

РОЗРАХУНОК ВЕНТИЛЯЦІЙНИХ СИСТЕМ МІСЦЕВОГО ПРОВІТРЮВАННЯ ПРИ РОБОТІ ВЕНТИЛЯТОРІВ НА ДВА ТРУБОПРОВОДИ

Разработаны методы расчета параметров вентиляционных систем проветривания тупиковых выработок местного проветривания.

CALCULATION OF VENT SYSTEMS LOCAL VENTILATION DURING WORK OF VENTILATORS ON TWO EXPLOITATION

There were developed calculation methods for ventilation vent systems parameters for dead-lock exploitation.

Вугільна промисловість є однією з основних галузей народного господарства, що вимагає постійної уваги і участі з боку науково-дослідних і проектних організацій. Збільшення глибини розробки вугільних родовищ при існуючій технології видобутку корисних копалин приводить до погіршення санітарно-гігієнічних умов праці гірників і підвищення небезпеки виникнення вибухонебезпечної суміші з вугільного пилу і метану.

Сучасна шахта є складною мережею гірничих виробок, для провітрювання яких застосовують декілька джерел енергії і цілий комплекс вентиляційних споруд різного роду. Забезпечення виробок необхідною витратою повітря є однією з головних задач, регулярно вирішуваних ІТР ділянок ВТБ вугільних шахт і депресійними службами загонів рятувальників.

Погіршення умов провітрювання підготовчих виробок вугільних шахт пов'язане із збільшенням глибини розробки і газоносності пластів, що розробляються, збільшенням темпів проведення виробок для своєчасної підготовки запасів, а також із збільшенням довжини виробок. У таких умовах забезпечення безпеки ведення гірських робіт на підготовчих ділянках є актуальним питанням.

Існує необхідність проведення в шахтах великої кількості виробок. На шахтах проводиться щорічно тисячі км тупикових виробок. Довжина окремих виробок досягає 3 км, а витрата повітря, що подається для провітрювання однієї виробки на газових шахтах 2000 м³/мин. Інтенсифікація проведення гірських виробок, застосування продуктивних машин і механізмів, безперервне збільшення глибини гірських робіт та пов'язане з цим зростання температури повітря і порід, газоносності і газовиділень приводить до того, що провітрювання тупикових виробок стає все більш складним. Іноді на шахті витрата повітря для провітрювання тупикових виробок перевищує потребу повітря для провітрювання очисних вибоїв. На деяких шахтах сумарна потужність вентиляторів місцевого провітрювання перевищує потужність вентиляторів головного провітрювання.

Для провітрювання вибоїв підготовчих виробок, пройдених по вугільних

пластах або газоносних породах, потрібна значна кількість свіжого повітря. При певних гірничогеологічних і гірничотехнічних умовах застосування класичних схем вентиляції тупикових виробок буває неможливо або недостатньо ефективно. Таке положення призводить до того, що виникає загроза для здоров'я і життя прохідників, а також збільшується ризик виникнення аварійної ситуації на підготовчій ділянці.

Тупикові виробки та їх тупикові частини, що проводяться парними вибоями, провітрюються по трубах за рахунок роботи вентиляторів місцевого провітрювання. Застосовуються як жорсткі, так і гнучкі труби. Жорсткі труби виконуються з металу і синтетичного матеріалу. Вони мають велику міцність, тривалий термін служби і застосовуються як при нагнітаючому, так і при всмоктуючому провітрюванні. Вони відрізняються великій кількістю стиків, що ускладнює монтаж і приводить до великих витоків повітря.

Металеві труби мають довжину ланок 2,5-4 м і діаметр 0,2-1 м та більше. Ланки труб з'єднуються між собою фланцевим з'єднанням з прокладкой в стику. Термін служби їх рівний 24-36 місяців.

Гнучкі труби використовуються при роботі вентиляторів в нагнітаючому режимі.

На вугільних шахтах використовуються гнучкі труби типів МУ (з бабовнопаперовій тканини з двостороннім покриттям з негорючої гуми), ПВХ (з тканини з поліхлорвініловим двостороннім покриттям).

Діаметр труб 0,4; 0,5; 0,6; 0,8; 1 м. Довжина основної робочої ланки рівна 10 м і 20 м, відповідно для труб діаметром $\leq 0,8$ м і $>0,8$ м.

