

О ПОДХОДАХ К ИМИТАЦИОННОМУ МОДЕЛИРОВАНИЮ ПРИ ВОЗНИКНОВЕНИИ ПОДЗЕМНОГО ПОЖАРА

Проаналізовано основні підходи до імітаційного моделювання процесів, які протікають у шахті при аваріях. Сформульовано вимоги до імітаційного моделювання процесів, які протікають у системі "шахта - СПАЗШ" під час екзогенної пожежі.

ABOUT APPROACHES TO IMITATION MODEL IN THE TIME RIZE OF UNDERGROUND FIRE

The main approaches to imitation model of processes, which runs through the main in the time of accidents, analyzed. The demands to imitation model of processes, which runs through the system "mine - SAADM" in the time of exogen fire, was formulated

Возникновение подземной аварии (в дальнейшем рассмотрении ограничимся таким наиболее распространенным ее видом, как экзогенный пожар) вызывает серьезное нарушение протекания технологического процесса добычи полезного ископаемого. Необходимость ликвидации аварии обуславливает, в подавляющем большинстве случаев, остановку технологических операций, эвакуацию шахтного персонала и введение чрезвычайного режима, связанного с производством аварийно-восстановительных работ. Поскольку протекание аварии зачастую непредсказуемо, выбор мероприятий по ее ликвидации производится заблаговременно; мероприятия эти излагаются в оперативной части плана ликвидации аварий (ПЛА) и используются в качестве исходного материала для принятия противоаварийных мер в начальный период протекания экзогенного пожара.

Вместе с тем, ликвидация аварии не заканчивается после выполнения всех мероприятий ПЛА. Принимая затяжной характер, протекание аварии становится трудно предсказуемым. Разрабатывая мероприятия по дальнейшей ликвидации аварии, главный инженер и другие должностные лица шахты сталкиваются с недостаточностью получаемой информации. Для принятия эффективных мер необходимо использование методов имитационного моделирования протекания аварии с учетом неточной (неполной) исходной информации. Такие методы в отечественной практике ликвидации шахтных аварий практически отсутствуют; принятие же интуитивных мер может привести в реальных условиях к вводу в действие технических средств, не облегчающих, а усугубляющих условия ликвидации пожара.

Вместе с тем в производственной практике, связанной с нормальным протеканием технологических процессов, в том числе и в угледобывающей промышленности, достаточно широко используются методы моделирования технологических процессов. Основы теории такого моделирования приведены в [1]. Поэтому определенный интерес представляет анализ существующих подходов к такому моделированию и попытка применить их к выбору подлежащих моделированию процессов протекания и ликвидации подземной аварии.

Проанализируем существующие подходы и методологии.

Анализ основных и вспомогательных технологических процессов горного производства свидетельствует о том, что, несмотря на различие решаемых задач и применяемых для этой цели технологий, они имеют общие проблемы функционирования. Общей тенденцией, присущей всем технологическим подсистемам, является увеличение размеров технологических комплексов, неразрывно связанных с увеличением подземной части горного предприятия. Увеличение размерности технологических комплексов приводит к увеличению необходимого для управления ими средств регулирования и затрудняет само регулирование. Эти обстоятельства приводят к снижению надежности функционирования всех технологических процессов горного производства. Этот фактор, естественно, приводит к увеличению вероятности возникновения в шахтах экзогенных пожаров.

Важнейшей тенденцией развития горного производства является также необходимость увеличения производительности выемочных участков. При этом понижается уровень достоверности информации о возможных условиях функционирования технологических систем на стадии оперативного управления ими вследствие того, что быстрое подвигание лав снижает возможность использования стационарного оборудования диагностики пожаров (увеличение длины штреков, на которых устанавливаются датчики обнаружения пожаров увеличивают, соответственно, время их обнаружения, а значит – и время ввода в действие соответствующей позиции ПЛА)..

Процессы горного производства по степени сложности могут быть классифицированы следующим образом: производственный процесс, технологический процесс и технологическая операция.

