

УДК 622.45

Н.Ф. Кременчуцкий, д-р техн. наук, проф.,
О.А. Муха, канд. техн. наук, доц.,
Е.В. Столбченко

Государственное высшее учебное заведение
„Национальный горный университет“, г. Днепропетровск,
Украина, e-mail: elena_aot@ukr.net

РАСЧЕТНОЕ ОБОСНОВАНИЕ КОНЦЕНТРАЦИИ МЕТАНА В ИСХОДЯЩЕЙ СТРУЕ ТУПИКОВОЙ ВЫРАБОТКИ

N.F. Kremenchutskiy, Dr. Sc. (Tech.), Prof.,
O.A. Mukha Cand. Sc. (Tech.), Associate Professor,
Ye.V. Stolbchenko

State Higher Educational Institution “National Mining
University”, Dnipropetrovsk, Ukraine
e-mail: elena_aot@ukr.net

CALCULATED SUBSTANTIATION OF METHANE CONCENTRATION IN AIR STREAM FLOWING FROM DEAD-ENDED MINE TUNNEL

Рассматриваются вопросы определения основных характеристик системы вентиляции тупиковых выработок с учетом конкретных аэродинамических характеристик вентиляторов местного проветривания. При решении поставленной задачи рассмотрены варианты использования полихлорвиниловых и жестких трубопроводов. Достоверность предложенной методики подтверждается численными расчетами. Практическая ценность работы состоит в разработке универсальной модели вентиляционной системы тупиковой выработки, позволяющей учитывать все составляющие источника тяги и вид трубопровода при различных вариантах проветривания.

Ключевые слова: тупиковые выработки, параметры вентиляции, концентрация метана

Темпы проведения подготовительных выработок на угольных шахтах могут ограничиваться газовым фактором. Интенсивное метановыделение из угольных и вмещающих пород в горную выработку приводит к повышению концентрации газа в исходящей струе, что представляет угрозу возникновения взрывоопасной метановоздушной смеси (МВС). Поэтому определение концентрации метана в подготовительных выработках является актуальной задачей.

Целью статьи является разработка методики определения концентрации метана в исходящей струе тупиковой выработки.

Расход метана в метановоздушной смеси, протекающей по тупиковой выработке в направлении от забоя выработки до ее устья, можно описать уравнением [1]

$$V = \frac{100SI_n dl}{Qk_{ум.пр}},$$

где I_n – метановыделение в тупиковую выработку, проходящую по угольному пласту, м³/мин; S – площадь поперечного сечения тупиковой выработки, м²; l – длина тупиковой выработки, м; Q – расход

воздуха, поступающего в забой тупиковой выработки, м³/мин; $k_{ут.тр}$ – коэффициент утечек воздуха в трубопроводе.

С другой стороны, расход метана в поперечном сечении тупиковой выработки определяется уравнением

$$V = ldc, \quad (1)$$

где c – концентрация метана в поперечном сечении тупиковой выработки, %.

Равенство этих расходов описывается дифференциальным уравнением

$$dc = \frac{100I_n dl}{SIQk_{ум}}. \quad (2)$$

Метановыделение

$$I_n = I_{нов} + I_{о.у.п.},$$

где $I_{нов}$ – метановыделение с неподвижных обнаженных поверхностей пласта, м³/мин; $I_{о.у.п.}$ – метановыделение из отбитого угля, м³/мин.

$$I_{нов} = 2,3 \cdot 10^{-2} m_n v_n (x - x_0) k_m,$$

где m_n – полная мощность угольных пачек пласта, м; v_n – проектная скорость подвигания забоя тупиковой

выработки, м³/сут; x – природная метаносность пласта, м³/т; x_0 – остаточная метаносность угля, м³/т; κ_T – коэффициент, учитывающий изменение метановыделения во времени, доли ед.

Метановыделение из отбитого угля при выемке угля комбайнами определяется по формуле

$$I_{o,y,n} = \gamma \kappa_{m,y} (x - x_0),$$

где γ – техническая производительность комбайна, т/мин; $\kappa_{m,y}$ – коэффициент, учитывающий степень дегазации отбитого угля, доли ед.

Аэродинамическая характеристика ВМП, используемого для проветривания тупиковой выработки, может быть представлена в виде линейной зависимости

$$h_g = a_0 - a_1 Q_g,$$

где h_g – напорная депрессия вентилятора, даПа; Q_g – подача вентилятора, м³/с; a_0, a_1 – коэффициенты уравнения.

Расход воздуха, поступающего в призабойное пространство тупиковой выработки

$$Q = Q_g / \kappa_{ym}.$$

Характеристика вентилятора ВМ-5, при углах поворота лопаток $\theta = 20^\circ$, описывается уравнением

$$h = 492,39 - 95,24 Q.$$

При использовании текстуритовых трубопроводов коэффициент утечек воздуха в трубопроводе определяется согласно табл. 23.4 [2].

