

УДК 622.451.012.2: 004.04

Т.В. Бунько, д-р техн. наук, ст. наук. співр.,
І.Є. Кокоулін, канд. техн. наук, ст. наук. співр.,
М.М. Дуднік, магістр
В.М. Веретенник, магістр
(ІГТМ НАН України)

**РОЗРОБКА МЕТОДІВ І ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ АВТОМАТИЗОВАНОГО
ЗБИРАННЯ І ОБРОБКИ ДАНИХ ПРО СТАН ШАХТНИХ
ВЕНТИЛЯЦІЙНИХ МЕРЕЖ**

Т.В. Бунько, д-р техн. наук, ст. научн. сотр.,
И.Е. Кокоулин, канд. техн. наук, ст. научн. сотр.,
М.Н. Дудник, магистр
В.Н. Веретенник, магистр
(ИГТМ НАН Украины)

**РАЗРАБОТКА МЕТОДОВ И ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ
АВТОМАТИЗИРОВАННОГО СБОРА И ОБРАБОТКИ ДАННЫХ
О СОСТОЯНИИ ШАХТНЫХ ВЕНТИЛЯЦИОННЫХ СИСТЕМ**

T.V. Bunko, D.Sc.(Tech.), Senior Researcher,
I. Ye. Kokoulin, Ph.D. (Tech.), Senior Researcher,
M.N. Dudnik, Master of Science,
V.N. Veretennik, Master of Science
(IGTM NAS of Ukraine)

**METHODS AND HARDWARE FOR AUTOMATED
COLLECTION AND PROCESSING OF DATA ON THE STATE OF MINE
VENTILATION SYSTEMS**

Анотація. В статті констатовано, що основною характеристикою виробок шахтної вентиляційної мережі, знання якої дозволяє сформуванати хай неточну, але з достатнім ступенем точності відповідну реальній мережі математичну модель, є кількість повітря в них. Надалі математична модель підлягає актуалізації з метою підвищення ефективності рішень по вдосконаленню провітрювання шахти, які вироблюються. Проте вживані для цих цілей методи (коротка характеристика двох з них, розроблених в ІГТМ НАН України, приведена в статті) вимагають високої оперативності і точності актуалізації інформації для проведення вентиляційних розрахунків, що, в свою чергу, обумовлює необхідність використання вимірювальних приладів сучасного технічного рівня. Один з них, переносний анемометр АПР-2, розроблений в ІГТМ НАН України, описаний у статті.

Ключові слова: аеродинамічні параметри, витрата повітря, виміри, аеродинамічний перетворювач, структурна і параметрична ідентифікація.

Кількість повітря у виробці є єдиним параметром, який характеризує ефективність системи вентиляції з точки зору її основного призначення – створення у підземних виробках нормальних атмосферних і кліматичних умов. Дані про кількість повітря є для більшості виробок шахтної мережі, і їх постійно уточнюють. Втрати депресії характеризують економічну ефективність системи вентиляції.

На діючих шахтах звичайно відомі сумарні втрати депресії на головних вентиляційних установках, які разом з кількістю повітря визначають режим роботи вентиляторів і кількість електроенергії, яка витрачається.

Таким чином, можна вважати, що найбільш надійною інформацією, яка постійно контролюється і уточнюється, для діючих шахт є топологія вентиляційної мережі, кількість повітря у виробках і режими роботи вентиляторів головного провітрювання. Цієї інформації недостатньо для однозначного розподілу депресій по мережі і, отже, визначення аеродинамічних опорів усіх її гілок, але з її використанням можна, використавши метод невизначених параметрів, отримати якусь наближену математичну модель мережі, тотожну по топології, подібну по потоках і енергетично еквівалентну реальній мережі. Таким чином і поступають у нинішній час всі гірничі підприємства України.

Загальноприйнятим нині методом отримання інформації при аеродинамічному стані шахтної вентиляційної мережі (ШВМ) у нинішній час є повітряно-депресійні зйомки (ПДЗ) всієї ШВМ. У ході їх проводяться виміри аеродинамічних параметрів у максимальній кількості доступних для контролю точок ШВМ. У подальшому ця інформація коригується, обробляється на ПЕОМ і використовується дільницями вентиляції і техніки безпеки (ВТБ) під час вирішення задач по вдосконаленню вентиляції шахт. Хоча цей метод і є універсальним і дає найбільш наближені до реальних умов результати, однак він є досить праце- і часомістким, і вимушено використовується рідко (у середньому один раз на три роки). У період між ПДЗ дільниця ВТБ проводить регулярно часткові анемометричні зйомки у ділянках ШВС, які найбільш динамічно змінюються. За результатами цих зйомок результати основних ПДЗ актуалізуються, за рахунок чого підтримується реальна у часі інформація про аеродинамічний стан ШВМ.

