



ДЕРЖАВНА СЛУЖБА  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ  
УКРАЇНИ

УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **101877** (13) **U**  
(51) МПК (2015.01)  
E21F 1/00

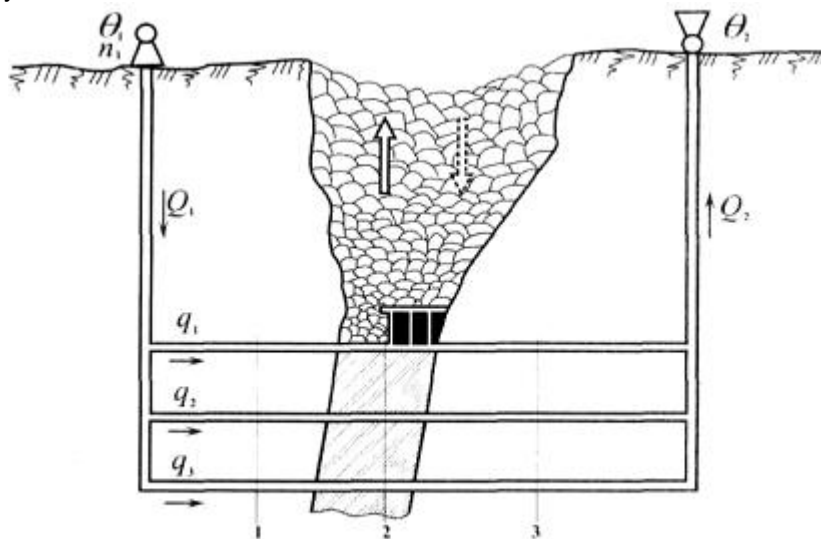
## (12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

(21) Номер заявки: <b>u 2015 01734</b>	(72) Винахідник(и): <b>Євстратенко Лілія Ігорівна (UA), Юрченко Аннета Анатоліївна (UA), Литвиненко Анатолій Арсентійович (UA)</b>
(22) Дата подання заявки: <b>27.02.2015</b>	(73) Власник(и): <b>ДЕРЖАВНИЙ ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД "НАЦІОНАЛЬНИЙ ГІРНИЧИЙ УНІВЕРСИТЕТ", пр. К. Маркса, 19, м. Дніпропетровськ, 49000 (UA)</b>
(24) Дата, з якої є чинними права на корисну модель: <b>12.10.2015</b>	
(46) Публікація відомостей про видачу патенту: <b>12.10.2015, Бюл.№ 19</b>	

## (54) КОМБІНОВАНИЙ СПОСІБ ПРОВІТРЮВАННЯ ШАХТ

### (57) Реферат:

Комбінований спосіб провітрювання шахт включає визначення діапазону зміни режимів роботи вентиляторів головного провітрювання. Попередньо встановлюють режими роботи кожного вентилятора, контролюють фактичні витрати повітря по кожному підземному споживачу та витoki повітря через зону обвалення, а за даними контролю для кожного режиму визначають значення показника якості провітрювання шахти. Після цього встановлюють значення параметрів регулювання режимів роботи для кожного вентилятора при умові виключення витоків повітря через зону обвалення і нормованого розподілу повітря між підземними споживачами з результатів дослідження на екстремум одержаної аналітичної залежності показника якості провітрювання шахти від визначених конструкцією кожного вентилятора параметрів регулювання.



Фиг. 2

UA 101877 U



Корисна модель належить до вентиляції рудних шахт і може бути використана для практичного виключення витоків повітря через зону обвалення при комбінованому способі провітрювання шахт.

Відомий спосіб зменшення витоків повітря через зону обвалення рудних шахт, при якому у всіх гірничих виробках, які аеродинамічно пов'язані з зоною обвалення, споруджують глухі перемички [Аерологія гірничих підприємств: Підручник/ Гурін А.О., Бересневич П.В., Немченко А.А., Ошмянський І.Б. - Кривий Ріг: Видавничий центр КТУ, 2007. - С. 212-215.]. Обмін повітря між гірничими виробками та зоною обвалення значно зменшується і тим самим ефективність провітрювання діючих гірничих виробок покращується.

Недоліком цього способу є те, що перепад статичного тиску на перемичках залишається, під дією якого мають місце витoki повітря через зону обвалення. Окрім цього при проведенні масових вибухів в очисних блоках ці перемички, як правило, руйнуються.

