистой точке  $2$  и трем загазированным  $3,4,5$ ; но движение к единственной чистой точке автоматически делает неправильным выбор позиции, состоящей из выработок  $(1n,1)$  и  $(1,3)$ . Для уточнения создавшейся ситуации необходимо исследовать участки после преодоления точек  $4$  и  $5$ , и оценить суммарное время нахождения людей в загазированных участках  $(1n,1)$ ,  $(1,3)$  и далее,  $(1n,1)$ ,  $(1,4)$  и далее и  $(1n,1)$ ,  $(1,5)$  и далее.

3. Если предположить, что направление  $Q(i,j)$  в выработках  $(1,4)$  и  $(1,5)$  противоположно изображенному на рис. 1 (т.е. кодировка выработок в схеме изменится на  $(4,1)$  и  $(5,1)$ ) – вариантов эвакуации тоже может быть несколько. После точки  $1$  загазированный участок распространяется только в направлении точки  $3$ ; участки  $(4,1)$  и  $(5,1)$  являются источниками подсвеживания точки  $1$ , и движение в направлении точек  $2,4,5$  является, в соответствии с [1], равнозначным; разнится лишь время преодоления маршрутов, но лишь на их чистых участках.

Попробуем включить в позицию  $(1n,1)$ ,  $(1,3)$  дополнительно выработку  $(2,1)$ . При возникновении пожара в точке  $2$  картина эвакуации меняется: участок  $(2,1)$  приводит к точке  $1$ , а из нее, помимо ранее рассмотренных вариантов, имеется еще путь по свежей струе от точки  $1$  к точке  $1n$ .

Следовательно, позиция  $(1n,1)$ ,  $(1,3)$ ,  $(2,1)$  выбрана неправильно? На первый взгляд так и есть: она не соответствует в точности требованиям [1]. При возникновении пожара в точке  $1n$  люди «за очагом пожара» следуют к точке  $1$  и далее к точке  $2$  или  $3$ . Если же пожар возникает в точке  $2$  – движение людей происходит к точке  $1n$  или  $3$ . Единство маршрутов эвакуации при этом явно не соблюдается, хоть аварийный вентиляционный режим одинаков как при возникновении пожара в точке  $1n$ , так и в точке  $2$ . Если все же пойти на выбор позиции указанным образом, то, с соблюдением требований [1], необходимо записать в оперативную часть ПЛА фразу (далее везде курсивом выделяются комментарии автора):

«1. При возникновении пожара на участке  $(1n,1)$  люди направляются по маршруту  $(1n,1)$ ,  $(1,2)$  и далее на поверхность (*при этом остается открытым вопрос о движении в дальнейшем в направлении точек 6 или 7*).

2. При возникновении пожара на участке  $(2,1)$  люди направляются по маршруту  $(2,1)$  и далее к  $1п$  и на поверхность.

3. При возникновении пожара на участке  $(1,3)$  люди направляются по маршруту  $(1,3)$ ,  $(3,8)$ ,  $(8,12)$ ,  $(12,9)$  и далее на поверхность».

Очевидно, что помимо неоднозначности описания маршрута (а с учетом того, что в оперативную часть ПЛА включаются не номера, а наименования выработок, описание становится недопустимо громоздким), перед эвакуируемыми людьми ставится вопрос: а где мы, собственно, находимся относительно пожарного очага (*точное определение его местоположения обычно [3] не представляется возможным*)? Отсюда – возможно принятие неправильных мер по эвакуации, что может быть исключено использованием следующего подхода (условно его можно назвать «методом определения точки слияния частных маршрутов»).

В ряде случаев выбор таких позиций правомерен. Объясняется это тем, что может возникнуть ситуация, когда все люди, эвакуируемые из аварийной позиции, в конце концов сойдутся в единый маршрут и направятся к одному запасному выходу. В нашем случае такой точкой слияния является 9; в оперативную часть ПЛА достаточно включить фразу: «Люди за очагом пожара (*уже независимо от того, возник он на участках  $(1n,1)$ ,  $(2,1)$  или  $(1,3)$* ) следуют к точке 9 и далее к точке 10 и на поверхность». Совокупность частных маршрутов и результирующий маршрут изображены на рис. 1 жирными стрелками.

Универсальность и преимущества такого подхода очевидны. В самом деле, при возникновении пожара в точке  $1n$  люди, находящиеся в позиции до точки 1 следуют по маршруту  $(1n,1)$ ,  $(1,2)$ ,  $(2,7)$ ,  $(7,9)$ . Люди за точкой 1 в направлении подсвежения (к точке 2) следуют маршрутом  $(1,2)$ ,  $(2,7)$ ,  $(7,9)$ . Люди за точкой 1 в направлении точки 3 следуют по маршруту  $(1,3)$ ,  $(3,8)$ ,  $(8,12)$ ,  $(12,9)$ . Далее маршрут становится единым для всех выработок позиции.

