

**МЕТОДОЛОГИЯ РАЗРАБОТКИ ЭКСПЕРТНОЙ СИСТЕМЫ,
ПРЕДНАЗНАЧЕННОЙ ДЛЯ АНАЛИЗА И ПРОГНОЗИРОВАНИЯ
ОПАСНЫХ И АВАРИЙНЫХ СИТУАЦИЙ НА УГОЛЬНЫХ ШАХТАХ**

Охарактеризовано методологію розробки експертної системи, яка призначена для аналізу та прогнозування небезпечних та аварійних ситуацій на вугільних шахтах. Визначено основні принципи, якими повинен користуватися споживач при визначенні меж, у яких використовується інтерактивний режим взаємодії проектувальника та ПЕОМ.

**THE METHODOLOGY EXPLOITATION OF EXPERT SYSTEM, WHICH
INTENDS FOR ANALYSIS AND PROGNOSING OF DANGEROUS AND
EMERGENCY SITUATIONS ON COAL MINES**

The methodology exploitation of expert system, which earmarked for analyses and prognoses of dangerous and emergency situations on coal mines, was characterized. The mine principles, which owing to make using consumer in the time of definition of frontier, in which used an interactive regime of reciprocity of projectant and PK, were defined.

Прогнозирование опасных и аварийных ситуаций, которые могут возникнуть на угольных шахтах, представляет собой сложную научно-техническую задачу. С одной стороны, она должна решаться, как альтернативная проблема: возникнет или не возникнет совокупность предпосылок, которые приведут к выходу протекания технологического процесса за границы безопасных условий эксплуатации, а с другой – как обеспечение условий, при которых вероятность возникновения аварийной ситуации и ликвидации ее негативных последствий максимально снижается. Ясно, что решение этой задачи в аналитически определенной постановке не представляется возможным, поскольку в ней присутствует большое количество качественно несравнимых параметров (исследования показали, что оно достигает 20 и более). Кроме того, даже подлежащие аналитической оценке параметры не могут быть зачастую определены с достаточной степенью точности, так как она зависит от степени достоверности получения данных от человеко-машинной системы, связанной с использованием недостаточно достоверной информации. Возникает парадокс: точность расчетов неизмеримо выше точности задания исходной информации о состоянии аэрогазодинамических параметров процессов, протекающих в горных выработках при возникновении аварийных ситуаций. Положение осложняется еще и тем, что определение реальных значений параметров состояния шахтной атмосферы в аварийных ситуациях затруднительно, поскольку замерщик не может в ряде случаев приблизиться к месту необходимого получения информации вследствие превышения там предельно безопасных значений температуры окружающей среды, концентрации газов техногенного происхождения и т.д. Поэтому актуальным является создание системы (желательно, с привлечением современной вычислительной техники), предназначенной для использования знаний и опыта человека-эксперта по принятию решений, возникающих в аварийной ситуации на угольной шахте.

Что же представляет собой экспертная система? И чем она отличается от традиционной аналитически описываемой системы расчета аэрогазодинамических параметров, характеризующих протекание аварийной ситуации на шахте?

Ответ на этот вопрос не является однозначным. Если ряд технологических процессов в шахте может быть с определенной степенью точности описан аналитически, то большинство из них характеризуется показателями, которые численно определены быть не могут. Знания о них могут быть получены лишь эмпирическим путем, и представляют собой результат опыта и мыслительной деятельности человека, направленной на обобщение этого опыта, полученного в результате практической деятельности на объекте изучения. Так, если, например, вооружить человека данными о том, что в шахте наблюдается высокая концентрация метана (результат измерения или наблюдения), то этот факт сам по себе еще не позволит ему решить задачу устранения негативного влияния указанного техногенного фактора. А если специалист-эксперт поделится знаниями о том, что концентрацию эту можно понизить применением специальных вентиляционных мероприятий или отбором метана дегазационными средствами, то это существенно приблизит решение задачи дегазации, хотя на самом деле нужны дополнительные данные и более глубокие знания.