Найбільш близьким за технічним рішенням є використання комбінованого способу провітрювання шахти, при якому з допомогою вентилятора головного провітрювання, який працює на нагнітання, в зоні обвалення створюється більш високий статичний тиск. При цьому різниця тиску між зоною обвалення і атмосферним тиском на поверхні шахти зменшується, що приводить до скорочення витоків повітря через зону обвалення [Черных А.Д., Андреев Б.Н., Ошмянский И.Б. Открыто - подземная разработка рудных месторождений - К.: Техніка, 2010. - С. 119-120.].

Недоліком цього способу провітрювання шахти є те, що при цьому мають місце значні витoki повітря через зону обвалення.

В основу корисної моделі поставлено задачу удосконалення відомого комбінованого способу провітрювання шахт, в якому введенням нових технологічних операцій досягається можливість виключення різниці між атмосферним тиском і тиском в місці проведення очисних робіт під зоною обвалення, практичної відсутності витоків повітря через зону обвалення, підвищення безпеки підземних гірничих робіт за рахунок поліпшення провітрювання робочих місць.

На фіг. 1 показана принципова схема розподілення аеродинамічного тиску вентиляторів при комбінованому способі провітрювання та виникнення зони нульової депресії, в якій аеродинамічний тиск зрівнюється з атмосферним, де I - вентилятор головного провітрювання, який працює на нагнітання; II - вентилятор головного провітрювання, який працює на всмоктування; АД - напір вентилятора I, да Па, ВА - депресія вентилятора II, да Па, т. Е - зона нульової депресії.

На фіг. 2 показана схема провітрювання шахти з зоною обвалення при комбінованому способі провітрювання, де  $\Theta_1, \Theta_2$  - кут установки лопаток осьового направляючого апарату відповідно першого та другого вентиляторів, град;  $n_1$  - частота обертання робочого колеса першого вентилятора, об/с;  $Q_1, Q_2$  - подача відповідно першого та другого вентиляторів,  $\text{м}^3/\text{с}$ ;  $q_1, q_2, q_3$  - витрати повітря по відповідним підземним споживачам,  $\text{м}^3/\text{с}$ .

На фіг. 3 показана кібернетична система управління провітрювання шахти, де  $\Theta_1, \Theta_2, n_1$  - вхідні параметри системи;  $q_1, q_2, \dots, q_n, \Theta_1, \Theta_2$  - вихідні параметри системи;  $n$  - кількість підземних споживачів;  $\Phi$  - показник якості провітрювання шахти.

Спосіб реалізується таким чином:

Попередньо встановлюють режими роботи кожного вентилятора для пошуку таких режимів, при яких витoki повітря через зону обвалення будуть мінімальними при його розрахунковому розподілу в шахтній вентиляційній мережі. Вирішення цієї задачі розрахунковими методами вимагають високої достовірності про параметри вентиляційної системи шахти, які до того ж змінюються в просторі та з часом. Окрім цього деякі аеродинамічні процеси (фільтрація повітря та його домішок через зону обвалення, явище підсосу вентиляторів при їх сумісній роботі на загальну мережу та ін...) недостатньо вивчені.

Виходячи з цього вентиляційну систему представляють в вигляді кібернетичної системи (Фіг. 3) з вхідними та вихідними параметрами [Адлер Ю.П. Планирование экспериментов при поиске оптимальных условий / Адлер Ю.П., Маркова Е.В., Грановский Ю.В. - М.: Наука, 1976. - 238с]. Як вхідні параметри системи приймають значення параметрів, які характеризують положення пристроїв, регулюючих подачу та депресію (напір) встановлених вентиляторів головного провітрювання. Прийmemo, для прикладу, що перший відцентровий вентилятор, який працює на нагнітання, обладнаний осьовим направляючим апаратом та системою управління привідним електродвигуном, що дозволяє змінювати частоту обертів робочого колеса. Другий

відцентровий вентилятор, який працює на всмоктування, обладнаний тільки осьовим направляючим апаратом. В цьому разі вхідними параметрами кібернетичної системи будуть (Фіг. 2):

- кут установки лопаток осьового направляючого апарату першого вентилятора  $\theta_1$ , град.;
- 5 - частота обертання робочого колеса першого вентилятора  $n_1$ , об/с;
- кут установки лопаток осьового направляючого апарату другого вентилятора  $\theta_2$ , град.

