

Выводы. Обосновано применение математического аппарата нечетких множеств для построения модели управления процессом сушки зерна в шахтных зерносушилках. Пояснен принцип и условия применения системы управления процессом сушки зерна. Представлен перечень входных сигналов и данных, выходных сигналов, перечень лингвистических переменных, примеры функции принадлежности параметров, критерии оценки качества процедуры сушки зерна, алгоритм обучения процедуре сушки зерна под руководством оператора. Система проработана до изготовления образцов, которые проходят опытную эксплуатацию

Список литературы

1. Жидко В.И. Математическое описание процесса в шахтных зерносушилках / В.И. Жидко, П.Н. Платонов, А.С. Бомко, Ю.Н. Митрофанов // Изв. ВУЗов: Пищевая технология. 1965. №5. – С. 173...178.
2. Хобин В.А., д.т.н., ОНАПТ Совершенствование систем автоматического управления режимами работы зерносушилок как основа повышения их эффективности // «Хранение и переработка зерна».- апрель№4(70).- 2005.- с. 41-44.
3. Основы математического моделирования. Построение и анализ модели с примерами на языке MATLAB. Д.Л.Егоренков, А.Л.Фрадков, В.Ю.Харламов. Под ред. А.Л.Фрадкова.- БГТУ. СПб.- 1996.
4. Михалев А.И., Лысая Н.В., Лысый Д.А., Гладких В.А., Лысенко В.Ф. Оптимизация параметров процессов ферросплавного производства с использованием методов нечеткого вывода. - Днепропетровск: Системные технологии, 2008.-130 с.
5. Інструкція по сушінню продовольчого, кормового зерна, насіння олійних культур та експлуатації зерносушарок Г.М. Станкевич, О.І. Шаповаленко, Т.В. Страхова, Б.М. Петруня, А.І. Яковенко, М.В. Остапчук, А.Б. Шашкін.- Одеса-Київ. ДАК «Хліб України».-1997.-72 с.

*Рекомендовано до публікації д.т.н. Мещеряковим Л.І.
Надійшла до редакції 17.06.11*

УДК 622.45

© Н.Ф. Кременчуцкий, О.А. Муха, Е.В. Столбченко

ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНЫЙ РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ МЕСТНОГО ПРОВЕТРИВАНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ

Визначається витрата повітря і час провітрювання гірничої виробки після раптових викидів вугілля і газу.

Определяется расход воздуха и время проветривания горной выработки после внезапных выбросов угля и газа.

The expense of air and time of ventilation the mountain making is determined after the sudden troop landings of coal and gas

Введение. Увеличение глубины добычи угля существенно усложняют горно-геологические условия, в результате чего увеличивается возможность взрывов газа и пыли, что и определяет значительную аварийность горных ра-

бот, высокий уровень травматизма и профзаболеваний в угледобывающей промышленности, существенно снижает экономические показатели работы угольных шахт в целом.

Современное развитие добычи угля на шахтах Украинской части Донбасса связано с постоянным внедрением высокопроизводительных технологий выемки угля и проходки горных выработок. При этом, главным требованием к угольным предприятиям со стороны государственного горного надзора остается гарантированное обеспечение безопасности работ, дальнейшее повышение уровня промышленной безопасности и улучшение охраны труда.

Это крайне важно и необходимо, так как большая часть шахт в Донецком регионе Украины являются одними из самых сложных в мире. Только в Донецкой области более 70 шахт является сверхкатегорийными и опасными по внезапным выбросам угля и газа. Многие шахты отрабатывают самовозгорающие пласты и относятся к категории опасных по взрывчатости угольной пыли. Более 20 шахт ведут горные работы на глубинах 1000-1350 м. Мощность разрабатываемых пластов на шахтах Донецкого региона составляет 0,6-1,8 м. Более половины шахт работают свыше 50 лет без реконструкции, имеют сложные протяженные вентиляционные сети и многоступенчатый подземный транспорт.[1]

Постановка задачи. Основная причина взрывов пылегазовых смесей – это нагромождение недопустимых концентраций газа метана или угольной пыли. Кроме аварий на угольных шахтах часто возникают аварийные ситуации, которые при определенных условиях могут перерости в аварии с тяжелыми последствиями. Основная часть их связана с загазированием горных выработок и возникновением опасности взрыва метановоздушной смеси.