У предложенного подхода есть и еще одно преимущество. Участок  $(3,8)$ ,  $(8,12)$  является угрожаемым при возникновении пожара на участке от точки  $1n$  до точки 3 также необходимо строить маршрут аварийной эвакуации людей. В нашем случае он готов: это маршрут  $(3,8)$ ,  $(8,12)$ ,  $(12,9)$  и далее на поверхность. Формирование его заново не требует дополнительных расчетных операций. Кстати, рассуждая подобным же образом, можно включить в рассматриваемую позицию и участок  $(6,2)$ .

Если же слияния частных маршрутов не происходит (например, в случае, если  $(7,2)$  заменяется на  $(2,7)$ , и  $(14,7)$  – на  $(7,14)$ , т.е. участок  $(14,2)$  является не подсвежающим, а загазированным) – позиция ПЛА выбрана неправильно. Для устранения противоречия необходимо устранить из нее участок  $(1,2)$ , поскольку пожар в точке 2 не загазирует точки 1 и 3. Правда, при этом маршрут из последовательно расположенных участков  $(1n,1)$  и  $(1,3)$ , а также из угрожаемого участка  $(3,8)$ ,  $(8,12)$  и так является однозначным, и поиск точки слияния не нужен.

Таким образом, **признак правильности выбора позиции ПЛА – не единство маршрута из всех ее выработок, а наличие точки слияния частных маршрутов из них с дальнейшим следованием к единому стволу** (в нашем случае –  $(10,13)$ ). Т.е. совокупность маршрутов из позиции представляет собой древовидную структуру (возможны отдельные циклы), корнем которой является конечный узел ствола, используемого для аварийной эвакуации. Заметим,

что точка слияния частных маршрутов в приведенном примере находится вне рассматриваемой позиции ПЛА в незагазированной зоне. Она может находиться и в загазированной зоне вне рассматриваемой позиции, а для крупных позиций - и внутри позиции; в этом случае описание маршрута более компактно.

Общий вид описания маршрутов, принятый настоящее время, имеет вид: «Люди из выработок за очагом пожара, включившись в самоспасатели, следуют кратчайшими путями к...». Степень детализации описания зависит исключительно от квалификации составителя ПЛА. Более подробно анализ текста описания маршрутов приведен, например, в [3].

В предлагаемом нами варианте текст такого описания будет выглядеть иначе, более понятно и с исключением возможных разночтений. Именно: «Люди из выработок аварийной (или угрожаемой) позиции направляются по маршрутам (*характеристика маршрутов в пределах древовидной структуры*) к (*точке слияния*) и далее к (*наименование ствола*) и на поверхность». Такое описание позволит принимать правильные меры по организации аварийной эвакуации даже при ошибочном выборе позиций ПЛА. При этом достигается сокращение количества позиций ПЛА. Правда, в некоторых случаях время преодоления маршрута может несколько увеличиться, но лишь за счет удлинения чистого участка маршрута, что не влияет на безопасность аварийной эвакуации.

Разумеется, предлагаемый подход не является исчерпывающе правильным и приемлемым. Люди, находящиеся в аварийной позиции, в стрессовой ситуации вряд ли сумеют сориентироваться, какой собственно подход к точке слияния более приемлем, поскольку аварийная ситуация динамична и оперативная корректировка маршрутов аварийной эвакуации невозможна вследствие неопределенности параметров развивающейся аварийной ситуации [4]. Нужна более надежная обратная связь горного диспетчера с эвакуируемыми людьми с целью корректировки маршрутов их выхода при получении информации о возможном изменении условий протекания аварии. Пример предлагаемой организации такой связи приведен в работе [5]. Однако пока его внедрение сложно. В реальных условиях выход может быть найден с использованием систем экспертных оценок [6], однако оперативные решения в ходе аварии получить также невозможно. Поэтому интерес представляет рассмотрение позиции ПЛА в виде нелинейного многополюсника (в нашем примере точками связи многополюсника с остальной ШВС являются  $1n, 1, 2, 3$ ) с базовой точкой 9 (нами она названа «точкой слияния частных маршрутов»). Вариант такого представления для нормальных условий функционирования шахты рассмотрен в [7].

Правомерность такого подхода именно и связана с неопределенностью геометрических, аэрогазодинамических и эргономических характеристик отдельных элементов частных (а иногда – и участков результирующего) маршрутов аварийной эвакуации. Описанный нами подход реализует лишь структурную идентификацию маршрутов аварийной эвакуации, определяя ее безопасное направление, упрощая описание маршрутов и облегчая понимание требований ПЛА эвакуируемыми людьми. Используя понятия теории многополюсных структур, можно решить и задачу параметрической идентификации совокупно-

сти частных маршрутов аварийной эвакуации, именно: в условиях частичной неопределенности параметров элементов многополюсной структуры, находящихся в зоне загазирования ШВС продуктами горения, получить близкую к оптимальной (осуществимой при условии определенности всех необходимых для эффективной эвакуации параметров) эргономическую структуру совокупности частных маршрутов, что еще более повысит достоверность проектных решений системы противоаварийной защиты и их реализации на стадии вывода в действие ПЛА.