Як вихідні параметри вентиляційної системи з аеродинамічно активною зоною обвалення приймають параметри, які характеризують забезпеченість повітрям підземних споживачів ( $q_1, q_2, \dots, q_i$ ) та подачу вентиляторів ( $Q_1, Q_2$ ).

- 10 Витоки (притоки) повітря через зону обвалення залежать від положення зони нульової депресії в мережі гірничих виробок. Поява зони нульової депресії (точка Е, фіг. 1) можлива тільки при роботі двох вентиляційних установок (I, II), одна із яких повинна працювати на нагнітання (точка А), а друга (точка В) - на всмоктування. Якщо вона знаходиться в виробках висячого боку (точка 1, фіг. 2), то в цьому разі інтенсивність роботи першого вентилятора, який
- 15 працює на нагнітання, занижена і будуть спостерігатися притоки повітря через зону обвалення під дією другого вентилятора, який працює на всмоктування. При цьому подача другого вентилятора ( $Q_2$ ) буде більше, ніж подача першого вентилятора ( $Q_1$ ), на значення притоків повітря. При зниженні інтенсивності роботи другого вентилятора зона нульової депресії зміщується в виробки лежачого боку (точка 3, фіг. 2) і спостерігається зворотна картина. В
- 20 цьому разі статичний тиск в зоні проведення очисних робіт буде вище атмосферного, що являється причиною витоків повітря через зону обвалення. Подача першого вентилятора ( $Q_1$ ) при цьому буде більшою, чим подача другого ( $Q_2$ ) на величину витоків.

Якщо підібрати режими роботи вентиляторів таким чином, щоб зона нульової депресії знаходилась в місці проведення очисних робіт (точка 2, фіг. 2), то в цьому разі витоків та притоків

25 повітря через зону обвалення будуть відсутні, а подачі обох вентиляторів зрівнюються ( $Q_1 = Q_2$ ).

Таким чином, вирішення поставленої задачі зводиться до визначення режимів роботи вентиляторів головного провітрювання, при яких забезпечення свіжим повітрям підземних споживачів буде найбільш близька до розрахункової, а подачі вентиляторів будуть рівні між собою.

- 30 Для цього необхідно розробити показник якості провітрювання шахти (функцію мети розв'язуваного завдання)  $\Phi$ , який ухвалюємо у вигляді:

$$\Phi_i = \left| \frac{q_1 - q_{1p}}{q_{1p}} \right| + \left| \frac{q_2 - q_{2p}}{q_{2p}} \right| + \dots + \left| \frac{q_j - q_{jp}}{q_{jp}} \right| + \left| \frac{\sum Q_H - \sum Q_B}{\sum Q_H} \right| \quad (1)$$

де  $\Phi_i$  - показник якості провітрювання шахти та втрат повітря через зону обвалення i-го

35 режиму роботи вентиляторів;  $q_1, q_2, \dots, q_j$  - фактичні витрати повітря j-го підземного споживача ( $j = 1, 2, 3, \dots, n$ ),  $m^3/c$ ;  $n$  - кількість підземних споживачів повітря;  $q_{jp}$  - розрахункові (нормовані) витрати повітря j-го підземного споживача,  $m^3/c$ ;  $\sum Q_H$  - загальна подача вентиляторів, які працюють на нагнітання,  $m^3/c$ ;  $\sum Q_B$  - загальна подача вентиляторів, які працюють на всмоктування,  $m^3/c$ .

- 40 Визначення оптимальних режимів вентиляторів головного провітрювання, при яких показник якості провітрювання  $\Phi$  буде найкращим (мінімальним), можна здійснити за допомогою методів математичної статистики. Ці методи дозволяють при неповному знанні внутрішніх зв'язків досліджуваного процесу шляхом проведення експериментів визначити аналітичну залежність показника  $\Phi$  від вхідних регульованих параметрів  $\theta_1, n_1, \theta_2$ .