Технічних засобів виміру кількості повітря існує багато. Більшість із нинішніх є переносними, мають добрі технічні характеристики, нескладні у експлуатації і успішно використовуються на шахтах. Найбільш досконалим з них є розроблений у ІГТМ НАН України прилад АПР-2.

Анемометр переносний АПР-2 призначений для вимірювань середньої швидкості і визначення кількості повітря в гірничих виробках шахт і копалень всіх категорій, газопроводах, тунелях метрополітенів, системах контролю вентиляції промислових підприємств і підприємств атомної енергетики.

Робота анемометра заснована на тахометричному принципі перетворення швидкості повітряного потоку в частоту електричного сигналу за допомогою металевої крильчатки, кутова швидкість обертання якої пропорційна швидкості

набігаючого повітряного потоку. Тривалість одного вимірювання може бути довільною від 1 до 999 с.

Анемометр дозволяє обчислювати об'ємну витрату повітряного потоку для трьох загальноприйнятих основних способів визначення середньої швидкості руху потоку, при яких враховується вплив положення місця виміру результат.

З 2013 року в анемометрі АПР-2, після проведених чергових Державних контрольних випробувань, розширений діапазон вимірювань до 0,15 м/с, триразово підвищена точність вимірювань малих швидкостей, а також додана функція вимірювання витрати повітряного потоку (кількості повітря). Значення витрати в ньому визначається з урахуванням вимірної середньозваженої швидкості повітряного потоку, способу обводу замірного перетину виробки і введеного значення її площі. У нормативних документах приведені повні нормовані характеристики і нова функція визначення витрати повітряного потоку.

Розроблено функціональну схему, схему електричну принципову, алгоритм і програму, а також виготовлено експериментальний зразок комбінованого засобу вимірювань швидкості руху повітря та перепаду (різниці) його тиску на перепонах та повздовж гірничих виробок для ПДЗ шахт.

Схемотехніка експериментального зразка виконана з урахуванням вимог до вибухозахищеного устаткування Правил безпеки у вугільних шахтах [1] ДНАОП 1.1.30-1.01-00 и ГОСТ 22782.5-78 «Електроустаткування вибухозахищеного с видом вибухозахисту «Іскробезпечне коло». Технічні вимоги і методи випробувань».

Для метрологічного забезпечення створеного експериментального зразка комбінованого засобу вимірювань було удосконалено розроблений і виготовлений ІГТМ та атестований Держстандартом України робочий еталон малих швидкостей (до 1,2 м/с) повітряного потоку РЭСВП-1. Розроблено, виготовлено і підготовлено до державної метрологічної атестації робочий еталон тиску МКВ-600.

Для вивчення перехідних характеристик тахометричних перетворювачів типу АПР-2 у діапазоні швидкостей нижче порогу їх чутливості розроблено і виготовлено мікропроцесорний засіб (ИПХ). Виготовлено новий змінний первинний перетворювач на діапазон від 0,1 до 1,2 м/с з відносною похибкою вимірів не більше 5%, який може працювати у складі розробленого та серійно вироблюваного ІГТМ анемометра АПР-2, що є основним засобом контролю вентиляції на шахтах України, Росії, Білорусі та Казахстану.

Проведено лабораторні дослідження експериментального зразка комбінованого приладу, у результаті яких отримано характеристики які відповідають сучасним вимогам та потребам гірничої аерології:

1) діапазон вимірів швидкості повітряного потоку від 0,1 м/с до 20,0 м/с, що забезпечується двома первинними перетворювачами, які працюють у піддіапазонах від 0,1 до 1,2 м/с і від 0,2 до 20,0 м/с із відносною похибкою вимірів не більше 5%;

2) діапазон вимірів диференціальних тисків від 0,1 до 600,0 мм вод. ст. (від 1 до 6000 Па) з абсолютною похибкою у піддіапазоні 0,1 - 250 мм вод. ст. не більше 0,2 мм вод. ст., у піддіапазоні 250 - 600 мм вод. ст. не більше 1 мм вод. ст.

