

НЕОПРЕДЕЛЕННОСТЬ В СИСТЕМАХ ПРОТИВОАВАРИЙНОЙ ЗАЩИТЫ УГОЛЬНЫХ ШАХТ

Розроблено класифікацію невизначеностей, виникнення яких потребує врахування під час проектування та експлуатації систем протиаварійного захисту вугільних шахт. Зроблено висновки щодо можливості та оцінки хиб методів імітаційного моделювання аварійної ситуації (екзогенної пожежі) з метою вироблення мір по складанню та викристанню ПЛА, оперативного ПЛА та перевірці мір щодо вводу до дії систем протиаварійного захисту під час виникнення екзогенної пожежі.

INDEFINITE IN THE SYSTEMS AGAINST-ACCIDENT DEFENSE OF COAL MINES

The classification of indefinites, rise of which demand calculation in the time of projecting and exploitation systems against-accident defence of coal mines, was exploited. Conclusions about possibility and estimate mistakes methods of imitation modeling the emergency situation (exogenous fire) with the aim evacuation of peoples in the time of rise of the exogenous fire, which take into account the organization measures on composition PLA, operation PLA and check relatively introduction into the action systems against-accident defence in the time arising of exogenous fire.

Основной проблемой решения горнотехнических задач является оценка неопределенности исходной, промежуточной и выходной информации. В самом деле, все точные методы решения задач механики, гидравлики, аэрогазодинамики, геологии ориентированы на единый постулат: информация для решения задач реальна и поставляется технологу в полном объеме. Методы ее обработки известны, следует лишь эффективно их применить.

На практике дело обстоит иначе. Если в задачах механических расчетов неопределенность данных заключается лишь в возможном нарушении технологии изготовления детали или технологического элемента, вследствие которого возможен выход их расчетных характеристик за пределы граничных значений, то для объекта, каким является угольная шахта, задача является более сложной. Собственно, в теории надежности никогда и не ставилась задача комплексной оценки надежности технологического объекта. Задачей исследований являлась раздельная оценка надежности работы технологических и человеко-машинных объектов; в дальнейшем полученные результаты усреднялись (или максимизировались) и итоговый результат принимался за основу для принятия решения о надежности рассматриваемой человеко-машинной системы. Во всех рассматриваемых случаях предполагалось наличие полной исходной информации о состоянии рассматриваемого технологического объекта.

Перечисленные предположения, в общем случае, неосуществимы. Проектные решения, ориентированные на испытания того или иного технологического элемента в лабораторных условиях, как правило, оказываются неприменимыми на производстве. Возникает понятие неопределенности данных

и принимаемых решений.

Предпринятый нами анализ показал, однако, что понятие «неопределенность» в технических задачах вообще отсутствует. Более того, такого понятия нет и в справочниках УДК. В то же время при использовании каких-либо нормативных ссылок расшифровка термина является обязательной [1]. Поэтому, на наш взгляд, необходимо введение и обоснование термина «неопределенность» при решении горнотехнических задач.

Обратимся к вопросам филологии. Классические словари приводят следующие определения понятия «неопределенность».

В.И. Даль [2]. «В точности неизвестный; неисследованный, несосчитанный, неизмеренный, неописанный по всем признакам своим; темный, гадательный и сомнительный; неопределимый, недоступный исследованию и определению».

С.Н. Ожегов [3]. «Точно не установленный; не вполне отчетливый; неточный, неясный».

Академия наук СССР [4]. «Точно не установленный; неотчетливый, неясный; ничего не выражающий; такой, который трудно, невозможно определить, понять».

„Тлумачний словник української мови” [5] вообще не содержит рассматриваемого понятия.

Анализ этих определений приводит к выводу, что они неприменимы к решению рассматриваемых технических вопросов. Они весьма категоричны. В горной практике нет «неисследованных», «неизмеренных», «неопределимых», «недоступных исследованию», «точно не установленных», «ничего не выражающих» понятий. Поэтому нами предпринята попытка (естественно, в порядке обсуждения) формулировки понятия «неопределенность».

Неопределенность – характеристика технологического объекта, связанная с невозможностью на этапе его проектирования, планирования процесса функционирования и использования получения достоверной информации о состоянии параметров, определяющих процессы горного производства.

