

4. Абрамов Ф.А., Тяг Р.Б., Потемкин В.Я. Расчет вентиляционных сетей шахт и рудников.- М.: Недра, 1978.- 231 с.
5. Потемкин В.Я., Козлов Е.А., Кокоулин И.Е. Автоматизация составления оперативной части планов ликвидации аварий на шахтах и рудниках // Киев: Техника, 1991.- 126 с.
6. Зарубин В.С. Математическое моделирование в технике: Учеб. для вузов/ Под ред. В.С. Зарубина, А.П. Крищенко.- М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2001.- 496 с.
7. Руководство по проектированию вентиляции угольных шахт. Утверждено Приказом Государственного комитета Украины по надзору за охраной труда № 131 от 20.12.1993 ДНАОТ 1.1.30-6.09.93.- Киев, 1994.
8. Структурная идентификация шахтной вентиляционной сети/ А.Ф. Булат, Т.В. Бунько, И.Е. Кокоулин// Уголь Украины, 2004.- № 1.- с. 31-35.
9. К вопросу анализа достоверности определения аэродинамических параметров горных выработок/ Новиков Л.А., Бунько Т.В., Кокоулин И.Е.// Геотехническая механика. Межвед. сб. научн. тр. Ин-т геотехн. мех. НАН Украины.- Днепропетровск, 2004.- вып. 50.- с. 244-252.

УДК 622.4:622.82

Инж. И.А. Яценко
(Департамент по чрезвычайным
ситуациям и охране труда Министерства
угольной промышленности Украины)

ПРИНЦИПЫ ВЫБОРА ВЕНТИЛЯЦИОННОГО РЕЖИМА ПРИ УСЛОВИИ ВОЗМОЖНОГО ОСЛОЖНЕНИЯ ПРОТЕКАНИЯ ЭКЗОГЕННОГО ПОЖАРА ВЗРЫВОМ МЕТАНА

Розроблено метод імітаційного моделювання процесів повіторозподілу у шахтних вентиляційних мережах з урахуванням можливості виникнення критичних концентрацій метано-повітряної суміші, при яких можливе виникнення їх вибуху.

THE PRINCIPLES CHOICE OF VENTILATION REGIME BY THE CONDITION OF POSSIBLE COMPLICATION PROCEED OF EXOGENIC FIRE BY EXPLOSION OF METHANE

The method of imitation modeling processes of air-distribution in the mine ventilation networks with the calculation possibility rise of critical methane-air concentrations, in the time of which may be arise the explosion, was exploited.

Наиболее распространенным и в то же время самым опасным видом подземных аварий является экзогенный пожар. Возникая в ограниченном пространстве горной выработки, он способен в короткий срок нарушить нормальное проветривание шахты. Развиваемая очагом пожара тепловая депрессия в ряде случаев достигает величины, превышающей значение депрессии, создаваемой вентиляторами главного проветривания (ВГП) в наклонных выработках с нисходящим проветриванием. Будучи указанной депрессии противонаправлена, она обуславливает опрокидывание вентиляционной струи и непредвиденное загазирование шахтной вентиляционной сети (ШВС) газообразными продуктами горения. Даже в случаях, когда описанное явление не имеет места, токсичные газообразные продукты, распространяясь в соответствии с направлением воздушных потоков, способны вызвать поражение работающих в шахте людей. Кроме того, при пожарах зачастую уничтожается или повреждается ценное горношахтное оборудование. Если пожар своевременно не ликвидирован, су-

ществует опасность возгорания находящегося в откаточных выработках отбитого угля или даже угля непосредственно в угольных пластах или целиках, что ведет к потере полезного ископаемого, длительному выходу шахты из строя и, как следствие – значительному экономическому ущербу. Поэтому ликвидация возможного экзогенного пожара с применением современных методов и технических средств и в кратчайшие сроки является важнейшей задачей шахт и ГВГСС. При этом решающее значение имеет правильно выбранный режим проветривания шахты, обеспечивающий и облегчающий реализацию основных противоаварийных мероприятий.