- 45 Перед проведенням факторного експерименту необхідно встановити діапазон варіювання вхідних параметрів  $\theta_1, n_1, \theta_2$ . Визначають максимальне значення кожного параметра в натуральних одиницях виміру, що в кодованих значеннях параметра відповідає +1. Аналогічно мінімальне значення кожного параметра відповідає -1, а середнє значення називають нульовим

рівнем, що в кодованому вираженні відповідає 0. З обліком цього вибираємо наступні діапазони варіювання вхідних регульованих параметрів моделі: кут установки лопаток напрямного апарата першого вентилятора  $\theta_1$ : верхній рівень -  $\theta_{1\max}$  (+1); нижній рівень -  $\theta_{1\min}$  (-1); нульовий

рівень -  $\theta_{10} = \frac{\theta_{1\max} + \theta_{1\min}}{2}$  (0); крок варіювання -  $(\theta_{1\max} - \theta_{10}) = \Delta\theta_1$ ; частота обертання робочого

5 колеса першого вентилятора  $n_1$ : верхній рівень -  $n_{1\max}$  (+1); нижній рівень -  $n_{1\min}$  (-1); нульовий

рівень -  $n_{10} = \frac{n_{1\max} + n_{1\min}}{2}$  (0); крок варіювання -  $(n_{1\max} - n_{10}) = \Delta n_1$ ; кут установки лопаток

направного апарата другого вентилятора  $\theta_2$ : верхній рівень -  $\theta_{2\max}$  (+1); нижній рівень -  $\theta_{2\min}$  (-

1); нульовий рівень -  $\theta_{20} = \frac{\theta_{2\max} + \theta_{2\min}}{2}$  (0); крок варіювання -  $(\theta_{2\max} - \theta_{20}) = \Delta\theta_2$ ;

10 Повний факторний експеримент (ПФЕ) передбачає проведення  $2^K$  дослідів, де  $K$  - кількість вхідних параметрів(факторів), що варіюються. Для трьох факторів ( $K=3$ ) досліди проводять при комбінаціях, відповідних до координат вершин куба, який має центр у точку з нульовим рівнем факторів  $(\theta_{10}, n_{10}, \theta_{20})$ , а ребро має довжину у два кроки варіювання. Задають план ПФЕ за допомогою матриці експерименту. Якщо поміняти початок відліку, тобто перенести його в точку нульового рівня і змінити масштаб осей з натуральних значень  $(\theta_1, n_1, \theta_2)$  у кроки варіювання  $(\Delta\theta_1, \Delta n_1, \Delta\theta_2)$ , то план ПФЕ можна записати у вигляді відповідної матриці.

15 У новій системі координат  $(\bar{\theta}_1, \bar{n}_1, \bar{\theta}_2)$  точки проведення дослідів виражені в кодованих величинах (у кроках варіювання), які приймають значення +1 або -1 (табл. 1).

Таблиця 1

План проведення повного факторного експерименту ( $K=3$ )

Номер дослідів	$\bar{\theta}_1$	$\bar{n}_1$	$\bar{\theta}_2$
1	+1	+1	+1
2	-1	+1	+1
3	+1	-1	+1
4	-1	-1	+1
5	+1	+1	-1
6	-1	+1	-1
7	+1	-1	-1
8	-1	-1	-1

20 Для переходу з кодованих значень факторів у натуральні й навпаки використовують залежності переходу:

$$\bar{\theta}_1 \cdot \Delta\theta_1 = \theta_1 - \theta_{10}; \bar{n}_1 \cdot \Delta n_1 = n_1 - n_{10}; \bar{\theta}_2 \cdot \Delta\theta_2 = \theta_2 - \theta_{20} \quad (2)$$

25 де  $\bar{\theta}_1, \bar{n}_1, \bar{\theta}_2$  - кодовані значення факторів;  $\Delta\theta_1, \Delta n_1, \Delta\theta_2$  - кроки варіювання факторів;  $\theta_{10}, n_{10}, \theta_{20}$  - нульові значення факторів.

Контролюють фактичні витрати повітря по кожному підземному споживачу з допомогою засобів вимірювання витрат повітря в гірничих виробках  $(q_1, q_2, \dots, q_n)$  та витоків повітря через зону обвалення шляхом порівняння подач вентиляторів  $(Q_1, Q_2)$ .

30 За даними контролю для кожного режиму визначають значення показника якості провітрювання шахти  $\Phi$ . Результати вимірів і обчислень зводять у табл. 2.

