

УДК 622.417

А. П. ТЕЛЬНИЙ (канд.техн.наук, доцент ДонНТУ)

К. С. НЕТРЕБА (магістрант)

ПРО РОЗОСЕРЕДЖЕНУ УСТАНОВКУ ВЕНТИЛЯТОРІВ ПРИ ПРОВІТРЮВАННІ ТУПИКОВИХ ВИРОБОК

У статті запропонований метод визначення місць розташування розосереджено встановлюваних вентиляторів при провітрюванні тупикових виробок великої довжини, що враховує нелінійний характер зміни витоків повітря по довжині трубопроводу.

Ключові слова: гірнича виробка, провітрювання, розосереджена установка вентиляторів, метод розрахунку

Для провітрювання тупикових виробок великої довжини на негазових шахтах допускається розосереджене установлення вентиляторів місцевого провітрювання по довжині трубопроводу. Спосіб провітрювання з розосередженим розташуванням вентиляторів широко застосовується при проходці тунелів різного призначення (перегінних тунелів метрополітенів та ін.).

Достоїнствами способу провітрювання з розосередженою установкою вентиляторів у порівнянні з розташуванням їх каскадом на початку трубопроводу є менші витоки повітря через менші надлишкові тиски в трубах і менша сумарна потужність вентиляторів, а, отже, і менша витрата електроенергії на провітрювання пройдені виробки. Крім того, цей спосіб дозволяє провітрити виробку будь-якої довжини за допомогою порівняно невеликих вентиляторів.

При використанні такого способу провітрювання дуже важливе значення має визначення місць розташування вентиляторів по довжині виробки.

При хибному розміщенні вентиляторів або недостатньому аеродинамічному опорі трубопроводу за останнім вентилятором, у трубопроводі можливе утворення ділянок зі зниженим тиском (зон розрідження) перед вентиляторами. Відпрацьоване повітря, що рухається від вибою по виробці, буде засмоктуватися на цих ділянках у трубопроводі, тобто можлива часткова рециркуляція забрудненого повітря, а у випадку застосування гнучких труб можливе порушення вентиляції. Тому при провітрюванні цим способом виробок на негазових шахтах потрібне використання трубопроводів із жорстких матеріалів на ділянках між вентиляторами, а вентилятори повинні бути підключені до електромережі так, щоб при відключенні кожного з них автоматично вимикалися всі наступні.

Розрахунки показують, що при застосуванні вентиляторів з нерегульованою подачею, практично завжди, на момент установлення наступного вентилятора, перед ним буде утворюватися в трубопроводі зона розрідження. Тому при використанні способу провітрювання з розосередженою установкою вентиляторів варто застосовувати вентилятори з регульованою подачею й регульованим місцевим опором за ними (після другого й наступного вентиляторів вважаючи від устя). Бажано всі вентилятори приймати однаковими.

Розрахунок вентиляційної системи з декількома розосередженими вентиляторами варто виконувати за умови роботи вентиляторів наприкінці проходки виробки на самій верхній аеродинамічній характеристиці. При реалізації цього способу у виробничих умовах, у момент установлення вентилятора в розрахункове місце, необхідно спочатку встановити кут лопаток напрямного апарата (пристрою регулювання подачі вентилятора), що відповідає самій нижній аеродинамічній характеристиці вентилятора, а місцевий опір у положення, що забезпечує витрату повітря в привибійному просторі виробки приблизно рівну розрахунковому значенню

(або трохи більше). Якщо цього не зробити, як правило, у трубопроводі перед останнім встановленим вентилятором виникає негативний надлишковий тиск (розрідження).

У міру проведення виробки (збільшення довжини трубопроводу) і зниження витрати повітря в привибійному просторі значення місцевого опору зменшують. Наприклад, якщо як місцевий опір використовується шибер, то коли шибер буде повністю відкритий (тобто засув шибера буде повністю висунутий) й витрата повітря знизиться до розрахункового значення, вентилятор переводять на наступну, вищу аеродинамічну характеристику, а необхідну витрату повітря встановлюють за допомогою шибера. Так діють доти, поки вентилятор виявиться працюючим на самій верхній аеродинамічній характеристиці, а довжина трубопроводу за ним буде відповідати розрахунковому значенню витрати повітря в привибійному просторі виробки. Після цього встановлюють наступний вентилятор з місцевим опором у розрахункове місце на трубопроводі й діють з ним описаним вище чином.

Існує два підходи при розрахунку розосередженої установки вентиляторів (визначенні місць розташування вентиляторів):

- 1) розрахунок ведуть від вибою на момент закінчення проходки виробки;
- 2) розрахунок по визначенню місць розташування вентиляторів на трубопроводі виконують у напрямку від устя виробки.