На данном этапе подземной угледобычи с учетом существующей аварийности и анализа ежегодного количества случаев загазирования выработок выемочных участков шахтам горным надзором выдвинуто требование с целью повышения уровня безопасности работ ограничить нагрузки на очистные забои с метанообильностью 5 м³/мин и более до 75% от расчетных значений в соответствии с «Руководством по проектированию вентиляции угольных шахт». При этом при расчетах не должна учитываться эффективность изолированного отвода метана из выработанного пространства за пределы выемочного участка с помощью газоотсасывающих вентиляционных установок. Это субъективная, но в настоящий период обосновано вынужденная мера.[1]

До настоящего времени аварии, обусловленные газовым фактором, остаются наиболее опасными для жизни горняков, занятых подземной добычей угля. Одним из наиболее опасных мест, с точки зрения взрывоопасной концентрации метановоздушной смеси, является тупиковая выработка вентиляционного штрека выемочного участка.

Поиск путей преодоления взрывоопасных ситуаций и «газового барьера» требует разработки новых способов повышения эффективности вентиляции, одним из которых является образование системы оперативного регулирования проветриванием шахт.

Несмотря на сокращение числа угледобывающих предприятий за последние три десятилетия, процент этого вида аварий практически не уменьшается (5,4% в 70-х годах, 14,0% в 80-х годах, 8,3% в 90-е годы, 7,6% после 2000 года). [2] Социально-экономические и политические условия последних десятилетий обусловили необходимость того, что бы при освоении и эксплуатации недр должен быть в полной мере учтён императив обеспечения безопасности по газовому фактору. Поэтому проблемно-ориентированные поисковые исследования, посвященные созданию технологий снижения риска взрывов метановоздушной смеси в угольных шахтах, особо актуальны. Метановыделение из разрабатываемого угольного пласта, как правило, составляет основную долю газового баланса очистных и подготовительных выработок.

Цель работы – разработать методики расчета проветривания тупиковых выработок с использованием дифференциальных уравнений.

Газовыделение из отбитого угля, с точки зрения фундаментальных положений неравновесной термодинамики, представляет собой процесс релаксации, обусловленный внешними воздействиями на угольный пласт, приводящими к резкому увеличению площади газоотдающих поверхностей. Термодинамическая система «уголь-газ» осуществляет переход к новому более устойчивому состоянию. При этом рост энтропии системы сопровождается внутренним и внешним энерго-массообменом. Интенсивность энерго-массообмена в отбитом угле однозначно связана с предыдущими этапами эволюции «уголь-газ» от начального состояния, характеризующегося газоносностью призабойной части угольного пласта.

При внезапном выбросе из угольного пласта в выработку за короткий промежуток времени выделяется большое количество газа и выбрасывается значительное количество угольной (иногда породной) мелочи в пласте при этом заполняя пустоты различной формы, а выработка при этом заполняется угольной мелочью и газом на десятки и сотни метров от забоя. Количество метана, выделившегося при выбросе может достигать 50 тыс. м³ и больше, а количество горной массы 15 тыс. тонн.

Депрессия трубопровода (без утечек скоростного напора на выходе трубопровода) будет

$$h_m = R_3 \sum_{i=1}^n Q_i^2,$$

где Q_i – расход воздуха через i -е звено трубопровода, м³/с;

R_3 – аэродинамическое сопротивление звена трубопровода, кгс с²/м⁸;

n – число звеньев в трубопроводе.

Расходы воздуха Q_i ($i = 1, 2, \dots, n$) и производительность вентиляторов $Q_{n+1} = Q_B$ определяются из системы уравнений:

$$\begin{aligned} R_3 Q_1^2 &= R_{\text{ш}} (Q_2 - Q_1)^2; \\ R_3 Q_2^2 + R_{\text{ш}} (Q_2 - Q_1)^2 &= R_{\text{ш}} (Q_3 - Q_2)^2; \\ R_3 Q_n^2 + R_{\text{ш}} (Q_n - Q_{n-1})^2 &= R_{\text{ш}} (Q_{n+1} - Q_n)^2, \end{aligned} \quad (1)$$

где $Q_1 = Q_3$ – расход воздуха, поступающего в забой (на выходе из трубопровода), м³/с; R_{uz} – аэродинамическое сопротивление путей утечек воздуха в месте соединений двух звеньев, Н·с²/м⁸.