Таблиця 2

Результати вимірів вихідних параметрів при проведенні експерименту

№ досліджу	Вхідні параметри			Вихідні параметри					
	$\bar{\theta}_1$	$\bar{n}_1$	$\bar{\theta}_2$	$q_1$	$q_2$	$q_n$	$Q_1$	$Q_2$	$\Phi$
1	+1	+1	+1	$q_{11}$	$q_{21}$	$q_{n1}$	$Q_{11}$	$Q_{21}$	$\Phi_1$
2	-1	+1	+1	$q_{12}$	$q_{22}$	$q_{n2}$	$Q_{12}$	$Q_{22}$	$\Phi_2$
3	+1	-1	+1	$q_{13}$	$q_{23}$	$q_{n3}$	$Q_{13}$	$Q_{23}$	$\Phi_3$
4	-1	-1	+1	$q_{14}$	$q_{24}$	$q_{n4}$	$Q_{14}$	$Q_{24}$	$\Phi_4$
5	+1	+1	-1	$q_{15}$	$q_{25}$	$q_{n5}$	$Q_{15}$	$Q_{25}$	$\Phi_5$
6	-1	+1	-1	$q_{16}$	$q_{26}$	$q_{n6}$	$Q_{16}$	$Q_{26}$	$\Phi_6$
7	+1	-1	-1	$q_{17}$	$q_{27}$	$q_{n7}$	$Q_{17}$	$Q_{27}$	$\Phi_7$
8	-1	-1	-1	$q_{18}$	$q_{28}$	$q_{n8}$	$Q_{18}$	$Q_{28}$	$\Phi_8$

- 5 Проведений таким чином промисловий експеримент дозволяє одержати математичну модель керування витоками через зону обвалення, яка виражає залежність показника якості  $\Phi$  від значень вхідних параметрів:

$$\Phi = f(\theta_1, n_1, \theta_2),$$

або в розгорнутому виді в кодованих значеннях факторів:

$$\Phi = b_0 + b_1\bar{\theta}_1 + b_2\bar{n}_1 + b_3\bar{\theta}_2 + b_{12}\bar{\theta}_1\bar{n}_1 + b_{13}\bar{\theta}_1\bar{\theta}_2 + b_{23}\bar{n}_1\bar{\theta}_2 + b_{123}\bar{\theta}_1\bar{n}_1\bar{\theta}_2 \quad (3)$$

10

де  $b_0$  - вільні члени рівняння;  $b_1, b_2, b_3$  - коефіцієнти при лінійних членах;  $b_{12}, b_{13}, b_{23}, b_{123}$  - коефіцієнти при нелінійних членах.

15

Для визначення коефіцієнтів рівнянь застосовують метод найменших квадратів, який завдяки симетричності матриці планування експериментів і умови нормування (сума квадратів елементів кожного стовпця дорівнює числу досвідів) зводиться до присвоєння відповідному до стовпця значень показника якості й алгебраїчному додаванню отриманих значень. Частка від ділення результатів додавання на число дослідів у матриці планування дає шуканий коефіцієнт. Вільні члени рівнянь обчислюються як середньоарифметичне значення вихідного параметра у всіх дослідах експерименту. Послідовність одержання коефіцієнтів рівняння (3) представлена в табл. 3.

20

Таким чином, після визначення значень коефіцієнтів одержуємо рівняння (3) у кодованих значеннях змінних, тобто в кроках їх варіювання.

25

Для визначення значень вхідних регульованих параметрів системи, при яких показник  $\Phi$  мінімальний, тобто відносна різниця вихідних параметрів системи і їх нормованих значень найменша, необхідно спочатку одержати аналітичну залежність  $\Phi = f(\theta_1, n_1, \theta_2)$  у натуральних значеннях вхідних параметрів.

Таблиця 3

Визначення коефіцієнтів залежності (5)