Целью аварийного вентиляционного режима является, в первую очередь, обеспечение безопасной эвакуации горнорабочих из аварийного и угрожаемых участков шахты. Эта задача записывается, в качестве основной, во все существующие планы ликвидации аварий (ПЛА) шахт Минуглепрома Украины. Поэтому перед всеми научно-исследовательскими организациями Минуглепрома Украины и Национальной Академии наук Украины ставится задача: обеспечить научную поддержку указанных задач с целью разработки методологии их решения. При этом предполагается учет всех в настоящее время существующих горно-геологических и горнотехнических факторов, определяющих уровень безопасности горного производства.

Имеется ряд достаточно эффективных научных разработок по указанному вопросу. Проведенный нами анализ показывает, что в условиях отсутствия в шахте метана решение задач ПЛА представляет собой проблему чисто технического плана. Именно, при условии правильного, что должно быть проверено и удостоверено компетентными лицами в ходе имитации процесса ликвидации пожара, выбора аварийного вентиляционного режима, задача сводится к выбору оптимальной, по временному фактору, стратегии аварийной эвакуации горнорабочих, пространственному ограничению аварийной и угрожаемых зон и, соответственно, выбору оптимальной стратегии аварийно-спасательных работ. На основании такого подхода и формировались нормативно-методические документы Минуглепрома СССР [1] и Минцветмета СССР [2], определяющие процесс ликвидации аварий в их начальный период.

Однако в настоящее время вопрос ставится несколько иначе. Залегающие на небольших глубинах угольные месторождения Украины в основном выработаны, а энергетическая программа, ввиду отсутствия реальных запасов альтернативного вида топлива, требует интенсификации угледобычи. Это обуславливает переход горных работ на большие глубины, где имеются значительные запасы «черного золота». Но при этом возникает ряд проблем, одной из которых является повышение вероятности возникновения взрывов метановоздушной смеси. В условиях шахт, обрабатывающих угольные пласты высоконагруженными лавами (примерами могут служить шахты им. А.Ф. Засядько, «Краснолиманская» и «Красноармейская-Западная») концентрация метана в воздухоотводящих выработках может достигать 7 % и более, что создает реальную угрозу взрыва метановоздушной смеси. И это необходимо учитывать, особенно в условиях возникновения экзогенного пожара, когда инициация взрыва особенно велика.

Поэтому оценка степени вероятности возникновения взрыва метановоздушной смеси в ходе развития и ликвидации экзогенного пожара и его ликвидации имеет важное значение.

В соответствии с [3] могут быть выделены две основные стадии развития экзогенного пожара:

1. Разгорание (до момента, когда температура в очаге пожара перестает нарастать и в равные промежутки времени сгорает постоянное количество горючего материала).

2. Развившийся пожар.

Следует отметить, что в реальных условиях присутствует еще третья стадия – затухание пожара. Однако в данном рассмотрении предполагается, что реализация рекомендуемых мероприятий в течение первых двух стадий обеспечит реальную ликвидацию пожара до наступления третьей стадии.

Очевидно, на первой стадии, длительность которой определяется интенсивностью горения, количеством горючего материала в очаге пожара и т.д., имеются самые благоприятные условия для решения первоочередных противоаварийных задач. Поэтому для использования в этот период на каждой шахте регулярно составляются ПЛА, определяющие меры и действия как по спасению людей, так и по ликвидации аварии в начальной стадии [3]. Однако, если первая задача является основной в ПЛА и решение ее должно быть получено в любом случае в регламентированные ПЛА сроки, то вторая может и не иметь решения (в течение того же времени). Определяется это многими факторами: несвоевременным обнаружением аварии (пожар успевает развиваться) [4], отсутствием безопасных подходов к очагу пожара, протеканием аварии с осложнениями (взрывами горючих газов, что и является предметом настоящего рассмотрения), необходимостью дополнительной разведки аварийной ситуации и т.д. В случаях, когда первоочередные меры исчерпаны, но не обеспечили ликвидации аварии, должен составляться оперативный (генеральный) ПЛА, включающий все меры, которые вызываются аварийной обстановкой, создавшейся на момент полной реализации первоочередных мероприятий ПЛА.

