

деятельности человека? / Н.С. Трубчанинова, Ф.И. Трубчанинов // Довкілля та здоров'я. – 2007. – №3(42). – С. 43–45.

Trubchaninova N.S. Computer and mobile phone: creature comforts or danger for human vital functions? / N.S. Trubchaninova, F.I. Trubchaninov // Dovkillya ta zdorovya. – 2007. – No.3(42). – P. 43–45.

9. Белокриницкий В.С. Микроволновая патология и пути ее профилактики / В.С. Белокриницкий, А.И. Гоженко // Довкілля та здоров'я. – 2007. – №4(43). – С. 7–11.

Belokrinitkiy V.S. Microwave pathology and ways of its prevention // V.S. Belokrinitkiy, A.I. Gozhenko // Dovkillya ta zdorovya. – 2007. – No.4(43). – P. 7–11.

10. Нагорная А.М. Комплексное влияние экологических факторов антропогенного происхождения на распространённость офтальмологической патологии / А.М. Нагорная, С.А. Рыков, Д.В. Варивочник // Довкілля та здоров'я. – 2003. – №2. – С. 41–46.

Nagornaya A.M. Complex influence of anthropogenic ecological factors on ophthalmologic pathology occurrence / A.M. Nagornaya, S.A. Rykov, D.V. Varivochnik // Dovkillya ta zdorovya. – 2003. – No.2. – P. 41–46.

11. Санитарно-защитные зоны и зоны ограничения застройки антенн декаметрового диапазона / [Ю.Д. Думанский, Ю.М. Сподобаев, С.В. Биткин и др.] // Гигиена и санитария. – 1990. – №7. – С. 53–56.

Sanitary-hygienic zones and areas of restricted building of decametric range antennas / [Yu.D. Dumansky, Yu.M. Spodobae, S.V. Bitkin et al.] // *Gigiena i sanitariya.* – 1990. – No.7. – P. 53–56.

Розглянуто проблему забруднення навколишнього середовища електромагнітними полями різних діапазонів частот. Приведено огляд джерел техногенного електромагнітного випромінювання та наслідків його впливу на організм людини. Виявлено труднощі аналізу просторової структури електромагнітних полів як на відкритій місцевості, так і у приміщенні, не пов'язаних з обслуговуванням різних радіотехнічних об'єктів.

Ключові слова: *екологія, електромагнітне забруднення, здоров'я людини*

The article considers the problem of environmental pollution with electromagnetic fields having different frequency ranges. Review of technogene electromagnetic action and its effects on human organism is presented. There are shown difficulties concerning analysis of spatial structure of indoors which are not connected with maintenance of various radiotechnical objects.

Keywords: *environment, electromagnetic pollution, human health*

Рекомендовано до публікації докт. техн. наук В.Є. Колесником. Дата надходження рукопису 14.03.11

УДК 622.807.54

Е.А. Яворская, канд. техн. наук,

А.В. Яворский, канд. техн. наук

Государственное высшее учебное заведение „Национальный горный университет“, г. Днепропетровск, Украина, e-mail: yavorskiyandrey@mail.ru

ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ЭЛЕМЕНТОВ ШАХТНЫХ ВЕНТИЛЯЦИОННЫХ СИСТЕМ ПРИ РАЗРАБОТКЕ ПЛАСТОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ГОРИЗОНТАЛЬНОГО ЗАЛЕГАНИЯ

Ye.A. Yavorskaya, Cand. Sci. (Tech.),

A.V. Yavorskiy, Cand. Sci. (Tech.)

State Higher Educational Institution “National Mining University”, Dnipropetrovsk, Ukraine, e-mail: yavorskiyandrey@mail.ru

SUBSTANTIATION OF THE PARAMETERS OF THE MINE VENT SYSTEM ELEMENTS WHEN MINING STRATIFIED DEPOSITS OF HORIZONTAL BEDDING

Приведены результаты исследований, направленных на повышение эффективности вентиляционных систем шахт и рудников. Обоснованы параметры таких элементов шахтных вентиляционных систем как вертикальные горные выработки (стволы, скважины, группа скважин), проводимые в районе ведения горных работ для вывода исходящей струи воздуха на шахтах с горизонтальным залеганием пласта на сравнительно небольшой глубине. Разработана экономико-математическая модель, на основании которой получены выражения для определения оптимальных параметров вертикальных выработок. Обоснован переход от оптимальных параметров элементов шахтной вентиляционной системы к рациональным.

Ключевые слова: *шахта, утечки, ствол, вентиляционная скважина, воздушный поток, депрессия*

Введение. Сокращение пути движения воздушного потока по шахтной вентиляционной сети может,

в известной мере, служить единственным средством экономического решения проблем вентиляции при разработке шахтных полей больших размеров.

