

УДК 622.4

В.О. ТРОФИМОВ(канд. техн. наук, ст. наук. співроб.)**Т.В. КОСТЕНКО**(канд. техн. наук, доц.)**Н.С. БІЛА** (старший викладач)**Є.А. ТЮРІН** (старший викладач)

Донецький національний технічний університет, м. Покровськ, Україна

ОСОБЛИВОСТІ ВИЗНАЧЕННЯ АЕРОДИНАМІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ПІДЗЕМНИХ СПОРУД

Викладено особливості визначення аеродинамічних параметрів шляхів руху повітря в шахтах і метрополітенах. Розглянуто загальні умови праці вентиляторних установок шахт і метрополітенів. Зроблено аналіз розподілу депресії у вентиляційній мережі метрополітену. Наведено особливості розподілу депресії і витрат повітря пов'язані з місцем розташування вентиляторів, дією природної тяги, наявністю рециркуляції, підсмоктувань повітря і геометричних характеристик вентиляційних каналів. Визначено особливості розташування місць вимірювання депресії і витрат повітря у гірничих виробках. Розглянуто методичні засади визначення депресії та подачі вентиляторів. Наведено основи розрахунку аеродинамічних параметрів частин вентиляційної мережі шахти з урахуванням дії природної тяги.

Ключові слова: параметри вентиляційної мережі, депресія, витрати повітря, аеродинамічний опір.

Постановка проблеми. Головними аеродинамічними параметрами вентиляційної системи підземної споруди є депресія, витрата повітря і аеродинамічний опір. Знання цих параметрів дозволяє налаштувати комп'ютерну модель вентилятора, який забезпечує безпечні і комфортні умови перебування людей у підземній споруді (шахта, метрополітен, автомобільний і залізничний тунель). Визначення депресії і витрати повітря у реальній підземній споруді має певні особливості, які слід враховувати при формуванні віртуальних моделей вентиляційних мереж. Особливе значення ці питання набувають при визначенні стійкості вентиляційних потоків при пожежах у похилих тунелях метрополітенів і виробках шахт. З огляду на вишенаведене, питання визначення аеродинамічних параметрів підземних споруд мають достатню науково-технічну актуальність.

Виклад основного матеріалу досліджень. Розглянемо загальні засади визначення аеродинамічних параметрів для двох підземних споруд: метрополітену і шахти.

Визначення депресії вентилятора (h_g) метрополітену має свої особливості. Так, наприклад, у метрополітенах камери вентиляторів розташовані під землею і зв'язані з поверхнею землі окремими каналами, що проілюстровано на рисунку 1.

Вертикальний канал, що «виходить» на поверхню землі, називають «вентиляційною шахтою». Простір між вентиляційною шахтою і глушником шуму містить робочий і резервний вентилятори і має умовну назву «вентиляційна камера».

У системі вентиляції метрополітену зовнішні підсмоктування-витоки повітря відсутні, але тут є явище рециркуляції повітря (рис. 2). Одразу після потрапляння в зону підвищеного (у порівнянні з атмосферним) тиску повітря повертається до всмоктувальної частини вентилятора через нещільності у перемичці.

Шляхи руху повітря через перемичку – технологічні отвори, щілини навколо дверей в «тілі» перемички, витоки через резервний вентилятор. Витрати повітря, яке може «крутитися» біля вентилятора можуть сягати 10-30% від подачі вентилятора [1]. У Київському метрополітені рециркуляція повітря через перемичку, в деяких випадках сягає 50% від подачі вентилятора. Через це витрати електроенергії на вентиляцію метрополітену можуть бути більшими на 30-40%.

Депресія вентилятора метрополітену (h_m) визначається як різниця статичного тиску між двома точками (P_A , P_B) на підлозі вентиляційної камери. Одна точка повинна знаходитися у зоні підвищеного тиску (точка А у зоні нагнітання повітря вентилятором), а інша – у зоні зменшеного тиску (точка В у зоні всмоктування повітря вентилятором).