Производственный процесс - это совокупность всех действий персонала и оборудования, необходимых для добычи полезного ископаемого. Такая терминология приемлема и для аварийных ситуаций, с оговоркой, что будет иметь место не добыча полезного ископаемого, которая, по крайней мере в зоне действия поражающих факторов пожара, приостанавливается, а принятие мер по ее восстановлению. В таком понимании производственный процесс включает в себя как основные процессы, связанные с принятием активных мер по ликвидации пожара, так и дополнительные (эвакуация людей, спасение подвергающихся опасности средств производства, изменение существующей системы проветривания и дегазации с целью облегчения проведения основных процессов и т.д.). Выполнение основного производственного процесса, естественно, невозможно без осуществления вспомогательных процессов - вентиляции, дегазации, водоотлива и др.

Технологические процессы являются частью производственного процесса и различаются по технологиям, положенным в их основу; и включают технологические и транспортные операции. Понятие технологического процесса в аварийной ситуации неприемлемо; технологическая же операция – часть технологического процесса, которая выполняется на одном рабочем месте и приводит к изменению состояния предмета производства – может быть интерпретирована как однократное выполнение мер, соответствующих тому или иному по поряд-

ку выполнения мероприятию соответствующей позиции оперативной части ПЛА. Понятие транспортной операции, как части производственного процесса, которая необходима для обеспечения эффективности основных и вспомогательных процессов, может пониматься, как использование людских и грузоподъемных транспортных средств для оперативной эвакуации шахтного персонала и ускорения действий ГВГСС по осуществлению основного производственного процесса.

Математическое моделирование производственных систем сводится к следующим этапам [3, 4]:

- выполняется построение схемы процессов, происходящих в технологической системе в процессе ее функционирования, и разбиение ее на элементарные операции;

- выполняется анализ зависимостей, связывающих входные и выходные параметры технологических или транспортных операций;

- на основе полученных закономерностей выполняется построение общей математической модели технологической системы;

- проводится экспериментальная проверка разработанной математической модели.

Таким образом, модель процесса функционирования технологической системы связывает показатели эффективности технологических систем с параметрами, описывающими ее технологические и конструктивные характеристики. Следует отметить, что темпы усложнения технологических процессов горного производства зачастую опережают рост такого их показателя как надежность, в особенности в аварийных условиях. В работе [4] предложена следующая классификация показателей эффективности технологических систем: технические, экономические и технико-экономические.

Эффективность интерпретируется как бесперебойность процесса функционирования, характеризующаяся определенным уровнем параметров процесса на интервалах безотказного функционирования системы. Для рассматриваемого нами случая это следует понимать, как бесперебойность работы системы противоаварийной защиты (СПАЗШ), характеризующаяся определенным уровнем параметров процесса ликвидации пожара в соответствии с ПЛА в течение его оперативного времени.

Технические критерии эффективности функционирования СПАЗШ связаны с оценкой ущерба, нанесенного пожаром вследствие отказа какого-то элемента СПАЗШ по причине его несоответствия создавшимся условиям, а также несоответствия им человеческого фактора – недостаточно оперативного реагирования, к примеру, горного диспетчера, на необходимость применения нужного элемента.

Поскольку ущерб, нанесенный пожаром, может быть конкретно оценен в денежном эквиваленте, то наиболее общими являются экономические показатели эффективности. Использование экономических показателей является целесообразным в ряде случаев ликвидации пожаров, поскольку дает возможность дать оценку эффективности СПАЗШ в целом. Наиболее общими являются

ся технико-экономические показатели эффективности: себестоимость продукции или эксплуатации технической системы.

В общем виде эффективность процесса ликвидации пожаров может быть поэтому определена как способность СПАЗШ ликвидировать возникший пожар в кратчайшие сроки и с минимальными затратами.

Следует отметить, что отказ элементов СПАЗШ возможен как по фактору нарушения основного производственного процесса (где-либо на участках, продолжающих работу в ходе ликвидации аварии произошло производственное нарушение, повлекшее выход из строя элемента СПАЗШ, участвующего в ликвидации аварии), так и по фактору нарушения дополнительного производственного процесса (выхода из строя элементов вентиляционной, дегазационной системы, водоотлива и т.д.).

Устойчивость проветривания в аварийных условиях, как и в нормальных, представляет собой способность вентиляционной сети сохранять заданный расход и направление движения воздуха при изменении аэродинамических параметров горных выработок, например, при определенном изменении сопротивления вентиляционных дверей, частичном выгорании крепи и т.д. В более общем случае должны быть учтены и другие факторы, влияющие на режимы проветривания, такие как изменение режимов работы вентилятора, тепловая депрессия пожара и т.д. [5].