Недоліком обох підходів є те, що величина витоків повітря в трубопроводі задається орієнтовно й приймається, що статичний тиск по довжині трубопроводу зменшується лінійно. Тому правильне визначення місць розташування вентиляторів за один розрахунковий прохід по довжині виробки неможливе. Потрібні додаткові уточнюючі перевірочні розрахунки.

При розрахунку розосередженої установки вентиляторів рекомендується приймати надлишковий тиск перед другим і кожним наступним вентилятором рівним 20% надлишкового тиску на початку попередньої ділянки трубопроводу (за попереднім вентилятором).

У довіднику [1] вказується, що під час проведення виробки в міру посування вибою трубопровід нарощують і наступний вентилятор встановлюють тоді, коли витрата повітря в кінці трубопроводу стає рівною витраті повітря, яку необхідно подавати у вибій. Якщо виконувати цю вказівку і нічого не вживати, то після такої установки в трубопроводі перед встановленим вентилятором буде негативний надлишковий тиск (розрідження) доти, поки аеродинамічний опір трубопроводу за вентилятором не досягне певної величини.

Пропонується наступний метод розрахунку провітрювання тупикових виробок з розосередженим розташуванням однотипних регульованих вентиляторів і використанням жорстких труб на ділянках між вентиляторами. Після останнього вентилятора можна приймати трубопровід із гнучких труб.

Вибір типу вентиляторів і визначення їхньої кількості можна виконувати порізному. В цій статті застосовується один з можливих варіантів вирішення цього питання.

Спочатку необхідно виконати розрахунок трубопроводу, як і при установці одного вентилятора біля устя виробки [2], визначивши необхідні значення подачі Q_g й статичного тиску h_g вентилятора. Подача вентилятора Q_g визначається по формулі:

$$Q_g = k_{ym.mp} \cdot Q_{zn}, \quad (1)$$

де Q_{zn} – витрата повітря на виході із трубопроводу, м³/с (тобто витрата повітря необхідна для провітрювання привибійного простору тупикової виробки); $k_{ym.mp}$ –

коефіцієнт витоків повітря на всій довжині трубопроводу від вибою (в кінці проходки) до вентилятора.

Депресія жорсткого трубопроводу h_{mp} (Па) обчислюється за формулою:

$$h_{mp} = R_{mp} \cdot \frac{Q_6^2}{k_{ym.mp}} \quad (2)$$

Необхідний статичний тиск (депресія) вентилятора h_6 визначається депресією мережі, на яку працює вентилятор: $h_6 = h_{mp}$.

Аеродинамічний опір жорсткого трубопроводу круглого перетину R_{mp} (кг/м⁷) з урахуванням можливих місцевих опорів R_m обчислюється за формулою:

$$R_{mp} = 1,2 \cdot R_m + \sum R_m \quad (3)$$

Аеродинамічний опір прямолінійного суцільного жорсткого трубопроводу R_m визначається, як і для виробки:

$$R_m = \frac{6,5 \cdot \alpha \cdot l_{mp}}{d_{mp}^5}, \quad (4)$$

де α – коефіцієнт аеродинамічного опору, кг/м³, приймається залежно від діаметру труб d_{mp} (м) і їхнього стану; l_{mp} – довжина жорсткого трубопроводу, м.

Коефіцієнт витоків повітря для трубопроводів із жорстких вентиляційних труб, що входить у формули (1) і (2) визначається співвідношенням:

$$k_{ym.mp} = \left(0,106 \cdot k_{ym.cm} \cdot d_{mp} \cdot \frac{l_{mp}}{l_{36}} \cdot \sqrt{R_{mp}} + 1 \right)^2, \quad (5)$$

де $k_{ym.cm}$ – коефіцієнт питомої стикової повітропроникності трубопроводу, приймається залежно від способу ущільнення стиків; l_{36} – довжина ланки (окремої труби в трубопроводі), м.

Вибирають вентилятор, який підходить, тільки по величині подачі Q_6 , з огляду на те, що від величини статичного тиску вибраного вентилятора буде залежати кількість розосереджено встановлених вентиляторів. Точка з обчисленою подачею Q_6 повинна розташовуватися в правій половині аеродинамічної характеристики вибраного вентилятора (або поблизу її середини), оскільки подачі наступних розосереджено встановлених вентиляторів будуть менші і точки, відповідні їх робочим режимам знаходитимуться лівіше.

Для обраного вентилятора по його аеродинамічній характеристиці визначають статичний тиск h_{61} , який він може створювати при розрахунковій подачі Q_6 . Потім визначають приблизне число вентиляторів, які потрібно буде встановити розосереджено по довжині трубопроводу:

$$n \approx \frac{h_6}{h_{61}}, \text{ значення } n \text{ округляється до цілого значення (при } n \geq 4 \text{ дробова}$$

частина відкидається).