Розроблений комбінований портативний засіб вимірювання параметрів атмосфери відповідає кращим світовим зразкам приладів для вимірювання окремих параметрів шахтної атмосфери.

Отримані і актуалізовані дані про аеродинамічний стан ШВМ дозволяють знизити інтервал між черговими етапами вирішення досить складних задач по керуванню вентиляцією, які потребують максимально достовірної і оперативної інформації про стан провітрювання.

Однією з таких задач, яка була поставлена і вирішена у ІГТМ НАН України, є задача структурної ідентифікації ШВМ з невизначеними зонами [2], яка полягає у встановленні відповідності між елементами реальної вентиляційної системи шахти та її математичної моделі (ММ) шляхом виявлення основних аеродинамічних зв'язків між її елементами та визначенні множини основних і додаткових споживачів повітря.

Метод розв'язання задачі структурної ідентифікації для випадку ШВС з невизначеною структурою є таким.

1. Задана початкова мережа $G_u(X_u, U_u)$. На множині гілок U_m модельованого графа виділяється постійна частина U_{const} , тобто гілки, які відображаються у ММ ШВС без зміни структури і аеродинамічних параметрів. Для цього використовуються критерії структурної подібності.

2. У модельованій мережі головний маршрут від об'єкту провітрювання до ВГП і вузлів поверхні повинен співпадати з маршрутом в початковій мережі, для цього використовується критерій функціональної подібності; таким чином виявляються основні аеродинамічні зв'язки об'єктів провітрювання з ВГП і вузлами поверхні.

3. Частина мережі, яка залишилася (зони невизначеності), буде відображена в ММ топологічною структурою $M_k(X_k^M, U_k^M)$. При формуванні цих структур нові вузли у множині U_m не включаються.

4. Результати виміру повітря і депресій (викладення методів і технічних засобів виміру депресії гірничих виробок не входило до мети цієї публікації) наносяться на моделюючий граф $G_m(X_m, U_m)$. У моделюючому графі визначаються вузли з порушенням першого закону мереж таким чином:

$$\Delta q_i = \sum_{(i,j) \in U_l} \text{sign}(Q(i,j)) |Q(i,j)|, \quad l = 1, n, \quad |\Delta q_i| \geq \xi, \quad i = 1, n',$$

де Δq_i – нев'язка витрат повітря в i -тому вузлі; ξ – необхідна точність моделювання повітродозподілу в i -тому вузлі; n' – кількість вузлів з порушенням першого закону мереж.

5. Визначається множина гілок (i,j) , які моделюють невизначену частину мережі топологічною структурою $M_k(X^M_k, U^M_k)$. Для цього виконуються операції порівняння

$$1) \Delta q_i > 0, \quad 2) \Delta q_j < 0, \quad 3) |\Delta q_i| = |\Delta q_j|.$$

Якщо виконуються всі три умови, то гілка (i,j) вміщується у множину гілок U_m моделюючого графа.

6. Визначається значення $\max\{ad G_m\}$ критерію адекватності, в якості якого може бути прийнята максимальна нев'язка витрат повітря у вузлах модельованої мережі:

$$\max \left| \sum_{(i,j) \in U_l} \text{sign}(Q(i,j)) |Q(i,j)| \right| \leq \xi, \quad l = 1, n,$$

Таким чином, задача структурної ідентифікації полягає в тому, щоб максимальне відхилення в будь-якому з вузлів реальної і модельованої мереж, не перевищувало значення критерію адекватності, пов'язаного з вимірюваннями витрат повітря за умови $\min \{dim G_m\}$ - мінімізації критеріїв розмірності та перетворення мережі.

Результати вимірів повітря ефективно використовуються і при реалізації фрагментів іншої розробки ІГТМ НАН України - задачі параметричної ідентифікації ШВМ з невизначеними аеродинамічними параметрами [4], яка полягає в оцінці вірогідності значень витрат повітря на всіх ділянках мережі та тиску у всіх вузлах мережі на підставі зміни тільки деяких із цих змінних. У результаті вирішення задачі за розрахунковими або експериментальними даними визначаються значення аеродинамічних опорів, розподілу депресій і витрат повітря у всіх виробках ШВМ, що задовольняють мережним законам.