Відстань між точками (з урахуванням товщини перемички) не повинна перевищувати 1-2 м.

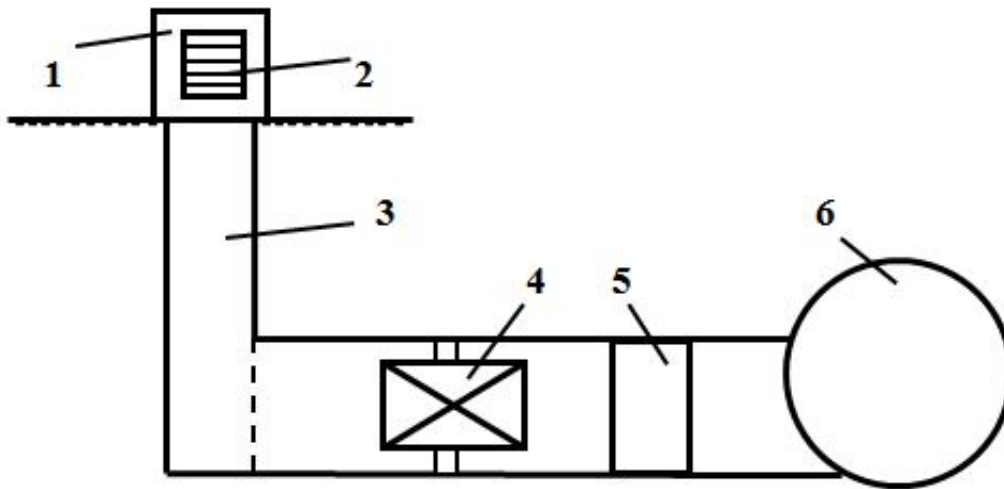


Рис.1. Схема поєднання камери вентилятора з транспортним тунелем
1 – вентиляційний кіоск; 2 – вікно з жалюзі; 3 – вентиляційна шахта;
4 – підземний вентилятор; 5 – глушник шуму; 6 – транспортний тунель.

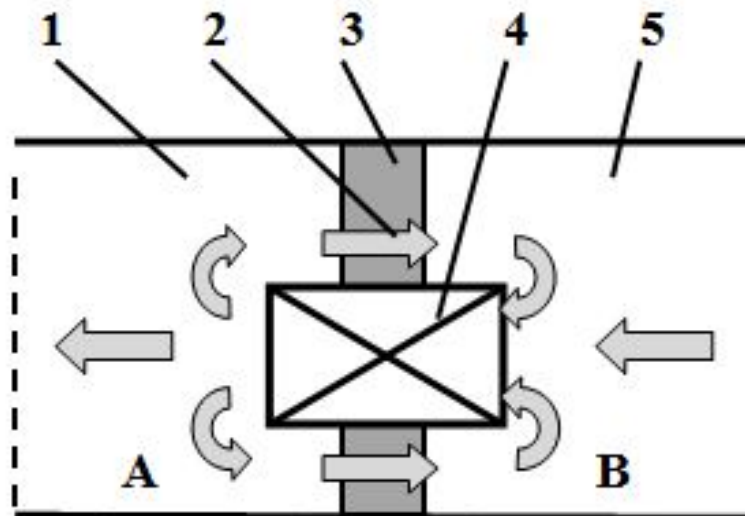


Рис.2. Схема рециркуляції повітря через перемичку з вентилятором
1 – зона підвищеного тиску; 2 – напрямок руху повітря через перемичку;
3 – перемичка; 4 – вентилятор; 5 – зона зменшеного тиску.

Депресія вентиляторів у метрополітені розподіляється (у більшості випадків) між входами-виходами на станції і шахтами з вентиляційними кіосками. Тобто, частина повної депресії вентилятора витрачається зі сторони всмоктування, а частина – зі сторони нагнітання [2]. Взимку вентилятори на станціях працюють на всмоктування, а вентилятори на перегонах нагнітають повітря у тунелі метрополітену. Влітку – навпаки. Витрата повітря, що нагнітається повсякчас більша ніж витрата, що всмоктується. Тому, незалежно від пори року, повітря йде зі станцій метрополітену у напрямку виходу на поверхню землі. Втрати депресії в транспортних тунелі-

лях складають менше ніж 10% від повної депресії вентилятора [3]. Цю інформацію потрібно врахувати при створенні комп'ютерних моделей метрополітену і визначення стійкості вентиляції тунелів метрополітену при пожежах та задимленнях [4].

