

Рис. 2 - Схема расположения дегазационных скважин в кровле пласта  $m_3$

УДК 622.817.47

Асп. И.И. Пугач (НГУ)

## ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ДЕГАЗАЦИИ ПРИ РЕГУЛИРОВАНИИ ВОЗДУХОРАСПРЕДЕЛЕНИЯ ШАХТНОЙ ВЕНТИЛЯЦИОННОЙ СЕТИ

У статті приділена увага ролі дегазції у вирішенні техніко-економічних, екологічних та господарських проблем газових вугільних шахт. Розглянуто шляхи вирішення задачі вилучення кондиційного метану засобами дегазції з урахуванням режимів вентиляції.

## SUBSTANTIATION OF PARAMETERS OF DECONTAMINATION AT REGULATION AIR-DISTRIBUTION A MINE VENTILATING NETWORK

In article the role of decontamination in solving technique-economic, ecological and economic problems of gas collieries is given. Ways of the decision of a task of extraction conditional methane are considered by means of decontamination in view of modes of ventilation.

Проблема метана на газообильных угольных шахтах на сегодняшний день является комплексной проблемой, представляющей одновременно производственную и экологическую опасность (метан относится к числу «парниковых» газов). При неправильно рассчитанных параметрах дегазации существует реальная угроза создания аварийной ситуации, кроме того, снижается производительность добычного участка. С другой стороны, метан является ценным энергетическим и химическим ресурсом [1]. Как повышение интенсивности вентиляции, так и дегазация увеличивают эмиссию метана в земную атмосферу, если метан не утилизируется. Утилизация метана возможна исключительно при условии обеспечения стабильных дебитов и высоких

концентраций газа в отсасываемой газозвоздушной смеси. Чтобы обеспечить такие условия, вентиляцию и дегазацию необходимо рассматривать как единую систему управления метановыделением [2]. При этом возникает необходимость перераспределения метана между дегазационной и вентиляционной сетями.

В практике угольных шахт с высокой газообильностью задачи управления воздухораспределением решаются эпизодически [3], и заключаются в установке вентиляционных сооружений для управления потокораспределением, а также в сооружении глухих перемычек для изоляции отработанных участков, вентиляционных дверей для устранения коротких токов воздуха при сбое выработок со свежей и исходящей струями или при ограниченном расходе в подготовленных, но не эксплуатируемых участках. Эти работы выполняют, как правило, на основании интуиции и инженерного опыта работников службы вентиляции и техники безопасности (ВТБ). В результате такого подхода к решению задач управления воздухораспределением, вентиляторы главного проветривания зачастую работают в неэкономичных режимах, при этом значительная часть воздуха, подаваемого в шахту, используется нерационально.

Более детальный анализ и направленное воздействие на вентиляционную сеть и побудители тяги производится после проведения на шахтах депрессионных съемок с периодичностью не реже 1 раза в три года. Депрессионная съемка при тщательном ее проведении позволяет выявить «узкие места» вентиляционной системы, основные ее аэродинамические и энергетические параметры, проанализировать обеспеченность воздухом потребителей, соответствие схем проектным решениям, соответствие нормальных и аварийных режимов проветривания плану ликвидации аварий.

По результатам депрессионной съемки, как правило, производится моделирование режимов работы шахтной вентиляционной системы (ШВС), с помощью которого решаются задачи перераспределения воздуха, упорядочения направлений воздушных потоков, уменьшения утечек воздуха, прогнозирования влияния замены, остановки или изменения регулируемых параметров главных вентиляторных установок (ГВУ), оценка влияния замены, остановки или изменения регулируемых параметров ГВУ, оценка влияния отдельных или группы выработок на воздухораспределение в вентиляционной сети.

По результатам депрессионной съемки и моделирования выдаются рекомендации, после внедрения которых, производится проверка эффективности результатов.

Не отрицая целесообразности депрессионных съемок, которые на соответствующем уровне контроля параметров вентиляционной сети (расход воздуха, депрессии, аэродинамического сопротивления, режимов работы вентиляторов) дают информацию наиболее приближенную к реальной, следует отметить и несовершенство управления по результатам таких съемок, которое заключается в следующем:

- наличие продолжительного неконтролируемого периода между депрессионными съемками, в течение которого изменение топологии вентиляционной сети может быть весьма значительным;

– продолжительность проведения самой депрессионной съемки и обработки ее результатов, неполный охват объектов и одновременность их обслуживания, приводящие к искажению модели объекта;

– интуитивный характер мероприятий по совершенствованию проветривания вследствие проработки недостаточного числа вариантов, отсутствия взаимосвязанных критериев поиска решений, плановых начал такого поиска и решение этих вопросов в отрыве от натурального объекта.