Математична постановка задачі ідентифікації аеродинамічних параметрів ШВМ полягає у мінімізації функціонала:

$$F = \sum_{(i,j) \in U} \left[\frac{1}{(\delta_{(j,j)}^q)^2} (Q(i,j) - Q^*(i,j))^2 + \frac{1}{(\delta_{(j,j)}^h)^2} (H(i,j) - H^*(i,j))^2 \right] \rightarrow \min \quad (1)$$

при обмеженнях:

$$\sum_{(i,j) \in U_l} \text{sign}(Q(i,j)) |Q(i,j)| = 0, \quad l = 1, m, \quad (2)$$

$$\sum_{(i,j) \in U_\mu} (\text{sign}(Q(i,j)) R(i,j) Q^2(i,j) \pm h_e) - \sum_{(i,j) \in (U_\mu \cap U_b)} H(i,j) = 0, \quad \mu = 1, n - m + 1, \quad (3)$$

$$H(i,j) = a(i,j) - b(i,j) Q^2(i,j), \quad (i,j) \in U_b, \quad (4)$$

$$H(i, j) \leq H_{\text{норм}}, \quad (i, j) \in U_b, \quad (5)$$

$$R(i, j) = \frac{\alpha(i, j)L(i, j)P(i, j)}{S^{2,5}(i, j)}, \quad (i, j) \in U_x, \quad (6)$$

$$Q(i, j) = S(i, j)V(i, j), \quad (i, j) \in U \setminus U_b, \quad (7)$$

$$V^{\min}(i, j) \leq V(i, j) \leq V^{\max}(i, j), \quad (i, j) \in U \setminus U_b, \quad (8)$$

$$R^{\min}(i, j) \leq R(i, j) \leq R^{\max}(i, j), \quad (i, j) \in U \setminus U_b, \quad (9)$$

$$Q^{\min}(i, j) \leq Q(i, j) \leq Q^{\max}(i, j), \quad (i, j) \in U \setminus U_b, \quad (10)$$

$$H^{\min}(i, j) \leq H(i, j) \leq H^{\max}(i, j), \quad (i, j) \in U \setminus U_b, \quad (11)$$

де U_l - множина гілок, інцидентних l -тому вузлу; U_μ - множина гілок, що належать μ -тому незалежному контуру; U_b - множина гілок, що відображають ВГП; h_e - величина природної тяги, що діє в μ -тому незалежному контурі; $L(i, j)$, - довжина виробки, м; $S(i, j)$, $S^{\min}(i, j)$, $S^{\max}(i, j)$ - відповідно площа поперечного перетину виробки, його мінімально і максимально припустимі значення, м^2 ; $Q(i, j)$, $Q^{\min}(i, j)$, $Q^{\max}(i, j)$ - відповідно витрата повітря у виробці, її мінімально і максимально припустимі значення, $\text{м}^3/\text{з}$; $H(i, j)$, $H^{\min}(i, j)$, $H^{\max}(i, j)$ - відповідно депресія виробки, її мінімально і максимально припустимі значення, Па; $H_{\text{норм}}$ - обмеження на величину загальношахтної депресії, Па; $V(i, j)$, $V^{\min}(i, j)$, $V^{\max}(i, j)$ - відповідно швидкість руху повітря у виробці, її мінімально і максимально припустимі значення, м/с; $R(i, j)$, $R^{\min}(i, j)$, $R^{\max}(i, j)$ - відповідно аеродинамічний опір виробки, його мінімально і максимально припустимі значення, одиниць СІ; α - коефіцієнт аеродинамічного опору виробки; $\delta^q(i, j)$, $\delta^h(i, j)$ - відповідно значення вірогідності завдання величин $Q(i, j)$, $H(i, j)$ у виробці; $a(i, j)$ $b(i, j)$ - коефіцієнти апроксимації характеристик ВГП, $Q^*(i, j)$, $H^*(i, j)$ - вимірювані значення витрат повітря і депресій гірничих виробок відповідно.