В то же время важной особенностью ШВС, влияющей на численные значения показателей эффективности ее функционирования в аварийных условиях, является то, что в ряде случаев на объекты проветривания подается количество воздуха, отличающееся от расчетного (несвоевременно произошло общешахтное или местное реверсирование вентиляционных потоков, неполностью или не в установленные сроки были закрыты вентиляционные двери). В такой ситуации критерий оценки устойчивости проветривания, приведенный в нормативных документах, может иметь завышенные численные показатели. Поэтому при расчетах аварийных вентиляционных режимов для более полной оценки устойчивости проветривания необходимо использовать более общий критерий, одновременно оценивающий обеспеченность аварийных и угрожаемых участков шахты воздухом и устойчивость их проветривания. При этом численное значение критерия обеспеченности рассчитывается, как соотношением реального количества воздуха, подаваемого на объект проветривания при пожаре, к расчетному, определенному в соответствии с [6].

Исходя из вышеизложенного, можно констатировать, что такая сложная система, как "шахта – СПАЗШ" в период возникновения, протекания и ликвидации экзогенного пожара, не может быть исследована только на аналитических моделях, в которых поведение системы записывается в виде некоторых функциональных соотношений или логических условий. Наиболее полное исследование удастся на этих провести только в том случае, когда имеются явные зависимости, связывающие искомые величины с параметрами системы и начальными условиями изучения ее поведения в аварийных условиях. Однако это удастся осуществить только в сравнительно простых случаях, например, когда

ликвидация пожара началась и закончилась на начальном этапе его развития; тепловые и газодинамические условия остаются достаточно стабильными и с достаточной степенью точности может быть использовано их аналитическое описание в нормальных условиях функционирования. В условиях же, когда протекание пожара происходит длительное время, нестационарные явления в сети настолько сложны и многообразны, что "шахта - СПАЗШ" аналитическая модель становится слишком грубым приближением к действительности, исследователь вынужден использовать имитационное моделирование. В имитационной модели поведение компонент сети описывается набором алгоритмов, которые затем описывают ситуации, возникающие в реальной системе. Моделирующие алгоритмы позволяют по исходным данным, содержащим сведения о начальном состоянии сети, и фактическим значениям параметров системы отобразить реальные явления в системе и получить сведения о возможном поведении для данной конкретной ситуации. На основании этой информации ответственный руководитель работ по ликвидации аварии может принять соответствующие, приближенные к правильным, решения.

На основании опыта имитационного моделирования и анализа литературных источников можно рекомендовать использовать имитационную модель системы "шахта - СПАЗШ" при возникновении пожара для решения возникающих задач в следующих случаях:

1. Если не существует законченной постановки задачи ликвидации пожара для данного случая его возникновения (позиция ПЛА составлена неправильно или ее содержимого недостаточно для решения задачи) и идет процесс ее корректировки в ходе ликвидации пожара. Имитационная модель служит в этом случае средством изучения особенностей изменившейся аварийной ситуации и выбора рекомендаций по повышению эффективности ее ликвидации.

2. Если аналитические методы решения задач случая 1 имеются, но математические процедуры столь сложны и трудоемки, что имитационное моделирование дает более простой способ решения задачи.

3. Когда кроме оценки влияния параметров развивающегося пожара на состояние системы "шахта - СПАЗШ" желательно осуществить наблюдение за поведением ее компонент в течение определенного периода с целью заблаговременной корректировки мероприятий ПЛА.

4. Когда имитационное моделирование оказывается единственным способом исследования системы "шахта - СПАЗШ" из-за невозможности наблюдения явлений в реальных условиях, что чаще всего и происходит при ликвидации экзогенного пожара.

5. Когда необходимо контролировать протекание процессов в системе "шахта - СПАЗШ" путем замедления или ускорения явлений в ходе имитации.

6. При подготовке специалистов и освоении новой техники, когда на имитационной модели обеспечивается возможность приобретения необходимых навыков работы персонала шахты и ГВГСС в аварийных условиях.