Коэффициент утечек с достаточной точностью описывается эмпирической формулой

$$\kappa_{ym} = \frac{1}{a + bl}.$$

При трубопроводе диаметром 0,6 м эта формула имеет вид

$$\kappa_{ym} = \frac{1}{1,026 + 0,000325l}.$$

При $l = 500$ м, $\kappa_{yt} = 1,19$.

Математическая модель вентиляционной системы тупиковой выработки будет иметь вид

$$\frac{6,48\alpha \kappa_{ym} \theta_{zn}^2}{d_{mp}^5} = a_0 - a_1 \kappa_{ym,mp} Q_{zn},$$

где α – коэффициент аэродинамического сопротивления трубопровода, даПа·с²/м⁴; d_{mp} – диаметр трубопровода, l – длина трубопровода, м.

Расход воздуха, поступающего в призабойное пространство тупиковой выработки, определяется при решении уравнения

$$Q = \frac{-A_2 \pm \sqrt{A_2^2 - 4A_1 a_0}}{2A_1},$$

$$\text{где } A_1 = \frac{6,48\alpha \kappa_{ym}}{d_{mp}^5}; A_2 = a_1 \kappa_{yt}.$$

При $\alpha = 0,00047$, $l = 500$ м. $\kappa_{yt} = 1,19$; $d_{mp} = 0,6$; $a_1 = 95,2$; $a_0 = 492,39$. $Q_{zn} = 2,77$ м³/с.

Концентрация метана на исходящей струе тупиковой выработки определяется при квадратуровании дифференциального уравнения (2)

$$c = \frac{100I}{SQ} \int_{l_0}^{L_n} \frac{dc}{\kappa_{ym} l} = \frac{100I}{SQ} \int_{l_0}^{L_n} \frac{(a + bl)}{l} dl = \frac{100I}{SQ} \times \left(\int_{l_0}^{L_n} \frac{a}{l} dl + \int_{l_0}^{L_n} b dl \right) = \frac{100I}{SQ_{zn}} \times (a(\ln L_n - \ln l_0) + b(L_n - l_0)).$$

При $I_{пов} = 1,09$ м³/мин; $Q_{zn} = 166,2$ м³/мин; $S = 10$ м²; $L_n = 500$ м; $l_0 = 10$ м; $a = 1,026$; $b = 0,000325$; $c = 0,28$ %.

Коэффициент утечек воздуха для жестких вентиляционных труб определяется по формуле [1]

$$\kappa_{ym,mp} = \left(\frac{1}{3} \kappa_{yt,ст} d_{mp} \frac{l_{зв}}{l_{зв}} \sqrt{R_{mp,ж}} + 1 \right)^2,$$

где $\kappa_{yt,ст}$ – коэффициент удельной стыковой воздухопроницаемости при фланцевом соединении трубопровода; $l_{зв}$ – длина звена трубопровода, м; $R_{тр,ж}$ – аэродинамическое сопротивление жесткого трубопровода без утечек воздуха, Па·с²/м⁶.

$$R_{mp,ж} = 1,2 R_{mp},$$

где 1,2 – коэффициент, учитывающий нелинейность трубопровода и несоответствие стыков.

$$R_{mp} = \frac{6,5\alpha l}{d_{mp}^5}.$$

При использовании жесткого трубопровода концентрация метана на исходящей струе трубопровода определяется при квадратуровании интеграла

$$c = \frac{100I}{SQ} \int_{l_0}^{L_n} \frac{dc}{l \left(\frac{1}{3} \kappa_{ym,mp} d_{mp} \frac{l}{l_{зв}} \sqrt{R_{mp,ж}} + 1 \right)^2}. \quad (3)$$

Квадратурование интеграла (2) можно выполнить с использованием теоремы о среднем интегрального исчисления [3], согласно которой определенный интеграл равен произведению длины промежутка интегрирования (a, b) на значение подынтегральной функции в некоторой точке ξ в промежутке (a, b)

$$\int_a^b f(x) dx = (b - a) f(\xi),$$

$$a \leq \xi < b,$$

принимаем $\xi = \frac{a + b}{2}$.

Формулу (3) можно записать в виде

$$\kappa_{ym} = \left(0,93 \kappa_{yt,ст} d_{mp}^{-1,5} l_{зв}^{1,5} \alpha^{0,5} l_{зв}^{-1} + 1 \right)^2.$$

Среднее значение коэффициента утечек будет в виде

$$\kappa_{ym,cp} = \left(0,93 \kappa_{yt,ст} d_{mp}^{-1,5} \alpha^{0,5} l_{зв}^{-1} \left(\frac{L_n - l_0}{2} \right)^{1,5} + 1 \right)^2.$$

Концентрация метана на исходящей струе тупиковой выработки при жестком трубопроводе определяется

$$c = \frac{100I_n}{SQ_{3n}(L_n + L_0)k_{ym,cr}}$$

при $I_n = 1,09 \text{ м}^3/\text{мин}$; $S = 10 \text{ м}^2$; $Q_{3n} = 145,36$; $L_n = 500 \text{ м}$; $l_0 = 10 \text{ м}$; $\alpha = 0,0003 \text{ Н}\cdot\text{с}^2/\text{м}^4$.

