

УДК

НАЗАРЕНКО В.И., ПОЧТАРЕНКО Н.С., ИВАНОВ А.Ю. (ДонНТУ)

## **ПРОГРАММНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА РАСПРОСТРАНЕНИЯ ПОЖАРА ПО СЕТИ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК**

*Рассмотрена программная система МАВР (Моделирование Аварийного ВоздухоРаспределения), разработанная коллективом авторов как продолжение и развитие известной системы РЕВОД. Основное назначение системы МАВР – моделирование в динамике процесса распространения пожара по сети горных выработок угольной шахты. Для каждого заданного шага по времени система предоставляет данные по воздухо- и газораспределению, маршрутам передвижения очага пожара и пожарных газов, температурам по длине выработок, затронутых пожаром и др.*

Угольная промышленность Украины является потенциально опасной отраслью народного хозяйства страны. В связи с увеличением глубины разработки, протяженности действующих горных выработок, конвейерных линий и энергетических кабельных сетей, с ростом метановыделения и энергоемкости применяемых машин и оборудования опасность возникновения аварий в угольных шахтах остается довольно высокой.

Ежегодно Государственной Военизированной Горноспасательной службой (ГВГСС) ликвидируется в угольных шахтах большое количество аварий. Каждая вторая авария связана с тушением и ликвидацией последствий подземных пожаров, которые дезорганизуют производственный процесс, наносят большой материальный ущерб и угрожают жизни и здоровью людей. Основная опасность пожаров заключается в образовании большого количества ядовитых газообразных продуктов и высокой температуры окружающей среды.

Для каждой действующей шахты составляется план ликвидации аварий (ПЛА). В процессе формирования ПЛА проверяется ожидаемая газовая обстановка, устойчивость вентиляционных струй в выработках при воздействии тепловой депрессии пожара, выполнимость намеченных мер по предупреждению самопроизвольного опрокидывания вентиляционных потоков и обеспечению устойчивого аварийного режима проветривания. Эффективность вентиляционных режимов, предусмотренных ПЛА, должна проверяться на ЭВМ. По материалам проверок устанавливаются зоны поражения при пожарах, взрывах, проникновениях ядовитых веществ, определяется зона реверсирования вентиляционных потоков, производится оценка пожарной опасности горных выработок и, при необходимости, разрабатываются дополнительные меры по повышению пожарной безопасности.

Практикой ведения горноспасательных работ установлено, что успех спасения застигнутых аварией в шахте горнорабочих и эффективность действий горноспасателей по ее ликвидации во многом зависит от правильного выбора и своевременного применения аварийных вентиляционных режимов. При решении вопроса о вентиляционном режиме в условиях шахтных пожаров необходимо знать температуру воздуха в любой точке горных выработок для заданного момента времени с начала возникновения пожара. Данные о распределении температур воздушного потока по длине выработок во времени необходимы также подразделениям горноспасательной службы при ведении работ по спасению людей и ликвидации пожара.

Эффективным инструментом в изучении степени воздействия процессов теплообмена в условиях подземных пожаров на воздухораспределение в шахтной вентиляционной сети (ШВС) является математическое моделирование системы проветривания шахт на ЭВМ. Программный комплекс, имитирующий такие процессы для конкретной вентиляционной сети, может быть использован также для оценки влияния различных режимов проветривания

на процесс распространения пожара, для анализа эффективности средств пожаротушения и выработки рекомендаций по разработке и применению средств предупреждения и ликвидации пожаров в шахтах.

В настоящее время в подразделениях угольной промышленности, в том числе и на шахтах эффективно используются программные комплексы для анализа состояния шахтной вентиляционной сети и прогноза ее функционирования. Наиболее известной из них является система РЕВОД [1], используемая во всех горноспасательных отрядах Украины и на ряде шахт Донбасса.

Тем не менее многофункциональная система РЕВОД, как и другие системы, аналогичные ей по назначению, определена для имитации нормального режима проветривания (расчет воздухораспределения, расчет газораспределения, реверсирование общешахтное и местное, определение устойчивости сети и др.). Более того, такая система правильно работает лишь в предположении, что плотность воздуха во всех выработках вентиляционной сети примерно равна средней плотности (обычно это  $1,2 \text{ кг/м}^3$ ).