Следует определиться с тем, что представляет собой само понятие "знания". Имеет ли оно какое-либо количественное измерение, или представляет собой чисто эмпирический символ, означающий наличие какого-либо показателя, представляющего чисто субъективную характеристику, зависящую от индивидуума, им обладающего?

Если отвлечься от последней предпосылки, то, на наш взгляд, можно дать следующее определение: *"Знания – это связи и закономерности предметной области (принципы, модели, законы), полученные в результате практической деятельности и профессионального опыта, позволяющего специалистам ставить и решать задачи в данной области"*.

Определение это, очевидно, исчерпывающее. Однако оно является слишком общим, и требует определенной расшифровки. Именно, знания делятся на:

- знания в памяти человека, как результат анализа опыта и мышления. Для специалиста-эксперта в области вентиляции и дегазации эти знания представляют собой совокупный опыт, приобретенный на конкретном горном предприятии путем анализа информации, поступающей от служб ВТБ и ДГС при проведении воздушно-депресссионных и газовых съемок, текущих замеров расхода воздуха в горных выработках, депрессии выработок и вентиляционных сооружений, концентрации метана в горных выработках и дегазационных трубопроводах и т.д. Следует лишь оговорить следующий момент: не все эти данные могут быть формализованы и тем более обобщены на предмет использования другими горными предприятиями; именно в целях такого обобщения и планируется создание экспертной системы;

- материальные носители знания (специальная литература, учебники, методические пособия). Такого рода знания имеют специфику определенного старения, поскольку научно-технический прогресс выдвигает новые, повышенные,

требования к организации систем вентиляции и дегазации, выбору прогрессивных схем проветривания добычных участков и технических средств реализации запланированных мероприятий. Поэтому использование материальных носителей знания не носит универсального характера; это лишь информация к размышлению с целью обобщения и выбора наиболее рационального подхода к решению поставленной задачи;

- поле знаний, как условное описание основных объектов предметной области, их атрибутов и закономерностей, их связывающих. Эти знания являются более универсальными, поскольку в меньшей степени зависят от материального носителя и представляют специалисту-эксперту большие возможности по варьированию методами выбора путей получения оптимального решения поставленной задачи;

- знания, описанные на языках представления знаний. К ним относятся уже более специфические, предназначенные для подготовленного пользователя структуры: продукционные языки, семантические сети, фреймы. В задачи настоящей публикации не входит подробная характеристика таких структур. Отметим лишь, что они не являются чем-либо новым в области выбора необходимой экспертной оценки, а лишь облегчают анализ многоальтернативных вариантов экспертных оценок решения нечетко сформулированных или не обладающих достаточной исходной информацией задач с применением современных средств вычислительной техники;

- база знаний на машинном носителе информации. Это – высшая категория хранения и структурирования знаний, поскольку доступ к ним обеспечивается не только прямым прочтением, но и выбором необходимых понятий и классов знаний по признаку их принадлежности к заданному типу, причем с заданным уровнем детализации. Так, например, могут быть определены такие критерии выбора знаний [1], как *интенционал* (определение понятия через соотнесение его с понятием более высокого уровня абстракции с указанием специфических свойств; для решения наших задач интенционал понятия "горная выработка": "горнотехнический объект, предназначенный для размещения оборудования по добыче полезного ископаемого, транспортирования его к местам складирования и осуществления вспомогательных технологических процессов: вентиляции, дегазации, аварийной эвакуации горнорабочих при возникновении шахтных аварий и т.д.") и *экстенционал* (определение понятия через перечисление его конкретных примеров, т.е. понятий более низкого уровня абстракции; возвращаясь к нашему примеру, экстенционал понятия "горная выработка": "квершлаг, вентиляционный или откаточный штрек, конвейерный уклон, людской ходок, лава и т.д."). Использование таких понятий позволит эксперту производить выборки интересующих его технологических объектов по определенному признаку, располагая их по степени значимости в соответствии с определенными критериями; разумеется, приведенные примеры достаточно схематичны, и пользователь при создании оригинальной экспертной системы волен выбирать список и конфигурацию критериальных оценок по своему усмотрению.