Ланки з'єднуються сталевими кільцями і хомутами. При включенні вентилятора стик самоущільнюється. При малому тиску повітря стінки гнучкого трубопроводу провисають, на них утворюються складки, що викликає збільшення аеродинамічного опору трубопроводу. Термін служби трубопроводів змінюється в межах 16-26 місяців.

При порушенні режиму роботи трубопроводів термін їх служби зменшується в 2 рази і більш.

Основним способом провітрювання тупикових виробок є нагнітаючий, при якому зазвичай застосовуються гнучкі трубопроводи. При сумісній роботі двох вентиляторів установка їх на трубопровід може бути каскадом або паралельно. Для визначення параметрів спільної роботи двох вентиляторів місцевого провітрювання (ВМП) використовують графічні методи. [1] Проте в даному Керівництві не міститься методика розрахунку параметрів при опису характеристик вентилятора у вигляді математичної залежності, не приведені аналітичний метод послідовності каскадної установки вентиляторів, а також не враховуються економічні показники роботи вентиляційного устаткування. Існує також межа, при якому необхідна витрата повітря можуть забезпечити існуючі вентилятори. Виникає необхідність створення нових, потужніших вентиляторів.

Метою даної роботи є розробка методів розрахунку параметрів вентиляційних систем підготовчих виробок при використанні паралельних тру-

бопроводів.

Для досягнення поставленої мети необхідно скласти моделі вентиляційних систем місцевого провітрювання, описати характеристику вентилятора математичними залежностями, визначити коефіцієнти витоків повітря в трубопроводах і обґрунтувати формули за визначенням основних параметрів системи вентиляції тупикового виробок (питоме аеродинамічний опір, довжина трубопроводу, витрата повітря, що поступає в забій підготовчої виробки). При провітрюванні тупикових виробок великої довжини і, перш за все, при обмеженій площі поперечного перетину виробки, що не дозволяє розміщення трубопроводів великого діаметру, прокладають два або три паралельні трубопроводи. Процес укладання вентиляційних труб спрощується при використанні гнучких трубопроводів.

При провітрюванні тупикових виробок великої довжини і, перш за все, при обмеженій площі поперечного перетину виробки, що не дозволяє розміщення трубопроводів великого діаметру, прокладають два або три паралельних трубопроводи. Процес укладання вентиляційних труб спрощується при використанні гнучких трубопроводів.

При необхідності подачі в привибойний простір великої витрати повітря провітрювання тупикової виробки може проводитися при одночасном використанні двох паралельних трубопроводів.

Для труб гнучкого трубопроводу типу 1А і 1Б при довжині ланки 20 м і діаметрі трубопроводу в межах 0,2-1,0 м по матеріалах Керівництва [1] обґрунтована формула питомого аеродинамічного опору

$$r = 0,005D^{-4,76}, \quad (1)$$

де D – діаметр трубопроводу, м.

Коефіцієнт витоків повітря в гнучкому трубопроводі згідно табл. 5.4 [1]

Характеристика вентилятора місцевого провітрювання (ВМП) описується виразом

$$H = a_0 - a_1 Q_B, \quad (2)$$

де H – депресія ВМП; даПа, Q_B – подача ВМП, м³/с, a_0 , a_1 – константи апроксимаційного рівняння.

Коефіцієнт витоків повітря в гнучкому трубопроводі для труб типу М описується рівнянням [2]

$$K = 1,04 + 0,0005l_{mp}. \quad (3)$$

Депресія трубопроводу визначається рівнянням

$$h_{mp} = rl_{mp} Q_B Q_{zn}, \quad (4)$$

де $Q_{зп}$ – витрата повітря, що поступає в привибійний простір, $\text{м}^3/\text{с}$.

Депресія трубопроводу рівна напірній депресії вентилятора $h_{\text{тр}} = H$.

Витрата повітря, що поступає в привибійний простір в $\text{м}^3/\text{с}$.

$$Q_{зп} = \frac{Q_B}{K}. \quad (5)$$

Згідно рівнянням (1),(2),(3),(4),(5) математична модель вентиляційної системи буде у вигляді

$$\frac{rl_{\text{мп}} K Q_{зп}^2}{n^2} = a_0 - a_1 K^2 Q_{зп}^2$$

або

$$\frac{0,005 \left(0,04 + 0,0005 l_{\text{мп}} \overline{l}_{\text{мп}} Q_{зп}^2 D^{-4,76} \right)}{h^2} = a_0 - a_1 \left(0,04 + 0,0005 l_{\text{мп}} \overline{l}_{\text{мп}} Q_{зп}^2 \right), \quad (6)$$

де n – кількість паралельних трубопроводів.