Состояние вопроса. Анализ результатов исследований и рекомендаций для угольных шахт Донбаса показывает, что использование шахтных вентиляционных сетей с вертикальными горными выработками для вывода исходящей вентиляционной струи (подаче свежего воздуха) в районе ведения горных работ, позволяет существенно сократить путь движения воздушного потока по шахтной вентиляционной сети, снизить депрессию вентиляционной сети, увеличить количество воздуха, поступающего в шахту, уменьшить утечки воздуха и др. Вместе с тем, применение таких вентиляционных сетей без достаточного научного и экономического обоснования приводит, как правило, к снижению эффективности проветривания.

При разработке месторождений с небольшой глубиной залегания горизонтального пласта (70–100 м), таких, например, как в условиях Подмосковского или Никопольского бассейнов, возможно использование прямооточных схем проветривания с выводом исходящей струи воздуха на фланге шахтного поля в районе ведения горных работ. Такие вентиляционные сети могут быть реализованы только при условии последовательной проходки вертикальных горных выработок (вентиляционных стволов или скважин) в районе ведения очистных работ, что позволяет учитывать динамику развития горных работ и осуществлять вывод исходящей струи воздуха непосредственно в зоне концентрации горных работ, а не транспортировать загрязненный воздух по всей вентиляционной сети в обратном направлении. При этом достигается значительное сокращение длины пути вентиляционной струи, повышение надежности схемы и уменьшение утечек воздуха. По мере подвигания горных работ вентиляционные стволы или скважины погашаются, а взамен их проводятся новые.

При прямом порядке отработки шахтного поля с оставлением охранных целиков, проветривание выработок по данной схеме осуществляется следующим образом. Свежий воздух подается по центральному и вентиляционному стволам и далее по вентиляционному и выемочному штрекам в забой. Исходящая струя по вентиляционному штреку и скважине выводится на поверхность. При приближении горных работ к скважине, последняя герметизируется, а исходящая струя выводится через вновь сооруженную вентиляционную скважину (n – количество вентиляционных стволов или скважин, сооружаемых последовательно с поверхности на штрек за период отработки шахтного поля длиной L).

Основная часть. Для реализации описанных схем проветривания весьма важно знание таких параметров, как количество воздухоподающих вентиляционных стволов или скважин, место их заложения в схеме и диаметр или сечение, так как эти параметры оказывают значительное влияние на капитальные затраты при конструировании схем вентиляции в условиях высокой концентрации очистных работ.

Для расчета оптимальных значений d и n , соответствующих минимуму суммарных затрат, получена

экономико-математическая модель суммарных затрат [1].

$$f(n, d) = 1,9 \cdot 10^3 \cdot d \cdot l \cdot n + \frac{LkQ^3 T \alpha P}{2 \cdot S^3} + \frac{LkQ^3 T \alpha P}{2 \cdot S^3 n} + \frac{6,5 \cdot lkQ^3 T \alpha_{св.}}{d^5}, \quad (1)$$

где l – длина вентиляционной скважины, м; d – диаметр скважины, м; k – коэффициент, учитывающий годовую стоимость электроэнергии для данной энергосистемы; Q – расход воздуха, м³/с; T – период отработки столбов, лет; α – коэффициент аэродинамического сопротивления выработки; P – периметр выработки, м; S – площадь поперечного сечения выработки, м²; α_c – коэффициент аэродинамического сопротивления скважины.

Полученная модель является динамической, так как она отражает динамику процесса проветривания флангового участка шахтного поля при выводе исходящей струи через последовательно сооружаемые вентиляционные скважины. Значения такого параметра как количество вентиляционных скважин или стволов, определяемых по полученным выражениям [1], чаще всего оказываются не целыми числами и поэтому их необходимо округлять. При этом суммарные приведенные затраты несколько возрастают. Если функция симметрична, то округление до ближайшего целого правомерно, так как затраты при переходе от расчетных значений параметров к целым в этом случае возрастают одинаково. В случае, когда функция не симметрична и суммарные затраты при отклонении от расчетного значения в обе стороны возрастают неодинаково, округление до ближайшего целого может вызвать необоснованное повышение суммарных затрат.