Подачу вентилятора краще за все вимірювати в перерізі вентиляційного тунелю (хідника) між транспортним тунелем (див. рис. 2) і глушником шуму. Якщо це неможливо (у випадку, коли відстань між транспортним тунелем і глушником менше ніж 20 метрів), то подачу вентилятора слід визначати як суму витрат повітря, в тунелях, що зв'язані з певним вентилятором (рис. 3). Наприклад, подача вентилятора ВШ 18 визначається, як сума витрат повітря у транспортних тунелях 9, 15, 16, 17. Місця вимірювання витрат повітря в тунелях повинні бути віддаленими від вузлів тунелю 12 на відстань не менше ніж 20 метрів.

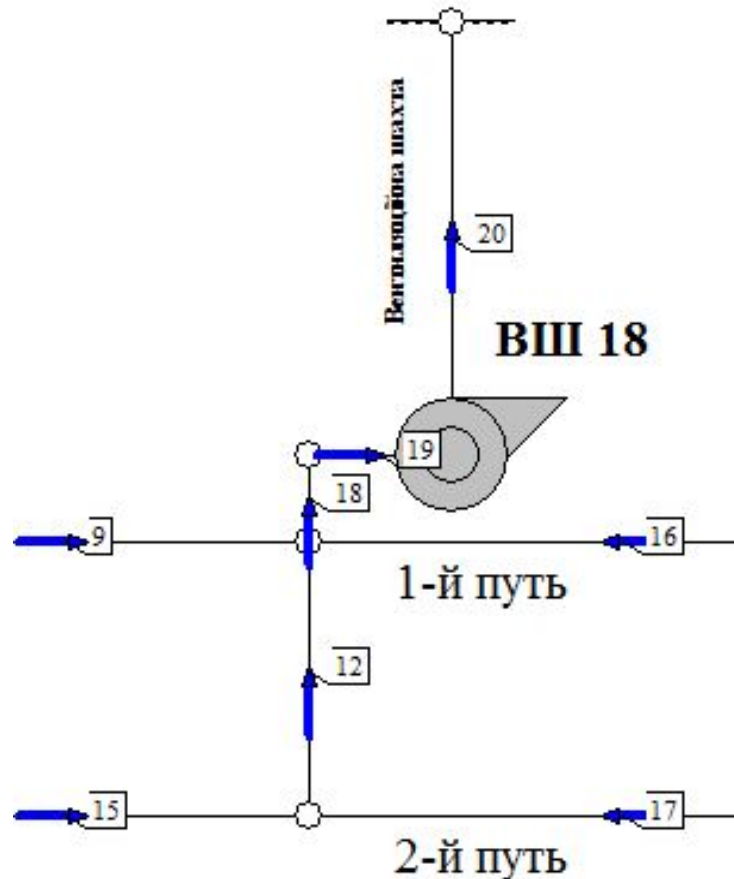


Рис.3. Схема поєднання тунелів метрополітену з вентилятором

Депресія шахти ($h_{ш}$) визначається як різниця тисків повітря між поверхнею землі (рис. 4, точка А) і точкою на поверхні ствола (рис. 4, точка В) у місці сполуки ствола з каналом вентилятора. Депресія вентилятора (h_e) вимірюється між точкою А (на поверхні землі) і точкою С на поверхні каналу, перед колесом вентилятора.

Різниця між депресією вентилятора (h_e) і депресією шахти ($h_{ш}$) визначає депресію каналу вентилятора (h_k)

$$h_k = h_e - h_{ш} \quad (1)$$

При відсутності каналу вентилятора депресія вентилятора дорівнює депресії вентиляційної мережі і депресії зовнішніх підсмоктувань [5].