Все уравнения системы (1) могут решаться последовательно. Первое уравнение решается относительно Q_2 . Значение Q_1 находится по известной методике определения расхода воздуха для проветривания забоя тупиковой выработки. Зная Q_1 и предварительно определив Q_2 , из которого уравнения можно определить Q_3 , и т.д. Из k -го уравнения определяется

$$Q_{k+1} = \frac{R_{uz}Q_k \pm \sqrt{R_{uz}Q_k^2 - R_{uz} \left[Q_k^2 (R_{uz} - R_3) - R_{uz} (Q_k - Q_{k-1})^2 \right]}}{R_{uz}}.$$

Производительность вентилятора Q_{n+1} определяется из последовательного уравнения системы (1). Утечки воздуха в трубопроводе равны $Q_{ym} = Q_{n+1} - Q_1$, а коэффициент утечек $p = \frac{Q_{n+1}}{Q_1}$. Значение R_{uz} – может определяться экспериментально. Воспользовавшись формулой [3]

$$k_y = \frac{8Q}{\pi d_{mp} \sqrt{h}},$$

Можно определить значение R_{uz} :

$$R_{uz} = \left(\frac{8}{\pi d_{mp} k_y} \right)^2.$$

Для определения расхода воздуха, который будет поступать в забой выработки, Q_1 при заданном вентиляторе рассмотрим ряд уравнений, из которых определяются утечки воздуха через 1, 2, ..., n -й стык между звеньями трубопроводов Q_{y1} , Q_{y2} , Q_{yn} .

Для первого звена

$$R_3 Q_1^2 = R_{uz} Q_{y1}^2; Q_{y1} = a_1 Q_1,$$

где $a_1 = \sqrt{\frac{R_3}{R_{uz}}}$.

Для второго звена

$$R_{uz} Q_{y2}^2 = R_3 Q_2^2 + R_{uz} Q_{y1}^2; Q_{y2} = a_2 Q_1,$$

где $a_2 = \sqrt{a_1^2 (1 + a_1)^2 + a_1^2}$;

$$Q_2 = Q_1 + Q_{y1}.$$

Для третьего звена

$$R_{uz} Q_{y3}^2 = R_3 Q_3^2 + R_{uz} Q_{y2}^2; Q_{y3} = a_3 Q_1,$$

где $a_3 = \sqrt{a_1^2 (1 + a_1 + a_2)^2 + a_2^2}$;

$$Q_3 = Q_1 + Q_{y1} + Q_{y2}.$$

Для n -го звена

$$Q_{yn} = Q_1 + \sqrt{a_1^2 \left(1 - \sum_{i=1}^{n-1} a_i\right)^2 + a_{n-1}^2},$$

где $a_k = \sqrt{a_1^2 \left(1 + \sum_{i=1}^{k-1} a_i\right)^2 + a_{k-1}^2}$; $k = 1, 2, \dots, n-1$.

Уравнение, описывающее вентиляционную систему, запишется в виде

$$b_0 - b_2 Q_1^2 \left[1 + a_1 + \sum_{j=2}^{n-1} \left(\sqrt{a_1^2 \left(1 + \sum_{i=1}^{j-1} a_i\right)^2 + a_{j-1}^2} \right) \right]^2 =$$

$$= R_{uz} Q_1^2 \left[a_1^2 \left(1 + \sum_{i=1}^{n-1} a_i\right)^2 + a_{n-1}^2 \right] \quad (2)$$

где b_0, b_2 – коэффициенты эмпирической формулы, описывающей характеристику вентилятора.

Из уравнения (2) определяется значение Q_1 .

В статье решается дифференциальное уравнение, описывающее проветривание горной выработки после внезапного выброса при истечении некоторого времени, в забое выработки.

В горной выработке объемом 200 м^3 по истечению некоторого времени после выброса находится 80% азота+кислорода (N_2+O_2) и 20% метана CH_4 .

В горную выработку втекает каждую секунду $0,1 \text{ м}^3$ ($N_2+O_2+CH_4$), который непрерывно размешивается, такое же количество $N_2+O_2+CH_4$ вытекает через такое же время, определим через какое время в горной выработке будет 99% N_2+O_2 .

Обозначим через $x(t)$ количество м^3 (N_2+O_2) в выработке через t после начала опыта. По условию $x(0)=200 \cdot 0,8=160$

Рассмотрим как изменится $x(t)$ за малый промежуток времени $(t, t+\Delta t)$.

За время Δt в выработку втечет $0,1\Delta t \text{ м}^3$ (N_2+O_2). Количество (N_2+O_2) в выработке не остается постоянным, в момент времени t в 200 м^3 выработки содержится $\frac{x(t)}{200} 0,1\Delta t \text{ м}^3$ ($N_2+O_2+CH_4$) если бы в течение этого времени количество ($N_2+O_2+CH_4$) в выработке $x(t)$ не изменялось. Так как за время Δt количество $x(t)$ меняется на величину порядка Δt , то выражение $\frac{x(t)}{200} 0,1\Delta t$ содержит ошибку

порядка $(\Delta t)^2$ и его надо заменить на выражение $\frac{x(t)}{200} 0,1\Delta t + o((\Delta t))^2$

где $o((\Delta t)^2)$ – величина порядка $(\Delta t)^2$.

