

рых случаях снабжение свежим воздухом участков-потребителей. На шахте недостаточно технических средств контроля депрессии участков и средств местного регулирования. Решению подлежат вопросы анализа и управления конфигурацией и дебитом утечек метановоздушной смеси через выработанное пространство лав. Проблему представляет повышенная обводненность каналов ВГП и вентиляционных стволов.

Решением этих задач успешно занимается коллектив шахты им. А.Ф. Засядько совместно с организациями Госуглепрома Украины и Национальной академии наук Украины. Первые полученные научные и практические результаты указанного сотрудничества нашли отражение на страницах настоящего сборника. Надеемся, что дальнейшие совместные разработки будут способствовать повышению эффективности работы шахты им. А.Ф. Засядько и повышению безопасности горного производства.

УДК 622.457.004.69

А.Ф. Булат, И.А. Ефремов, В.Г. Ильюшенко,
Б.В. Бокий, И.Е. Кокоулин, Т.В. Бунько

МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ШАХТНОЙ ВЕНТИЛЯЦИОННОЙ СИСТЕМЫ

Обґрунтовано методологічний підхід до вдосконалення шахтної вентиляційної системи, який полягає у оптимізації її структури за рахунок створення більш досконалої системи місцевого регулювання вентиляційних потоків та впровадження раціональних схем провітрювання виймальних ділянок.

THE METHODOLOGICAL PRINCIPLES OF PERFECTION OF MINE VENTILATION SYSTEM

The methodological approach to perfection of the mine ventilation system, consisting in optimization of its structure at the expense of creation of more perfect system of local regulation of ventilating streams and installation of rational schemes of airing extraction sites was grounded.

Угольные пласты месторождений Украины отличаются большой глубиной залегания, сложностью геолого-тектонических условий, высокой газоносностью углевмещающих пород, высоким градиентом температуры. Эти природные факторы в сочетании с технологическими факторами обуславливают чрезвычайно сложные и опасные для жизни людей условия отработки угольных месторождений. В связи с этим возникают определенные труднопредсказуемые изменения процессов газообразования в горных выработках, а количественные показатели метановыделения превышают регламентированные Правилами безопасности нормы. Применяемые с целью снижения опасности по газовому фактору дегазационные мероприятия, к сожалению, пока недостаточно эффективны, и требуемый коэффициент дегазации может быть достигнут лишь при условии применения комплексной дегазации, схемы которой достаточно сложны, дорогостоящи и доступны далеко не всем горным предприятиям.

Все перечисленные факторы в значительной мере присущи АП "Шахта им. А.Ф. Засядько", на которой уже длительное время ведутся работы по комплексной дегазации в соответствии с "Концепцией комплексной дегазации углеородного массива", разработанной ИГТМ НАН Украины. Вместе с тем анализ показывает, что, хотя в снижении концентрации метана в горных выработках и повышении эффективности дегазационных мероприятий важная роль принадлежит общешахтной вентиляции, на шахте этот вопрос решается не в достаточной степени. Имеются резервы воздуха, которые, будучи доставлены к объектам проветривания, могут способствовать улучшению газовой обстановки и, в конечном счете, - повышению безопасности ведения горных работ.

В связи с этим целями работ, проводимых ИГТМ НАН Украины совместно с участком ВТБ шахты являлись анализ вентиляционной системы шахты, проведение ряда шахтных экспериментов для определения степени ее соответствия условиям разработки угольного месторождения на больших глубинах и в условиях повышенной нагрузки на очистные забои, метанообильности и высокой температуры, выработка рекомендаций по совершенствованию проветривания.

Поле шахты им. А.Ф. Засядько вскрыто шестью вертикальными стволами: тремя вертикальными стволами, пройденными до гор. 529 м и 802 м, расположенными в центре шахтного поля, восточным вентиляционным и восточным воздухоподающим стволами, пройденными до гор. 1078 м, а также западным вентиляционным стволом № 1, пройденным до гор. 529 м. Шахта разрабатывает пласты k_8 , l_1 , l_4 , m_3 .

Пласт k_8 опасен по газу и пыли, суфлярным выделениям метана, с глубины 400 м отнесен к угрожаемым по внезапным выбросам угля и газа. Пласт l_1 опасен по газу и пыли и с глубины 400 м отнесен к опасным по внезапным выбросам угля и газа. Пласт l_4 - опасен по газу, пыли и внезапным выбросам угля и газа. Пласт m_3 опасен по газу и пыли, склонен к самовозгоранию, с глубины 400 м отнесен к угрожаемым, а с глубины 700 м – к опасным по внезапным выбросам угля и газа.