Разумеется, определение является общим. Поэтому необходимо дифференцировать проблему на ряд отдельных задач, для которых понятие «неопределенность» является качественно различным.

В рассматриваемом случае (для решения вопросов противоаварийной защиты угольных шахт) перечень задач может быть сформулирован следующим образом.

1. Проектирование системы противоаварийной защиты (СПАЗ). Поскольку само понятие «проектирование» предполагает наличие ряда неопределенных (и неопределимых) параметров, возникает задача их выделения и определения степени возможности учета при выборе необходимых характеристик СПАЗ.

2. Составление регламентированного [6] плана ликвидации аварий (ПЛА). Этот этап также связан с необходимостью использования неопределенной информации, поскольку составляется ПЛА заблаговременно (один раз в полугодие), и, естественно, не может учесть в полной мере динамику горных ра-

бот и связанного с ней изменения вероятности возникновения аварийных ситуаций.

3. Ввод в действие ПЛА. При возникновении шахтной аварии, в соответствии с [6], вводится в действие выбранная горным диспетчером позиция ПЛА. В этом случае также возникает несколько видов неопределенности. Во-первых, поступившее диспетчеру сообщение об аварии может не соответствовать реальному месту и времени ее возникновения [7, 8]. Если даже этого не произойдет – стрессовое состояние горного диспетчера способно привести к принятию неправильных мер, что также обуславливает необходимость учета неопределенности поставляемой горному диспетчеру информации.

4. По истечении оперативного времени ПЛА, когда, в соответствии с [6], будут выполнены все его мероприятия, авария в полном объеме в ряде случаев не ликвидирована. Прибывшие на шахту подразделения ГВГСС совместно с руководством шахты (в частности, ответственным руководителем работ по ликвидации аварий), составляют оперативный план ликвидации аварий (как показывает практика [9], их бывает даже несколько), регламентирующий меры и действия по оперативному, в соответствии с реально поступающей из аварийных участков шахты информацией, принятию мер по локализации ее очага и ликвидации ее последствий. Уже сама постановка задачи предполагает необходимость использования не только неопределенной, но и недостаточной информации: неопределенной – поскольку неясно, какая информация будет необходимой для принятия первоочередных противоаварийных мер, а недостаточной – поскольку, даже если круг ее определен, получение ее может оказаться затруднительным и даже невозможным вследствие непредсказуемого развития аварийной ситуации и затруднительных условий подхода подразделений ГВГСС к аварийным и угрожаемым участкам шахты для получения оперативной информации об их состоянии.

5. По окончании ликвидации аварии (или, в случае ее затяжной ликвидации, связанной, например, для экзогенного пожара с необходимостью изоляции пожарного очага с целью его естественного затухания) создается комиссия по расследованию последствий возникшей аварии. Ей предоставляется вся составленная при ликвидации аварии документация: протокол ввода в действие ПЛА, составленные оперативные ПЛА и протоколы ввода их в действие, отчетность подразделений ГВГСС об осуществлении аварийных и восстановительных работ. При этом также возникает задача оценки правильности использования недостаточной и неопределенной исходной информации; при необходимости для этой цели используются системы экспертных оценок (примером использования таких систем могут служить частные задачи, изложенные в работах [10, 11]).

Как видим, круг задач, связанных с понятиями неопределенности при решении вопросов противоаварийной защиты угольных шахт, достаточно широк. Нами запланировано, в рамках тематики ИГТМ НАН Украины, поэтапное решение указанных задач с целью создания гибкой системы проектирования и реализации системы противоаварийной защиты угольных шахт в

2007-2010 гг. Концепция создания такой системы разработана в рамках Программы безопасности Минуглепрома Украины [12] и изложена нами в [13, 14]. Более подробно мы планируем осветить рассматриваемые вопросы в следующих выпусках настоящего сборника. Пока же остановимся на основных, концептуальных, вопросах учета неопределенности информации при решении задач противоаварийной защиты угольных шахт.