Имитация пожарной обстановки в системе Ревод, как и в других системах, выполняется путем расчета тепловой депрессии в месте возникновения очага пожара. Эта депрессия определена предположительно для наихудших условий по пожарной нагрузке и другим факторам. В частности, в системе Ревод расчет тепловой депрессии осуществляется по двум методам, отображенным в [2] и [3]. После определения количественного значения депрессии  $h_T$  это значение “устанавливается” в ветвь, где предположительно мог возникнуть пожар, после чего решается задача воздухораспределения и определяется газовая газовая обстановка в ветвях сети. При этом программа определяет наличие реверса воздушных потоков, оконтуривает зону загазирования и др.

Безусловно, программная система Ревод является мощным инструментом в работе депрессионных служб горноспасательных отрядов и ИТР участков ВТБ угольных шахт. Тем не менее к ее рекомендациям при анализе пожарной обстановки следует относиться с осторожностью, учитывая неадекватность физических параметров, используемых в программной системе, с реальными параметрами окружающей среды. Это проявляется в первую очередь в следующих факторах:

1) Плотность воздуха в очаге пожара и по маршруту следования пожарных газов существенно отличается от средней. Например, при температуре в очаге пожара порядка  $1100^\circ \text{C}$  мы получим значение примерно  $\rho = 0,25 \text{ кг/м}^3$ .

2) Очаг пожара и пожарные газы генерируют дополнительные тепловые депрессии, существенно влияющие на воздухораспределение, особенно на локальном уровне.

3) Баланс потоков в узле в этих условиях справедлив не для объемных ( $\text{м}^3/\text{с}$ ), а для массовых ( $\text{кг/с}$ ) расходов воздуха.

4) С течением времени происходит передвижение очага пожара, в том числе переход его на смежные выработки.

Учитывая приведенные выше соображения, на базе системы Ревод, сохраняя все ее положительные качества, была разработана система МАВР, предназначенная для моделирования аэродинамической и температурной (аэротермальной) ситуации в шахтной вентиляционной сети при возникновении и движении пожара по выработкам шахты. Это позволяет выполнить оперативный анализ возможных последствий данного вида подземной аварии, смоделировать применение необходимых аварийных вентиляционных режимов и разработать рекомендации для принятия решений по ликвидации пожара.

При старте программы МАВР на экран выводится главное окно программы, имеющее вид, представленный на рис.1.

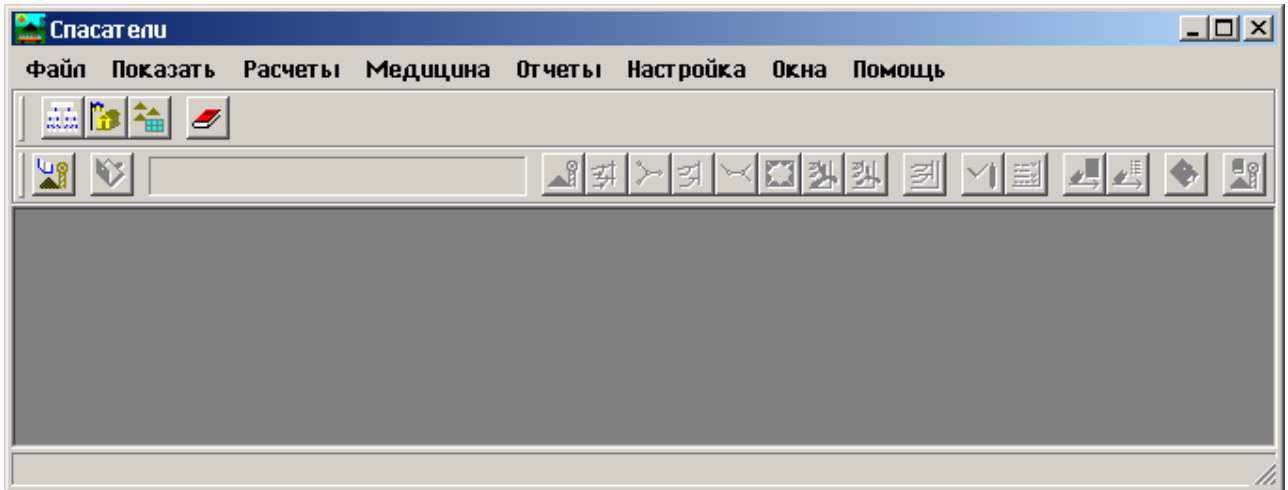


Рис.1. Главное окно программы МАВР

При активизации клавиши «Расчеты» (или соответствующей этому режиму пиктограммы) на экран выводится окно начальных установок (рис.2), в котором пользователь задает параметры рабочей среды. Основными из них являются:

- номер ветви, в которой возник пожар (номер пожарной ветви)  $N_6$  ;
- расстояние от начального узла ветви до очага пожара  $l_0$  , м;
- время развития пожара  $\tau_p$  , мин ;
- общее время моделирования с момента возникновения пожара  $\tau_m$  , мин;
- шаг моделирования  $\Delta\tau$  , мин .

Начальные установки расчета	
Номер пожарной ветви	9
Расстояние до очага пожара, м	600
Время развития пожара, мин	50
Общее время моделирования, мин	100
Шаг моделирования, мин	10
Дисбаланс в контурах, даПа	0.100
Повышенная температура, градус С	26
Критическая температура, градус С	51
Процент уменьшения расхода	30
Система единиц измерения	
<input type="radio"/> СИ	<input checked="" type="radio"/> МКГСС
<input type="button" value="Готово"/> <input type="button" value="Отмена"/>	

Рис.2. Окно начальных установок расчета

Вслед за этим начинается работа системы моделирования пожарной обстановки. Программа после каждого шага моделирования  $\Delta\tau$  приостанавливается и на экран выдается воздухораспределение в сети (объемные и массовые расходы), список ветвей с повышенной температурой потоков воздуха, а по запросу пользователя – газораспределение в сети, температуры вдоль оси заданной выработки.

В качестве примера на рис.3 показан график температур вдоль оси некоторой выработки.

