

воду. К приходу последующих волн капли оседают. Гидравлические перемычки снижают параметры УВВ постепенно на расстоянии 10-30 м. после перемычки. Поэтому волны проходят, не встречая на пути никакого сопротивления. В связи с этим при короткозамедленном взрывании зарядов с большими интервалами замедлений гидравлические перемычки для гашения УВВ применять нельзя.[1-2]

Вывод. Проведение мероприятий по сооружению постоянных и временных перемычек в определенных местах подземных выработок которые, способствуют снижению скорости, расщеплению, и направлению движения УВВ в те выработки где не ведется никаких работ и нет людей. А значит сводится до минимума опасность связанная с ведением горных работ, тем самым улучшаются условия труда горнорабочих задействованных на проведении данных работ.

Список литературы

1. Гурин А.А., Малый П.С., Савенко С.К. Ударные воздушные волны в горных выработках. – М.: Недра. - 1983.
2. Инструктивно-методические указания по определению параметров ударных воздушных волн и границ их опасного действия при обрушении пород в подземных пустотах. – Кривой Рог, 2011 – 25с.
3. Определение и контроль допустимых размеров конструктивных элементов систем разработки на рудниках Кривбасса.(временная инструкция)– Кривой Рог. НИГРИ. – 1977 – 11с.

Рукопись поступила в редакцию 27.02.12

УДК 622.413.3

І.Б. ОШМЯНСЬКИЙ, канд. техн. наук, доц., О.Є. ЛАПШИН, д-р техн. наук, проф.,
О.О. ЛАПШИН, А.А. НЕМЧЕНКО, кандидати техн. наук, доценти
ДВНЗ «Криворізький національний університет»

МЕТОДИКА ВИЗНАЧЕННЯ ДЕПРЕСІЙ ВЕНТИЛЯЦІЙНИХ ДІЛЬНИЦЬ ШАХТНОЇ МЕРЕЖІ

Надано методику визначення депресії вентиляційної мережі шахти, яка складається з розрахунку послідовно, паралельно, паралельно-послідовно та діагонально з'єднаних виробок, наведено приклад розрахунку депресії вентиляційних дільниць і мережі шахти.

Проблема та її зв'язок науковими і практичними завданнями. Недосконалість сучасної методики розрахунку аеродинамічних параметрів окремих вентиляційних дільниць ускладнює визначення загальної депресії шахтної мережі і вибір ВГП при проектуванні вентиляції глибоких рудних шахт.

Аналіз досліджень і публікацій. Питання визначення депресії окремих вентиляційних дільниць, що з'єднані послідовно, паралельно або діагонально освітлене недостатньо, особливо бракує наукових досліджень з визначення депресії паралельно – послідовних і діагональних з'єднань.

Викладання матеріалу та результати. В проекті вентиляції нової або діючої шахти, при проектуванні провітрювання глибоких горизонтів, необхідно виконати розрахунки загальношахтної депресії кожної вентиляційної дільниці або секції [1]. У нормах технологічного проектування максимально допустима депресія окремих вентиляційних дільниць не обмежується. Одночасно з цим депресія вентиляційної мережі шахти $h_{ш}$ не повинна перевищувати максимально можливу депресію діючих типорозмірів ВГП в зоні їх економічного використання - $h_{ш} \leq h_{bmax}$. У тих випадках, коли проектується послідовно робота ВГП на загальну вентиляційну мережу або вибирається нагнітально-всмоктувальний спосіб провітрювання шахти регламентована депресія загальношахтної мережі не повинна перевищувати сумарну максимальну депресію двох вентиляторів - $h_{ш} \leq (h_{в-1max} + h_{в-2max})$.