Изменение количества (N_2+O_2) за время от Δt до $t+\Delta t$, т.е. $x(t+\Delta t) - x(t)$ равно разности количеству поступающих и выходящих (N_2+O_2)

$$x(t+\Delta t) - x(t) = 0,1\Delta t - \left[\frac{x(t)}{200} 0,1\Delta t + o((\Delta t)^2) \right].$$

Деля на Δt и переходя к пределу при $\Delta t \rightarrow 0$ получим

$$\frac{d(x)}{dt} = 0,1 - \frac{x(t)}{200} 0,1 \quad \text{или} \quad \frac{dx}{dt} = \frac{200-x}{2000}.$$

Решая это уравнение, получим $x = 200 + ce^{-\frac{t}{2000}}$.

С помощью начального условия $x(0)=160$ находим постоянную c

$$160 - 200 + c; \quad c = -40.$$

Следовательно,

$$x = 200 - 40e^{-\frac{t}{2000}}.$$

Дальше определяется время t через которое выработка будет содержать 99% (N_2+O_2), т.е. 1980 м^3 .

$$1980 - 200 - 40e^{-\frac{t}{2000}}; \\ -0,05e^{-\frac{t}{2000}} = 20, \quad \text{т.е.} \quad t = 2000 \ln 200$$

$$\ln 200 = 5,298 = 5,00.$$

Следовательно $t = 10000 \text{ сек} = 67 \text{ минут}$.

Выводы: Динамика метановыделений на очистных и подготовительных выработках характеризуется периодическими колебаниями дебита за счет расщепленного во времени проявления технологических и геомеханических

воздействий на породугольный массив и включения в процесс газовыделения источников, сопутствующих этим воздействиям.

Разработана методика определения параметров проветривания тупиковых выработок при заданном вентиляторе с учетом утечек воздуха, определено время проветривание горной выработки после выброса.

Для решения поставленных задач составлены и решены дифференциальные уравнения.

Список литературы

1. Бойченко В.Н., Мартынов А.А. Приоритетные научно-технические направления по повышению уровня промышленной безопасности газообильных шахт: материалы международной научно-практической конференции [«Школа подземной разработки»], (Днепропетровск-Ялта, 05-12 октября, 2008).

2. Качурин Н.М. Прогноз выделения метана из разрабатываемого угольного пласта и обоснование динамического метода расчета количества воздуха: матеріали міжнародної конференції [«Форум гірників-2008»], (Дніпропетровськ, 13-15 жовтня, 2008).

3. Воронин В.Н. Основы рудничной аэрогазодинамики, М: Углетехиздат 1951, 491 с.

*Рекомендовано до публікації д.т.н. Голіньком В.І.
Надійшла до редакції 17.05.11*

УДК 504.05:622

© А.І. Горова, І.Г. Миронова

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОНЦЕНТРАЦИИ ВРЕДНЫХ ВЕЩЕСТВ В ИСХОДЯЩЕЙ СТРУЕ РУДНИЧНОГО ВОЗДУХА

Выполнены измерения концентрации оксидов углерода, азота и диоксида серы в исходящих струях воздуха каналов вентиляторов главного проветривания. Установлены зависимости концентрации вредных веществ от удельного расхода ВВ. Получены эмпирические формулы для определения концентраций ядовитых газов.

Виконані вимірювання концентрації оксидів вуглецю, азоту та діоксиду сірки у вихідних струменях повітря каналів вентиляторів головного провітрювання. Встановлено залежності концентрації шкідливих речовин від питомої витрати ВР. Отримано емпіричні формули для визначення концентрацій отруйних газів.

The concentration of carbon oxides is measured, nitrogen, and also sulfur dioxide in the outgoing air jets channels of main fans. Dependences of concentration of harmful substances from the specific consumption of explosives are established. The empirical formula for determining concentrations of poisonous gases are received.

Деятельность предприятий горнорудной промышленности сопровождается многосторонним отрицательным воздействием на окружающую среду, масштабы которого зависят от объема основного производства и в связи с возможным увеличением добычи руды имеют тенденцию к дальнейшему росту. Горнорудная промышленность по уровню образования и выбросов вредных ве-