Проектирование СПАЗ. Эта задача, к сожалению, в соответствии с проведенным нами анализом, не нашла еще достаточного отражения в разрабатываемых институтами «Гипрошахт» проектах вскрытия и отработки шахтных полей. Они ограничиваются указаниями на выполнение требований [6] по установке в необходимых (но не всегда достаточных) местах противопожарных дверей, прокладке пожарно-оросительных систем, организации систем обнаружения аварий и оповещения о них шахтного персонала. Указания эти носят регламентирующий характер. Соображения авторов проекта понятны: у них отсутствует даже достаточно достоверная информация о ходе ведения горных работ (одних горно-геологических данных недостаточно, а более подробная информация может быть получена лишь в ходе отработки конкретного угольного месторождения), а тем более – о возможном возникновении в шахте аварийных ситуаций.

Можно привести конкретный пример. Проектирование шахты включает, в качестве неотъемлемого элемента, проектирование системы ее вентиляции, важнейшим элементом которого является расчет аэродинамического сопротивления ее элементов – горных выработок и шахтных стволов.

В соответствии с общепринятой практикой аэродинамическое сопротивление рассчитывается на этапе проектирования по формуле

$$R(i, j) = \frac{\alpha(i, j)P(i, j)L(i, j)}{S^3(i, j)},$$

где $\alpha(i, j)$ – удельное аэродинамическое сопротивление выработки (i, j) , $P(i, j)$ – ее периметр, $L(i, j)$ – ее длина, $S(i, j)$ – площадь ее поперечного сечения. При проектировании, естественно, принимаются значения указанных величин из соответствующих справочников и типовых рядов. Учесть реальные условия просто не представляется возможным. Если удельное аэродинамическое сопротивление и длину выработки можно еще считать условно постоянными величинами, то периметр и площадь поперечного сечения выработки прямо зависят от условий отработки угольного месторождения (проявлений горного давления, соотношений прочности проходимых угольных пропластков и вмещающих пород и т.д.) и могут меняться в реальных условиях в широких пределах. Поэтому на этапе реализации проекта необходимы реальные подмеры указанных величин. Частично это делается в ходе проводимых в регламентированные сроки воздушно-депресссионных съемок [15]; однако, на наш взгляд, этого недостаточно, и необходимо производить регулярные их замеры силами групп информационного обеспечения (ГИО) участков вентиляции и

техники безопасности (ВТБ) угольных шахт. Положение о создании и функционировании таких групп подготовлено нами в рамках выполнения тематики по заказу Минуглепрома Украины [16].

Составление оперативной части ПЛА.

Задачей системы противоаварийной защиты, и составляемого шахтой ПЛА в частности, является обеспечение безопасной эвакуации горнорабочих из выработок аварийного и угрожаемых участков в кратчайшие сроки [6]. Общепринятый на шахтах метод решения этой задачи заключается в:

- определении выработок, пригодных для осуществления аварийной эвакуации людей, и времени движения по ним с учетом геометрических (длина, площадь поперечного сечения, угол наклона), технологических (температура, обводненность, степень загроможденности технологическим оборудованием и промышленными отходами, оборудование клетевым или лестничным подъемом, наличие транспортных средств) и аварийных (возможное повышение температуры воздуха и загазирование выработок пожарными газами) характеристик;

- формировании из них маршрутов аварийной эвакуации с учетом минимизации суммарного времени их преодоления;

- проведении контрольных проверок выбранных маршрутов.

Однако практическая реализация такого метода показывает его несовершенство. Выбор маршрутов аварийной эвакуации на основе лишь инженерного опыта и интуиции составителя (главного инженера шахты) не позволяет учесть большое количество разноплановых факторов и таит возможность возникновения ошибок, связанных с недооценкой роли того или иного фактора и степени их взаимовлияния. Примеров тому много. Главный инженер сталкивается с вопросами выбора альтернативного варианта между длинной, но горизонтальной, и более короткой, но наклонной выработкой, выработкой большого сечения, по которой можно двигаться в пешем порядке, и более короткой выработкой, движение по которой может осуществляться лишь ползком, выработкой, в которой есть транспортное средство, способное отказать в аварийной ситуации, и выработкой более короткой, в которой оно отсутствует, и т.д. Поэтому, если первая задача плана аварийной эвакуации осуществляется исключительно человеком-составителем ПЛА, то решение второй задачи предполагает разработку оптимизационного метода, который, для современных глубоких метанообильных шахт со сложной топологической структурой, требует использования ПЭВМ.