При застосуванні способів розрахунку депресії на проектній схемі ШВМ для кожної вентиляційної дільниці позначають маршрути її визначення. Маршрути розрахунків депресії починаються від рівня поверхні повітроподавального стовбура (або каналу нагнітального вентилятора головного провітрювання (ВГП), далі окремі дільниці стовбура до відмітки основного експлуатаційного горизонту, квершлягу, відкотного штреку і орта-заїзду цього горизонту, виробок виймального блоку, вентиляційного горизонту або збірного штреку-колектора, повітроподавального стовбура і закінчується каналом всмоктувального ВГП. На проектній схемі вентиляції в цих напрямках нумеруються вузли й гілки ШВМ.

Депресія кожної вентиляційної ділянки шахти визначається як сума витрат тиску ВГП на подолання аеродинамічного опору різного виду при переміщенні повітря по виробкам вибраного маршруту[1].

Шахтна вентиляційна мережа складається із послідовно з'єднаних виробок (рис.а), паралельно з'єднаних виробок (рис. 1б), паралельно-послідовно - (рис.1в) та діагонально з'єднаних - (рис. 1г) [2].

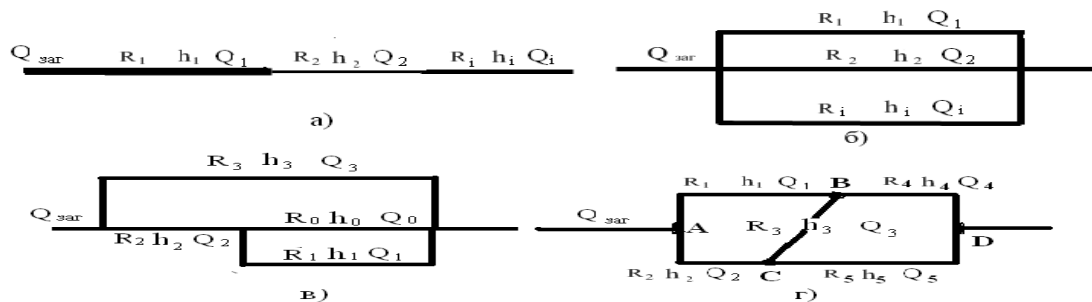


Рис. 1. Схеми з'єднання виробок шахтної вентиляційної мережі

При послідовному з'єднанні виробок (рис. 1а):

загальна витрата повітря дорівнюють

$$Q_{заг} = Q_1 = Q_2 = \dots = Q_i, \quad (1)$$

загальний опір

$$R_{заг} = R_1 + R_2 + \dots + R_i, \quad (2)$$

загальна депресія з'єднання

$$h_{заг} = h_1 + h_2 + \dots + h_i. \quad (3)$$

При паралельному з'єднанні (рис. 1б) загальні витрати повітря дорівнюють

$$Q_{заг} = Q_1 + Q_2 + \dots + Q_i, \quad (4)$$

загальна депресія з'єднання

$$h_{заг} = h_1 = h_2 = \dots = h_i, \quad (5)$$

загальний опір

$$R_{заг} = \frac{1}{\left(\frac{1}{\sqrt{R_1}} + \frac{1}{\sqrt{R_2}} + \dots + \frac{1}{\sqrt{R_i}} \right)} \quad (6)$$

Витрати повітря у виробці j при паралельному з'єднанні i виробок визначається за формулою

$$Q_j = \frac{Q_{заг}}{\left(\frac{R_j}{\sqrt{R_1}} + \frac{R_j}{\sqrt{R_2}} + \dots + \frac{R_j}{\sqrt{R_i}} \right)}. \quad (7)$$

При паралельно-послідовному з'єднанні із чотирьох виробок 0,1,2,3 (рис.1в):

загальна витрата повітря дорівнює

$$Q_{заг} = Q_2 + Q_3 = Q_0 + Q_1 + Q_3, \quad (8)$$

загальна депресія

$$h_{заг} = Q_0^2 \left[R_0 + R_2 \left(1 + \sqrt{\frac{R_0}{R_2}} \right) \right] \quad (9)$$

витрати повітря по виробкам з'єднання

$$Q_{заг} = \frac{1}{1 + \sqrt{\frac{R_0}{R_1}}} \cdot \frac{1}{\sqrt{\frac{R_{01}}{R_3}}}; \quad Q_1 = Q_0 \sqrt{\frac{R_0}{R_1}}; \quad Q_2 = \frac{Q_{заг}}{\sqrt{\frac{R_{012}}{R_3}}}; \quad Q_3 = Q_2 \sqrt{\frac{R_{012}}{R_3}} \quad (10)$$

де R_{012} – загальний опір виробок 0, 1, 2.

