

## ПРОГРАММНАЯ СИСТЕМА РЕВОД

Назаренко В.И., Иванов А.Ю.,  
Кафедра ЭВМ ДонГТУ,  
Почтаренко Н.С.,  
Кафедра АЭ ДонГТУ,  
Турута И.А.,  
Горноспасательная служба Украины  
[vn@cs.dgtu.donetsk.ua](mailto:vn@cs.dgtu.donetsk.ua)

**Abstract**

*Nazarenko V.I., Pochtarenko N.S., Ivanov A.Y., Turuta I.A. Program system REVOD. Program system REVOD is represented and is used for estimation and analysis air and gas behavior into mining network. Main purpose of this system is forecast of normal and accident mode of ventilation of mine.*

Главным источником энергоресурсов в Украине является угольная промышленность, причем практически весь уголь добывается подземным способом. Уход горных работ на большие глубины и связанный с этим рост газообильности предъявляют повышенные требования к созданию безопасных и комфортных условий труда, что достигается главным образом надлежащим проветриванием выработок. В связи с этим существенное значение имеют расчет и выбор эффективных режимов проветривания, что невозможно без использования современных компьютерных технологий.

Программная система РЕВОД (Расчет Естественного Воздухораспределения и Обработка Депрессионной съемки), ориентированная на использование персональных компьютеров, обеспечивает оперативное решение комплекса задач воздухо- и газораспределения в шахтной вентиляционной сети (ШВС) и является высокоэффективным инструментом для ИТР угольных шахт и горноспасательных отрядов при решении задач анализа состояния вентиляционной сети и перспектив ее развития.

Разработка системы РЕВОД была начата указанным выше коллективом авторов в 1989 г. Первые версии системы были переданы на апробацию в горноспасательные отряды в 1991 г. В дальнейшем система совершенствовалась и расширялись ее функциональные возможности. Достаточно сказать, что при этом объем объектного кода системы увеличился более чем в 20 раз.

Система РЕВОД состоит из стартовой программы и четырех подсистем РЕВОД-1, РЕВОД-2, РЕВОД-3 и РЕВОД-4. Основным назначением стартовой программы является выбор каталога, содержащего набор исходных данных по конкретной шахте, и активизация работы заданной подсистемы.

Подсистема РЕВОД-1 предназначена для формирования, контроля и коррекции базы данных, содержащей следующую информацию: топология сети (номера ветвей и инцидентных им узлов), аэродинамические сопротивления ветвей, высотные отметки и температуры в узлах сети, параметры вентиляторов главного и местного проветривания, вентсооружений и источников метановыделения, значения нормированных расходов воздуха и др. Обязательными данными являются топология сети, сопротивления ветвей, параметры вентиляторов главного проветривания (ВГП).

Основные режимы работы подсистемы РЕВОД-1: редактирование и контроль исходных данных, контроль расходов воздуха в узлах сети, депрессий и сопротивлений, определение коэффициентов напорной характеристики.

Редактор подсистемы позволяет выполнять работы по созданию, формированию, коррекции и печати исходных файлов системы, коррекции и печати протокольных и результирующих файлов.

В подсистеме осуществляется всеобъемлющий контроль корректности исходных данных. По результатам контроля формируется протокол, который выводится на экран и записывается на диск. В протоколе указывается тип и местоположение каждой ошибки, а при их отсутствии формируется справочная информация о параметрах сети.

Режимы контроля расходов воздуха, депрессий и сопротивлений используются при камеральной обработке материалов депрессионной съемки для обнаружения и исправления грубых ошибок измерения или формирования соответствующих параметров сети.

В режиме "Коэффициенты напорной характеристики" по точкам, заданным на рабочей части напорной характеристики вентилятора, вычисляются коэффициенты ее аппроксимирующего уравнения.

Подсистема РЕВОД-2 позволяет комплектовать и использовать электронную библиотеку ВГП, объединять две отдельные ШВС в единую сеть, автоматически сравнивать каталоги, содержащие различные варианты параметров сети, а также решать ряд задач, не требующих расчета воздухораспределения [1]. К последним относятся:

- расчет тепловой депрессии пожара;
- расчет минимально необходимого расхода воздуха по газовому фактору на аварийном участке;
- расчет времени загазирования аварийного участка после его изоляции до взрывоопасной концентрации метана;
- оценка газовой обстановки на выемочном участке при изменении режимов дегазации и проветривания;
- определение взрываемости смеси горючих газов при подземных пожарах и др.