Целью публикации было изложение методического подхода к оптимизации частных маршрутов аварийной эвакуации людей путем замены альтернативных маршрутов совокупной древовидной структурой; метод же собственно построения суммарных маршрутов подробно изложен в [3].

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. НПАОП 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).
2. Кокоулин И.Е. Новый поход к выбору позиций плана ликвидации аварий / И.Е. Кокоулин // Безопасность труда в промышленности.- 1988.- №4.- С. 66-67.
3. Потемкин В.Я. Автоматизация составления оперативной части планов ликвидации аварий на шахтах и рудниках / В.Я. Потемкин, Е.А. Козлов, И.Е. Кокоулин.- К.: «Тэхника», 1991.- 125с.
4. Кокоулин И.Е. Неопределенность в системах противоаварийной защиты угольной шахты / И.Е. Кокоулин, Т.В. Бунько // Геотехническая механика: межвед. сб. научн. трудов. / ИГТМ НАН Украины. – Днепропетровск, 2006. –Вып. 64. – С. 21-30.
5. Кокоулин И.Е. Альтернативность принятия решений при формировании маршрутов аварийной эвакуации людей / И.Е. Кокоулин // Безопасность труда в промышленности. – 1993. - №9. – С. 51-53.
6. К вопросу экспертной оценки вентиляционных систем при отсутствии погной информации об их состоянии / А.Ф. Булат, Т.В. Бунько, И.Е. Кокоулин [и др.] // Геотехническая механика: межвед. сб. научн. трудов. / ИГТМ НАН Украины – Днепропетровск, 2003. –Вып. 46. – С. 3-9.
7. Бокий Б.В. О формализованном инвариантном способе описания нелинейными многополюсниками зон шахтной вентиляционной сети с неопределенными структурой и аэродинамическими параметрами / Б.В. Бокий, Т.В. Бунько // Геотехническая механика: межвед. сб. научн. трудов. / ИГТМ НАН Украины – Днепропетровск, 2011. –Вып. 92. – С. 264-274.

**ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕХНОЛОГИЙ  
ПЕРЕРАБОТКИ МИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ  
МЕТОДОВ ФУНДАМЕНТАЛЬНОГО АНАЛИЗА**

Проведено оцінку ефективності технологій збагачення мінеральної сировини з урахуванням функціонування фондового ринку і основних етапів фундаментального аналізу. Етапи аналізу включають до себе вивчення стану економіки фондового ринку; галузевий або індивідуальний аналіз; регіональний аналіз; аналіз інвестиційної привабливості об'єктів інвестиції; формування інвестиційної стратегії.

**STUDYING OF EFFICIENCY OF MINERAL PROCESSING TECHNOLOGY  
BY METHODS OF FUNDAMENTAL ANALYSIS**

Efficiency of technologies for mineral cleaning are estimated by main steps of fundamental analysis and with taking into account stock market functioning. The analysis includes study of the stock market state; sector-based or individual analysis; regional analysis; analysis of investing attractiveness of the objects; development of investment strategy.

Функционирование фондовой биржи на современном этапе экономических отношений в различных отраслях промышленности определяет специфику направлений развития горно-обогатительных комбинатов. Эволюционно фондовая биржа происходит от рынка ценных бумаг. В процессе преобразования на этом рынке появился первичный рынок, на котором размещались новые ценные бумаги, и вторичный, на котором размещались ценные бумаги после купли-продажи. Продавцам и покупателям необходимо было место для заключения сделок. Им как раз и стала фондовая биржа. Механизм её функционирования довольно сложен и он усложняется по мере развития фондовых бирж. Актуальность данной проблемы заключается в том, что невозможно на сегодняшний день представить развитое государство, которое не имеет фондовых бирж. Фондовая биржа – это центр экономической жизни государства, это место, где совершаются сделки с ценными бумагами, где конвертируются различные валютные единицы, где цены на золото или нефть изменяются каждую секунду. От того, какие сделки заключат дилеры или брокеры зависит экономика государства. На фондовой бирже происходят процессы мирового масштаба. Её роль в формировании национальной экономики огромна [1,2].

Целью работы является обоснование методов и этапов фундаментального анализа работы фондового рынка и на основе этого определить эффективность технологий переработки минерального сырья с учетом специфики горного производства.

Фондовая биржа даёт возможность эмитентам взамен своих финансовых обязательств получить нужные им средства для инвестиций. При этом она обеспечивает передачу прав собственности, постоянно привлекая новых инвесторов, имеющих в наличии крупные или мелкие суммы временно свободных денежных средств. Обеспечивая перепродажу, биржа освобождает покупателя