При діагональному з'єднанні виробок (рис.1г): загальна депресія поміж точками А та D

$$h_{AD} = h_{AB} + h_{BD} = R_1 Q_1^2 + R_4 Q_4^2 = R_1 Q_1^2 + R_4 (Q_1 + Q_3)^2; \quad (11)$$

$$h_{AD} = h_{AC} + h_{CD} = R_2 Q_2^2 + R_5 Q_5^2 = R_2 Q_2^2 + R_5 (Q_2 + Q_3); \quad (12)$$

загальний аеродинамічний опір поміж точками А та D

$$R_{AD} = \left[R_2 + R_5 \left(1 + \frac{Q_2}{Q_3} \right)^2 \right] / \left(\frac{Q_2}{Q_3} + \frac{Q_4}{Q_3} + 1 \right)^2. \quad (13)$$

Напрямок руху повітря у діагоналі BC при $\frac{R_2}{R_5} > \frac{R_1}{R_4}$ від точки B до точки C, при $\frac{R_2}{R_5} < \frac{R_1}{R_4}$

від точки C до точки B.

Для кожного напрямку депресія окремої вентиляційної дільниці h_{ui} розраховується із застосуванням наступної методики

$$h_{ui} = \sum_{i=1}^n h_{gi} + \sum_{i=1}^m h_{ri} + \sum_{i=1}^p h_{moi} + h_{nm} + \Delta h_{kp} + h_{ep} = R_{ui} \cdot Q_i^2, \quad (14)$$

де h_{gi} - депресія i -тих дільниць вертикальних і похилих стовбурів шахт, Па; h_{mi} - депресія i -тої дільниці горизонтальних, похилих і вертикальних виробок ВМШ по вибраному маршруту, Па; n та m - число послідовно з'єднаних дільниць відповідно в стовбурах і на всіх інших дільницях мережі; h_{moi} - втрата тиску на подолання опору в i -му місцевому опорі, Па; p - число місцевих опорів у мережі виробок у маршруті, що розраховується; h_{nm} - депресія природної тяги на глибині горизонту, що проектується, Па; Δh_{kp} - додаткова витрата тиску в обводнених вентиляційних стовбурах на подолання опору падаючих крапель води, Па; h_{ey} - депресія каналу і самого ВГП, Па; R_{ui} - величина загального аеродинамічного опору вентиляційної дільниці шахти, $\text{H} \cdot \text{с}^2/\text{м}^8$.

Розрахунок депресії на подолання опору вертикальних і похилих стовбурів глибоких шахт необхідно виконувати із застосуванням масових витрат повітря, які не змінюються на окремих дільницях стовбурів

$$\sum_{i=1}^n h_{gi} = \sum_{i=1}^n \left(\frac{\beta_i \cdot \kappa_{ai} \cdot \Pi_i \cdot l_i \cdot M_i^2}{2 \rho_{sep,i} \cdot S_{ei}^3} \right), \quad (15)$$