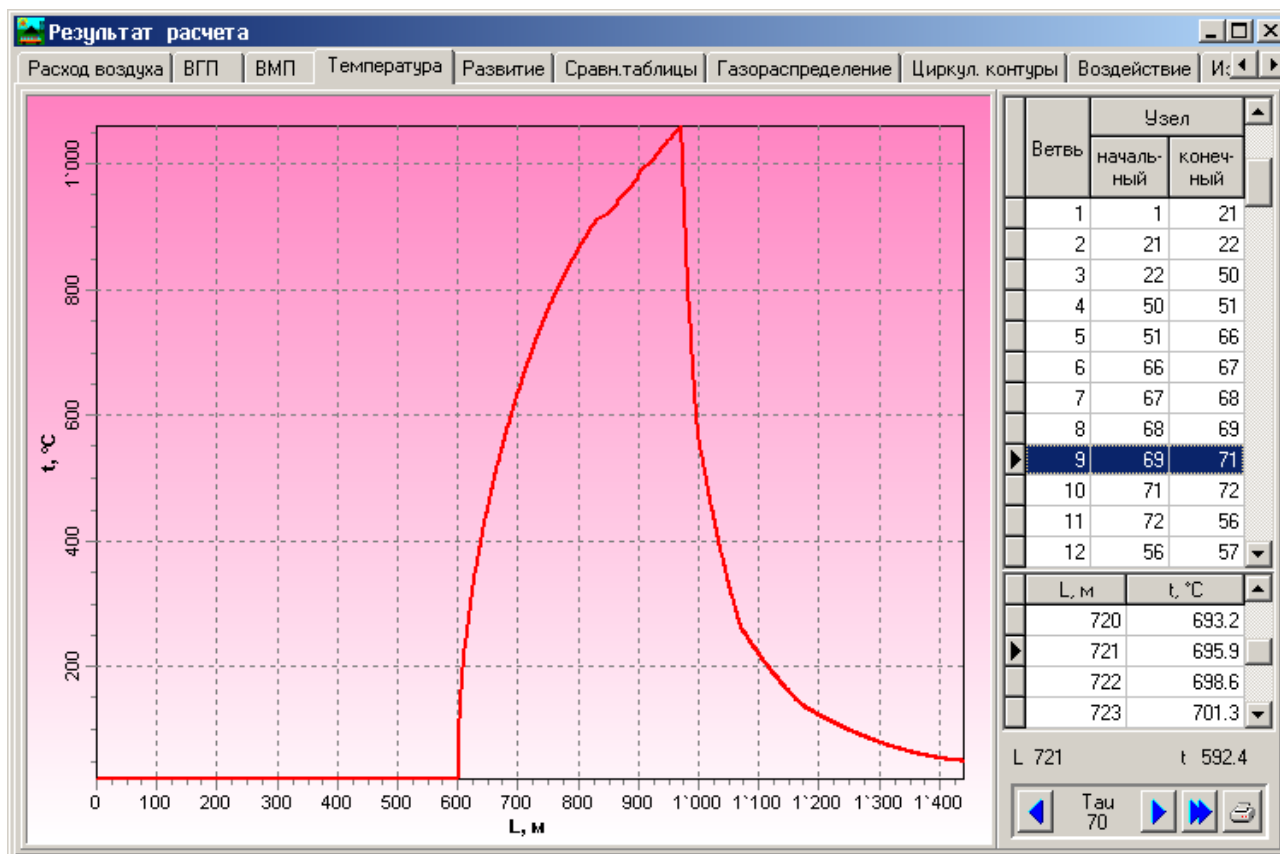


Рис.3. График температур вдоль оси выработки

Фактически в процессе такого моделирования прослеживается динамика распространения пожара и его влияние на воздухо- и газораспределение в сети (в срезях с шагом  $\Delta\tau$ ). При этом служебные процедуры сигнализируют о локальном реверсировании воздушного потока, изменении зон поражения по ядовитым газам и температуре, прогорании вентиляционных сооружений, переходе очага пожара на смежные выработки и др.

Алгоритмически решение задач воздухо- и газораспределения, определение наличия рециркуляционных контуров и т.д. в основном аналогично тому, что положено в основу работы системы Ревод. Дополнительно были привлечены научные разработки для решения следующих вопросов:

- 1) расчет скорости движения очага пожара в зависимости от пожарной нагрузки и других факторов;
- 2) расчет температур в очаге пожара и в пожарных газзах по маршруту их следования и, как следствие, величин тепловых депрессий, которые при этом генерируются;
- 3) расчет процесса остывания стенок выработки за очагом пожара и, как следствие, расчет изменений соответствующих тепловых депрессий.

В первом случае за основу были взяты работы НИИГД [4], во втором случае – работы Б.И.Медведева [5, 6 и др.], в третьем – работы Грекова С.П. и Березовского А.А. [7].

Программная система Мавр при ее внедрении в реальную эксплуатацию окажет серьезную помощь при анализе возможных последствий в результате возникновения и распространения пожара в сети горных выработок шахты.

### **Библиографический список**

1. **Назаренко В.И., Почтаренко Н.С., Турута И.А.** Программная система Ревод для расчета воздухо- и газораспределения в шахтной вентиляционной сети. – // Известия Донецкого горного института. – Донецк, 1999. - № 1. – С. 21 – 24.
2. **Статут ДВГРС по організації і веденню гірничорядувальних робіт.** – Київ, 1997.- 453 с.
3. **Рекомендации по выбору эффективных режимов проветривания шахт при авариях.** – Донецк: НИИГД, 1995ю – 168 с.
4. **Руководство по определению параметров подземного пожара и выбору эффективных средств его тушения.** – Донецк: ВНИИГД, 1985. – 96 с.
5. **Медведев Б.И.** Тепловые расчеты вентиляции шахт при нормальных и аварийных режимах проветривания. – Киев-Донецк: Вища школа, 1978. – 154 с.
6. **Медведев Б.И., Павловский В.А.** Расчет вентиляционных сетей шахт. – К.: Техніка, 1977. – 120 с.
7. **Греков С.П., Березовский А.А., Назаренко В.И., Почтаренко Н.С.** Математическое моделирование процесса развития и распространения пожара в шахтах. // Материалы III международной конференции по математическому моделированию (МКММ'2000). Вестник ХГТУ. Вып. 2(8).- Херсон, 2000. – С.86-90.