Рассмотрим функцию суммарных затрат (1) на проветривание и сооружение скважин по длине выработки. После исследования функции на экстремум получим

$$\frac{\partial f(d)}{\partial d} = 1,9 \cdot 10^3 \cdot l \cdot n - \frac{32,5 \cdot lkQ^3 T \alpha_{св.}}{d^6} = 0,$$

откуда

$$d = 0,5 \cdot \sqrt[6]{\frac{k \alpha_{св.} Q^3 T}{n}}. \quad (2)$$

Второй член в функции (1) можно не учитывать, так как он не влияет на параметры d и n . Следовательно, с учетом (2)

$$f(n) = \frac{LkQ^3 T \alpha P}{2 \cdot S^3} \frac{1}{n} + 1,16 \cdot 10^3 \cdot n^{5/6} l \sqrt[6]{kQ^3 T \alpha_{св.}}$$

Обозначив

$$a = \frac{LkQ^3 T \alpha P}{2 \cdot S^3};$$

$$b = 1,16 \cdot 10^3 \cdot l \sqrt[6]{kQ^3 T \alpha_{\text{скв}}}$$

Получим

$$f(n) = \frac{a}{n} + bn^{0,81}$$

Оптимальное количество вентиляционных скважин, соответствующее минимуму функции, определяется из выражения

$$n_o = \left(1,23 \cdot \frac{a}{b} \right)^{0,55} \quad (4)$$

На основании (4), получим

$$a = 0,81 \cdot bn_o^{1,81}; \quad (5)$$

$$b = 1,23 \cdot \frac{a}{n_o^{1,81}} \quad (6)$$

При оптимальном количестве вентиляционных скважин, с учетом (5) и (6), выражение (3) имеет вид

$$f(n_o) = 2,23 \cdot a \frac{1}{n_o} = 1,81 \cdot bn_o^{0,81} \quad (7)$$

Разделив выражение (3) на (7), получим

$$f\left(\frac{n}{n_o}\right) = 0,45 \cdot \frac{n_o}{n} + 0,55 \cdot \frac{n^{0,81}}{n_o^{0,81}} \quad (8)$$

Обозначив $n/n_o = \delta$, получим

$$f(\delta) = \frac{0,45}{\delta} + 0,55 \cdot \delta^{0,81} \quad (9)$$

Это выражение является функцией относительно изменения суммарных затрат на проветривание и проведение вентиляционных скважин при замене оптимального их количества n_o рациональным n .

График функции (9) приведен на рис. 1, на основании которого при оптимальном значении n_o можно записать

$$f(\delta) = 0,45 \cdot \delta_o^{-1} + 0,55 \cdot \delta_o^{0,81} = 1$$

Пусть Δ – отклонение значения функции (1) от оптимального

$$f(\delta) - f(\delta_o) = \Delta f(\delta_o)$$

Подставив значение функции (9) в равенство (8), с учетом (7), получим

$$0,45 \cdot \delta^{-1} + 0,55 \cdot \delta^{0,81} = 1 + \Delta \quad (10)$$

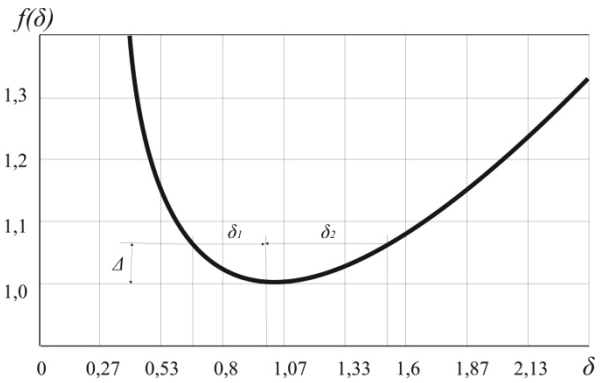


Рис. 1. Изменение относительных затрат при отступлении от оптимума: $f(\delta)$ – относительные затраты; $\delta = n/n_o$

Принимая различные значения Δ и решая уравнение (10) находим, что каждому значению Δ соответствуют два различных по величине значения δ_1 и δ_2 . Это свидетельствует о том, что функция суммарных затрат несимметрична, а, следовательно, при получении дробного значения n_o переход к ближайшему целому может привести к необоснованному повышению затрат. Соотношение между оптимальным дробным и рациональным целым количеством скважин можно выразить неравенством $n < n_o < n+1$, из которого следует, что каждому оптимальному значению соответствуют большее меньшее целые значения n . Рациональным будет такое из них, переход к которому вызовет меньшее увеличение затрат. Из графика функции (8) для смежных целых значений n и $n+1$, приведенных на рис. 2, видно, что на любом интервале от n до $n+1$ существует такое значение n_A , принятие вместо которого любого из двух смежных целых значений n или $n+1$ приводит к одинаковому возрастанию суммарных затрат. Следовательно, если при определении n_o окажется, что $n_o < n_A$, то необходимо принимать меньшее значение целого числа, и наоборот, если $n_o > n_A$, то – большее.