Приведенная краткая характеристика свидетельствует о том, что добыча угля в шахте производится в сложных условиях ввиду высокой газообильности, что требует применения специальных дегазационных и вентиляционных мероприятий.

Проветривание шахты осуществляется тремя вентиляторами главного проветривания (ВГП):

- ВЦД-47,5, установленным на восточном вентиляционном стволе;
- ВЦД-31,5 М, установленным на скиповом стволе;
- ВЦД-31,5 М, установленным на западном вентиляционном стволе.

Анализ расчета расхода воздуха для проветривания шахты на 2002 год показывает, что указанные вентиляторные установки в основном обеспечивают подачу необходимого количества воздуха к объектам проветривания; имеется даже определенный резерв воздуха. Вместе с тем наличие в шахте большого количества средств местного регулирования требует дополнительного анализа с целью выявления возможностей перераспределения воздуха и, тем самым, увеличения воздухоснабжения участков-потребителей воздухом. Эффективность

дегазации в значительной степени определяется режимом функционирования вентиляционной сети, поскольку распределение депрессий в горных выработках и выработанном пространстве связано с производительностью газоотсоса. Как показывает отечественный и мировой опыт, такой подход является эффективным, поскольку совершенствование системы местного регулирования воздушных потоков способствует как более рациональному использованию электроэнергии, затрачиваемой на проветривание, так и улучшает газовую обстановку на выемочных участках, а значит – и условия и эффективность дегазационных мероприятий.

Предварительный анализ шахтной вентиляционной сети (ШВС) показал, что она отличается двумя основными особенностями, способными повлиять на эффективность проветривания:

1. Все ВГП работают на общую сеть, т.е. влияние каждой из них сказывается практически на всех выработках шахты. Для такой сложной вентиляционной системы, какой обладает шахта им. А.Ф. Засядько, такая организация проветривания недостаточно эффективна, т.к. в ней сказывается взаимное влияние вентиляторов, что ухудшает режим их совместной работы. В мировой практике проветривание аналогичных по топологической размерности объектов (предоставленный в наше распоряжение базовый расчетный вариант ШВС насчитывает 1059 ветвей расчетной схемы) организуется по секционному принципу, когда каждый из ВГП обслуживает свою группу выработок, и их взаимное влияние сводится к минимуму. Получение поэтому такого решения для шахты им. А.Ф. Засядько также представляет практический интерес.

2. Местное регулирование воздушных потоков осуществляется на шахте им. А.Ф. Засядько иерархически, т.е. средства местного регулирования устанавливаются не только в непосредственной близости от участков-потребителей, но и дальше по направлению к воздухоподающим стволам шахты. Осуществление местного регулирования этими последними может привести к нежелательному изменению расхода воздуха на участках, находящихся в зоне влияния указанных регуляторов, где регулирование, в общем-то, и не требуется. Поэтому осуществление местного регулирования в иерархической системе требует применения специальных методов с предварительной оценкой степени их возможного влияния на общее состояние ШВС.

С другой стороны, установка средств местного регулирования производилась с различными целями и в различные сроки, что могло привести к недооценке влияния некоторых из них на качество регулирования. Предварительный анализ ШВС показал, что в некоторых случаях на путях подачи свежего воздуха к объектам-потребителям находится несколько (до 5 – 6) вентиляционных сооружений, каким-то образом влияющих на условия их воздухообеспечения. Оптимизация этого процесса также требует дополнительного анализа и проведения вентиляционных расчетов.

В рамках последней задачи возникает вопрос о необходимости проведения замеров аэродинамических параметров рассматриваемых вентиляционных сооружений с целью получения оперативной информации для расчетов на ПЭВМ и выдачи рекомендаций по их изменению. Вместе с тем существующая методи-

ка их получения (и не только на шахте им. А.Ф. Засядько) далека от совершенства. Если замеры скорости воздуха на вентиляционных сооружениях осуществляются участком ВТБ шахты с использованием анемометра АПР-2 достаточно оперативно, то средства оперативного контроля депрессии на шахте отсутствуют. Ввиду того, что применяемые ранее микробарометры различных типов морально устарели и в настоящее время промышленностью не выпускаются, шахта располагает лишь U – образными микроанометрами с резиновым шлангом, оперативная работа с которыми в шахтных условиях затруднительна. Поэтому на повестку дня может быть поставлен вопрос о создании компактного и удобного в использовании в шахтных условиях прибора для контроля депрессии на вентиляционных сооружениях.