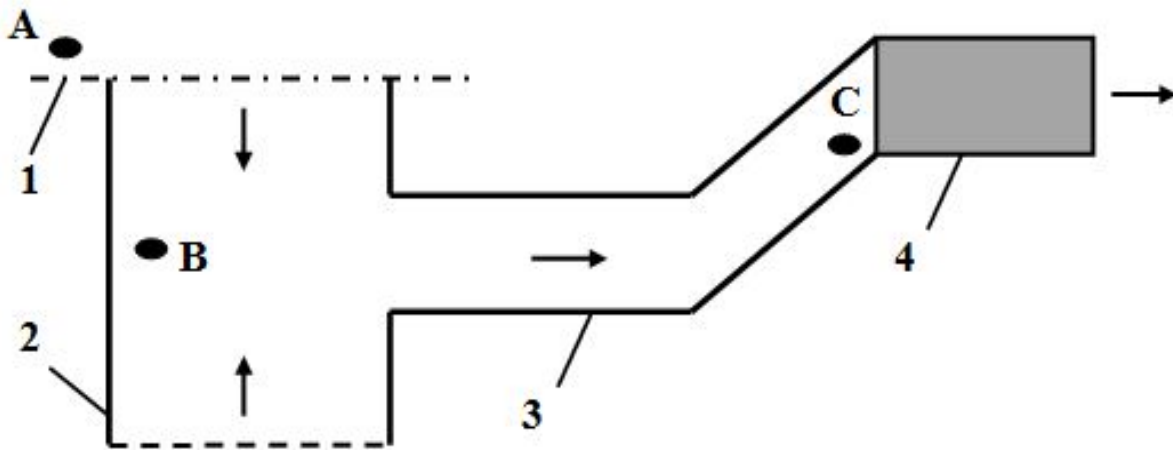


Рис.4. Спрощена схема розташування точок виміру депресії біля шахтного ствола з вентилятором

1– лінія поверхні землі; 2 – ствол шахти; 3– канал вентилятору; 4– вентилятор.

Подача шахтного вентилятора (Q_6) складається з суми усіх підсмоктувань повітря з поверхні землі (Q_3) і витрати повітря ($Q_{ш}$) в шахті (рис. 5). Наприклад, до зовнішніх підсмоктувань відносять повітря, що потрапляє в канал через устя ствола (гілка 1-2) і атмосферну ляду (6-4). Подачу вентилятора (Q_6) вимірюють у каналі вентилятора (ділянка 4-5) або розраховують за допомогою графічної характеристики вентилятора [5]

$$Q_6 = Q_3 + Q_{ш} \quad (2)$$

Опір мережі вентилятора (R_6) розраховується по формулі

$$R_6 = \frac{h_6}{Q_6^2} \quad (3)$$

Опір каналу вентилятора ($R_к$) розраховується з урахуванням того [3], що подача вентилятора дорівнює витраті повітря в каналі ($Q_6 = Q_к$)

$$R_к = \frac{h_к}{Q_к^2} \quad (4)$$

Зовнішні підсмоктування/витоки повітря розраховують [3], як різницю між подачею вентилятора (Q_6) і витратою повітря у шахті ($Q_{ш}$)

$$Q_3 = Q_6 - Q_{ш} \quad (5)$$

Опір шляхів зовнішніх підсмоктувань/витоків повітря (R_3) визначається [3], з урахуванням особливостей виміру депресії шахти і зовнішніх підсмоктувань/витоків повітря. У

загальному випадку можна вважати, що усі зовнішні підсмоктування/витоки повітря відбуваються через устя ствола з вентилятором

$$R_3 = \frac{h_3}{Q_3^2} \quad (6)$$

де h_3 – депресія шляхів зовнішніх підсмоктувань/витоків повітря ($h_3 = h_{ш}$).