В начальный период аварии в шахте устанавливается режим проветривания, способствующий решению основной задачи ПЛА. Выбирается он в соответствии с [4], обеспечивая минимальную вероятность нахождения заданного количества горнорабочих в пожарных и угрожаемых участках с учетом эргономических условий их эвакуации, но, вообще говоря, никак не влияя на процесс ликвидации аварии. Вентиляционные маневры в этот период просты: сохранение нормального режима проветривания с тем же дебитом воздуха, реверсирование некоторых вентиляторных установок или создание «нулевого проветривания». Изменение дебита в сторону увеличения в ряде случаев нецелесообразно. Оно, несомненно, способствует снижению концентрации газообразных продуктов в выработках пожарного участка, но в то же время изменяет поле скоростей воздушных потоков и повышает динамичность развития пожара. Это отрицательно сказывается на реализации аварийной эвакуации горнорабочих.

Иначе обстоит дело с уменьшением дебита воздуха, подаваемого на аварий-

ный участок. Метановыделение практически не зависит от протекания аварийной ситуации, разве что остановка аварийной лавы нарушит установившийся техногенный процесс (неизвестно, правда, в какую сторону). Поэтому уменьшение подачи воздуха на аварийный участок может привести к всплеску концентрации выделяющегося метана, что, при наличии случайного источника воспламенения, может привести к ее взрыву. Такая ситуация, как показывает анализ, характерна для периода действия оперативного ПЛА. Критерий эффективности аварийного вентиляционного режима [4] в этом случае неприменим – горнорабочих в шахте нет, поэтому требования, которым должен удовлетворять аварийный вентиляционный режим, сводятся к следующему.

1. Вентиляционный режим должен обеспечивать наличие подхода (хоть одного) к очагу пожара по чистой вентиляционной струе для непосредственного воздействия на очаг пожара огнегасительными средствами (при активном способе тушения) или изоляции пожарного участка от действующих выработок специальными изоляционными сооружениями (при изолирующем и комбинированном способах тушения).

2. Дебит воздуха в местах возможного скопления горючих газов вблизи источника искро- и пламеобразования должен быть достаточно большим, чтобы с определенной степенью запаса гарантировать взрывобезопасность газозвушной смеси (конкретно, содержание в ней метана в пределах 4-16 %).

3. Дебит воздуха в выработках аварийной зоны должен обеспечивать минимально возможное распространение пожара.

Очевидно, что требования 1 и 3 являются определяющими как в начальный период развития пожара, так и в период его активной ликвидации после решения задач ПЛА. Второе же требование призвано обеспечить безопасное и оптимальное решение указанных задач.

Исходя из приведенных требований, методика оптимизации аварийного вентиляционного режима принимает в общих чертах следующий вид.

1. Анализируется вентиляционный режим, применяемый в течение оперативного времени ПЛА, т.е. до полного вывода людей из шахты.

Если вышеприведенное требование 1 выполняется – проверяется удовлетворение двум оставшимся требованиям.

2. Если требование 1 не выполняется – производится последовательный перебор осуществимых на момент возникновения аварии вентиляционных режимов с целью выбора подходящего. Следует учитывать, что при условии высокой метанообильности выработок и возникновении необходимости реверсирования вентиляционной струи первоочередной задачей является исследование условий, при которых может возникнуть всплеск концентрации метана; если его избежать невозможно – вынужденно сохраняется существующий режим проветривания, хоть это и способствует в ряде случаев активизации горения.

3. Производится анализ содержания горючих газов в пожарном участке и с использованием формулы Ле Шателье [5] или табличных данных [3] строится треугольник взрываемости горючих газов.

4. Анализируется степень взрывоопасности указанной смеси. Если смесь

взрывоопасна – по методике [3] производится расчет необходимого добавочного расхода воздуха, подаваемого на пожарный участок и необходимого для выхода взрывоопасности смеси из треугольника взрываемости. В противном случае рассчитывается избыточное количество воздуха, уменьшение на которое не приведет к возникновению взрывоопасной смеси, но обеспечит более эффективное удовлетворение требования 3.

5. На основании полученного значения расхода воздуха рассчитывается скорость его в выработках пожарного участка.

6. По значению указанной скорости определяются основные параметры пожара: температура в пожарном очаге и скорость его перемещения.