Первым этапом, после определения перечня выработок, принципиально пригодных для целей аварийной эвакуации, является определение для каждой из них значения некоторой общей характеристики (можно назвать ее степенью проходимости), функционально связанной с временем движения людей по выработке и действующими в ней поражающими факторами пожара. В дальнейшем для каждого исходного пункта аварийной эвакуации определяется маршрут по критерию минимума суммы указанных характеристик.

Метод решения этой задачи наиболее полно рассмотрен в [7, 17]. В каче-

стве критерия оптимальности маршрута принимается математическое ожидание количества эвакуируемых из аварийного и угрожаемых участков шахты людей с учетом эргономических характеристик маршрута. В аналитическом виде этот критерий имеет вид:

$$\sum_{(i,j) \in \theta} \lambda(i,j) [\exp(P \sum_{(i',j') \in \mu(i,l)} \frac{C(i',j')L(i',j')}{v(i',j')}) - 1] \rightarrow \min,$$

где $\lambda(i,j)$ представляет собой математическое ожидание количества людей в выработке (i,j) в течение рабочего цикла (смены), θ – множество всех выработок шахты, P – числовой параметр, характеризующий степень влияния характеристик маршрута на значение критерия в целом, $C(i',j')$ – концентрация пожарных газов в (i',j') , $L(i',j')$, $v(i',j')$ – длина (i',j') и скорость движения людей по ней соответственно; последняя определяется по нормативным данным или рассчитывается по методике [18], $\mu(i,l)$ – маршрут аварийной эвакуации людей от узла i к узлу l , находящемуся на поверхности. Более подробно особенности использования этого критерия исследованы и обобщены в работах [7, 19].

Анализ показывает, что и здесь имеет место неопределенность. Математическое ожидание количества людей в выработке уже представляет собой недостаточно определенную величину. Она характеризует значение рассматриваемого параметра за определенный (предполагаемо большой) отрезок времени и может колебаться в широких пределах. Концентрация пожарных газов в исследуемых выработках является параметром трудноопределяемым; ее критическое значение, регламентируемое [6], вообще находится за пределами зоны действия большинства приборов контроля, и в аналитическое выражение вышеприведенного критерия оно введено лишь для искусственного определения более подходящих (хоть также не совсем безопасных) выработок аварийной эвакуации горнорабочих. Скорость движения людей по маршруту аварийной эвакуации является также величиной неопределенной. Она планируется с учетом заранее задаваемых характеристик аварийной ситуации, и фактически не может учесть незапланированных, инициированных ею факторов (повышения температуры выше допустимых пределов, обрушения пород кровли, что сокращает время преодоления угрожаемого участка и т.д.).

Ввод в действие ПЛА. На этом этапе реализации СПАЗ значение неопределенности наиболее возрастает. Если на двух предыдущих этапах решения носили вынужденно рекомендательный характер (как проектировщик СПАЗ, так и составитель ПЛА использовали нормативные требования и не имели реальной информации о протекании аварии), то на рассматриваемом этапе такие сведения в принципе могут быть получены. Иное дело – каким образом и в какие сроки. Однако горный диспетчер на них рассчитывать не может; его задача – принять меры по вводу в действие ПЛА, не обдумывая правильности принимаемых решений, поскольку временной фактор играет решающее значение. А уже потом, по мере получения сведений о реальном протекании аварии и реализации мер введенного в действие ПЛА, корректировать реализа-

цию предпринимаемых действий. Не останавливаясь на тактических, организационных и психологических аспектах этого процесса (они достаточно подробно описаны в наших работах [7, 17, 20]), следует отметить, что неопределенность информации обуславливается на этом этапе рядом человеческих факторов: обнаружением аварии (с правильной интерпретацией очага ее возникновения, от чего зависит правильность информирования горного диспетчера и ввода в действие соответствующей позиции ПЛА), состоянием горного диспетчера после получения им информации из шахты и правильностью ввода в действие ПЛА, наличием и оперативностью работы ВГК и прибывающих на шахту подразделений ГВГСС. А значит – в этом случае необходимо использование экспертно-аналитических систем и, на следующем этапе ликвидации аварии, – методов экспертных оценок, одним из которых является уже упоминаемый выше метод анализа иерархий [10, 11].