Основным компонентом системы РЕВОД является подсистема РЕВОД-3, выполняющая непосредственное решение комплекса задач воздухо- и газораспределения. Структура подсистемы показана на рисунке. На рисунке цифрами обозначены: 1 - решение с более высокой точностью; 2 - расчет узловых депрессий; 3 - расчет метанораспределения; 4 - влияние вентиляторов; 5 - критические узлы; 6 - дополнительные режимы; 7 - матрица взаимосвязей; 8 - энергозатраты на проветривание; 9 - естественная тяга по маршруту; 10 - чтение выходного файла; 11 - изменение параметров сети; 12 - реверсирование; 13 - моделирование обрушения горных пород; 14 - моделирование суффлярного выделения; 15 - определение зоны загазирования; 16 - расчет критической депрессии; 17 - анализ устойчивости сети; 18 - анализ устойчивости ВГП; 19 - устойчивость при пожаре; 20 - влияние вентсооружений; 21 - изоляция аварийной выработки; 22 - удаление естественной тяги; 23 - регулирование воздухораспределения; 24 - запись файлов в каталог; 25 - замена базового варианта.

При запуске подсистемы выполняется расчет базового варианта воздухораспределения для начальных параметров сети, определяемых содержимым исходных файлов и настройкой подсистемы. После окончания решения базового варианта возможно решение дополнительных вариантов для нормального и реверсивного режимов проветривания при изменении параметров сети. Для базового варианта формируется таблица воздухораспределения, а для дополнительного, кроме основной таблицы, выдается также сравнительная таблица по отношению к базовому варианту.

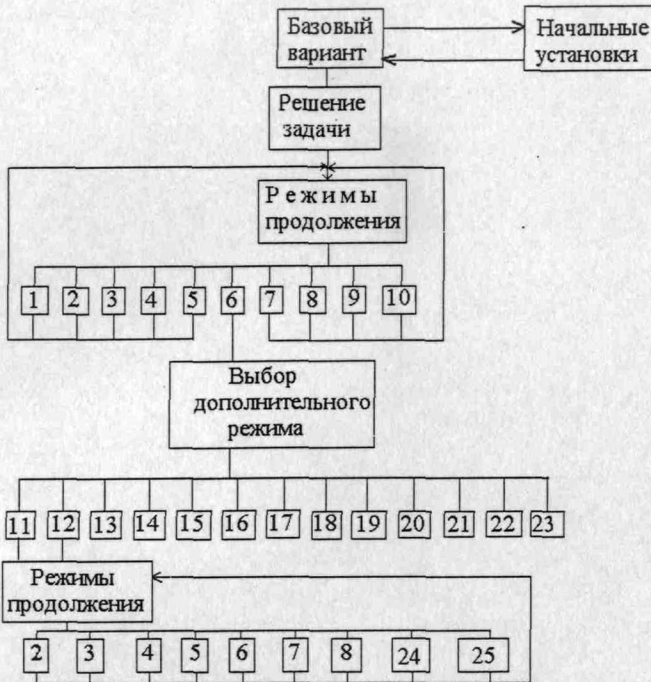


Рисунок - Структура подсистемы РЕВОД-3

После получения решения на экран может быть выведен график, на котором для заданного ВГП отображается его напорная характеристика, характеристики вентиляционной и шахтной сетей.

В начальных установках задаются требуемая точность решения, необходимость учета естественной тяги, определения циркуляционных контуров в сети, направление вывода результатов и др.

Узловые и контурные уравнения сети формируются автоматически по ее исходным данным. Аналогично выполняется также формирование уравнений, необходимых для расчета газораспределения в ветвях ШВС.

В системе РЕВОД авторами реализован ряд оригинальных разработок, существенно расширивших функциональные возможности системы, в том числе следующие.

**Влияние вентиляторов.** В ряде случаев требуется определить влияние каждого ВГП на объекты, проветривание которых зависит от работы нескольких вентиляторов. Сложность такой оценки определяется нелинейностью уравнений сети и характеристик вентиляторов. В результате решения этой задачи формируется таблица с указанием относительного влияния каждого ВГП на объекты проветривания.

**Энергозатраты на проветривание.** В этом режиме используются данные по нормированным расходам воздуха для объектов проветривания и утечкам, семейства характеристик ВГП, КПД приводных двигателей. В процессе расчета формируются две таблицы: "Энергетические характеристики вентиляторов" и "Энергозатраты по

объектам проветривания". В первой из них для каждого ВГП указывается: КПД вентилятора, фактическая и потребляемая мощность, годовой расход электроэнергии. Во второй таблице все объекты проветривания разделяются на группы по вентиляторам и типам ветвей (лава, поддерживаемые выработки, утечки и пр.). Для каждого объекта и группы в целом приводятся данные по расходам воздуха и затратам электроэнергии. В процессе расчета энергозатрат учитывается относительное влияние ВГП на объекты проветривания. Режим может эффективно использоваться для оценки экономии энергозатрат при выполнении различных мероприятий по совершенствованию проветривания ШВС.

*Реверсирование.* В данном режиме выполняется анализ состояния ШВС при общешахтном реверсе всех или части ВГП. Обеспечена возможность определения влияния естественной тяги на начальном, промежуточном и конечном этапах реверсирования. Изменение состояния реверсивных дверей в выработках производится автоматически в зависимости от направления воздушных потоков и развиваемом при этом давлении на реверсивные двери.