Визначають приблизне (середнє) значення довжини трубопроводу між двома сусідніми вентиляторами: $l_{mp.cp} = l_{mp} / n$.

Значення подачі першого вентилятора (розташованого біля устя виробки) можна уточнити. Для цього по формулі (5) обчислюють значення коефіцієнтів витоків повітря $k_{ym.mp.cp}$ ділянок трубопроводу завдовжки $l_{mp.cp}$ (з урахуванням можливих місцевих опорів на окремих ділянках: поворотів та ін.). Значення коефіцієнта витоків повітря для всієї довжини трубопроводу з урахуванням розосередженої установки вентиляторів визначають як добуток коефіцієнтів витоків повітря окремих його ділянок $k_{ym.mp.cp}$.

Подачу першого вентилятора Q_{δ_1} , встановленого на початку вентиляційного трубопроводу обчислюють по формулі (1).

Депресія кожної окремої ділянки трубопроводу визначається формулою (2):

$$h_{mp_i} = R_{mp_i} \cdot \frac{Q_{\delta_i}^2}{k_{ym.mp_i}}$$

З урахуванням формули (5), позначивши в ній обчислене для прийнятого трубопроводу значення $\frac{0,106 \cdot k_{ym.cm} \cdot d_{mp}}{l_{зв}}$ як k_1 , одержимо рівність:

$$\frac{h_{mp_i}}{Q_{\delta_i}^2} = \frac{R_{mp_i}}{(k_1 \cdot l_{mp_i} \cdot \sqrt{R_{mp_i}} + 1)^2} \quad (6)$$

Позначивши ліву частину рівності R_i й $k_{3_i} = \frac{1}{\sqrt{R_i}}$, після простих перетворень одержуємо вираз, що визначає, як повинні бути зв'язані між собою аеродинамічний опір окремої ділянки трубопроводу R_{mp_i} і його довжина l_{mp_i} (для заданого значення R_i):

$$R_{\delta\delta_i} = \frac{1}{(k_{3_i} - k_1 \cdot l_{\delta\delta_i})^2} \quad (7)$$

З іншого боку зв'язок між R_{mp_i} і l_{mp_i} описується формулами (3) і (4):

$$R_{mp_i} = 1,2 \cdot \frac{6,5 \cdot \alpha \cdot l_{mp_i}}{d_{mp}^5} + \sum R_{M_i} \quad (8)$$

Після позначення обчисленого значення для прийнятого трубопроводу:

$$k_2 = 1,2 \cdot \frac{6,5 \cdot \alpha}{d_{mp}^5} \quad (9)$$

одержуємо вираз:

$$l_{mp_i} = \frac{R_{mp_i} - \sum R_{M_i}}{k_2} \quad (10)$$

Довжини всіх ділянок трубопроводу, тобто місця установки вентиляторів, визначають методом наближень (ітерацій), використовуючи формули (7) і (10).

Ітеративні обчислення виконують у наступному порядку:

1) задається приблизна (початкова) довжина ділянки трубопроводу (можна задавати її рівною $l_{mp.cp}$);

2) за формулою (7) обчислюється аеродинамічний опір R_{mp_i} при заданій довжині;

3) за формулою (10) обчислюється чергове наближення шуканої довжини відповідної ділянки трубопроводу l_{mp_i} ;

4) якщо обчислена довжина відрізняється від заданої (або попереднього наближення) на величину, що перевищує задану точність (наприклад, 1 м),

обчислення продовжують (за пунктами 2 і 3) до одержання потрібної точності.

Необхідна точність у визначенні аеродинамічного опору R_{mp_i} й довжини ділянки трубопроводу l_{mp_i} а, отже, місця установки вентилятора досягається за 3-4 ітерації.

Приймаючи надлишковий (статичний) тиск (підпір) перед кожним наступним вентилятором рівним 20% від надмірного тиску за попереднім вентилятором, значення депресії відповідної ділянки трубопроводу визначають так:

$$h_{mp_i} = 0,8 \cdot (0,2 \cdot h_{e_{i-1}} + h_{e_i}) \quad (11)$$

Отже, для першої ділянки трубопроводу $h_{mp_1} = 0,8 \cdot h_{e_1}$, для другого $h_{mp_2} = 0,8 \cdot (0,2 \cdot h_{e_1} + h_{e_2})$ й т.д.