Концентрация метана на исходящей струе жесткого трубопровода при работе ВМП ВМ-5 будет $c = 0,24 \%$.

Выводы. Описаны методики определения концентрации метана на исходящих струях тупиковой выработки при использовании полихлорвинилового и жесткого трубопроводов. Решение задач произведено при составлении и решении дифференциальных уравнений. Используется ВМП с линейной характеристикой (в численных примерах ВМП ВМ-5). При использовании жесткого трубопровода квадратурование произведено с использованием теоремы о среднем интегрального исчисления. Разработанные методики проверены при решении численных примеров. Материалы статьи могут быть использованы при вентиляционных расчетах на действующих шахтах.

Список литературы

1. Руководство по проектированию вентиляции угольных шахт (Утверждено приказом государственного комитета Украины по надзору за охраной труда №131 от 20.12.1993 ДНАОП 1.1.30-6.09.63) – К.: 1994. – 311 с – (Государственный нормативный акт об охране труда).
2. Аэрология горных предприятий / [Ушаков К. З., Бурчаков А.С., Пучков Л.А., Медведев И.И.]. – М.: – Недра, 1987. – 421 с.

УДК 622.807.54

**Е.А. Новикова, Я.Я. Лебедев, канд. техн. наук,
В.Г. Клочков, канд. техн. наук**

3. Выгодский М.Я. Справочник по высшей математике. / Выгодский М.Я. – Москва, „Наука“, 1977.

Розглядаються питання визначення основних характеристик системи вентиляції тупикових виробок з урахуванням конкретних аеродинамічних характеристик вентиляторів місцевого провітрювання. При рішенні поставленої задачі розглянуто варіанти використання поліхлорвінілових і жорстких трубопроводів. Достовірність запропонованої методики підтверджується чисельними розрахунками. Практична цінність роботи полягає в розробці універсальної моделі вентиляційної системи тупикової виробки, що дозволяє враховувати всі складові джерела тяги і вид повітропроводу при різних варіантах провітрювання.

Ключові слова: тупикові виробки, параметри вентиляції, концентрація метану

The article considers questions of determination of basic features of ventilation system taking into account concrete aerodynamic properties of local ventilators. During task solution variants of use of polyvinyl chloride and rigid conduits were considered. The authenticity of the offered method is confirmed by numerical calculations. The practical value of the work consists in development of a universal ventilation system model for the dead-ended mine tunnel, allowing account taking of all of constituents of source of draught in different variants of ventilation.

Keywords: dead-end mine tunnel, ventilation parameters, concentration of methane

Рекомендовано до публікації докт. техн. наук В.І. Голінком. Дата надходження рукопису 15.10.10

Государственное высшее учебное заведение „Национальный горный университет“, г.Днепропетровск, Украина

**ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ АСПИРАЦИОННОГО УКРЫТИЯ
УЗЛА ПЕРЕГРУЗКИ ЛЕНТОЧНОГО КОНВЕЙЕРА**

**Ye.A. Novikova, Ya.Ya. Lebedev, Cand. Sc. (Tech.),
V.G. Klochkov Cand. Sc. (Tech.)**

State Higher Educational Institution “National Mining University”, Dnipropetrovsk, Ukraine

**SUBSTANTIATION OF PARAMETERS OF ASPIRATING SHELTER
AT TRANSFER JUNCTION OF BAND CONVEYOR**

Исследована возможность снижения содержания пыли в воздухе конвейерной выработки на основе повышения эффективности работы оборудования аспирационных укрытий. Для обоснования параметров аспирационного укрытия выполнен детальный анализ воздухообмена в укрытии узла перегрузки с конвейера на конвейер. В результате математической обработки опытных данных построены линии тока и определены закономерности изменения скорости воздуха на входе в камеру аспирационного укрытия, в зависимости от удаления от грузовой ленты конвейера, для различных скоростей перемещения горной массы. На основе выполненных исследований разработан метод расчета аспирационного укрытия, позволяющий учитывать динамику движущейся горной массы и ее воздействие на потоки аспирируемого воздуха.

Ключевые слова: аспирационное укрытие, эжектирование, конвейер, запыленность воздуха

Конвейерный транспорт является наиболее распространенным средством доставки полезных иско-

паемых в горных выработках шахт и рудников. На многих (почти на всех) шахтах и рудниках применяется система полной конвейеризации с доставкой полезного ископаемого от забоя до поверхности шахты.