Составление и реализация оперативного ПЛА. Этот этап работы противоаварийной защиты характеризуется следующими показателями:

– горнорабочих в аварийном и угрожаемых участках шахты нет (в отдельных случаях, как отмечает автор [21], это требование может нарушаться; вопрос идет о том, что при необходимости эвакуации большого количества людей пропускная способность предназначенных для этого шахтных стволов не позволит осуществить ее в регламентированные ПЛА сроки. При этом, однако, необходимо исследовать возможность изменения или сохранения до окончания эвакуации аварийного вентиляционного режима);

– в ходе составления оперативного ПЛА, в зависимости от полноты и степени достоверности получаемой от подразделений ГВГСС информации, определяются основные меры по ее локализации и ликвидации. Так, проводится ряд работ (прогнозирование их осуществления производится еще на этапе составления ПЛА и частично осуществляется на этапе реализации его мероприятий) [22]. Это:

– определение устойчивости вентиляционных потоков. Задача является особенно актуальной на рассматриваемом этапе, поскольку в условиях развившегося пожара сформировавшаяся тепловая депрессия в ряде случаев превышает расчетные значения, предусматриваемые с целью реализации мероприятий ПЛА, и тушение пожара в дальнейшем может этим фактором осложниться. Неопределенность в этом случае заключается в частичной невозможности получения информации о тепловом и газовом режиме аварийной зоны и соответствии возможностей работы подразделений ГВГСС в этих участках требованиям [6];

– выбор аварийного вентиляционного режима. Эта задача является многоплановой. Если анализ предыдущего этапа покажет (с достаточной степенью достоверности), что применявшийся на этапе ввода в действие ПЛА вентиляционный режим пригоден для использования при реализации оперативного ПЛА – задача упрощается. Если же нет, и информация о состоянии проветривания аварийного участка недостаточна или недостоверна – необходимо использовать оригинальные методы ее актуализации; одним из таких является метод, изложенный в [23];

– определение концентрации метана после отключения дегазации. Эта задача также содержит фактор неопределенности. В самом деле, аварийные и угрожаемые участки шахты могут и не содержать элементов дегазационных систем. В этом случае, естественно, отключение дегазационных систем производиться не будет, и ликвидация аварии не осложнится повышением концентрации метана. В противном случае необходимо принять меры по определению изменений ее значений, причем не только непосредственно в горных выработках, но и в дегазационных трубопроводах с целью исключения его взрывоопасных концентраций, особенно опасных в связи с образованием в непосредственной близости очага открытого огня.

Расследование последствий возникшей аварии. Этот этап уже не ограничен временными рамками. Авария ликвидирована, и задачей этапа является исследование допущенных на предыдущих этапах ошибок и принятие мер к недопущению их повторения при возникновении аналогичных ситуаций в будущем. Неопределенность при этом заключается в следующем:

– анализ влияния несоответствия позиций плана ликвидации аварий фактическому положению в шахте [22]. Как уже отмечалось рядом исследователей, учесть все аспекты возникновения и протекания аварии в шахте невозможно. Поэтому при вводе ПЛА в действие возможно возникновение ряда неопределенных ситуаций, когда горный диспетчер вводит в действие не ту позицию ПЛА, реализует ее мероприятия не в той последовательности или не в регламентированные сроки и т.д.

– собственно расследование последствий возникшей аварии. Анализ показывает, что даже правильный ввод в действие необходимой позиции ПЛА и правильное осуществление мероприятий оперативного ПЛА не гарантирует определения оптимальной стратегии ее ликвидации. С целью совершенствования стратегии ликвидации аналогичных аварийных ситуаций поэтому необходимо использование коллектива экспертов, формализация выработки совместного мнения которых осуществляется с использованием специальных методов (например, охарактеризованных в [24]).

На основании изложенного могут быть сделаны следующие выводы.

1. При решении задач проектирования и реализации мероприятий противоаварийной защиты угольных шахт возникает проблема неопределенности исходной, промежуточной и выходной информации решения задач вентиляции, дегазации и тактических мероприятий ПЛА и оперативного ПЛА. Методы устранения или учета такой неопределенности разработаны в настоящее время недостаточно. Необходима разработка дополнительных методологических подходов, соответствующего методического, алгоритмического и программного обеспечения решения указанных задач с целью поставки его на шахты и совершенствования решения противоаварийных задач с учетом определяющего временного фактора.

