

### ВЛАСТИВОСТІ ШАХТНОЇ ВЕНТИЛЯЦІЙНОЇ МЕРЕЖІ

*В статті розглядаються закономірності змін розподілу витрат повітря і депресії у вентиляційній мережі внаслідок виникнення вентиляційного збурення. Властивості вентиляційної мережі розглядаються як загальні засади регулювання розподілу повітря в розгалужених вентиляційних мережах.*

Властивості вентиляційної мережі пов'язані з дією першого і другого законів мережі (закони Кірхгоффа) [1]. В загальному випадку можна вважати, що властивості мережі враховують реакцію мережі на виникнення в ній вентиляційного збурення (за виключенням випадків перекидання вентиляційних потоків). Інакше кажучи, «властивості мережі» це закономірності які враховують загальні зміни розподілу повітря внаслідок дії певних чинників. Наприклад, після негативного і позитивного регулювання розподілу витрат повітря, обрушення порід покрівлі виробок, руху транспортних засобів, виникнення теплової депресії пожежі і т.п.

Властивість вузла вентиляційної мережі: сума змін витрат повітря у вузлі вентиляційної мережі, при зміні витрати повітря в гілці, яка пов'язана з цим вузлом, дорівнює нулю

$$\sum \Delta Q_i = 0. \quad (1)$$

Властивість вузла зв'язана з першим законом мережі. Вона означає, що у випадку коли витрата повітря у якійсь гілці (рис. 1, гілка 3) зміниться (наприклад, внаслідок зміни опору гілки) від  $Q_3$  до  $Q'_3$ , то сума змін витрат повітря у інших гілках пов'язаних з цим вузлом (1, 2 чи 4, 5) буде дорівнювати цій зміні ( $\Delta Q_3$ )

$$\Delta Q_3 = \Delta Q_1 - \Delta Q_2 = \Delta Q_5 - \Delta Q_4.$$

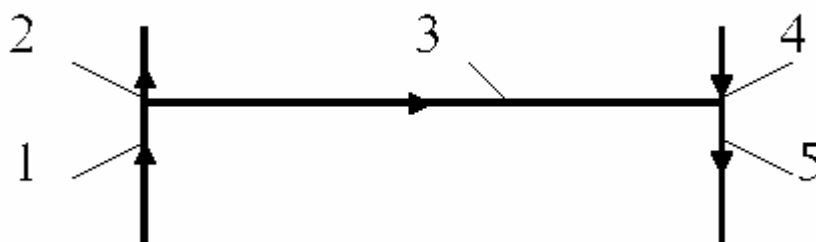


Рис. 1 – Схема з'єднання гілок у двох вузлах

Поняття «регулятор», у цьому випадку, означає гілку у якій діє джерело вентиляційного збурювання, що зменшує або збільшує витрату повітря в цій гілці. Так, наприклад (рис. 2), зменшення опору регуляторів у гілках 1, 2 привело до збільшення (+) витрати повітря в цих двох гілках на  $10 \text{ м}^3/\text{с}$  ( $Q_1 + Q_2 = \sum \Delta Q_p$ ). При цьому сумарна витрата повітря в гілках 3, 4 зменшилась (-) на  $4 \text{ м}^3/\text{с}$  ( $Q_3 + Q_4 = \sum \Delta Q_n$ ). Тоді величина збільшення витрати повітря в гілці 5 ( $Q_5 = \sum \Delta Q_o$ ) складе  $6 \text{ м}^3/\text{с}$ .

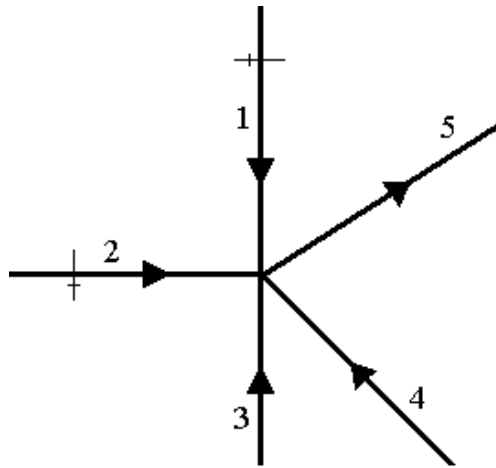


Рис. 2 – Схема з'єднання гілок у вузлі

Властивість вентиляційного контуру: сума змін депресії в гілках вентиляційного контуру, внаслідок зміни депресії однієї з гілок цього контуру, дорівнює нулю.

$$\sum \Delta h_i = 0.$$

Так, наприклад, при зміні депресії гілки 1-2 (рис. 3) внаслідок дії одного чи декількох чинників ( $\Delta h_{1-2}$ ), сума змін депресії в інших гілках буде дорівнювати зміні депресії в гілці 1-2.