Мінімізація функціонала (1) є завданням нелінійного математичного програмування, при цьому враховуються наступні обмеження у вигляді рівнянь і нерівностей: закони розподілу повітря у ШВМ (2), (3), залежності між аеродинамічним опором виробки, її перетином, довжиною та коефіцієнтом аеродинамічного опору виробки (6), швидкістю руху та витратою повітря у виробці (7); на можливі місця установки регуляторів і на величини їх аеродинамічних опорів, а також гірничих виробок (9); мінімально та максимально припустимі швидкості повітря у виробці (8), витрати повітря (10) і депресії (11); максимально можлива величина загальношахтної депресії (5); рівняння, що апроксимує робочу характеристику ВГП (4).

Дослідження необхідних та достатніх умов існування мінімуму функціонала (1) при обмеженнях (2) і (3) показало, що функція цілі (1) є опуклою, тому що являє собою суму опуклих функцій виду

$$\frac{1}{(\delta_{(j,j)}^q)^2} (Q(i,j) - Q^*(i,j))^2 \text{ і } \frac{1}{(\delta_{(j,j)}^h)^2} (H(i,j) - H^*(i,j))^2,$$

тобто функція має єдиний екстремум.

Постановка задачі ідентифікації аеродинамічних параметрів ШВМ в умовах неповної та недостатньо достовірної інформації повинна бути доповнена двосторонніми обмеженнями на змінні (8) – (11). У цьому випадку передбачається, що за розрахунковими формулами і експериментальними залежностями зміни аеродинамічного опору можна одержати оцінку верхньої та нижньої межі зміни аеродинамічних параметрів ШВМ.

У постановці задачі вперше враховується $P(i,j)$ -якісна характеристика стану виробки. Для цього множина виробок розбивається на 3 групи залежно від стану виробки: I- добре (виробки без істотної деформації); II- задовільне (виробки з частково деформованим кріпленням); III- погане (аварійно деформовані виробки, або зі значною кількістю породи та устаткування). Кількісна оцінка аеродинамічного опору цих виробок визначається за формулою (6).

Для розв'язання задачі ідентифікації аеродинамічних параметрів ШВМ в умовах неповної та недостатньо достовірної інформації пропонується використовувати метод множників Лагранжа. При цьому завдання оптимізації з обмеженнями перетвориться в еквівалентне завдання безумовної оптимізації, у якій фігурують деякі невідомі параметри (множники Лагранжа). У загальному вигляді задача мінімізації функцій N змінних $F(x_1, x_2, x_3, \dots, x_n) \rightarrow \min$ з урахуванням обмежень у вигляді рівності $h(x_1, x_2, x_3, \dots, x_n) = 0$ перетвориться на задачу безумовної оптимізації $L(x;\lambda) = f(x) - \lambda h(x) \rightarrow \min$, де $L(x;\lambda)$ - функція Лагранжа, λ - множник Лагранжа.

Основними етапами методу ідентифікації невизначених аеродинамічних параметрів ШВС є наступні:

1. Розв'язується задача структурної ідентифікації ШВМ із невизначеною топологією та виконуються діакоптичні перетворення мережі.

2. У гілках моделюючої ШВМ діакоптичною процедурою визначаються витрати повітря, які мінімізують функціонал (1) при виконанні обмежень (2), (8) - (11):

$$Q(i,j) = Q^*(i,j) - \frac{(\delta^q(i,j))^2}{2} \sum_{l=1}^m \text{sign}(\lambda_l) |\lambda_l|,$$

3. Отримане рішення використовується під час мінімізації функціонала (1) при обмеженнях (3), (8) - (11).

$$R(i, j) = R^*(i, j) - \frac{(\delta^h(i, j))^2 Q^2(i, j)}{2} \sum_{l=1}^{n-m+1} \text{sign}(\lambda_l) |\lambda_l|,$$

4. За отриманими у результаті реалізації етапів 2 і 3 витратами повітря і значенням депресій у гілках ШВМ обчислюються їхні аеродинамічні опори.

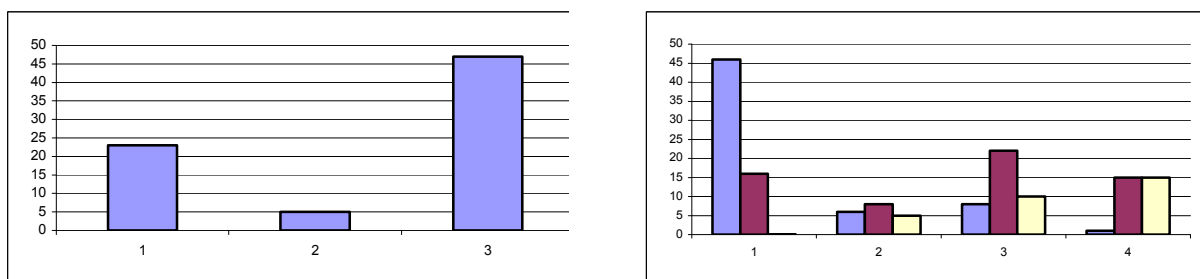
5. Виконується розрахунок природного повітродозподілу (контроль виконання обмежень (2) і (3)).