Другим важным аспектом возможного совершенствования проветривания шахты является исследование изменения газообильности выемочных участков шахты в зависимости от применяемых схем проветривания. Высокая динамика продвижения очистных забоев обуславливает необходимость достаточно частого перехода от одной схемы проветривания участка к другой. При этом применение вентиляционного режима, существовавшего до изменения схемы, в условиях новой схемы проветривания, далеко не очевидно; проветривание участка при этом может даже ухудшиться. С другой стороны, при вводе новых лав использование классической схемы также не всегда оправдано. В настоящее время существует целый ряд новых, научно-обоснованных, разработок (в частности, ДонУГИ [1]) по оптимизации схем проветривания высокопроизводительных лав, использование которых в практике работы шахты им. А.Ф. Засядько может оказаться эффективным. Определение возможности осуществления указанных оптимизационных мероприятий требует как сравнения вариантов схем проветривания выемочных участков на имитационной модели ШВС, так и проведения шахтных экспериментов на выемочных участках до и после изменения схемы их проветривания.

Известным является факт, что при всех без исключения схемах проветривания добычных участков происходит дополнительное загазирование лав за счет поступления в них газа из выработанного пространства. Исследованиями ряда авторов установлено, что это объясняется пересечением конфигурации движения утечек газа через выработанное пространство с контуром лавы. Поскольку движение газа в выработанном пространстве происходит под действием разности давлений в соответствующих точках конвейерного и вентиляционного штреков лавы – представляет интерес проведение шахтных экспериментов по замеру указанных параметров с целью управления конфигурацией линий тока утечек и недопущения тем самым дополнительного загазирования лавы.

Результатом проведенных исследований может явиться комплексный критерий оценки эффективности схем проветривания добычных участков и ШВС в целом с учетом использования дегазационных мероприятий.

Разработка комплексного критерия оценки эффективности схем проветривания добычного участка требует предварительного анализа требований, предъявляемых к ним с целью обеспечения высоких технико-экономических

показателей, безопасности ведения горных работ, создания нормальных санитарно-гигиенических условий труда и минимальных затрат на вентиляцию.

Схема проветривания добычного участка должна удовлетворять большому числу разнотипных требований. Среди них основными являются следующие:

1. Строгое соответствие условиям и области применения.
2. Обеспечение высоких технико-экономических показателей работы забоев с учетом возможного увеличения нагрузок на 30% и более по сравнению с плановыми и минимальные затраты на вентиляцию.
3. Обеспечение надежного и устойчивого проветривания, как при нормальных, так и при аварийных режимах, благоприятные условия для спасения людей и ликвидации аварий.
4. Расположение очистных выработок по возможности не на диагоналях.
5. Опрокидывание воздушных потоков в выработках добычного участка должно быть исключено при нормальной работе выбором необходимых параметров или выполнением специальных мероприятий.
6. Осуществление подачи к очистному забою свежего воздуха на газообильных и выбросоопасных пластах по двум примыкающим к его концам выработкам.
7. Обеспечение максимального обособления разбавления газа, выделяющегося из всех источников и особенно из очистного забоя.
8. Создание благоприятных условий для ведения работ по эффективной дегазации разрабатываемых и сближенных пластов-спутников.
9. Исключение возможности образования местных и слоевых скоплений метана на сопряжении лавы с вентиляционной выработкой, или, по крайней мере, обеспечивать возможность эффективной борьбы с ними.
10. Максимальное исключение последовательного проветривания очистных, подготовительных и нарезных выработок с выводом обособленной исходящей струи воздуха непосредственно в исходящую струю вентиляционного участка.
11. Обеспечение отработки выемочных участков, как правило, одиночными лавами.
12. Обеспечение возможности исключения, в случае возникновения пожара, выемочного участка из общей сети горных выработок.

Перечень этот, очевидно, далеко неполон. По данным ДонУГИ, общее количество требований к схеме проветривания добычного участка достигает 80 или даже более.