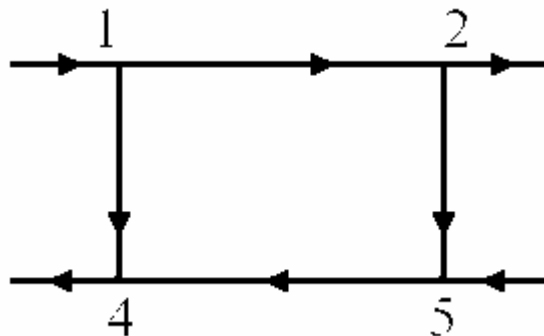


Рис. 3 – Схема елементарного вентиляційного контуру

$$\Delta h_{1-2} = \Delta h_{4-1} - \Delta h_{2-5} - \Delta h_{5-4}.$$

З перших двох властивостей витікає властивість відновлювання дії законів шахтної вентиляційної мережі: при зміні режиму провітрювання елементів вентиляційної мережі, внаслідок дії внутрішніх чинників, дія першого і другого законів мережі відновлюється автоматично.

Властивість затухання вентиляційного збурення у вентиляційної мережі: зміни витрат повітря і депресії у внутрішнім контурі передаються до зовнішніх вентиляційних контурів зі зменшенням величини змін.

Сенс поняття «затухання вентиляційного збурення» пов'язаний з поняттями «внутрішнього» і «зовнішнього» контурів. Уявний розподіл на внутрішні і зовнішні контури у паралельно-послідовному з'єднанні показує (рис. 4), що внутрішній контур є складовою зовнішнього. Так, наприклад, вентиляційний контур 3-А-4-3 є «внутрішнім» по відношенню до контуру 2-3-4-5-2, а контур 2-3-4-5-2 по відношенню до нього – «зовнішній». У свою чергу контур 2-3-4-5-2 є внутрішнім по відношенню до контуру 1-2-3-4-5-6-1 і так далі.

Зміна витрати повітря у гілці 3-А-4, внаслідок збільшення чи зменшення опору цієї гілки, буде більшою ніж у гілках 3-4, 2-5 і 1-6

$$\Delta Q_{3-A-4} > \Delta Q_{3-4} > \Delta Q_{2-5} > \Delta Q_{1-6}$$

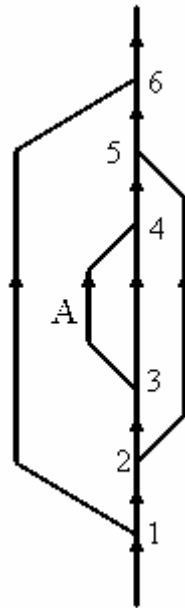


Рис. 4 – Схема послідовно-паралельного вентиляційного з'єднання

В шахтах та рудниках на затухання вентиляційного збурення також впливає наявність зв'язків виробленого простору з гірничими виробками. Розгалужена вентиляційна мережа діє як своєрідний «демпфер». Цей демпфер зменшує розповсюдження вентиляційного збурення у напрямку від внутрішніх до зовнішніх вентиляційних контурів. Тому, наприклад, підвищення опору лави до  $\infty$  (наприклад, внаслідок обрушення породи) не як не позначиться на витратах повітря у стволах чи на подачі вентилятора головного провітрювання.

Наявність ефекту затухання вентиляційного збурення в мережі [2], дозволяє припустити, що існує певна зона де можна визначити зміни витрат повітря. До такої зони належить сукупність виробок в яких витрата повітря зміниться на величину більшу, ніж абсолютна похибка пристрою для вимірювання швидкості повітря.