де $\beta_i = 2\alpha_i/\rho_o$ - безрозмірний коефіцієнт аеродинамічного опору i -ї дільниці стовбура, який має коефіцієнт опору α_i ($\text{H} \cdot \text{с}^2/\text{м}^4$); $\rho_o = 1,2 \text{ кг}/\text{м}^3$ - стандартна густина повітря; $\kappa_{ai} = 0,6 \div 1,0$ - коефіцієнт, що враховує зниження аеродинамічного опору обводнених повітроподаваючих стовбурів залежно від густини зрошення; l_i - довжина i -ї дільниці стовбура, м; Π_i - периметр стовбура для вентиляції з урахуванням його захарашення обладнанням та армуванням, м; M_i - масові витрати повітря на i -й дільниці стовбура, $\text{кг}/\text{с}$; $\rho_{sep,i}$ - середня густина повітря на i -й дільниці стовбура, $\text{кг}/\text{м}^3$; S_{ei} - площа поперечного перетину стовбура для вентиляції з урахування її захарашення армуванням, м^2 .

Значення коефіцієнтів аеродинамічного опору α для закріплених бетоном стовбурів приймаються з довідкової літератури [1,2]

Розрахунок депресії на подолання опору тертя всіх послідовно з'єднаних горизонтальних, похилих і вертикальних дільниць ШВМ на вибраному маршруті здійснюється за формулою

$$\sum_{i=1}^m h_{ri} = \sum_{i=1}^m \left(\frac{\alpha_i \cdot C_{ai} \cdot \Pi_i \cdot l_i \cdot Q_{pi}^2}{S_{ei}^3} \right), \quad (16)$$

де $C_{ai} = 1,26 - 1,38$ - коефіцієнт старіння i -тої виробки для вентиляційних горизонтів з дерев'яним і металевим кріпленням; $Q_{p,i}$ - прийняті до розрахунків об'ємні витрати повітря на i -й дільниці виробки, $\text{м}^3/\text{с}$.

У тих випадках, коли початкові витрати повітря $Q_{n,i}$, за рахунок змінення густини повітря значно відрізняються від кінцевого $Q_{k,i}$, за $Q_{p,i}$ необхідно приймати його середньо геометричне значення

$$Q_{pi} = \sqrt{Q_{ni} \cdot Q_{k,i}}, \quad (17)$$

Уся гірничотехнічна інформація, аеродинамічні параметри й результати розрахунків аеродинамічного складу і депресії кожної виробки, що розраховуються в проекті маршруту, наводяться в довідковій літературі [1,2].

При спрощених розрахунках депресії неглибоких шахт сумарна депресія на подолання місцевих опорів всієї вентиляційної ділянки в проектах вентиляції підраховується як частина сумарних витрат тиску на подолання опору тертя для цього маршруту

$$\sum_{i=1}^p h_{moi} = K_{mo} \left(\sum_{i=1}^n h_{ei} + \sum_{i=1}^m h_{zi} \right), \quad (18)$$

де $K_{mo}=0,15 \div 0,25$ – коефіцієнт, що враховує втрату тиску в місцевих опорах вентиляційної ділянки шахти.

Така спрощена методика визначення депресії місцевих опорів призводить до великих похибок, тому при проектуванні вентиляції глибоких шахт сумарна депресія місцевих опорів кожного вентиляційного маршруту шахти визначається за наступною формулою

$$\sum_{i=1}^p h_{moi} = \sum_{i=1}^p \left(\xi_{ui} \cdot \rho_{сепi} \cdot \frac{V_{сепi}^2}{2} \right), \quad (19)$$

де ξ_{ui} – коефіцієнт i -х місцевих опорів з урахуванням шорсткості виробок або повітропроводів, значення яких приймається за даними довідкових джерел [1,2]; $V_{сепi}$ – середня швидкість повітряного струменя до або після i -го місцевого опору, м/с.

Для більш поширених в ШВМ місцевих опорів коефіцієнтів $\xi_{ш}$ мають такі діапазони значень для:

- раптового розширення струменя при $S_1/S_2=1 \div 0$ $\xi_{ш}=0 \div 1$;
- раптового звуження струменя при $S_1/S_2=1 \div 0,1$ $\xi_{ш}=0 \div 0,45$;
- повороту струменя з його одночасним звуженням при $S_1/S_2=0,2 \div 1$ $\xi_{ш}=0,46 \div 1,04$;
- повороту струменя із каналу вентилятора в стовбур при $S_1/S_2 = 1 \div 4$ $\xi_{ш}=1,03 \div 16,7$.