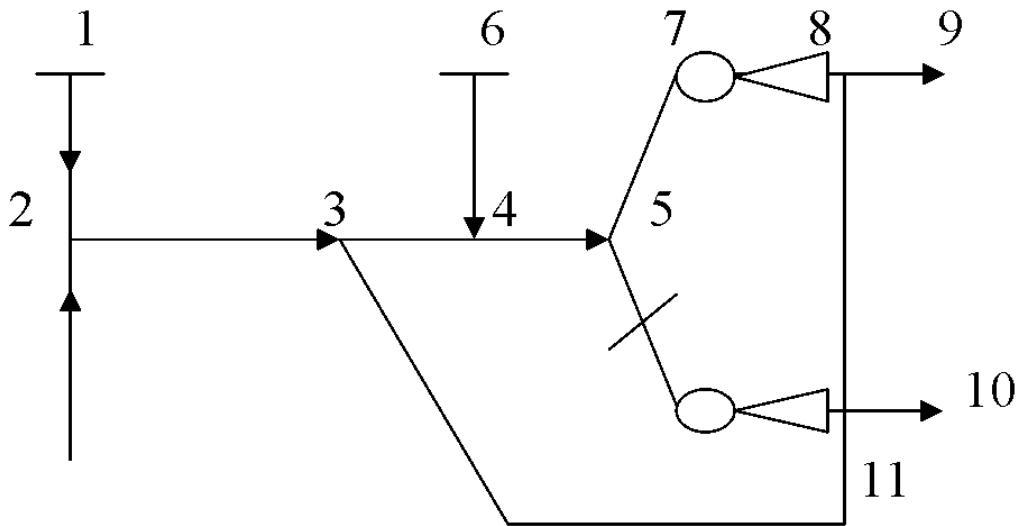


Рис.5. Схема з'єднань каналів шахтної вентиляторної установки

1-2 – устя ствола; 2-3 – основний канал; 3-4 – ділянка основного каналу перед атмосферою лядою; 4-5 – ділянка основного каналу перед вентилятором; 6-4 – атмосферна ляда; 5-7 – ділянка каналу перед робочим вентилятором; 7-8 – робочий вентилятор; 8-9 – дифузор робочого вентилятору; 5-11 – резервний вентилятор; 11-10 – дифузор резервного вентилятору; 8-11 – обвідний канал робочого вентилятору; 3-11 – загальний обвідний канал

Загальна депресія шахти ($h_{з,ш}$) визначається з урахуванням особливостей формування у мережі шахти природної тяги (h_e). У випадку, коли більше ніж 80% природної тяги формується в шахтних стволах, величина депресії шахтної мережі визначається як сума депресії шахти (вимірної через устя ствола) і природної тяги

$$h_{з,ш} = h_{ш} \pm h_e \quad (7)$$

Аеродинамічний опір вентиляційної мережі шахти повинен визначатися з урахуванням дії природної тяги (7) в вентиляційному контурі з шахтними стволами ($h_{з,ш}$).

Депресія природної тяги (h_e) розраховується за допомогою гідродинамічного чи термодинамічного методів [4]. Якщо напрямок дії природної тяги співпадає з напрямком роботи вентилятора (позитивна природна тяга), то вона додається до депресії шахти. Якщо напрямок дії природної тяги не співпадає з напрямком роботи вентилятора (негативна природна тяга), то природна тяга протидіє роботі вентилятора на мережу.

Сумісна дія вентилятора і природної тяги проявляється в тому, що поява природної тяги у вентиляційній мережі об'єкта призводить до зменшення або збільшення депресії вентилятора. Якщо напрямок дії природної тяги співпадає з напрямком дії вентилятора (позитивна природна тяга), то депресія вентилятора зменшується. При появі негативної природної тяги депресія вен-

тилятора підвищується, адже він повинен подолати протидію цієї тяги. Коли вентилятор не може подолати дію негативної природної тяги відбувається порушення стійкості вентиляційних потоків в частині вентиляційної мережі.

Висновки. Параметри вентиляційної мережі і вентилятора слід визначати з урахуванням місця розташування вентилятора у мережі і особливостей формування природної тяги.