7. Когда изучаются новые ситуации в системе "шахта - СПАЗШ", о которых мало что известно или неизвестно ничего. Это может произойти в случаях вы-

бора решений при выборе элементов СПАЗШ и системы в целом для проектируемой шахты. В этом случае, естественно, не могут быть в полной мере учтены особенности отработки угольного месторождения, наличие и количество в горных выработках горючих материалов, а значит – и условия возникновения аварийной ситуации. В данном имитация служит для предварительной проверки новых стратегий и правил принятия решений перед проведением экспериментов на реальной системе.

8. Когда особое значение имеет последовательность событий в проектируемой системе "шахта - СПАЗШ" и модель используется для предсказания узких мест в функционировании системы и других трудностей, проявляющихся в поведении системы при введении в нее новых компонент, т.е. добавлении новых капитальных и эксплуатационных выработок с наличием в них средств СПАЗШ.

Перечисленные моменты дают представления о достоинствах метода имитационного моделирования. Хотя разработка хорошей имитационной модели часто обходится дороже создания аналитической модели и требует больших временных и вычислительных затрат, имитационное моделирование является одним из наиболее широко используемых методов при решении задач синтеза и анализа систем "шахта - СПАЗШ". К достоинствам имитационной модели можно отнести также возможность описания поведения компонент "шахта - СПАЗШ" на высоком уровне детализации, отсутствие ограничений на вид зависимостей между параметрами модели и состоянием внешней среды системы, возможность исследования динамики взаимодействия компонент и параметров системы во времени и пространстве. Указанные достоинства могут обеспечить методу имитационного моделирования широкое распространение при ликвидации аварийных ситуаций.

Анализ литературных источников свидетельствует о наличии достаточно большого числа попыток провести имитационное моделирование процессов, происходящих при возникновении, протекании и ликвидации аварийных ситуаций. Интересное место среди них занимает работа [7]. Авторами разработаны методы имитационного моделирования процессов возникновения экзогенного пожара, динамики его основных поражающих факторов – теплового поля, а значит и тепловой депрессии пожара, и загазирования выработок ШВС газообразными продуктами пожара. Кроме того, ими предложены методы имитационного моделирования осуществления ряда противоаварийных мероприятий. Однако предложенная имитационная модель является далеко не полной. Ее функционирование эффективно лишь при условии соблюдения ряда ограничений; в том числе – отсутствия метана в месте загорания, что вносит значительные погрешности в моделирование системы "шахта - СПАЗШ" для угольной шахты. Кроме того, разработка системы велась достаточно давно, в 1985 – 1990 г.г., была рассчитана на функционирование на ЭВМ типа ЕС, а значит, работа ее в режиме "пользователь - ЭВМ" была существенно ограничена. Насколько нам известно, продолжения подобных работ с реализацией имитационной модели описанного типа на ПЭВМ не последовало. Можно отметить, видимо,

лишь [2], однако изложение в ней относится более к нормальному режиму функционирования и носит концептуальный характер. Хотя разработка ее представляется нам перспективной.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бусленко Н.П. Моделирование сложных систем.- М.: Наука, 1978.- 400 с.
2. Булат А.Ф., Пономаренко Т.В., Кокоулин И.Е. Методология математического моделирования процессов управления шахтной вентиляционной системой в нормальном режиме функционирования и при возникновении экзогенного пожара. V Международная конференция по математическому моделированию (9-14 сентября 2002 г., г. Херсон). Вестник Херсонского государственного университета. Вып. 2.(15).- Херсон: ХГТУ, 2002.- С.99-103.
3. Стоцько З.А. Моделювання технологічних систем: Навч. посібник.- НМКВО, 1992.- 132 с.
4. Пальчевский Б.О. Дослідження технологічних систем (моделювання, проектування, оптимізація): Навч. посібник.- Львів: Світ, 2001.- 232 с.
5. Бунько Т.В. Основные положения структурной идентификации вентиляционной сети и ее применение при анализе вентиляции шахты им. А.Ф. Засядько// Геотехническая механика.-Днепропетровск.- 2002.- Вып. 35. С.228-234.
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. Автоматизация составления оперативной части планов ликвидации аварий на шахтах и рудниках/ Потемкин В.Я., Козлов Е.А., Кокоулин И.Е.// Киев: Техника, 1991.- 126 с.