№ досліджу	$b_0$	$b_1$	$b_2$	$b_3$	$b_{12}$	$b_{13}$	$b_{23}$	$b_{123}$
1	$+\Phi_1$	$+\Phi_1$	$+\Phi_1$	$+\Phi_1$	$+\Phi_1$	$+\Phi_1$	$+\Phi_1$	$+\Phi_1$
2	$+\Phi_2$	$-\Phi_2$	$+\Phi_2$	$+\Phi_2$	$-\Phi_2$	$-\Phi_2$	$+\Phi_2$	$-\Phi_2$
3	$+\Phi_3$	$+\Phi_3$	$-\Phi_3$	$+\Phi_3$	$-\Phi_3$	$+\Phi_3$	$-\Phi_3$	$-\Phi_3$
4	$+\Phi_4$	$-\Phi_4$	$-\Phi_4$	$+\Phi_4$	$+\Phi_4$	$-\Phi_4$	$-\Phi_4$	$+\Phi_4$
5	$+\Phi_5$	$+\Phi_5$	$+\Phi_5$	$-\Phi_5$	$+\Phi_5$	$-\Phi_5$	$-\Phi_5$	$-\Phi_5$
6	$+\Phi_6$	$-\Phi_6$	$+\Phi_6$	$-\Phi_6$	$-\Phi_6$	$+\Phi_6$	$-\Phi_6$	$+\Phi_6$
7	$+\Phi_7$	$+\Phi_7$	$-\Phi_7$	$-\Phi_7$	$-\Phi_7$	$-\Phi_7$	$+\Phi_7$	$+\Phi_7$
8	$+\Phi_8$	$-\Phi_8$	$-\Phi_8$	$-\Phi_8$	$+\Phi_8$	$+\Phi_8$	$+\Phi_8$	$-\Phi_8$
$\Sigma$	$\Sigma\Phi$	$\Sigma\Phi$	$\Sigma\Phi$	$\Sigma\Phi$	$\Sigma\Phi$	$\Sigma\Phi$	$\Sigma\Phi$	$\Sigma\Phi$
$\Sigma/8$	$\Sigma\Phi/8$	$\Sigma\Phi/8$	$\Sigma\Phi/8$	$\Sigma\Phi/8$	$\Sigma\Phi/8$	$\Sigma\Phi/8$	$\Sigma\Phi/8$	$\Sigma\Phi/8$

Скориставшись вираженням (2), залежність (3) можна одержати в натуральних значеннях змінних у наступному виді:

$$\Phi = b_0 + b_1\theta_1 + b_2n_1 + b_3\theta_2 + b_{12}\theta_1 n_1 + b_{13}\theta_1\theta_2 + b_{23}n_1\theta_2 + b_{123}\theta_1 n_1\theta_2 \quad (4)$$

5

Оптимальні значення вхідних параметрів можна визначити шляхом дослідження вираження (4) на екстремум (мінімум), при якому досягається рівність нулю часткових похідних функції  $\Phi$ . Процедура дослідження зводиться до розв'язку наступної системи рівнянь:

$$\begin{aligned} \frac{\partial \Phi}{\partial \theta_1} &= b_1 + b_{12} n_1 + b_{13} \theta_2 + b_{123} n_1 \theta_2, \\ \frac{\partial \Phi}{\partial n_1} &= b_2 + b_{12} \theta_1 + b_{23} \theta_2 + b_{123} \theta_1 \theta_2, \\ \frac{\partial \Phi}{\partial \theta_2} &= b_3 + b_{13} \theta_1 + b_{23} n_1 + b_{123} \theta_1 n_1. \end{aligned} \quad (5)$$

10

Використання запропонованого способу дозволяє встановити значення параметрів регулювання режимів роботи для кожного вентилятора при умові практично виключення витоків повітря через зону обвалення при нормованому розподілу повітря між підземними споживачами, що забезпечить підвищення безпеки проведення підземних гірничих робіт за рахунок значного поліпшення провітрювання гірничих виробок без додаткових затрат.

15

#### ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

20

Комбінований спосіб провітрювання шахт, що включає визначення діапазону зміни режимів роботи вентиляторів головного провітрювання, який **відрізняється** тим, що попередньо встановлюють режими роботи кожного вентилятора, контролюють фактичні витрати повітря по кожному підземному споживачу та витoki повітря через зону обвалення, а за даними контролю для кожного режиму визначають значення показника якості провітрювання шахти з виразу

$$\Phi_i = \left| \frac{q_1 - q_{1p}}{q_{1p}} \right| + \left| \frac{q_2 - q_{2p}}{q_{2p}} \right| + \dots + \left| \frac{q_j - q_{jp}}{q_{jp}} \right| + \left| \frac{\sum Q_H - \sum Q_B}{\sum Q_H} \right|,$$