2. Как показал анализ, на всех этапах учета неопределенности при решении задач СПАЗ существующая структура участка ВТБ недостаточна для обработки получаемой из шахты информации и эффективного ее использования

с применением ПЭВМ. Нами предлагается [16] (и уже частично реализована путем разработки нормативных документов отрасли) реорганизация участков ВТБ в следующих направлениях: создания в составе участка ВТБ группы его информационного обеспечения (ГИО) с целью более эффективного проведения работ по расчету вентиляции, в частности, при составлении оперативной части ПЛА и в аварийных условиях, разделения функций участков ВТБ и ПРТБ (который в настоящее время осуществляет такие работы) в части оптимизации работы системы дегазации, в том числе в аварийных условиях, о чем сказано в [14].

3. Необходимо провести комплекс работ по исследованию возможности ликвидации возникающих неопределенностей путем создания групп квалифицированных экспертов и разработки дополнительных методов анализа и учета их мнений. Поскольку такие специалисты сосредоточены в отраслевых институтах Минуглепрома Украины (в частности, МакНИИ, ДонУГИ, НИИГД), штабах ГВГСС и подразделениях МЧС Украины – важной задачей является их привлечение к решению указанных задач.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Національна стандартизація. ДСТУ 1.5:2003.- Київ: Держстандарт України, 2003.- 60 с.
2. В.И. Даль. Толковый словарь живого великорусского языка. Том 2.- СПб, 1881.- 780 с. (репринт).
3. С.Н. Ожегов, Н.Ю. Шведова. Толковый словарь русского языка.- М.: 2003.- 940 с.
4. Академия наук СССР. Институт русского языка. Словарь русского языка. Том 2.- Государственное издательство иностранных и национальных словарей. М.: 1958.- 1015 с.
5. Тлумачний словник-мінімум української мови / Уклали Л.О. Ващенко, О.М. Єфімов.- К.: Довіра, 2001.- 534 с.
6. Правила безопасности в угольных шахтах / ДНАОП 1.1.30-1.01-96 // Утверждено приказом Государственного комитета Украины по надзору за охраной труда от 18 января 1996 г. № 7.- К.: Основа, 1996.- 207 с.
7. В.Я. Потемкин, Е.А. Козлов, И.Е. Кокоулин. Автоматизация составления оперативной части планов ликвидации аварий на шахтах и рудниках – К.: Техника, 1991.- 124 с.
8. Соболев Г.Г. Горноспасательное дело – М.: Недра, 1972.- 356 с.
9. Аналіз аварій і горноспасательных работ на шахтах, обслуживаемых ГВГСС Минтопэнерго Украины за 2004 год.- Донецк, 2005 – 202 с.
10. Применение метода анализа иерархий для принятия решений при возникновении чрезвычайных ситуаций/Потемкин В.Я., Кокоулин И.Е., Юшина И.В.// Безопасность труда в промышленности. – 1994. – № 3. – С. 34-37.
11. Анализ иерархий в задачах плана ликвидации аварий/ Кокоулин И.Е. // Безопасность труда в промышленности.- 1996.- № 5.- С. 20-23.
12. Програма підвищення безпеки на вугільних шахтах. Сучасний стан і проблеми охорони праці. Затв. пост. Кабінету Міністрів України від 06.07.02 № 939. Зібрання законодавства України.- К.: Укр. інформ. прав. центр, 2002.- С. 45-77.
13. Проветривание и газовый режим шахты им. А.Ф. Засядько: состояние и пути совершенствования / Е.Л. Звягильский, А.Ф. Булат, И.А. Ефремов, Б.В. Бокий, Т.В. Бунько, И.Е. Кокоулин.- Донецк-Днепропетровск, 2003.- 187 с.
14. Состояние техники безопасности и эффективность функционирования противоаварийной защиты угольных шахт/ А.Ф. Булат, В.В. Фичев, И.А. Яценко, В.Г. Красник, Н.Б. Левкин, И.Е. Кокоулин, Т.В. Бунько, Н.С. Кузьменко.- Днепропетровск, 2005.- 266 с.
15. Руководство по проведению депрессионных и газовых съемок в угольных шахтах.- Донецк: ВНИИГД, 1989.- 124 с.
16. Национальная Академия наук Украины. Институт геотехнической механики им. Н.С. Полякова. Отчет о научно-исследовательской работе № А210404000 «Разработка и внедрение компьютерной технологии повышения эффективности контроля шахтных вентиляционных систем с учетом внедрения комплексной дегазации».- Днепропетровск, 2005.- 290 с.
17. Светличный В.П., Кокоулин И.Е., Хижняк В.А. Обобщенный алгоритм формирования с помощью ЭВМ оптимальных путей движения людей из шахты при возникновении аварийной ситуации// Известия вузов. Горный журнал, 1979. – № 10. – С. 26-30.