Характеристика ВМП - ВЦ-11М при куті нахилу лопаток, апарату, що на-
правляє $\Theta = 30^\circ$, буде у вигляді [1]

$$H = 191,45 - 1,05 Q_B^2.$$

Використовуючи рівняння (6) можна визначити витрату повітря, що пос-
тупає в привибійний простір при відомій довжині $l_{\text{тр}}$ і діаметрі.

$$Q_{зп} = \sqrt{\frac{a_0}{A_1 + A_2}},$$

де $A_1 = \frac{0,005 D^{-4,76}}{n^2} \left(0,04 + 0,0005 l_{\text{мп}} \overline{l}_{\text{мп}} \right)$, $A_2 = a_1 \left(0,04 + 0,0005 l_{\text{мп}} \overline{l}_{\text{мп}} \right)$.

При $D = 0,8$ м, $l_{\text{тр}} = 1000$ м при $n = 1$ і роботі вентилятора ВЦ-11М

При куті нахилу лопаток направляючого апарату $\Theta = 30 - Q_{зп} = 5,38$ $\text{м}^3/\text{с}$.

За тих же умов і $n = 2$ $Q_{зп} = 6,29$ $\text{м}^3/\text{с}$.

Використовуючи рівняння (6), можна визначити довжину трубопроводу,
при якій вентилятор при відомій величині діаметру трубопроводу подає в
привибійний простір задану кількість повітря.

Довжина трубопроводів визначається при рішенні рівняння

$$B_1 l_{\text{мп}}^2 + B_2 l_{\text{мп}} + B_3 = 0,$$

$$\text{где } B_1 = \frac{2,5 \cdot 10^{-6} Q_{3n}^2 D^{-4,74}}{n^2} + 2,5 \cdot 10^{-7} a_1 Q_{3n}^2;$$

$$B_2 = \frac{5,2 \cdot 10^{-3} Q_{3n}^2 D^{-4,74}}{n^2} + 1,04 \cdot 10^{-3} a_1 Q_{3n}^2; \quad B_3 = 1,082 a_1 Q_{3n}^2 - a_0.$$

$$l_{mp} = \frac{-B_2 \pm \sqrt{B_2^2 - 4B_0 B_1}}{2B_0}.$$

При $Q_{3n} = 7 \text{ м}^3/\text{с}$, $D = 0,8 \text{ м}$, $n = 1$ и работе ВМП – ВМЦ-6 при $\theta = 30^\circ$, $l_{тр} = 378,73$. При $n = 2$ $l_{тр} = 661,23 \text{ м}$.

Рівняння (6) дозволяє визначити необхідну величину діаметрів трубопроводу при відомих величинах інших параметрів.

Діаметри трубопроводів визначаються при рішенні рівняння

$$D = \left(\frac{F_1}{n^2 F_2} \right)^{0,21},$$

де $F_1 = 0,005 (1,04 + 0,0005 l_{mp}) Q_{3n}^2$; $F_2 = a_0 - a_1 (1,04 + 0,0005 l_{mp}) Q_{3n}^2$.

При $l_{mp} = 600 \text{ м}$, $Q_{3n} = 5 \text{ м}^3/\text{с}$ і работе вентилятора ВМЦ-6 при $\theta = 30^\circ$ і $n = 1 = 0,78 \text{ м}$, $n = 2 = 0,58 \text{ м}$.

Характеристика деяких ВМП описується рівнянням

$$H = b_0 + b_1 Q + b_2 Q^2,$$

де b_0, b_1, b_2 – коефіцієнти апроксимаційного рівняння.

Характеристика вентилятора ВМ-6 при куті установки лопаток 0° описується

$$H = 141 + 95Q - 14Q^2.$$

Математична модель вентиляційної системи місцевого провітрювання при такому вентиляторі

$$\frac{0,005 l_{mp} Q_{3n}^2}{n^2 D^{4,76}} (1,04 + 0,0005 l_{mp}) Q_{3n} = b_0 + b_1 (1,04 + 0,0005 l_{mp}) Q_{3n} - b_2 \times$$

$$\times (1,04 + 0,0005 l_{mp}) Q_{3n}^2. \quad (7)$$

Витрата повітря, що поступає в привибійний простір, визначається при рішенні рівняння.