При решении задач управления проветриванием традиционно используется малоэффективный метод однофакторного эксперимента, например, посредством изменения режима работы одного из вентиляторов или установки в ветви с избытком воздуха средств отрицательного регулирования. Иногда прибегают к поиску приемлемых режимов работы ГВУ путем перебора их вариантов, что в свою очередь очень трудоемко и не всегда приводит к желаемому результату.

Вопросам построения систем управления, требований к средствам управления, разработки критериев цели управления, математических моделей и алгоритмов посвящены многочисленные работы. Подробный обзор методов управления проветриванием содержится в работе [4].

В авторском свидетельстве [5] предложена методика оптимизации совместно работающих на сеть нескольких вентиляторов, которая основана на применении методов планирования экспериментов. Данная методика обладает следующими преимуществами:

- простота в реализации;
- учитывает фактически сложившуюся топологию вентиляционной системы на определенный период времени;
- не требует подготовки большого объема начальной информации;
- в комплексе оценивает состояние вентиляционной системы;
- применима как на натурном объекте, так и на математической модели.

Последнее преимущество актуально в плане стоимости проведения экспериментов, так как проведение экспериментов на натурном объекте не исключает возможности приостановки ведения горных работ (для угольных шахт с высокой суточной добычей временное прекращение горных работ является весьма дорогостоящим мероприятием).

Решение задач управления проветриванием на математической модели вентиляционной системы позволяет производить большое количество экспериментов в сравнительно короткие промежутки времени, а также анализировать состояние вентиляционной системы при изменении ее параметров, причем диапазон изменения параметров практически неограничен (т.е. на математической модели возможно смоделировать практически любую ситуацию).

В связи с вышесказанным, исследование математической модели вентиляционной системы шахты с использованием метода планирования эксперимента позволит определить наиболее эффективные режимы работы ШВС. Принято считать, что вентиляционная система функционирует эффективно, если все ее потребители полностью обеспечены расчетным расходом воздуха при

минимальной затрате мощности ГВУ. Методика решения поставленной задачи основана на теории планирования многофакторных экспериментов [6 - 8]. Для этого вентиляционная система шахты как объект регулирования рассматривается в виде кибернетической системы, на вход которой подключаются входные регулируемые параметры (РП – углы установок лопаток направляющего аппарата для центробежных вентиляторов и рабочего колеса для осевых вентиляторов; численные значения аэродинамических сопротивлений регуляторов расхода воздуха), влияющие на проветривание потребителей, а на выходе получают значения выходных контролируемых параметров (КП – фактические расходы воздуха, поступающие к потребителям и мощности ГВУ), характеризующие состояние вентиляционной системы (рис. 1).

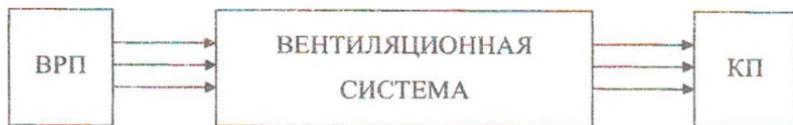


Рис. 1 – Блок-схема управления ШВС

По результатам планируемого эксперимента при неполном знании внутренних связей объекта получают аналитические выражения, которые описывают зависимость каждого из выходных параметров от значений входных параметров и определяют значения входных параметров, при которых выходные параметры будут оптимальными.

Для оценки эффективности функционирования вентиляционной системы необходим критерий оптимизации. В зависимости от постановки задачи, в различных источниках предлагаются разные критерии. В работах [4, 5, 9] предлагается минимизировать целевую функцию, включающую два частных критерия оптимизации:  $\Phi = \Phi_Q + \Phi_N$ , где  $\Phi_Q$ ,  $\Phi_N$  – частные критерии оптимизации, учитывающие обеспеченность потребителей свежим воздухом и затраты мощности на проветривание. Расчет частных критериев ведут по формулам:

$$\Phi_Q = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left| \frac{Q_i - Q_{pi}}{Q_i} \right|;$$

$$\Phi_N = \frac{1}{n} \frac{\sum_{j=1}^n N_{jk}}{\sum_{j=1}^n N_j},$$

где  $i = 1, 2, 3, \dots, n$  – порядковый номер потребителей расхода воздуха в ШВС;  $Q_i$ ,  $Q_{pi}$  – действительный и расчетный расходы воздуха по  $i$ -му потребителю,

$\text{м}^3/\text{с}$ ;  $j = 1, 2, 3, \dots, m$  – порядковый номер вентилятора;  $N_j, N_{jk}$  мощности  $j$ -го вентилятора при фактическом и в  $k$ -ом опыте (определяется из выражения  $N_{jk} = \frac{Q_{jk} H_{jk}}{1000 \cdot \eta_{jk}}$ ), кВт;  $Q_{jk}$  – подача  $j$ -го вентилятора в  $k$ -ом опыте,  $\text{м}^3/\text{с}$ ;  $H_{jk}$  – депрессия  $j$ -го вентилятора в  $k$ -ом опыте, мм вод. ст.;  $\eta_{jk}$  – значение статического к.п.д.  $j$ -го вентилятора в  $k$ -ом опыте.