$$\begin{cases} R^{\min}(i, j) = R(i, j), \text{ якщо } R(i, j) < R^{\min}(i, j) \\ R(i, j) = R^{\max}(i, j), \text{ якщо } R(i, j) > R^{\max}(i, j), \end{cases} \quad (i, j) \in U \setminus U_b$$

6. Визначаються чисельні значення критеріїв адекватності (табл. 1) реальної ШВМ і ШВМ, яка моделюється.

7. Робиться висновок про коректність отриманого рішення задачі ідентифікації аеродинамічних параметрів ШВМ.

На рис. 1 наведено приклад рішення задачі структурної та параметричної ідентифікації ШВМ із невизначеною топологією розмірністю 348 гілок.



а)

б)

а) структурна та функціональна подібність ШВМ; б) параметрична ідентифікація ШВМ.
Рисунок 1 – Результати вирішення задач ідентифікації

За результатами рішення задачі було визначено PR - функціональне призначення гілок, відображене по осі абсцис (рис. 1а): $PR=1$ - виробки, які підтримуються, $PR=2$ – витоки повітря; $PR=3$ – гілки, умовно послідовні відособленим об'єктам провітрювання. У ШВМ було виконано 62 виміри, за результатами яких були визначені витрати повітря у 56 гілках. Усі результати були поділені на категорії за відхиленнями вимірної та розрахованої кількості повітря: менш ніж 5%, у діапазоні 5-10%, більш ніж 10%. Результати автоматизованої (1 стовпчик) та ручної (2 стовпчик) обробки даних наведені на рис. 1б; 3 стовпчик – відхилення витрат повітря.

Запропонований метод знайшов застосування при розрахунках складних багатовентиляторних систем сучасних вугільних шахт, де в період між проведеннями ПДЗ працездатним є одержання достовірних значень аеродинамічних параметрів ряду ділянок ШВМ з необхідним ступенем вірогідності, та розроблено

методичний документ «Методичні вказівки щодо аналізу стану вентиляційних систем діючих шахт».

Таким чином, використання нових методів і засобів виміру і обробки аеродинамічних параметрів ШВМ дозволяє забезпечити більш ефективне і оперативне використання складних сучасних методів вентиляційних розрахунків і, тим самим, - підвищити їх ефективність.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. НПАОП 10.0-1.01-10 Правила безпеки у вугільних шахтах: затв. наказом Державного комітету України з промислової безпеки, охорони праці та гірничого нагляду 22.03.2010 № 62. – Київ: 2010 – 2154 (Нормативний документ Мінвуглепрому України).

2. Бунько, Т.В. Основные положения структурной идентификации вентиляционной сети и ее применение при анализе вентиляции шахты им. А.Ф. Засядько / Т.В. Бунько // Геотехническая механика: межвед. сб. научных трудов. – Днепропетровск, 2002.- вып.35.- С. 122-128.

3. Бунько, Т.В. Метод идентификации вентиляционных сетей с неопределенными аэродинамическими параметрами / Т.В. Бунько // Геотехническая механика: межвед. сб. научных трудов. – Днепропетровск, 2005.- вып.57.- С. 233-238.

REFERENCES

1. State committee of Ukraine on industrial safety, labour protection and mining supervision (2010), *NPAOP 10.0-1.01-10: Pravila bezpeki u vugilnirh shakhtakh* [NPAOP 10.0-1.01-10 Rules of safety in coal mines], Kiev, Ukraine

2. Bunko, T.V. (2002), «Main positions of structural authentication of ventilation network and its application at the analysis of ventilation of A.F. Zasyadko mine», *Geo-Technical Mechanics*, no. 35, pp. 122-128.