7. В соответствии с [3] определяется новое содержание горючих газов в пожарном участке в зависимости от температуры, и расчет повторяется, начиная с п. 3.

Исследования показали, что итерационный процесс п.п. 3-7 является сходящимся и решение можно продолжать до совпадения результатов двух последующих итераций с заданной степенью точности.

8. Исходя из требуемого значения расхода воздуха, рассчитанного в п.п. 3-7, определяется новое значение расхода воздуха на ВГП с учетом того, что пропорциональное изменение его на всех ВГП не меняет полученной в п.п. 1 или 2 качественной картины [6].

Следует отметить, что в пункте 3 необходимо произвести анализ содержания горючих газов, специфический для каждого конкретного пожара, что невозможно сделать заблаговременно. Некоторое усреднение данных, смещающее координаты вершин треугольника взрываемости, может быть компенсировано менее жестким заданием точности расчета из пункта 4.

Вместе с тем анализ, проведенный с целью установления пригодности предложенной в [3] методики определения координат треугольника взрываемости для расчета аварийного вентиляционного режима, выявил необходимость некоторой ее доработки. Именно, утверждение о необходимости округления рассчитанной доли каждого газа в смеси до 0,1 для дальнейшего использования при нахождении координат по специальной таблице, приведенной в [3], оказывается в некоторых случаях несправедливым. Например, если в пожарном участке содержится 4,5 % CH_4 , 5,0 % CO и 5,1 % H_2 (сумма их равна $4,5 + 5,0 + 5,1 = 14,6$), суммарная доля каждого газа в смеси равна $4,5/14,6 + 5,0/14,6 + 5,1/14,6 \approx 0,9$ вместо 1,0 и использование таблицы становится невозможным. Следовательно, точность 0,1 в расчете координат треугольника взрываемости недостаточна. Повышение ее невозможно, поскольку на это не рассчитаны табличные данные (содержание горючих газов в смеси дается с точностью 0,1). В связи с этим следует, в случае совпадения двух и более долей (отклонение суммарного значения от 1,0 возможно лишь на 0,1 в любую сторону), выбирается максимальное процентное содержание и к соответствующей доле прибавляются недостающие 0,1. Общая погрешность расчета при этом невелика, так как описанная ошибка наблюдается лишь в случае достаточно близких по величине процентных значений компонентов взрывоопасной смеси, что наблюдается в

незначительном количестве случаев.

Сформулировав задачу в точной математической постановке, т.е. выбрав функционал для минимизации и приняв требования 1-3 в виде ограничений, можно с применением ПЭВМ получить значение воздухораспределения в ШВС в период ликвидации экзогенного пожара, удовлетворяющее требованиям [7] и в то же время осуществимое имеющимися средствами общешахтного регулирования. Однако, как отмечалось выше, решение может быть получено не всегда. Для получения его во всех аварийных ситуациях необходимо привлечение дополнительных методов и средств управления, именно, вентиляционных перемычек, вентиляторов местного проветривания, закорачивания вентиляционных струй и т.д.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Автоматизированная система составления на ЭВМ плана ликвидации аварий в шахте (АСС ПЛА)/ ОФП Минуглепрома СССР, 25.08.1978 г.// Г.Г. Соболев, Н.М. Худосовцев, Р.Б. Тянь и др. - м.: 1978.- 130 с.
2. Временное руководство по составлению на ЭВМ планов ликвидации аварий шахт и рудников Минцветмета СССР/ Ф.А. Абрамов, Р.Н. Аврамчук, А.В. Евсеев, И.Е. Кокоулин, Э.А. Кимельман, В.Я. Потемкин, В.К. Проценко// КМЛ НГМК.- 1983.- 85 с.
3. Соболев Г.Г. Горноспасательное дело – М.: Недра, 1972.- 356 с.
4. 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.
5. Зельдович Я.Б., Компанеец А.С. Теория детонации.- Государственное издательство технико-теоретической литературы.- М.: 1955.
6. Ф.А. Абрамов, Р.Б. Тянь, В.Я. Потемкин. Воздухораспределение в вентиляционных сетях шахт.- К.: Наук. думка, 1971.- 128 с.
7. 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.