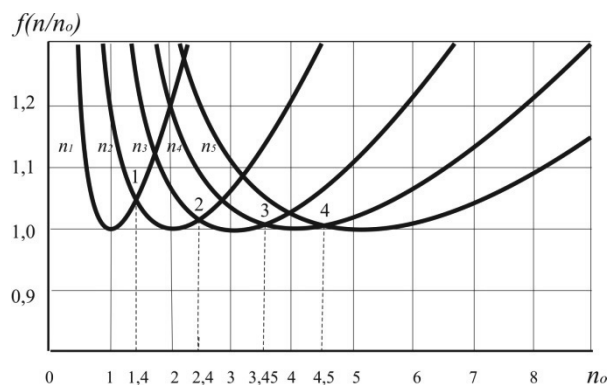


Рис. 2. Графики функции (8) для смежных значений параметра n_o : $f(n/n_o)$ – суммарные затраты; n_o – оптимальное количество скважин

Выведем формулу для расчета n_A . Очевидно, для смежных целых значений n и $n+1$ имеет место отношение $f(n)/f(n+1)=1$. С учетом этого выражения и на основе выражений (3) и (5) получим

$$\frac{f(n)}{f(n+1)} = \frac{0,81 \cdot \frac{n^{1,81}}{n} + n^{0,81}}{0,81 \cdot \frac{n^{1,81}}{n+1} + (n+1)^{0,81}} = 1.$$

Откуда

$$n_A = 1,124 \cdot [n(n+1)^{1,81} - (n+1)n^{1,81}]^{0,55}. \quad (11)$$

В таблице приведены интервалы округлений, определенные из выражения (11).

Таблица

Интервалы округлений при переходе значений параметра n_o к рациональным параметрам

Рациональные значения	1	2	3	4	5	6	7
n_A	1,41	2,45	3,48	4,5	5,5	6,54	7,56
Интервалы округлений	0,7 -	1,41 -	2,45 -	3,48 -	4,5 -	5,5 -	6,54 -
	1,41	2,45	3,48	4,5	5,5	6,54	7,56

Если в результате расчетов окажется, что $n_o < n_A$, то необходимо принимать меньшее смежное целое значение n , если $n_o > n_A$, то большее.

Выводы:

1. Обоснованы параметры таких элементов шахтных вентиляционных систем как вертикальные горные выработки, проводимые в районе ведения горных работ для вывода исходящей струи воздуха на шахтах с горизонтальным залеганием пласта.
2. Разработана экономико-математическая модель для определения оптимальных параметров вертикальных выработок.
3. Выполнено обоснование перехода от оптимальных параметров элементов шахтной вентиляционной системы к рациональным.

Список литературы / References

1. Голинько В.И. Оценка эффективности вентиляционных сетей марганцевых шахт / Голинько В.И., Яворская Е.А., Лебедев Я.Я. // Материалы Международной научно-практической конференции “Школа подземной разработки”. – 2009. – С. 167 – 184.

Golinko V.I. Estimation of the efficiency of vent systems of manganese mines / Golinko V.I., Yavorskaya E.A., Lebedev Ya.Ya. // Materials of international theory and practice conference “Shkola podzemnoy razrabotky”. – 2009. – P. 167–184.

2. Голинько В.И. Повышение эффективности проветривания марганцевых шахт / Голинько В.И., Яворская Е.А., Лебедев Я.Я. // Монография. – Днепропетровск: НГУ, 2010. – 91 с. – Рос. мовою.

Golinko V.I. Raise of efficiency of manganese mines ventilation / Golinko V.I., Yavorskaya Ye.A., Lebedev Ya.Ya. // Monograph. Dnipropetrovsk.: NGU, 2010. – 91 p. – Ru.

Наведено результати досліджень, направлених на підвищення ефективності вентиляційних систем шахт і рудників. Обґрунтовано параметри таких елементів шахтних вентиляційних систем як вертикальні гірничі виробки (стволы, свердловини, група свердловин), що проводяться в районі гірничих робіт для виводу витікаючого струменя повітря на шахтах з горизонтальним заляганням пласта на порівняно невеликій глибині. Розроблено економіко-математичну модель, на підставі якої одержано вирази для визначення оптимальних параметрів вертикальних виробок. Обґрунтовано перехід від оптимальних параметрів елементів шахтної вентиляційної системи до раціональних.

Ключові слова: шахта, витоки, стовбур, вентиляційна свердловина, повітряний потік, депресія

Results of research aimed to increase ventilating systems efficiency in coal and ore mines are presented. Parameters of such elements of mine ventilation systems as vertical mining workings (shafts, boreholes, group of boreholes) driven in the area of mining operations are substantiated in order to take the outgoing air flow out in mines with horizontal bedding of seams at relatively shallow depth. Economic-mathematical model is designed on the base which the equations for determination of vertical openings optimal parameters are received. Transfer from optimal parameters of mine ventilation system to rational ones is substantiated.

Keywords: mine, losses, shaft, ventilation hole, air flow, depression

Рекомендовано до публікації докт. техн. наук В.І. Голіньком. Дата надходження рукопису 05.04.11