3. Bunko, T.V.(2005) «Метод authentications of ventilation networks with indefinite aerodynamic parameters», *Geo-Technical Mechanics*, no. 57, pp 233-238

Об авторах

Бунько Тетяна Вікторівна, доктор технічних наук,старший науковий співробітник, старший науковий співробітник у відділі проблем розробки родовищ на великих глибинах Інституту геотехнічної механіки ім. М.С. Полякова Національної академії наук України (ІГТМ НАН України), Дніпропетровськ, Україна, bunko2007@mail.ru

Кокоулін Іван Євгенович, кандидат технічних наук,старший науковий співробітник, старший науковий співробітник у відділі проблем розробки родовищ на великих глибинах Інституту геотехнічної механіки ім. М.С. Полякова Національної академії наук України (ІГТМ НАН України), Дніпропетровськ, Україна, bunko2007@mail.ru

Дуднік Михайл Миколайович, інженер у відділі гірничої термоаеродинаміки і автоматизованих систем Інституту геотехнічної механіки ім. М.С. Полякова Національної академії наук України (ІГТМ НАН України), Дніпропетровськ, Україна,

Веретеннік Віктор Миколайович, інженер у відділі гірничої термоаеродинаміки і автоматизованих систем Інституту геотехнічної механіки ім. М.С. Полякова Національної академії наук України (ІГТМ НАН України), Дніпропетровськ, Україна,

About the authors

Bunko Tatyana Viktorovna, Doctor of Technical Sciences (D.Sc), Senior Researcher, Senior Researcher in the Department of Mineral Mining at Great Depths N.S. Polyakov Institute of Geotechnical Mechanics under the National Academy of Sciences of Ukraine (IGTM NASU), Dnepropetrovsk, Ukraine, bunko2007@mail.ru

Kokoulin Ivan Yevgenyevich, Candidate of Technical Sciences (Ph.D.), Senior Researcher, Senior Researcher in the Department of Mineral Mining at Great Depths N.S. Polyakov Institute of Geotechnical Mechanics under the National Academy of Sciences of Ukraine (IGTM NASU), Dnepropetrovsk, Ukraine, bunko2007@mail.ru

Dudnik Michail Nikolayevich, ingeneer in the Department of Rock Thermoatrodynamics and Automated Systems N.S. Polyakov Institute of Geotechnical Mechanics under the National Academy of Sciences of Ukraine (IGTM NASU), Dnepropetrovsk, Ukraine,

Veretennik Victor Nikolayevich, ingeneer in the Department of Rock Thermoatrodynamics and Automated Systems N.S. Polyakov Institutute of Geotechnical Mechanics under the National Academy of Sciences of Ukraine (IGTM NASU), Dnepropetrovsk, Ukraine,

Аннотация. В статье констатировано, что основной характеристикой выработок шахтной вентиляционной сети, знание которой позволяет сформировать пусть неточную, но с достаточной степенью соответствующей реальной сети математическую модель, является расход воздуха в них. В дальнейшем математическая модель подлежит актуализации с целью повышения эффективности принимаемых решений по совершенствованию проветривания шахты. Однако применяемые для этих целей методы (краткая характеристика двух из них, разработанных в ИГТМ НАН Украины, приведена в статье) требуют высокой оперативности и точности актуализации информации для проведения вентиляционных расчетов, что, в свою очередь, обуславливает необходимость использования измерительных приборов современного технического уровня. Один из них, переносной анемометр АПР-2, разработанный в ИГТМ НАН Украины, описан в статье.

Ключевые слова: аэродинамические параметры, расход воздуха, замеры, аэродинамический преобразователь, структурная и параметрическая идентификация.

Abstract. As it is stated in the article, a key characteristic of any ventilation system is debit of air knowing of which helps to create a mathematic model which could more exactly and fully reflect a real state of the ventilation network in the tunnels. The mathematic model should be actualized from time to time in order to increase effectiveness of making decisions on the ventilation network improvement. Methods (two of them designed by the IGTM, NANU, are shortly described in the article) applied for this purpose require fast reactivity and high accuracy of the information actualization which can be ensured only by up-to-date instrumentation. One of such instruments – a portable anemometer APR-2 designed by the IGTM, NANU - is presented in this article.

Keywords: aerodynamic parameters, debit of air, measurements, aerodynamic transformer, structural and parametrical authentication.

*Статья поступила в редакцию 25.08. 2013
Рекомендовано к публикации д-ром техн. наук С.П. Минеевым*