Визначення режиму провітрювання гілки-виробки (подвійна назва означає, що виробка є частиною реальної шахти і, одночасно, елементом віртуальної вентиляційної мережі) можливе за допомогою приведеної характеристики виробки. Мається на увазі, що ця характеристика виробки є похідна від вентилятора (-рів) головного провітрювання. В аварійній вентиляції замість терміну «приведена» використовують поняття «напірна» характеристика [2, 3].

В загальному випадку можна вважати приведеною характеристикою лінію (уявну сукупність точок) на якій лежать усі можливі режими провітрювання гілки-виробки (рис. 5, лінія 1-1). Координати точки А пересікання аеродинамічної характеристики (парабола 1) з приведеною визначають депресію гілки-виробки ( $h_g$ ) і витрату повітря в ній ( $Q_g$ ).

Графічне рішення можна показати в аналітичному вигляді. Координати точки А визначає сумісне рішення рівнянь аеродинамічної і приведеної характеристик

$$\begin{cases} h_g = R_g Q_g^2 \\ h_g = A_g - b_g Q_g^2 \end{cases}, \quad (2)$$

де  $A_g, b_g$  – параметри приведеної характеристики гілки-виробки.

У відповідності до (2), витрату повітря у гілці-виробці визначає рівняння

$$Q_g = \sqrt{\frac{A_g}{R_g + b_g}} \quad (3)$$

Депресію виробки визначає наступна формула:

$$h_g = \frac{R_g A_g}{R_g + b_g} \quad (4)$$

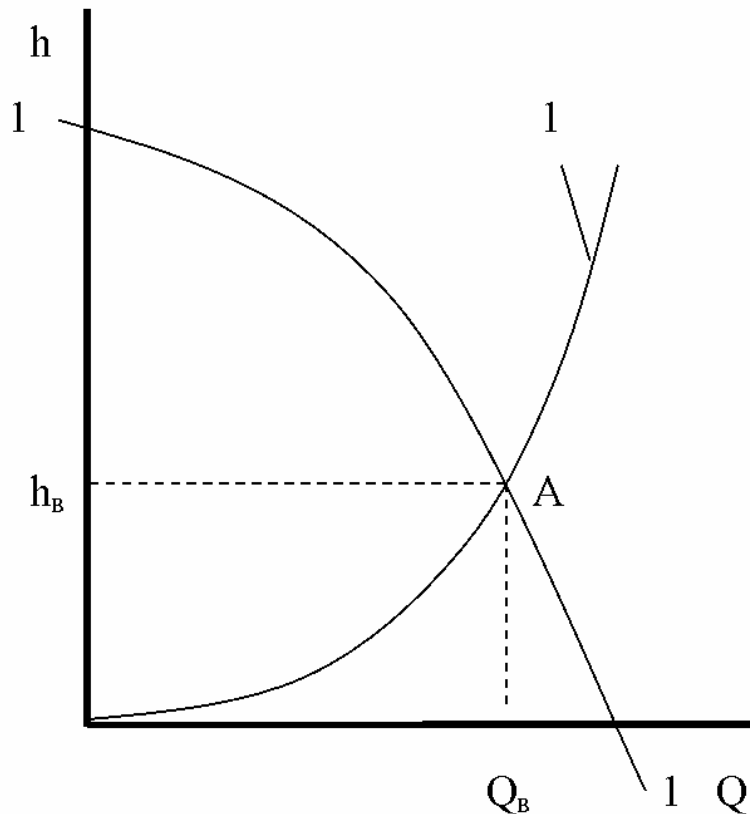


Рис. 5 – Визначення режиму провітрювання виробки

Формули 3 та 4 дозволяють визначити режим вентиляції більшості гірничих виробок [3]. Тобто, виробок у яких приведені характеристики можна описати за допомогою параболи ( $h = A - bQ^2$ ). Таким чином, можна вважати, що приведена характеристика являє собою закономірність яка описує зміну режиму провітрювання гілки-виробки при зміні її аеродинамічного опору.

