

Канд. техн. наук И.Е. Кокоулин,
д-р техн. наук В.Г. Перепелица,
д-р техн. наук Ю.И. Кияшко
(ИГТМ НАН Украины)

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДОВ ЭКСПЕРТНЫХ ОЦЕНОК ПРИ ВВОДЕ В ДЕЙСТВИЕ ОПЕРАТИВНОГО ПЛАНА ЛИКВИДАЦИИ АВАРИЙ

Проаналізовано особливості експертних систем приймання технологічних рішень, які широко використовуються за кордоном при неможливості аналітичного вирішення промислових задач, та показано, що в умовах вирішення задач, які виникають при підземних аваріях, вони не можуть використовуватися внаслідок недостатньої повноти бази знань щодо аналізованого процесу та програмного забезпечення його обробки на ПЕОМ; тому найбільш ефективним є метод експертних оцінок.

USE OF METHODS OF EXPERT ESTIMATIONS AT COMMISSIONING AN OPERATING PLAN OF LIQUIDATION OF ACCIDENTS

Features of expert systems of acceptance of technological decisions which are widely used abroad at impossibility of the analytical decision of industrial tasks are analyzed, and is shown, that in conditions of the decision of the tasks, arising at underground accidents, they cannot be used owing to insufficient completeness of the knowledge base concerning analyzed process and the software of its his processing on PK; therefore the most effective is the method of expert estimations

При решении задач горной науки и практики могут возникнуть различные ситуации:

1. Решение может быть получено точными аналитическими методами. Информация для этого имеется в полном объеме, корректна и может быть использована для решения задачи пользователем либо, при наличии ПЭВМ и соответствующего программного обеспечения, с его использованием. Решение при этом жестко обосновано и может быть практически использовано.

2. Решение не может быть получено точными аналитическими методами, именно:

2.1. Отсутствует алгоритм решения задачи в необходимой постановке. Решение задачи может быть осуществлено лишь в условии наложения определенных ограничений, которые снижают эффективность получения приемлемых для практики результатов.

2.2 Алгоритм решения задачи имеется, однако информации для его использования недостаточно. Иначе говоря, имеет место случай неполной и неточной информации о состоянии объекта в анализируемый период времени, когда необходимо как в обычном, человеко-машинном или автоматическом режиме применять специальные методы, приемы и программные средства, позволяющие получить приемлемое решение задачи при указанных условиях. Такие методы существуют, однако являются, как сейчас принято говорить, «know-how», и воспользоваться ими сложно, либо применимы лишь в

узкоспециальных областях. По нашим сведениям, в горной науке, в частности, аварийной вентиляции, их просто нет.

2.3 Решение может быть получено лишь с использованием специальных методов анализа накопленной информации на основе знаний коллективов специалистов-экспертов и, в дальнейшем, обработки имеющейся информации, с их учетом, на ПЭВМ. В случае, если в таких условиях создается автоматизированная система – она и является **экспертной системой**.

Создание экспертных систем в нашей стране находится лишь в начальной стадии; за рубежом они уже получили значительное развитие. К сожалению, анализ полученных зарубежными исследователями результатов не всегда доступен, поскольку в последние годы поступление интересующих материалов в библиотеки Украины резко сократилось. Поэтому приходится руководствоваться несколько устаревшими материалами, правда, ввиду своей фундаментальности, не утратившими значения. К ним относится классическая монография Д. Уотермена [1] «Руководство по экспертным системам». Анализ ее показывает, что она посвящена именно созданию экспертных систем, предполагающих выработку решений на основе создавшейся ситуации программным комплексом ПЭВМ, содержащим достаточную информацию для принятия достаточно точного и обоснованного решения. В нашем случае вопрос ставится уже: программных средств необходимого уровня нет, и необходимо принять решение на основе обсуждения мнений специалистов-экспертов с привлечением, при необходимости, существующих программных средств ПЭВМ. Такую систему работы нельзя назвать экспертной; она относится к системам экспертных оценок.

Понятие «система экспертных оценок», в общем-то, встречается и в отечественной литературе, причем именно как прообраз экспертной системы. Но – не в горной практике. Многие из приводимых далее понятий известны технологу, который занимается экспертизой принимаемых решений с дальнейшим пополнением баз знаний ПЭВМ (в зарубежных источниках, в частности, [1], он называется «инженером знаний»). Для системы экспертных оценок, связанной с ликвидацией аварий на горных предприятиях, такими лицами являются ответственные за ликвидацию аварии (главный инженер, а на начальном этапе, до его прибытия – горный диспетчер шахты). Однако на этапе использования системы экспертных оценок эти понятия не являются общеизвестными, поэтому в соответствии с существующими в Украине правилами (см. ДСТУ [2]), все необходимые определения, которые могут быть поняты неоднозначно, необходимо конкретизировать в соответствии с темой рассматриваемой публикации, создав глоссарий используемых терминов.