Даже беглый анализ перечисленных требований показывает, что не все они могут быть корректно представлены в аналитическом виде. Поэтому основными условиями разработки критерия оценки эффективности схем проветривания являются следующие:

- подход к выбору критерия должен быть многошаговым, т.е. на начальном этапе должны быть сформулированы упрощающие допущения, с использованием которых может быть формализован указанный критерий. В дальнейшем, по мере накопления материала и выработки новых подходов к оценке схем проветривания, комплекс упрощающих допущений будет минимизироваться;

- в случае, если на каком-то этапе выявится невозможность формализованного подхода к выработке и использованию критерия (а задача эта является задачей многофакторной дискретной оптимизации в конечном множестве, и ее решение известными методами не всегда возможно) - должны быть использованы существующие или разработаны оригинальные методы неформального описания, экспертных оценок или анализа иерархий.

С учетом указанных соображений, а также того, что решение задачи затрудняется низкой точностью исходных данных, многие из которых носят случайный характер, наиболее общей моделью принятия решения при многокритериальной оценке и выборе эффективных вариантов оптимизации схемы проветривания добычного участка может быть следующая:

$$K_{iusc} = \max \{K_{iusc}(G, K_i, R, H=\psi(Q), W, \lambda, \Gamma)\},$$

где K_{iusc} – обобщенный критерий эффективности i -го рассматриваемого варианта схемы проветривания добычного участка; G – граф вентиляционной сети; K_i – частные критерии оценки эффективности схемы проветривания добычного участка (например, один из двенадцати, приведенных выше, имеющий формализованное представление); R – аэродинамическое сопротивление выработок добычного участка; W – затраты на проветривание; λ – вектор весовых коэффициентов; $H=\psi(Q)$ – аэродинамическая характеристика добычного участка; Γ – совокупность параметров, характеризующих газовое состояние участка.

Множество значений критерия K_{iusc} образует возможные варианты схем проветривания добычных участков. Очевидно, это множество всегда конечно. Имея множество значений критерия, можно организовать предпочтительную схему построения эффективных направлений совершенствования схем проветривания добычных участков. Упорядоченная последовательность этих значений и представляет собой некоторый способ решения поставленной задачи.

Наиболее приемлемым и целесообразным методом решения рассматриваемой задачи представляется метод имитационного моделирования, идея которого состоит в изучении на модели поведения объекта путем имитации его различных состояний и дальнейшего анализа полученных результатов с применением принятых к учету критериев оценки его основных свойств.

Анализ литературных источников и проведенные в ИГТМ НАН Украины в 1985-2002 г.г. исследования позволили представить в аналитическом виде ряд частных критериев основных свойств схем проветривания добычных участков, входящих составной частью в критерии 1 – 12, словесные формулировки которых приведены выше. Это критерий обеспеченности воздухом очистных забоев, критерий обеспеченности воздухом подготовительных работ, критерий состояния общего комплекса изолирующих устройств и сооружений, критерий внутришахтных утечек, критерий оценки добычного участка по фактору технико-экономической эффективности, и ряд других.

Все перечисленные частные критерии оценки эффективности схем проветривания добычных участков являются линейно-независимыми, нормированными функциями с диапазоном изменения от 0 до 1 (это – одно из упомянутых

выше упрощающих допущений модели на первом этапе оптимизации). Значение частного критерия, равное 1, свидетельствует о максимальной эффективности схемы проветривания по конкретному показателю, а значение, равное 0, соответствует практически полной непригодности показателя в рассматриваемом варианте схемы проветривания добычного участка. Промежуточное значение частного критерия дает представление о степени удаления показателя, характеризующего схему проветривания добычного участка, от требуемого значения.

В дальнейшем обобщенный критерий оценки эффективности схем проветривания добычного участка является функцией частных критериев. В результате оценки схемы проветривания добычного участка путем сравнения группы выбранных схем по указанному обобщенному критерию среди них выделяется группа близких к оптимуму (решение не является единственным по причине неполноты системы частных критериев и неформализованным описанием многих из них). В совокупности эти варианты формируют наиболее рациональную программу совершенствования искомой схемы проветривания добычного участка.

Описанная методология совершенствования шахтной вентиляционной системы позволит повысить эффективность проветривания, безопасность и комфортность труда горнорабочих.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Патрушев М.А., Карнаух Н.В., Лепихов А.Г. Повышение надежности проветривания шахт.- Киев: Техника, 1990.- 168 с.