Каждому состоянию вентиляционной системы соответствует определенное значение обобщенного критерия. Режим проветривания, при котором значение критерия  $\Phi$  будет минимальным, является наиболее эффективным. В данном случае решение поставленной задачи заключается в поиске таких значений РП, при которых функция отклика  $\Phi \rightarrow \min$ . Таким образом, при поиске наиболее эффективного режима проветривания одновременно решаются две задачи регулирования.

Первая задача регулирования – восстановление работоспособного состояния ШВС, т.е. требуемого воздухораспределения – представляет собой оптимизационную задачу, в которой минимизируемой целевой функцией  $\Phi_0$  является отклонение фактического расхода воздуха, подаваемого к потребителям, от необходимого расчетного. Во второй задаче регулирования минимизируемой целевой функцией является суммарная мощность, потребляемая всеми ГВУ.

Сущность метода оптимального регулирования проветривания ШВС заключается в том, что первоначально, по специальному составленному плану [5] проводится исходная серия опытов по изменению вентиляционного режима. В каждом опыте определяются выходные параметры (КП) и вычисляется критерий оптимизации. Затем по данным исходных опытов определяется направление на оптимум и в этом направлении проводятся последующие опыты с целью определения значений ВРП, при которых значение критерия оптимизации будет минимальным. Реализуемый таким образом алгоритм представляет собой оптимальное регулирование ШВС, обеспечивающее в ней требуемое воздухораспределение при минимуме энергозатрат.

Данная методика была использована при исследовании состояния вентиляции и оптимизации режимов работы главных вентиляторных установок шахты «Красноармейская-Западная №1». Результаты исследования показали, что при общей обеспеченности шахты воздухом на 109% отдельные объекты проветривания не были обеспечены расчетным количеством воздуха. При этом вентиляторы главного проветривания работали неэффективно. Исследуемая ШВС имеет тенденции к увеличению потребляемого количества воздуха, поступающего на проветривание, что в свою очередь сопровождается увеличением мощности, потребляемой ГВУ и эмиссии метана в земную атмосферу. Однако увеличение суммарного количества воздуха поступающего в шахту не гарантирует улучшения качества проветривания отдельных потребителей. Применение методики оптимального регулирования проветрива-

ния позволило снизить мощность потребляемую ГВУ и дефицит воздуха на 19 и 7% соответственно. Несмотря на повышение технико-экономических показателей работы ШВС, три из пяти выемочных участка не были обеспечены расчетным количеством подаваемого воздуха. Такой результат красноречиво говорит о необходимости комплексного подхода к решению задачи управления метановыделением. Так при регулировании воздухораспределения в ШВС в общий критерий оптимизации необходимо включить частный критерий, учитывающий влияние дегазации на изменение газовыделения, а также в качестве целевой функции использовать изменение нагрузки на очистной забой при изменении режимов вентиляции и дегазации. В работе [2] предложен критерий, который представляет собой отношение потоков, удаляемых шахтной вентиляцией  $I_{ai}$  и дегазацией  $I_{di}$

$$\frac{I_{di}}{I_{ai}} \rightarrow \max$$

Этот критерий обеспечивает приоритетность неразбавленного потока метана и является универсальным как с точки зрения соотношения вентиляции и дегазации, так и экологии при условии утилизации капируемого метана.

Таким образом, эффективность функционирования системы управления шахтным метаном влияет на следующие факторы:

- безопасности шахтной атмосферы;
- производительность выемочных участков;
- экологичность систем дегазации и проветривания;
- энергетическое качество метана, извлекаемого дегазационной системой;
- экономичность работы системы «вентиляция-дегазация».