$$B_1 Q_{3n}^2 + B_2 Q_{3n} + B_3 = 0,$$

де

$$B_1 = \frac{0,005l_{mp} \left(0,04 + 0,0005l_{mp} \right)}{n^2 D^{4,76}} + b_2 \left(0,04 + 0,0005l_{mp} \right);$$

$$B_2 = -b_1 \left(0,04 - 0,005l_{mp} \right); B_3 = -b_0.$$

$$Q_{3n} = \frac{-B_2 \pm \sqrt{B_2^2 - 4B_1 B_3}}{2B_1}.$$

При роботі вентилятора ВМ-6 на один трубопровід ($n = 1$), $l_{тр} = 500$ м, $D = 0,8$ м – $Q_{3n} = 4,68$ м³/с. При двох паралельних трубопроводах ($n = 2$) – $Q_{3n} = 5,74$ м³/с.

Рівняння (7) дозволяє визначити відстань на яке ВМП можна подати задану витрату повітря.

Ця відстань визначається при рішенні рівняння

$$l_{mp} = \frac{-A_2 \pm \sqrt{A_2^2 - 4A_1 A_0}}{2A_1},$$

де

$$A_1 = \frac{-A_2 \pm \sqrt{A_2^2 - 4A_1 A_0}}{2A_1} + 2,5 \cdot 10^{-7} b_2 Q_{3n}^2;$$

$$A_2 = \frac{5,2 \cdot 10^{-3} Q_{3n}^2}{n^2 D^{4,76}} + 1,04 \cdot 10^{-3} b_2 Q_{3n}^2 - 0,0005 b_1 Q_{3n};$$

$$A_3 = -b_0 - 1,04 b_1 Q_{3n} + 2,08 b_2 Q_{3n}^2.$$

При роботі вентилятора ВМ-6 на один трубопровід витрата повітря $Q_{3n} = 6$ м³/с поступає на кінець трубопровода при довжині $l_{тр} = 217,89$ м, при двох трубопроводах $l_{тр} = 416,35$ м.

Рівняння (7) можна також використовувати для визначення діаметрів трубопроводів для подачі необхідної витрати повітря на кінці трубопроводів при відомій довжині.

Діаметри трубопроводів визначаються при рішенні рівняння

$$D = \left(\frac{G_1}{G_2 n^2} \right)^{0,21}.$$

де

$$G_1 = 0,005l_{mp} Q_{3n}^2 \left(0,04 + 0,0005l_{mp} \right);$$

$$G_2 = b_0 + b_1 \left(0,04 + 0,0005l_{mp} \right) Q_{3n} - b_2 \left(0,04 + 0,0005l_{mp} \right) Q_{3n}^2.$$

При роботі вентилятора ВМ-6 витрата повітря $Q_{3n} = 5$ м³/с и $l_{тр} = 500$ м на один трубопровід діаметр $D = 0,85$, при роботі на два трубопроводи одного

діаметру величина кожного діаметру 0,64 м.

У статті пропонуються методи розрахунку вентиляційних систем місцевого провітрювання двох паралельних гнучких трубопроводах, аналітичне обґрунтування параметрів системи при описі характеристики вентиляторів поліномами двох видів.

Обґрунтовані коефіцієнти двох формул, що описують характеристики двох вентиляторів.

Приводиться аналітичне дослідження провітрювання тупикових виробок вентиляторів місцевого провітрювання при використанні одного і двох паралельних гнучких трубопроводів. Для визначення депресії трубопроводу встановлюється залежність питомого аеродинамічного опору трубопроводу за табличними даними [1].

Використовується простіша, але цілком допустима залежність коефіцієнта витоків повітря для гнучкого трубопроводу від довжини трубопроводу за даним Керівництва. [2]

Для визначення основних параметрів провітрювання тупикових виробок розглядаються ВМП з двухчленим і трьохчленим описом характеристики.

Отримані аналітичні описи підтверджуються рішенням чисельних прикладів.

Матеріали статті можуть використовуватися при вентиляційних розрахунках в проектних організаціях і на шахтах, що діють.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Руководство по проектированию вентиляции угольных шахт. Государственный нормативный акт об охране труда. – К.: Основа, 1994. – 311 с.
2. Руководство по проектированию вентиляции угольных шахт.–М.: Недра, 1975.

Рекомендовано до публікації д.т.н. В.І. Голінком 21.08.09