Повна депресія вентилятора в метрополітені визначається як різниця статичного тиску між нагнітальною (з підвищеним тиском повітря) і всмоктувальною (зі зниженим тиском повітря) частинами вентиляційної камери.

Особливості розподілу депресії в тунелях метрополітену слід враховувати при моделюванні дії пожежі у вентиляційній мережі метрополітену.

Аеродинамічний опір вентиляційної мережі шахти визначається з врахуванням дії природної тяги у вентиляційному контурі з шахтними стволами.

Библиографический список

1. Разработать режимы работы системы тоннельной вентиляции Киевского метрополитена на случаи пожаров и задымлений. – Отчет по НИР, Донецк: НИИГД, 1998. – 74 с.
2. Цодиков В. Я. Вентиляция и теплоснабжение метрополитенов. Изд. 2-е, перераб. и доп. М., «Недра», 1975. – 568 с.
3. Розробити аварійні режими вентиляції Салтівської лінії Харківського метрополітену на випадок пожеж та інформаційне забезпечення задіяння аварійної вентиляції: звіт про НДР/ НДІГРС, Донецьк, 2001. – 535с.
4. Потетюев С.Ю., В.В. Трофимов В.А. Моделирование на ПЭВМ аварийных режимов работы вентиляционной сети метрополитена при пожаре // Проблемы пожарной безопасности: Сб.науч.тр. – Спец.выпуск. – Харьков: ХИПБ, 1999. – с. 10-13.
5. Трофимов В.О, Булгаков Ю.Ф., Кавсера О.Л., Харьковий М.В. Аерологія шахтних вентиляційних мереж. – Донецьк, 2009. – 87 с.
6. Аерологія гірничих підприємств: Підручник / Гурін А.О., Бересневич П.В., Немченко А.А., Ошмянський І.Б. – Кривий Ріг: Видавничий центр КТУ, 2007 – 462 с

Надійшла до редакції 10.05.2016

В.А. Трофимов, Т.В. Костенко, Н.С. Белая, Е.А. Тюрин

Донецкий национальный технический университет, г. Покровск, Украина

ОСОБЕННОСТИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ АЭРОДИНАМИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ПОДЗЕМНЫХ СООРУЖЕНИЙ

Изложены особенности определения аэродинамических параметров путей движения воздуха в шахтах и метрополитенах. Рассмотрены общие условия труда вентиляторных установок шахт и метрополитенов. Сделан анализ распределения депрессии в вентиляционной сети метрополитена. Приведены особенности распределения депрессии и расходов воздуха связанные с местом расположения вентиляторов, действием естественной тяги, наличием рециркуляции, подсосов воздуха и геометрических характеристик вентиляционных каналов. Определены особенности расположения мест измерения депрессии и расходов воздуха в горных выработках. Рассмотрены методические принципы определения депрессии и подачи вентиляторов. Приведены основы расчета аэродинамических параметров частей вентиляционной сети шахты с учетом действия естественной тяги.

Ключевые слова: параметры вентиляционной сети, депрессия, расход воздуха, аэродинамическое сопротивление.

V.Trofimov, T.Kostenko, N.Bila, Y.Tiurin

Donetsk National Technical University, Pokrovsk, Ukraine

SPECIFICS OF DETERMINING AERODYNAMIC PARAMETERS OF UNDERGROUND STRUCTURES

The features of determination of aerodynamic parameters of ways of motion of air in mines and underground passages are considered. The general conditions of labour of options of mines and underground passages are studied. The analysis of distribution of depression is done in a vent network of underground passage. Features of distribution of depression and charges of air are provided connected with the locations of ventilators related to the mestome, by the action of natural traction, presence of air and geometrical descriptions of vent channels. The features of location of places of measuring of depression and charges of air are defined in the workings. Methodical principles of determination of depression and serve of ventilators are considered. Bases of calculation of aerodynamic parameters of parts of a vent network of a mine are provided taking into account the action of natural traction.

Keywords: parameters of the ventilation system, depression, air flow, wind resistance.