Кожен елемент вентиляційної мережі який поєднується з мережею тільки в двох вузлах (гілка-виробка, вентиляційне з'єднання чи вентиляційна дільниця) має певну приведену характеристику. Наявність приведеної характеристики у окремих елементів вентиляційної мережі (гілок-виробок і вентиляційних з'єднань) слід вважати однією з головних властивостей вентиляційної мережі.

Використання графічного зображення приведеної характеристики в аерології має важливе значення. Воно дає змогу показати як впливає мережа на формування режиму вентиляції її окремих частин і візуалізувати «механізм» впливу окремих чинників на режими вентиляції цих частин.

Для показу впливу вентиляційного збурення на режим вентиляції в аерології використовується поняття «активізована» характеристика [2, 3, 4]. Термін «активізована»

означає, що ця характеристика враховує дію якогось джерела енергії (тяги) у вентиляційному контурі чи гілці-виробці.

У якості чинників, дію яких можна врахувати за допомогою активізованої характеристики, можна розглядати дію природної тяги, теплової депресії пожежі, падаючу чи розпорошену воду, падаюче вугілля, рух транспорту і т.п. Кожен з цих чинників має свою характеристику (характеристика джерела тяги) яку можна показати (для якогось проміжку часу) у вигляді прямої лінії паралельної вісі абсцис (рис. 6, лінія  $h_n$ ). Якщо переріз виробок зменшується в наслідок розташування у них трубопроводів, перемичок, регуляторів, вагонів, конвеєрів, водяних і сланцевих заслонів, протипожежних засобів і т.п.), то це враховується збільшенням аеродинамічного опору виробки.

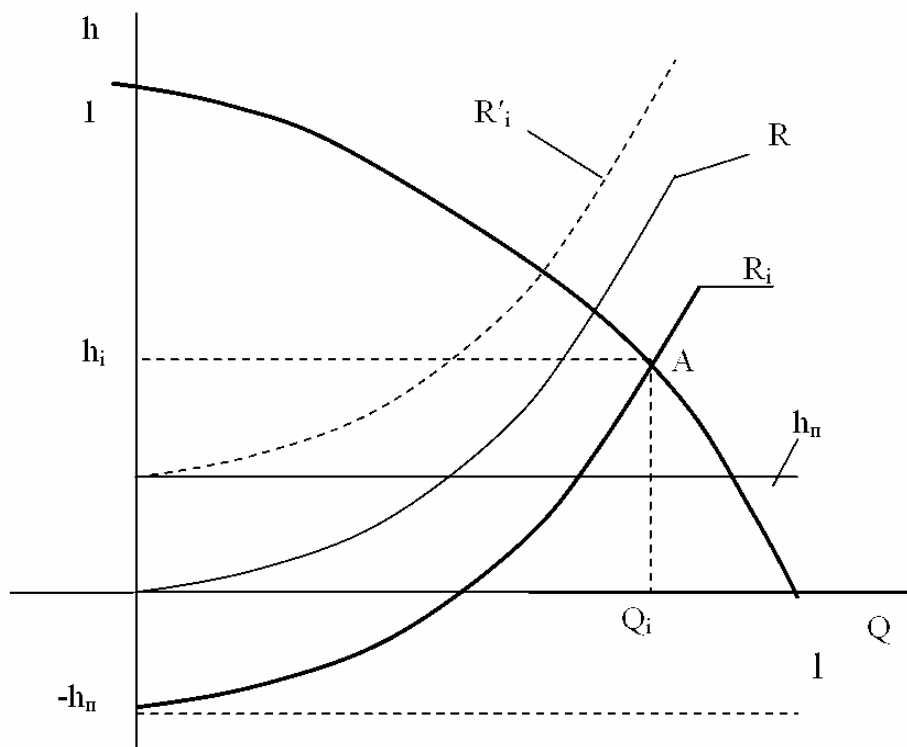


Рис. 6 – Графік визначення режиму провітрювання гірничої виробки за допомогою активізованої характеристики

Активізовану характеристику гілки-виробки можна отримати якщо додати чи вирахувати характеристику джерела тяги з аеродинамічної характеристики гілки-виробки [4]. Так, наприклад, якщо напрямок руху падаючої води чи вугілля співпадає з напрямком руху повітря, то депресію (характеристика  $h_n$ ) яку створює падаюче вугілля (розпорошена чи падаюча вода, природна тяга, рух транспорту і т.п.) треба вирахувати по ординатах з аеродинамічної характеристики (лінія  $R$ ).