*Анализ устойчивости сети.* Исходным заданием в данном режиме является список анализируемых ветвей. После этого последовательно для каждой ветви программа формирует список определяющих ветвей, для каждой из которых выполняется расчет коэффициентов изменения их аэродинамического сопротивления (показателей устойчивости), при которых:

- расход воздуха в анализируемой ветви становится нулевым;
- указанный расход равен 50 %  $Q_{исх}$  ;
- расход равен 70 %  $Q_{исх}$  ,

где  $Q_{исх}$  - исходное значение расхода воздуха в анализируемой ветви.

При анализе устойчивости сети проверяется также переход ВГП за границы рабочей зоны.

*Регулирование воздухораспределения.* Задача регулирования обратна по отношению к задаче расчета воздухораспределения. Постановка задачи: определить значения параметров ВГП и сопротивлений регуляторов (вентсооружений), при которых для всех объектов проветривания выполняется требование

$$Q_{ф} = (1-1,1)Q_{норм}$$

где  $Q_{ф}$  - фактический расход воздуха;  $Q_{норм}$  - нормируемый расход, определяемый по методике, изложенной в источнике [2].

Решение задачи регулирования выполняется в автоматизированном режиме.

*Индикация циркуляционных контуров.* Циркуляционный контур - это такой контур, в котором воздушные потоки во всех ветвях, входящих в его состав, одинаково ориентированы по отношению к направлению обхода контура. Такие контуры могут возникать в ШВС вследствие воздействия естественной тяги или подземного пожара. Вредные газы, захватываемые воздушным потоком при движении по циркуляционному контуру, не удаляются в полном объеме в атмосферу. Они накапливаются в выработках, входящих в такой контур, и представляют серьезную опасность для находящихся там людей. Система РЕВОД позволяет производить автоматический поиск циркуляционных контуров [3], предоставляя тем самым информацию для разработки мероприятий по их ликвидации.

*Расчет газораспределения.* Система РЕВОД обеспечивает возможность расчета зон загазирования горных выработок метаном, оксидом углерода и другими вредными газами. Расчет распределения газа по горным выработкам выполняется после решения задачи воздухораспределения с учетом заданных источников газовой выделения. Наличие в сети циркуляционных контуров заметно влияет на устойчивость решения и в ряде

случаев может привести к заикливанию программы. Авторами разработан и реализован алгоритм расчета газораспределения [4], эффективно функционирующий как при наличии, так и при отсутствии циркуляционных контуров.

*Изоляция аварийной выработки.* Это оптимизационная задача. При ее решении определяется минимальный расход воздуха в аварийной (пожарной) выработке, при котором загазирование контролируемых выработок не превысит определенного граничного значения.

В подсистеме РЕВОД-4 реализована основная часть положений, изложенных в источнике [2]. Подсистема предоставляет пользователю возможность выполнять прогноз газообильности тупиковых выработок и выемочных участков, расчет необходимого расхода воздуха для их проветривания, производить выбор средств проветривания, определять максимально допустимую нагрузку на очистной забой по газовому фактору и др. При выборе средств проветривания для тупиковых выработок и выборе средств отвода метана из выработанного пространства за пределы выемочного участка используется реализованная в подсистеме библиотека вентиляторов местного проветривания (ВМП). Выбор типа ВМП и схемы их соединения производится в графическом режиме, предоставляя пользователю максимально возможную информацию для принятия соответствующего решения.

Система РЕВОД эксплуатируется во всех отрядах горноспасательной службы Украины и на ряде шахт Донецкой и Луганской областей.

Дальнейшим развитием системы РЕВОД является проектируемая в настоящее время программная система МАВР (Моделирование Аварийного Воздуха Распределения), предназначенная для анализа процессов развития и движения пожара в сети горных выработок шахты. В системе МВР предусматривается моделирование процесса свободного движения пожара, определение зон повышенных и критических температур, реализация общешахтного и местного реверсирования, определение эффективности воздействия различных средств пожаротушения и др. Использование системы МАВР в практике работы горноспасательных отрядов и на угольных шахтах предоставляет возможность предварительно исследовать возможные последствия подземных пожаров и разрабатывать эффективные мероприятия по выводу людей из пожароопасной зоны и ликвидации пожара.

## Литература

1. Устав ГВГСС по организации и ведению горноспасательных работ. - К., 1997. - 453 с.
2. Руководство по проектированию вентиляции угольных шахт. - К.: Основа, 1994. - 312 с.
3. Назаренко В.И. Индикация циркуляционных контуров в ориентированном графе сетевого объекта. В кн. "Информатика, кибернетика и вычислительная техника. Сборник научных трудов ДонГТУ." Выпуск 6. Донецк, 1999, с. 216-241.
4. Назаренко В.И., Почтаренко Н.С. Расчет газораспределения в шахтной вентиляционной сети. В кн. "Проблемы аэрологии горнодобывающих предприятий. Сборник научных трудов Национальной горной академии Украины." Выпуск 5. Днепропетровск, 1998, с. 46-50.