В дальнейшем рассмотрении, а также в публикациях, которые развивают тему настоящей, будет использована следующая терминология.

База данных – набор фактов, утверждений и заключений, используемых для принятия решений коллективом экспертов. В нашем случае – набор данных (оперативных) о ходе протекания аварии, а также взятых из опыта ликвидации аварий, протекающих в аналогичных условиях.

Знания – совокупность информации о состоянии исследуемого объекта, необходимая для его реальной экспертизы и оперативных решений по принятию противоаварийных мер.

Инженер знаний – как уже отмечалось, специалист, ответственный за организацию и пополнение базы данных. В нашем случае, если на шахте имеется ПЭВМ, предназначенная для организации расчетов по ликвидации аварий, и существует необходимая база данных, такой человек должен быть назначен из состава участков вентиляции и техники безопасности (ВТБ), профилактических работ по технике безопасности (ПРТБ) или, в случае необходимости создания – участка дегазации (их групп информационного обеспечения), и непосредственно участвует в поставке получаемой оперативной или расчетной информации коллективу специалистов-экспертов, занимающихся ликвидацией аварии на этапе составления и реализации оперативного ПЛА.

Конечный пользователь – человек, который использует текущие результаты экспертной системы ликвидации аварийной ситуации; в нашем случае это – главный инженер шахты.

Коэффициент уверенности – число, которое означает вероятность или степень уверенности, с которой можно считать факт или правило достоверным или справедливым. Термин неочевиден, и должен быть подтвержден каким-либо методом оценки работы коллектива экспертов.

Методы, ориентированные на доступ – методы, основанные на использовании датчиков, включающие новые вычисления или изменения при считывании данных. Это – основной пункт использования системы экспертных оценок, поскольку получение инженером знаний указанной информации является одним из основных моментов принятия оперативных мер по ликвидации аварий.

Отсечение решений – уменьшение количества возможных вариантов, используемое для сужения выбора в ветвящейся древовидной структуре. Термин сложен для понимания неподготовленным пользователем, однако решение достаточно просто. На каждом этапе принятия решений существуют варианты принятия решений двух типов: «да» или «нет» (иногда, в нечеткой логике, которая в настоящее время входит в практику инженерных расчетов, «да или нет с определенной степенью вероятности», выражаемой рассчитываемым коэффициентом). Тем самым начинается формирование дерева решений (на первом этапе из двух или трех ветвей), которое, на следующих этапах продолжает «ветвиться» по указанной схеме. Задачей коллектива специалистов-экспертов является именно «отсечение» неприемлемых решений; в идеальном случае, если все решения принимаются правильно – древовидная структура превращается в маршрут однозначного достижения поставленной цели.

Пользователь – человек, принимающий участие в работе системы экспертных оценок (инженер знаний или специалист-эксперт). Функции их, естественно, различны: эксперт высказывает и обосновывает свое мнение, а

инженер знаний анализирует его, сопоставляет с мнениями, высказанными другими экспертами, и принимает на основе какого-либо метода совместного анализа (пример его приведен в [3-5]) решение по конкретному вопросу ликвидации техногенной аварийной ситуации.

Представление знаний – процесс структурирования предметных знаний с целью облегчить поиск решения задачи. Это – сложный вопрос, сформулированный академиком А.А. Скочинским, как «горное искусство». В самом деле, структурирование недостаточных, в качественном и количественном плане, знаний представляет многоплановый процесс, практически никогда не имеющий оправданного решения. Объясняется это всегда неполнотой информации о состоянии горнотехнического объекта. Этим, собственно, и вызвана необходимость создания систем экспертных оценок. Коллектив экспертов, на основе выработки совещательных рекомендаций, принимает решение «да» либо «нет»; вышеуказанная «степень вероятности» автоматически исключается учетом мнения всех имеющихся экспертов – альтернативы нет); в дальнейшем это решение может быть принято либо опротестовано в ходе продолжающейся ликвидации аварии.

Реальная задача – практическая задача, решение которой полезно и в некотором смысле оправдывает затраты на его получение. В случае ликвидации возникшей аварии это определение не вызывает сомнений. Решение полезно, поскольку в условиях неприменимости классических приемов экспертные оценки помогают достичь результата за счет неформализуемых мер. Затраты на его получение невелики – эксперты, как правило, задействуются из организационных структур, непосредственно связанных с функционированием шахты, и выполнение экспертных оценок входит в круг их должностных обязанностей.