18. Расчет времени движения людей при выходе из аварийной зоны/ Потемкин В.Я., Светличный В.П., Кокоулин И.Е.// Техника безопасности, охрана труда и горноспасательное дело: Науч.-техн. реф. сб. ЦНИЭИУголь.- 1977.- № 12.- С. 13-14.

19. Принципы выбора вентиляционного режима при условии возможного осложнения протекания экзогенного пожара взрывом метана / И.А. Ященко // Геотехнічна механіка: Міжвід. зб. наук праць / Дніпропетровськ, 2005.- Вип.. 59.- С. 183-188.

20. Повышение надежности работы горного диспетчера в аварийной ситуации на шахте / Кокоулин И.Е. // Безопасность труда в промышленности.- 2000.- № 3.- С. 44-45.

21. Эвакуация людей при пожаре с использованием транспортных средств циклического действия/ И.А. Ященко// Геотехнічна механіка: Міжвід. зб. наук праць/ Дніпропетровськ, 2005.- Вип.. 58.- С. 213-219.

22. С.М. Смоланов, В.І. Голінько, Б.А. Грядущий. Основи гірничорятувальної справи (навчальний посібник для студентів гірничих спеціальностей вищих навчальних закладів).- Дніпропетровськ, видавництво НГУ.- 2002.- 267 с.

23. Кокоулин И.Е., Бондарева С.В., Сапунова И.А. Выбор оптимального вентиляционного режима на период ликвидации экзогенного пожара // Известия вузов. Горный журнал, 1987. – № 8. – С. 43-46.

24. Использование компьютерных технологий при проектировании вентиляции угольных шахт (к 60-летию института Луганскгипрошахт) / В.И. Полтавец, А.Ф. Булат, Т.В. Бунько, А.М. Малкин, И.Е. Кокоулин.- Луганск-Днепропетровск, 2003.- 343 с.

УДК 622.28.044:622.831

Канд. техн. наук Г.И. Ларионов,
м.н.с. С.А Головкин, н.с. Ю.Ю Булич
(ИГТМ НАН Украины)

О ПРИМЕНЕНИИ ЗАДАЧИ Н.Е. ЖУКОВСКОГО ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ УСИЛИЙ В ЗАКРЕПЛЕННОМ МЕТАЛЛОПОЛИМЕРНОМ АНКЕРЕ

У роботі розглянуто механізм руйнування штанги анкера, зафіксованого у гірському масиві, розривом як найбільш ймовірний. Для встановлення закону розподілу зусиль, які виникають на контакті витків анкера та гірської породи, було використано розв'язок задачі Н.Є. Жуковського. Отримані результати демонструють відповідність уявленням про механізм руйнування штанги анкера розривними зусиллями. Представлено графічні залежності розподілу основних параметрів напружено-деформованого стану вздовж тіла штанги анкера і найбільш навантаженої ділянки від кількості витків, та зроблено висновки.

ON BIT FORCE DISTRIBUTION ALONG METAL POLYMER FIXED ANKER AS N.E. ZHUKOVSKY TASK

Present paper is devoted to elucidate fixed in rock rebar bolt destruction mechanism tensile rupture, as most probability. N.E. Zhukovskiy task solving is used to obtain metal resin anchor bit force distribution in rock-anchor contact. Obtained results are corresponded with famous rebar bolt destruction mechanism under tensile axes forces. Graphics demonstrate main stress-strain parameter distributions along rebar bolt and for most loaded point part via carving number. Conclusions are made.

Анкерное крепление начинает успешно завоевывать позиции в системах крепления горных выработок на шахтах Украины. Применение современных опорно-анкерных систем позволяет в типовых условиях обеспечить безремонтное поддержание подготовительных выработок [1].

Однако, как показывает практический опыт, эффективность применения анкерных систем в ряде случаев оказывается недостаточной, что связано с невыполнением требований технологии опорно-анкерного крепления и нетра-