Несложно видеть, что интенционалы формируют знания об объектах, в то время как экстенционалы объединяют данные. Вместе же они формируют элементы поля знаний конкретной предметной области. Поэтому правильное понимание и использование специалистом-экспертом соотношения интенциональных и экстенциональных критериев является гарантией правильности формирования и использования экспертной системы оценки анализа и прогнозирования опасных и аварийных ситуаций на угольных шахтах.

Знания об объекте оптимизации, каким является угольная шахта, могут быть разделены на две категории: поверхностные и глубинные. К поверхностным относятся знания о видимых взаимосвязях между отдельными событиями и фактами в предметной области. К категории глубинных относятся абстракции, аналогии, схемы, отображающие структуру процессов, протекающих в предметной области. Возвращаясь к примерам из горной практики, поверхностными могут быть названы знания о законе аэродинамического сопротивления горных выработок (связь между расходом воздуха и депрессией горной выработки носит в основном нелинейный характер с показателем степени при расходе воздуха в пределах 1 (ламинарный поток) – 2 (турбулентный поток)), а глубинными – собственно определение значения этого показателя, исходя из замерных значений расхода воздуха в выработках с последующим моделированием воздухо-распределения и параметрической идентификацией его в соответствии с выбранными критериями оптимальности.

Современные экспертные системы работают в основном с поверхностными знаниями, поскольку на данный момент нет универсальных методик, и не только при решении горнотехнических задач, позволяющих выявлять глубинные структуры знаний и работать с ними. Как неоднократно отмечалось [2,3,4], это связано с тем, что угольная шахта представляет собой сложный топологически, многопараметрический объект, функционирующий в условиях недостаточно определенной исходной информации о его состоянии, тем более в условиях возникновения опасных и аварийных ситуаций, когда принятие решения часто зависит не от рекомендаций составленного заблаговременно документа (например, плана ликвидации аварий (ПЛА)), а от волевого решения ответственного руководителя работ по ликвидации аварии. Последний, помимо того, что находится в стрессовой ситуации, вызванной ответственностью за безопасность людей, находящихся в шахте в момент возникновения аварии, вынужден еще и принимать решения, не располагая достаточной информацией о реальном протекании аварии; поэтому использование глубинных знаний ему просто недоступно, и разработка экспертной системы, которая может использоваться в такой ситуации, имеет важное значение.

Системы, в основе которых лежит интерактивная обработка информации с использованием современных ПЭВМ, по существующей классификации, относятся к категории интеллектуальных. Такие системы применяются для решения сложных задач, где основная сложность решения связана с использованием слабо формализованных знаний специалистов-практиков и где логическая или смысловая обработка информации превалирует над вычислительной. В нашем

случае наглядным примером является составление и реализация мероприятий генерального плана ликвидации аварий. В самом деле, после ввода в действие ПЛА, когда первоочередные мероприятия по спасению людей, застигнутых аварией в горных выработках, выполнены, специалисты шахты должны переходить к решению задач ликвидации аварии; для этого, однако, не всегда имеется необходимая информация. Развитие аварии, в частности, экзогенного пожара, весьма динамично, и направляемые на разведку отделения ГВГСС не всегда способны оперативно оценить обстановку и тем более информировать ответственного руководителя работ по ликвидации аварии с достаточной степенью точности (по расположению и временным показателям) о реальных параметрах и перспективах развития аварии. Поэтому коллектив специалистов, занятых составлением и реализацией генерального ПЛА, вынужден ориентироваться на аналогичные, имевшие место ранее, аварийные ситуации и выработать рекомендации на основе инженерного опыта и интуиции, что не всегда приемлемо. Тем более, что в практике угледобывающих предприятий пока отсутствуют критерии объективной оценки действия всей совокупности факторов, определяющих протекание техногенной аварии; мнения же специалистов-экспертов могут весьма различаться. Попытки оценить аналитически и представить в численном виде интегральный показатель оценки аварийной ситуации пока единичны, а применение метода анализа иерархий [5] требует дополнительной практической проработки с целью учета особенностей выбора весовых коэффициентов, определяющих степень влияния разноплановых факторов протекания аварии на окончательное мнение коллектива экспертов относительно стратегии ликвидации аварийной ситуации.