Эвристика – эмпирическое правило, упрощающее или ограничивающее поиск решений в предметной области, которая является сложной или недоступной ясному пониманию. Комментарии излишни: принятие решений в условиях ликвидации аварийной ситуации практически всегда являются эвристическими.

Эксперт – человек, который за годы обучения и практики научился эффективно решать задачи, относящиеся к конкретной предметной области. Экспертами при рассмотрении задач ликвидации аварий являются специалисты шахты, на которой произошла авария, и ГВГСС (как первые, так и вторые знают досконально предмет исследований). При необходимости, в случае затянувшейся аварии, к оценке мер по ее ликвидации привлекаются специалисты отраслевых институтов Минуглепрома Украины и НАН Украины, которые, в силу высокой научной подготовленности, способны оказать квалифицированную помощь коллективу экспертов, непосредственно работающих с шахтой, на которой возникла аварийная ситуация.

С учетом введенных определений и предварительных соображений можно представить предметную область задачи следующим образом. Для конкретизации необходимо рассматривать возникновение и развитие в шахте

экзогенного пожара с возможным переходом его в экзогенную стадию вследствие повышения температуры, «тления» угольных пластов и горения метана в выработанных пространствах лав. Задача является реальной и весьма обоснованной, поскольку ее решение аналитически невозможно, и необходимо применение эвристических методов.

Предположим, что пожар возник, с достаточной степенью вероятности локализовано место его возникновения, однако, в связи с невозможностью его оперативной ликвидации, он продолжает развиваться. База данных о его развитии, в принятых выше предположениях, пока пуста; знания о нем ограничены проектным вариантом заблаговременно составленного ПЛА. Инженер знаний поэтому не располагает информацией для помещения оперативных знаний в базу данных. Конечный пользователь не приступил к их анализу и принятию необходимых мер вследствие своего, во многих случаях, отсутствия в момент оповещения о возникновении аварии.

Независимо от продолжающейся, в соответствии с ПЛА, аварийной эвакуацией, которая может, по расследованию ряда случаев возникновения аварийных ситуаций, значительно превышать оперативное время ПЛА (1 час с момента обнаружения аварии), мероприятия по ликвидации аварии вводятся в действие. Если мероприятия ПЛА не принесли желаемого результата – конечным пользователем принимается решение о принятии мер второй очереди ликвидации аварии: составлении и реализации мероприятий генерального (оперативного) ПЛА. Для этой цели им приглашаются специалисты шахты, ГВГСС, а в ряде случаев – научно-исследовательских и проектных организаций с целью выработки оперативных мероприятий по ликвидации аварии.

Что это означает? Указанные специалисты должны ознакомиться с состоянием горного предприятия на момент возникновения аварии (желательно, с самыми последними, по времени, сведениями), с проветриванием аварийного участка с целью определения возможного его нарушения после осуществления мероприятий ПЛА, именно, возможности опрокидывания в нем вентиляционной струи и затруднения дальнейшей эвакуации горнорабочих и ведения горноспасательных работ. Далее, их задачей является определение возможности перехода экзогенного пожара в эндогенную стадию, т.е. стадию загорания угольных пластов и вмещающих пород, и определение возможностей его тушения (что, кстати, является весьма проблематичным ввиду невозможности активного воздействия на очаг экзогенного пожара, и требуется его изоляция, расчеты которой, как правило, трудно осуществимы). Получение же оперативной информации о состоянии аварийного участка также не всегда возможно, поскольку подход к аварийным выработкам даже подразделениям ГВГСС, оснащенным специальной аппаратурой и средствами защиты, не всегда доступен вследствие значительного повышения температуры, выгорания крепи и связанных с ним обрушений горных выработок. Поэтому важна оценка применимости методов анализа аварийной ситуации, ориентированных на доступ, если, конечно, система датчиков, пригодных для контроля развития аварийной ситуации, в

ходе ее не вышла из строя, и имеется возможность проведения, на основе поступающих данных, оптимизационных вычислений.

Перед коллективом экспертов стоит в этом случае задача: выработать меры по ликвидации аварии, или хотя бы прекращении ее распространения, на основе имеющихся данных.