Величину природної теплової тяги h_{nm} в проектах вентиляції шахти розраховують для теплового періоду року, коли вона протидіє роботі ВГП, за формулою

$$h_{nm} = H \cdot q(\rho_{сеп1} - \rho_{сеп2}), \quad (20)$$

де H – глибина розташування основного експлуатаційного горизонту від рівня денної поверхні, м; $\rho_{сеп1}$, $\rho_{сеп2}$ – середня густина повітря відповідно в повітроподавальному і повітровидавальному стовбурах шахти, що проектується, кг/м³, значення яких визначаються за залежностями

$$\rho_{сеп1} = 0,2275 \cdot \left(\frac{P_1}{T_1} + \frac{P_2}{T_2} \right), \rho_{сеп2} = 0,2275 \cdot \left(\frac{P_3}{T_3} + \frac{P_4}{T_4} \right), \quad (21)$$

де P_1 , P_2 – аеростатичний тиск відповідно на денній поверхні і у виробці біля стовбура основного експлуатаційного горизонту, мм рт.ст.; P_3 , P_4 – аеростатичний тиск відповідно у вентиляційному квершлагу повітровидавального стовбура і в каналі ВГП, мм рт.ст.; T_1 , T_2 – абсолютна температура повітря, що відповідно надходить в стовбур самого теплового періоду року і у виробках біля стовбура на глибині основного горизонту, °К, T_3 , T_4 – абсолютна температура відповідно у вентиляційному квершлагу біля вентиляційного стовбура і в каналі ВГП, °К.

Аеростатичний тиск у вузлах 2, 3 і 4 визначаються відповідно за формулами

$$P_{2,3,4} = P_1 + 0,1H \pm P_{a-2,3,4}, \quad (22)$$

де P_{a-2} , P_{a-3} , P_{a-4} – аеростатичний тиск у вузлах ШВМ, створюваний відповідно при роботі ВГП на нагнітання чи всмоктування, мм рт.ст.

Абсолютна температура повітря у вузлах 2, 3 і 4 визначається відповідно за формулами, °К

$$T_2 = T_{p,ш} + \Gamma \cdot H - 0,002H \quad (23)$$

$$T_3 = T_{p,ш} + \Gamma \cdot H \pm 0,002(1-3) \quad (24)$$

$$T_4 = T_{p,ш} + \Gamma \cdot H - 0,006H, \quad (25)$$

де $T_{п,ш}$ – абсолютна температура порід «нейтрального шару», °К; Γ – геотермічний градієнт, °С/м;

Величину додаткової витрати тиску на подолання опору падаючих крапель води у повітровидавальному стовбурі можливо визначити за формулою, Па

$$\Delta h_{кр} = 3,88 \cdot 10^{-3} \cdot \rho_{сеп} \cdot \delta_{сп} \cdot H_{ст} \cdot \frac{V_{к.о}^2}{d_{кр}}, \quad (26)$$

де $\delta_{зр}$ - густина зрошення в стовбурі, що враховує притоки води і масу сконденсованої вологи, кг/кг; приймається за гідрогеологічними даними шахти, що проектується (для умов шахт Кривбасу $\delta_{зр}=0,0014-0,0145$ кг води на 1 кг повітря); $H_{ст}$ - глибина стовбура від рівня вентиляційного горизонту до каналу ВГП, м; $V_{кo}=V_{кy}-V_{ст}$ - відносна швидкість руху крапель в стовбурі, м/с; $V_{кy}$ - кінцева швидкість руху крапель в усталеному режимі, м/с; $V_{ст}$ - середня швидкість повітряного струменя в стовбурі, м/с; $d_{кр}=(0,25\div 3,0)\cdot 10^{-3}$ - середній діаметр крапель води в стовбурі, м.