Из всего вышеизложенного может быть сделан вывод о том, что в практике анализа и прогнозирования опасных и аварийных ситуаций назрела необходимость создания экспертной системы, как наиболее универсального вида интеллектуальных систем, ориентированного на тиражирование опыта высококвалифицированных специалистов в областях, где качество принятия решений традиционно зависит от уровня экспертизы. К таким областям относится, в частности, и горное дело, которое относится к специфическим "экспертным" областям, где важен эмпирический опыт специалистов.

Вместе с тем, однако, опыт создания экспертных систем в Украине можно оценить как весьма недостаточный. Несколько дальше в этих вопросах продвинулась Россия, однако и там интерес к их разработке среди широких слоев специалистов имеет слабое материальное подкрепление. Ощущается явная нехватка учебников и специальной литературы, ограничено финансирование научно-практических исследований в этой области. Слаб и отечественный рынок программных продуктов для разработки экспертных систем. Следует отметить, что примеры использования экспертных систем по анализу и прогнозированию опасных и аварийных ситуаций другими ведущими угледобывающими странами мира также весьма ограничены. Многочисленные же подделки под экспертные системы в виде диалоговых систем и интерактивных пакетов прикладных программ лишь дискредитируют в глазах пользователей это чрезвычайно пер-

спективное направление, тем более что процесс создания экспертной системы требует участия высококвалифицированных специалистов в области искусственного интеллекта (этимися вопросами занимается специальная наука – инженерия знаний), которых система высшего образования готовит пока недостаточно.

На основании приведенных соображений, Департаментом по чрезвычайным ситуациям и охране труда Министерства топлива и энергетики Украины и Институтом геотехнической механики им. Н.С. Полякова НАН Украины намечена программа создания, на базе совместных исследований по анализу и прогнозированию опасных и аварийных ситуаций на угольных шахтах Украины, стран СНГ и доступного нам зарубежного опыта, экспертной системы, направленной на решение задач снижения аварийности и последствий принятия неэффективных решений по вводу в действие генерального ПЛА и использования средств противоаварийной защиты угольных шахт. Основные положения формирования такой системы планируется опубликовать в ближайшее время на страницах специализированных изданий горной науки и промышленности Украины.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Частиков А.П., Гаврилова Т.А., Белов Д.Л. Разработка экспертных систем. Среда CLIPS.-СПб.: БХВ-Петербург, 2000.- 608 с.
2. Мясников А.А., Патрушев М.А. Основы проектирования вентиляции угольных шахт.- М.: Недра, 1971.- 228 с.
3. Абрамов Ф.А., Тянь Р.Б., Потемкин В.Я. Расчет вентиляционных сетей шахт и рудников.- М.: Недра, 1978.- 238 с.
4. Потемкин В.Я., Козлов Е.А., Кокоулин И.Е. Автоматизация составления оперативной части планов ликвидации аварий на шахтах и рудниках.- К.: Техника, 1991.- 124 с.
5. 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.

УДК 531.8

А.Н. Зорин, И.В. Ульянов

РАЗРУШЕНИЕ ГЕОМАТЕРИАЛОВ ПРИ ЦИКЛИЧЕСКОМ НАГРУЖЕНИИ

Розглянуто ентропійний метод контролю стійкості породних оголень при циклічному на-
груженні.

DESTRUCTION OF GEOMATERIALS AT CYCLIC LOADING

Is considered entropic method of control of stability rock nakes at cyclic loading.

Устойчивость породных обнажений зависит от целого ряда факторов: величины и характера изменения нагрузки, состояния пород обнажения, его геометрических параметров и т. д. При создании того или иного породного обнажения одним из важнейших вопросов является обеспечение его устойчивости в течение достаточно продолжительного времени. При этом для коррекции доступны такие параметры, как характер нагрузки, которой подвергается породное обнажение и способ его образования. Характер нагрузки может быть, в простейшем случае, циклическим. Устойчивость прямо зависит от величины этой нагрузки.