Задача сложна. Каждый эксперт обладает знаниями в своей предметной области, касающейся его профессиональной компетенции. Скажем, если в качестве эксперта выступает начальник ВТБ шахты – он профессионально может оценить информацию о состоянии средств общешахтного и местного проветривания аварийного участка. Если начальник участка ПРТБ – о состоянии дегазационной системы и режимах ее эксплуатации на момент возникновения аварии. Если это представитель отраслевого института – его знания могут быть полезны в части возникновения и ликвидации аварии в соответствии с аналогичной на другой угольной шахте. Если это представитель академического института – им может быть предложен вариант оптимизации процесса ликвидации аварии на основе прогнозных расчетов развития аварийной ситуации и программных оптимизационных методов. Поэтому важным является определение значения коэффициента уверенности в правильности принимаемого решения. Это особенно важно потому, что анализ факторов развития аварийной ситуации во многих случаях не базируется на количественных значениях ее параметров; большинство из последних являются качественными (куда будут отводиться пожарные газы, какие двери необходимо закрыть, и т.д.). Скажем, в случае необходимости местного регулирования, с целью сокращения времени принятия решения, эксперты должны определить перечень регулирующих устройств, изменение аэродинамического состояния которых может улучшить ведение работ по ликвидации аварии, а затем, в соответствии с ситуацией, уточнить через ГВГСС возможности их использования, а при возможности – произвести оперативный расчет возможных последствий принятия таких мер, и обсудить его результаты. Это – пример отсечения решений в ходе экспертных оценок.

Эксперты, естественно, обладают различной степенью квалификации и знания аварийного объекта, Поэтому их мнения могут быть различными и во многих случаях не совпадать. Исходя из этого исследователи, в основном зарубежные, поставили вопрос: каким образом совместить эти несовпадающие мнения и выбрать удовлетворительное для всех решение? Был разработан ряд методов, из которых наибольшее применение нашел, как уже говорилось, разработанный Т.Саати метод анализа иерархий. Состоит он в том, что на каждом этапе решения задачи мнения экспертов собираются и в два этапа обрабатываются, что позволяет получить интегральную оценку их мнения по всем задействованным параметрам. Пример использования указанного метода при решении задач ликвидации техногенных аварий, для заинтересованных лиц, изложен в [3,4,5], с приведением конкретных примеров использования. Дальнейшее совершенствование примененного подхода требует дополнительных исследований.

Из всего перечисленного может быть сделан вывод о том, что использование системы экспертных оценок при составлении и реализации оперативного ПЛА осуществимо. Даже в случае отсутствия ПЭВМ и невозможности проведения проверочных расчетов с целью подтверждения (или опровержения) мнения коллектива экспертов, метод анализа иерархий (или какой-либо аналогичный), являющиеся, в сущности, несложными, позволят выработать определенное общее их мнение. Если же при этом будет задействована ПЭВМ, которая позволит проверить мнение экспертов практическим расчетом – решение можно будет считать окончательным.

Разумеется, предложенный подход является прогнозным. Такие подходы в практике угольной промышленности пока лишь начинают применяться. Однако методы ликвидации аварийных ситуаций на основе применения человеко-машинных систем прогнозирования, а в дальнейшем – и управления ликвидацией аварийной ситуации, являются, по нашему мнению, перспективными, и заслуживают внимания в плане дальнейшего исследовательского развития.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.

1. Уотермен Д. Руководство по экспертным системам: Пер. с англ.-М.: Мир,1989.- 388 с.
2. ДСТУ 1.2:2003. Національна стандартизація. Правила розроблення національних нормативних документів.- Київ: Держспоживстандарт України, 2003.
3. Методические основы принятия решений при техногенных катастрофах/ В.Я. Потемкин, И.Е. Кокоулин, Н.И. Потемкина// Безопасность труда в промышленности.- 1993.- № 7.- С. 38-39.
4. Применение метода анализа иерархий для принятия решений при возникновении чрезвычайных ситуаций / В.Я. Потемкин, И.Е. Кокоулин, И.В. Юшина// Безопасность труда в промышленности.- 1994.- № 3.- С. 34-37.
5. Анализ иерархий в задачах плана ликвидации аварий/ И.Е. Кокоулин// Безопасность труда в промышленности.- 1996.- № 5.- С. 20-23.

УДК 532.5.536.2

Канд. физ.-мат. наук В. И. Елисеев,
канд. техн. наук В.И. Луценко
(ИГТМ НАН Украины)

ГИСТЕРЕЗИСНЫЕ ЯВЛЕНИЯ В ПЛОСКИХ КАНАЛАХ

Проведені теоретичні та експериментальні дослідження порядкового гістерезису в плоских капілярних щілинних каналах. Показано, що макроскопічні та мікроскопічні (шероховатість) зміни геометрії каналу призводять до неоднозначності визначення рівня рідини.

PHENOMENA OF A HYSTERESIS IN FLAT CHANNELS

Theoretical and experimental researches of a serial hysteresis in flat capillary slot-hole channels are executed. Determined that macroscopically and microscopic (roughness) of change geometry of the channel result in ambiguity of definition of a level of a liquid.

Плоские капиллярные задачи представляют интерес при рассмотрении движения жидкости под действием капиллярных сил в пористых трещиноватых