Подача кожного наступного вентилятора визначається з урахуванням витоків повітря на попередній ділянці трубопроводу:

$$Q_{e_i} = \frac{Q_{e_{i-1}}}{k_{ym.mp_{i-1}}} \quad (12)$$

Коефіцієнт витоків повітря відповідної ділянки трубопроводу обчислюється за формулою (5), яку записують у вигляді:

$$k_{ym.mp_i} = (k_1 \cdot l_{mp_i} \cdot \sqrt{R_{mp_i}} + 1)^2 \quad (13)$$

Статичний тиск, створюваний кожним вентилятором h_{e_i} визначається по його аеродинамічній характеристиці при необхідній подачі Q_{e_i} .

Після визначення місць розташування вентиляторів по довжині виробки на момент закінчення проходки, варто обчислити довжини ділянок трубопроводу $l_{mp.max_i}$, відповідні часу установки вентиляторів на цих ділянках у процесі проведення виробки, тобто довжини трубопроводу за останнім працюючим вентилятором, що відповідають часу зниження витрати повітря в привибійному просторі виробки до розрахункового значення. Довжина $l_{mp.max_i}$ визначається з умови, що депресія відповідної ділянки трубопроводу $h_{mp.max_i}$ дорівнює надлишковому тиску в його початку (за попереднім вентилятором):

$$h_{mp.max_i} = (0,2 \cdot h_{e_{i-1}} + h_{e_i}).$$

Запропонований метод визначення місць розосереджено розташовуваних вентиляторів при провітрюванні тупикових виробок і рекомендації, які необхідно виконувати при реалізації цього способу провітрювання, дозволяють уникати ситуацій з виникненням у трубопроводі зон розрідження.

Бібліографічний список

1. Рудничная вентиляция: Справочник/ Гращенков Н.Ф., Петросян А.Э., Фролов М.А. и др.; Под ред. Ушакова К.З. – М.: Недра, 1988. – 440 с: ил.
2. Руководство по проектированию вентиляции угольных шахт. – К.: Основа, 1994. – 311 с.
3. Проветривание тупиковых выработок при нормальных и аварийных режимах / Медведев Б.И., Сухоруков В.П., Кондрацкий В.Л. и др. – К.: Техника, 1991. – 152 с.

Надійшла до редколегії 21.09.2009

В статье предложен метод определения мест расположения рассредоточено устанавливаемых вентиляторов при проветривании тупиковых выработок большой протяженности, учитывающий нелинейный характер изменения утечек воздуха по длине трубопровода.

Ключевые слова: горная выработка, проветривание, рассредоточенная установка вентиляторов, метод расчета

In the article the method of calculation is offered for dispersed fan set positioning for ventilation of long cul-de-sac, taking into account nonlinear character of change of air losses on length of pipeline.

Key words: mine working, ventilation, dispersed positioning of fans, method of calculation

УДК 622.411.3

В. А. СТУКАЛО (канд. техн. наук., проф. ДонНТУ)

К ВОПРОСУ ОПРЕДЕЛЕНИЯ МАКСИМАЛЬНО ДОПУСТИМОЙ ПО ГАЗОВОМУ ФАКТОРУ СКОРОСТИ ПОДВИГАНИЯ КОМБАЙНА В ОЧИСТНОЙ ВЫРАБОТКЕ ПРИ ВЫЕМКЕ УГЛЯ В ГАЗОВОЙ УГОЛЬНОЙ ШАХТЕ

В статье предложена формула для расчета допустимой по газовому фактору скорости подвигания комбайна при выемке угля в очистном забое, газовой шахте.

Ключевые слова: скорость, подача, комбайн, выемка, уголь, газ, метан, фактор, расчет, формула

С увеличением скорости подвигания комбайна при выемке угля в очистной выработке газовой угольной шахты возрастает величина абсолютного метановыделения в призабойное пространство лавы. При неизменном расходе воздуха, подаваемого для проветривания лавы, возрастает средняя концентрация метана в исходящем из очистной выработки воздухе. При определенных для конкретных горно-геологических и горнотехнических условиях увеличение среднего значения концентрации метана в исходящем из очистной выработки воздухе до предельно допустимого Правилами безопасности значения [1] может произойти при различных скоростях подвигания комбайна при выемке угля в лаве. В этих случаях газовый фактор ограничивает величину скорости подвигания комбайна при выемке угля в лаве, так как ее дальнейшее увеличение приведет к превышению допустимого значения концентрации метана в исходящем из лавы воздушном потоке. При этом очистная выработка и участковая выработка с исходящим потоком воздуха могут быть загазированы взрывоопасной метановоздушной смесью, то есть может возникнуть аварийная ситуация.

Скорость подачи комбайна при выемке угля в лаве газовой угольной шахты, при которой средняя концентрация метана в исходящем из очистной выработки воздухе достигает предельно допустимого Правилами безопасности значения [1], может считаться максимально допустимой по газовому фактору и ее нельзя превышать.