Несмотря на очевидность комплексного подхода к управлению газовыделением, в практике современных угольных предприятий задачи проветривания, дегазации и утилизации метана решаются обособленно, без учета взаимного влияния на вышеприведенные параметры работы угольной шахты. На сегодняшний день применение дегазации рекомендуется [10] в том случае, если средствами вентиляции не удастся снизить концентрацию метана до норм, предусмотренных ПБ. Согласно примеру, приведенному в [1] на сверхкатегорной шахте с относительной газообильностью 20 м<sup>3</sup>/т с.д. и суточной производительностью 5000 т/сут. в окружающую среду будет выбрасываться 100 тыс. м<sup>3</sup> метана ежесуточно, что эквивалентно приблизительно 8200 \$/сут. Такое решение проблемы не является эффективным, поскольку в атмосферу выбрасывается ценный энергетический ресурс, который к тому же неблагоприятно влияет на экологическую ситуацию.

Таким образом, на сегодняшний день дегазацию необходимо рассматривать не как вспомогательное средство для извлечения метана, но наряду с основным технологическим процессом угольных предприятий, поскольку капируемый дегазационной системой газ при соответствующем уровне ее работы может решать проблемы социального, технико-экономического и экологического плана.

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Бойко В.А. Способ утилизации шахтного метана в атмосфере горных выработок газовых шахт. – Горный информационно-аналитический бюллетень. 2000. – № 7. – С. 195 - 197.
2. Каледина Н.О. Оптимальные режимы вентиляции газообильных угольных шахт. – Горный информационно-аналитический бюллетень. 1998. – № 2. – С. 190 - 194.
3. Заболотный А.Г., Комков А.М., Хорунженко О.И., Адошнев Г.А. Депрессионная служба ГВГСС: задачи усложняются, проблемы остаются. – Уголь Украины. 1999. – №2. – С. 32 - 34.
4. Литвиненко А.А. Разработка и исследование методов и средств диспетчерского контроля и управления проветриванием рудников Кривбасса: Диссертация канд-та технич. наук. – Днепрпетровск, 1978. – 267 с.
5. Авторское свидетельство 1789727 СССР, Е 21 F 1/100. Способ определения оптимальных режимов совместной работы шахтных вентиляторов/ В.А. Бойко, А.А. Литвиненко и Н.В. Шибка (СССР). – № 4787855/03; Заявлено 02.02.90; Опубл. 23.01.93. Бюл. №3.
6. Адлер Ю.П. Введение в планирование эксперимента. М.: Недра, 1969. – 157 с.
7. Налимов В.В., Чернова Н.А. Статистические методы планирования экстремальных экспериментов. – М.: Наука, 1965. – 340 с.
8. Егоров А.Е., Азаров Г.Н., Коваль А.В. Исследование устройств и систем автоматики методом планирования эксперимента. – Харьков: Вища школа, 1986. – 240 с.
9. Ушаков В.К. Численный метод решения нелинейных оптимизационных задач регулирования систем сетевой структуры. – Горный информационно-аналитический бюллетень. 2000. – № 6. – С. 228 - 230.
10. Руководство по дегазации угольных шахт. М.: Недра. 1990. – 186 с.
11. Каледина Н.О. Оптимизация аэродинамических режимов угольных шахт. – Горный информационно-аналитический бюллетень. 1995. – №4. – С. 32 - 34.

УДК 552.537

Канд. техн. наук В.С. Савчук (ИМП)

### ДО ПРИРОДИ ВІДНОВЛЕНОСТІ ВУГІЛЛЯ ЛЬВІВСЬКО-ВОЛИНСЬКОГО БАСЕЙНУ

Виявлені основні причини формування разновосстановлених типів углей Львовско-Волинського басейну. Определена роль отдельных факторов в этом процессе. Сделан вывод о полигенетическом ее происхождении.

### ABOUT A NATURE OF RESTORED COALS OF THE LVOV-VOLHYNIAN BASIN

The basic reasons of creation different of restored types coals of the Lvov-Volhynian basin are revealed. The role of the separate factors in this process is determined. The conclusion about its polygenetic origin is made.

У ДВ УкрДГРІ протягом тривалого часу виконувались роботи з визначення основних напрямів використання вугілля Львівсько-Волинського басейну. Вивчення петрографічного складу та якості вугілля як діючих шахт, так і ділянок, що розвідувалися, дало змогу встановити головні критерії для визначення відновленості вугілля і виявити закономірності її розповсюдження. У зв'язку з тим, що відновленість вугілля належить до одного з головних факторів, що обумовлюють різницю у властивостях ізометаморфних вугільних пластів, її вивченню завжди приділялась значна увага.

Перша вказівка на наявність вугілля різної відновленості у Львівсько-Волинському басейні зустрічається у праці С.В Савчука. До головних причин його появи були віднесені фаціальні особливості формування торфовищ. Петрографічними критеріями їх визначення були колір та структура