Активізована характеристика гілки-виробки буде мати вигляд параболи зміщеної відносно початку координат униз (лінія  $R_i$ ). Якщо напрямок дії джерела тяги не співпадає з напрямком дії вентилятора – депресія  $h_n$  додається до аеродинамічної характеристики (лінія  $R'_i$ ). Рівняння яке описує відповідну активізовану характеристику гілки-виробки ( $R_i$ ,  $R'_i$ ) має такий вигляд:

$$h = RQ^2 \pm h_n. \quad (5)$$

Наявність приведених характеристик усіх гілок-виробок шахти дозволяє визначити аеродинамічні параметри виробок використовуючи тільки одне вимірювання (якщо на шахті підтримують комп'ютерну модель шахтної вентиляційної мережі). Так, наприклад,

при появі на шахті нової виробки великої довжини достатньо тільки виміряти в ній витрату повітря і ввести його значення в модель вентиляційної мережі за допомогою програмного комплексу «IRS Вентиляція шахт – ЕПЛА» [5, 6]. Програма сама визначає величину депресії і рахує відповідну величину аеродинамічного опору гілки-виробки. Теж саме можна робити вимірюючи тільки депресію виробок з вентиляційними шлюзами чи перемичками (особливо, в тих випадках коли умови вимірювання швидкості повітря у виробці не відповідають вимогам [7]). В деяких випадках програмний комплекс дозволяє визначати аеродинамічний опір одночасно декількох гілок-виробок. Використання програмного комплексу «IRS Вентиляція шахт – ЕПЛА» на шахтах та у підрозділах ДВГРС дозволяє значно скоротити витрати праці на проведення вимірів у вугільних шахтах.

#### Висновки

1. Визначено властивості вентиляційної мережі, що характеризують закономірності змін у вентиляційній мережі після виникнення вентиляційного збурювання.
2. Використання властивості вузла вентиляційної мережі дозволять встановити зв'язок між зміною витрат повітря в гілці-регуляторі й об'єкті регулювання.
3. Властивості вентиляційної мережі разом із законами вентиляційної мережі становлять теоретичні основи аерології вентиляційних мереж.
4. Графоаналітичний метод аналізу властивостей шахтної вентиляційної мережі дозволяє візуалізувати особливості формування режиму вентиляції окремих елементів мережі з урахуванням дії вентиляційних збурень.
5. Наявність приведених характеристик у кожного елемента вентиляційної мережі є однією з властивостей мережі; приведені характеристики відбивають закономірності зміни режиму вентиляції елементів вентиляційної мережі при зміні аеродинамічного опору цих елементів.
6. Використання програмного комплексу «IRS Вентиляція шахт – ЕПЛА» на шахтах дозволяє фахівцям самостійно підтримувати комп'ютерні моделі шахтних вентиляційних мереж і автоматизувати вирішення задач управління вентиляцією.

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Ушаков К.З. и др. Аэрология горных предприятий. – М.: Недра. – 1987. – 421 С.
2. Болбат И.Э., Лебедев В.И., Трофимов В.А. Аварийные вентиляционные режимы в угольных шахтах. – М.: Недра. – 1992. – 206 С.
3. Лебедев В.И. Исследование вентиляционных режимов при пожарах в уклонных полях шахт Донбасса/ Автореферат дис. на соискание уч. ст. канд. техн. наук, Донецк, ДПИ. – 1975. – 19 С.
4. Бодягин М.Н. Рудничная вентиляция. – М.: Недра. – 1967. – 310 С.
5. Трофимов В.А., Романченко С.Б. Моделирование шахтных вентиляционных сетей с использованием ПЭВМ: Методическое пособие. – Донецк, Доннту. – 2002. – 21 С.
6. Каледина Н.О., Романченко С.Б., Трофимов В.А. Компьютерное моделирование шахтных вентиляционных сетей: Методические указания. – М.: Из-во Московского государственного горного университета, 2004. – 72 с.
7. Правила безопасности в угольных шахтах. – К.: Держжоронпраці. – 2005. – 398 С.