25

де  $\Phi_i$  - показник якості провітрювання шахти та втрат повітря через зону обвалення  $i$ -го режиму роботи вентиляторів;  $q_1, q_2, \dots, q_j$  - фактичні витрати повітря  $j$ -го підземного споживача ( $j=1,2,3,\dots,n$ ),  $\text{м}^3/\text{с}$ ;  $n$  - кількість підземних споживачів повітря;  $q_{jp}$  - розрахункові (нормовані) витрати повітря  $j$ -го підземного споживача,  $\text{м}^3/\text{с}$ ;  $\sum Q_H$  - загальна подача вентиляторів, які працюють на нагнітання,  $\text{м}^3/\text{с}$ ;  $\sum Q_B$  - загальна подача вентиляторів, які працюють на

30

всмоктування,  $\text{м}^3/\text{с}$ ; після чого встановлюють значення параметрів регулювання режимів роботи для кожного вентилятора при умові виключення витоків повітря через зону обвалення і нормованого розподілу повітря між підземними споживачами з результатів дослідження на екстремум одержаної аналітичної залежності показника якості провітрювання шахти від визначених конструкцією кожного вентилятора параметрів регулювання.

35

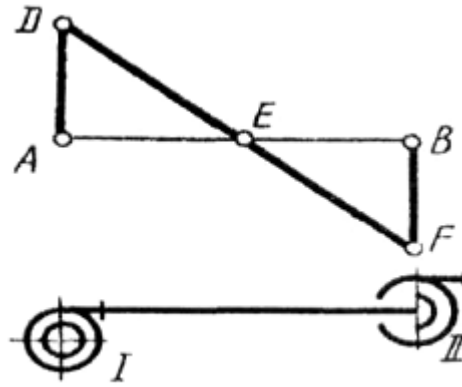


Fig. 1

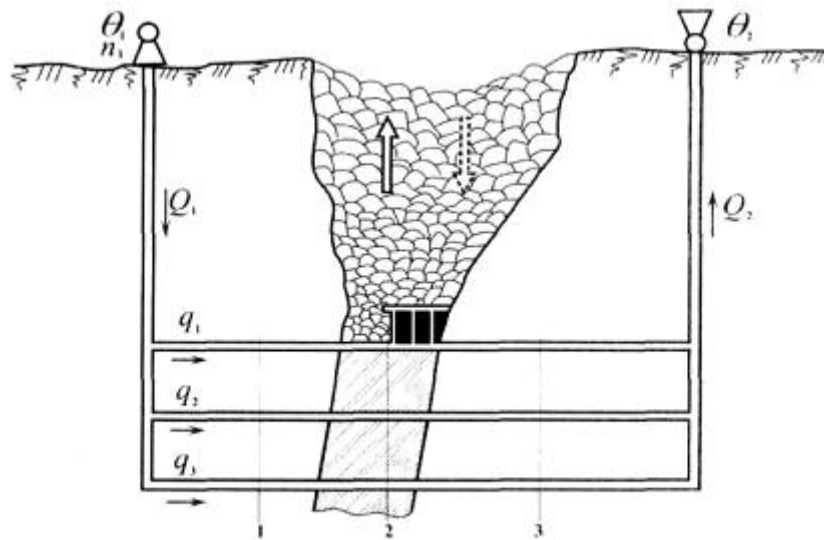


Fig. 2

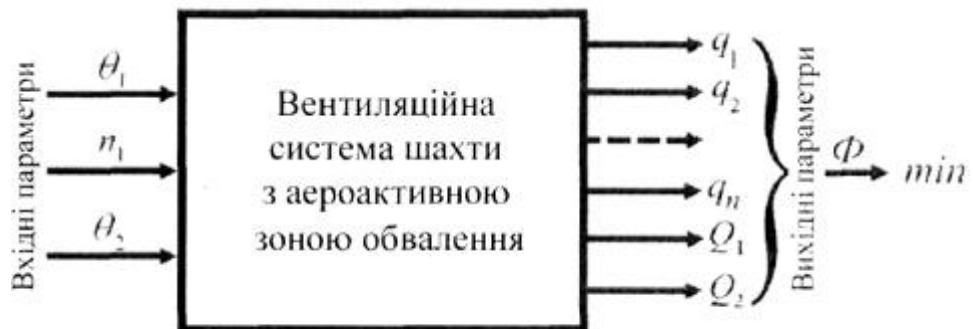


Fig. 3