Депресія каналу ВГП визначається за формулою (16).

У проектах вентиляції при необхідності вибору для установки нового ВГП розрахунки депресії виконуються не тільки на час розробки основного експлуатаційного горизонту, а на весь можливий період роботи нового вентилятора протягом наступних 20-25 років. При розробці рудних покладів крутого падіння за цей термін роботи глибина гірничих робіт збільшиться на 300-400 м, що призведе до збільшення глибини стовбурів, довжини квершлагів і підвищення аеродинамічного опору й депресії окремих вентиляційних ділянок шахти.

Проектна величина максимальної депресії $h_{и.маx}$ для самого нижнього робочого горизонту за весь термін роботи ВГП для окремих вентиляційних ділянок визначається з аналогічної формули

$$h_{и.маx} = \sum_{i=1}^n h_{ei.маx} + \sum_{i=1}^n h_{ci.маx} + \sum_{i=1}^m h_{moi.маx} + h_{нт.маx} + \Delta h_{кр.маx} + h_{ey} = R_{и.маx} Q_{в}^2, \quad (27)$$

де $\sum_{i=1}^n h_{ei.маx}$, $\sum_{i=1}^n h_{ci.маx}$, $h_{нт.маx}$ - сумарні максимальні значення депресій вертикальних, похилих стовбурів, горизонтальних виробок, природної тяги і депресії на подолання опору падаючих крапель води за рахунок збільшення глибини стовбурів і довжини квершлагів, Па; $R_{и.маx}$ - максимальна величина аеродинамічного опору окремих вентиляційних ділянок шахти.

Висновки. Розрахунок депресії на подолання опору вертикальних і похилих стовбурів виконується із застосуванням масових витрат повітря, які не змінюються на окремих ділянках стовбурів та з урахуванням коефіцієнтів аеродинамічного опору β для закріплених різними видами кріплень.

У проектах вентиляції при необхідності вибору нового ВГП розрахунки депресії виконуються не тільки на час розробки основного експлуатаційного горизонту, а на весь можливий період роботи нового вентилятора протягом наступних 20-25 років.

Список літератури

1. Руководство по проектированию вентиляции, расчету и контролю вентиляционных параметров проектируемых и действующих шахт Кривбасса. Под ред. Ошмянского И.Б.

2. Настапова з проектування вентиляції рудних шахт. – Кривий Ріг: Криворізький Національний Університет, 2011, - 110с.

Рукопис подано до редакції 01.03.12

УДК 622.5:556.33(013)

Т. И. ПЕРКОВА, Д. В. РУДАКОВ, д-р техн. наук, проф.
ГВУЗ «Национальный горный университет»

РАЗРАБОТКА И ИДЕНТИФИКАЦИЯ МОДЕЛИ ПОДЗЕМНОЙ МИГРАЦИИ МИНЕРАЛИЗОВАННЫХ ШАХТНЫХ ВОД В ЗОНЕ РАСПОЛОЖЕНИЯ ВОДОУСТОЙНИКОВ ЦЕНТРАЛЬНОГО КРИВБАССА

Разработана численная модель фильтрации и массопереноса в слоистой толще пород в зоне влияния водоотстойников Южного и Новокриворожского горно-обогатительных комбинатов. Проведена идентификация параметров модели и оценена зона миграции минерализованных шахтных вод в неогеновом водоносном горизонте. Результаты хорошо согласуются с данными гидрогеологического мониторинга в период с начала эксплуатации водоотстойников до настоящего времени.

Введение. Деятельность горнодобывающих предприятий Кривбасса привела к масштабным изменениям уровня и гидрогеохимического режима подземных вод. Добыча полезных ископаемых в Криворожском железорудном бассейне сопровождается интенсивным водоотливом рудничных вод различной минерализации с последующей их локализацией в хвостохранилищах, построенных в глубоких эрозионных врезках, часто без устройства противофильтрации-