

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ, МОЛОДІ ТА СПОРТУ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНИЙ ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД
«НАЦІОНАЛЬНИЙ ГІРНИЧИЙ УНІВЕРСИТЕТ»**

СТОЛБЧЕНКО Олена Володимирівна

УДК 622.457.35

**ОБҐРУНТУВАННЯ РАЦІОНАЛЬНИХ ПАРАМЕТРІВ
ВЕНТИЛЯЦІЙНИХ СИСТЕМ ТУПИКОВИХ
ВИРОБОК ШАХТ**

Спеціальність 05.26.01 – Охорона праці

**Автореферат
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук**

Дніпропетровськ - 2012

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана на кафедрі аерології та охорони праці Державного вищого навчального закладу «Національний гірничий університет» (м. Дніпропетровськ) Міністерства освіти і науки, молоді та спорту України

Науковий керівник: доктор технічних наук, професор
КРЕМЕНЧУЦЬКИЙ Микола Феофанович

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор
ЛАПШИН Олександр Єгорович,
Криворізький національний університет Міністерства освіти і науки, молоді та спорту України, професор кафедри рудникової аерології та охорони праці;

кандидат технічних наук
КУЗЬМІНОВ Костянтин Володимирович,
Марганецький коледж Державного вищого навчального закладу «Національний гірничий університет» Міністерства освіти і науки, молоді та спорту України (м. Марганець), викладач комісії гірничих дисциплін.

Захист дисертації відбудеться " __ " _____ 2012 р. о __ годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 08.080.07 при Державному вищому навчальному закладі «Національний гірничий університет» Міністерства освіти і науки, молоді та спорту України за адресою: 49027, м. Дніпропетровськ, просп. К. Маркса, 19.

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Державного вищого навчального закладу «Національний гірничий університет» Міністерства освіти і науки, молоді та спорту України за адресою: 49027, м. Дніпропетровськ, просп. К. Маркса, 19.

Автореферат розісланий " __ " _____ 2012 р.

Учений секретар
спеціалізованої вченої ради



Остапчук О.В.

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Видобуток корисних копалин пов'язаний з наявністю значної кількості небезпечних і шкідливих виробничих чинників, що призводить до високого рівня аварійності і травматизму в гірничодобувній галузі промисловості України. Збільшення глибини розробки родовищ, а також підвищення продуктивності і швидкості подвигання вибоїв очисних і підготовчих виробок із застосуванням нової техніки і технології ведення гірничих робіт призводить до погіршення санітарно-гігієнічних умов праці гірників, росту інтенсивності виділення метану та підвищенню небезпеки виникнення аварій і аварійних ситуацій.

Видобуток корисних копалин підземним способом пов'язаний з необхідністю проведення значної кількості підготовчих гірничих виробок. Так, на шахтах України щорічно проводиться близько 7 тис. км виробок. Довжина окремих тупикових виробок досягає 3 км, а витрата повітря для провітрювання однієї виробки на газових шахтах іноді досягає 2000 м³/хв. Інтенсифікація проведення гірничих виробок, використання високопродуктивних машин і механізмів, збільшення глибини гірничих робіт і пов'язане з цим зростання температури повітря і порід, газоносності і газовиділень призводить до того, що провітрювання тупикових виробок стає усе більш складним процесом.

В той же час ефективність вентиляційних систем тупикових виробок шахт нині часто є досить низькою, що, в першу чергу, проявляється у значних наднормативних енерговитратах, пов'язаних з переміщенням повітря по вентиляційній мережі та незабезпеченні допустимих санітарно-гігієнічних умов праці гірників. Однією з причин цього є неправильний вибір параметрів вентиляційних систем тупикових виробок, що значною мірою пов'язано з недосконалістю та невідповідністю сучасному стану техніки і технології ведення гірничих робіт існуючих методів розрахунку систем місцевого провітрювання, які використовуються при їх проектуванні.

Вищенаведене обумовлює актуальність проведення досліджень, спрямованих на підвищення ефективності вентиляційних систем тупикових виробок вугільних шахт за рахунок створення нових і уточнення діючих методик розрахунку їх параметрів.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дослідження за темою дисертації виконані відповідно до Національної програми поліпшення стану безпеки, гігієни праці і виробничого середовища на 2006–2010 рр. та «Програми підвищення безпеки праці на вугільних шахтах», затвердженої постановою Кабінету Міністрів України від 10.10.2001 р. № 1320, згідно планів науково-дослідних робіт Національного гірничого університету за темою «Дослідження шляхів підвищення ефективності провітрювання залізородних шахт» (№ держреєстрації 0107U001545).

СТОЛБЧЕНКО Олена Володимирівна

ОБҐРУНТУВАННЯ РАЦІОНАЛЬНИХ ПАРАМЕТРІВ ВЕНТИЛЯЦІЙНИХ СИСТЕМ ТУПИКОВИХ ВИРОБОК ШАХТ

(Автореферат)

Підписано до друку 20.04.2012. Формат 60x90/16.
Папір офсет. Ризографія. Ум. друк. арк. 0,9.
Обл.-вид. арк. 0,9. Тираж 130 пр. Зам. №

Державний ВНЗ «Національний гірничий університет»
49005, м. Дніпропетровськ, просп. К. Маркса, 19

Мета й завдання досліджень. Мета роботи полягає у підвищенні ефективності провітрювання тупикових виробок шахт на основі обґрунтування раціональних параметрів вентиляційних систем місцевого провітрювання.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні завдання досліджень:

- проаналізувати гірничотехнічні умови й особливості формування вентиляційних потоків при веденні гірничих робіт у тупикових виробках та відповідності їм наявних методів розрахунку вентиляційних систем місцевого провітрювання, які використовуються при їх проектуванні;

- розробити математичну модель вентиляційної системи місцевого провітрювання та дослідити залежність енергетичних параметрів вентиляторів від конструктивних особливостей вентиляційної мережі, її основних аеродинамічних параметрів, технологічних факторів та можливих керуючих впливів;

- розробити метод розрахунку параметрів системи місцевого провітрювання з урахуванням усіх складових джерела тяги і параметрів повітропроводу при різних варіантах провітрювання;

- розробити метод розрахунку параметрів системи місцевого провітрювання за газовим фактором;

- обґрунтувати економіко-математичні моделі для вибору параметрів вентиляційного трубопроводу, що забезпечують мінімальні сумарні витрати на спорудження та експлуатацію системи місцевого провітрювання.

Об'єкт дослідження - процес провітрювання тупикових виробок шахт.

Предмет досліджень – параметри вентиляційних систем місцевого провітрювання та методи їх розрахунку.

Методи дослідження. Для досягнення поставлених задач у роботі використані методи наукового аналізу й узагальнення – для встановлення основних гірничотехнічних умов і особливостей формування вентиляційних потоків при веденні гірничих робіт у тупикових виробках; аналітичний – для виконання досліджень з встановлення мінливості основних вентиляційних параметрів; методи математичного моделювання – для розробки моделей вентиляційної системи місцевого провітрювання; методи оптимізації – для вибору й обґрунтування раціональних параметрів елементів вентиляційних систем місцевого провітрювання; методи математичної статистики – при обробці результатів і оцінці вірогідності отриманих математичних моделей.

Наукові положення, що виносяться на захист:

1. Параметричні дані, що базуються на аналітичній обробці напірних характеристик вентиляторів і графіків залежності потужності вентиляторів від їх подачі, враховують вплив основних аеродинамічних параметрів повітропроводу на джерело тяги при різних варіантах провітрювання, що дозволяє розробляти обчислювальні моделі для розрахунку параметрів вентиляційної системи місцевого провітрювання.

2. Процес виносу метаноповітряної суміші за межі тупикової виробки характеризується періодичними коливаннями дебіту метану внаслідок

ABSTRACT

Stolbchenko O. V. «Substantiation of rational parameters for ventilation systems installed in blind pits. – Manuscript.

The dissertation on the scientific degree of the candidate of engineering sciences in speciality 05.26.01 – «Protection of labour» – National mining university, Dnepropetrovsk, 2012.

The state of ventilation systems for local airing in mines has been analyzed in the thesis. The main mining and technological conditions and besides, the character of ventilating currents which enter and leave the mine during operations in blind pits have been detected and studied. The available ways and means to increase the efficiency of ventilating in blind pits have been considered.

On the basis of the results obtained, there mathematical models of a ventilation system in blind pits have been developed and substantiated by analytical treatment of the graphs which illustrate the dependence of the current decline and power of the fan for local ventilating on the value of the fan feeding. The method that would be of value in measuring the parameters for the local ventilating system which takes into account all constituents of traction force source and characteristics of blast engines relevant to various types of ventilating has been introduced.

Furthermore, the method to calculate the parameters of the system for local ventilation taking into account a gas factor and not permanent gas dynamics phenomena which show periodical yield fluctuations caused by irregular technological and geotechnical impact on rock massifs and attended by gas emission has been worked out.

Key words: mine, mining operations, calculation methods, ventilation system, ventilating currents, ventilating sets.

разработанной универсальной математической модели рассматриваемой системы в развернутом виде, позволяющей учитывать все составляющие источника тяги и воздуховода при различных вариантах проветривания.

В результате выполненных исследований установлены закономерности изменения основных аэродинамических параметров вентиляционной системы местного проветривания в зависимости от длины и диаметра трубопровода при разных режимах работы вентиляторов. Показано как изменяется диаметр трубопровода в зависимости от мощности и величины подачи ВМП. Получены аналитические зависимости между основными параметрами, входящими в вентиляционные модели, с использованием параметрических данных напорной характеристики вентиляторов, позволяющих упрощать вентиляционные расчеты без ущерба для точности результатов. Разработана методика расчета параметров вентиляционных систем местного проветривания с использованием характеристики вентилятора и графика мощности вентилятора в зависимости от величины подачи воздуха.

Разработан метод расчета параметров системы местного проветривания по газовому фактору с учетом стационарного и нестационарного газодинамических явлений, которые характеризуются периодическими колебаниями дебита за счет рассредоточенного во времени проявления технологических и геомеханических воздействий на породугольный массив и включения в процесс газовыделения источников, сопутствующих этим воздействиям.

Разработана и теоретически обоснована экономико-математическая модель процесса изменения затрат связанных с перемещением воздуха по трубопроводу, отличающаяся от известных тем, что учитывает изменение длины трубопровода при проведении тупиковой выработки и позволяет определять рациональные параметры вентиляционной системы местного проветривания с учетом этих изменений. Обоснованы параметры вентиляционной системы местного проветривания при решении уравнения, связывающего одновременно мощность, депрессию и подачу вентилятора, при фиксированной величине угла установки лопаток вентилятора. На основании разработанной математической модели обоснована методика определения рациональной величины аэродинамического сопротивления трубопровода, а также рациональных скорости движения воздуха в нем и его диаметра при наличии на участке местного сопротивления.

Выполненные в диссертационной работе исследования могут быть использованы при проектировании вентиляционных систем местного проветривания а также для повышения эффективности действующих вентиляционных установок для проветривания тупиковых выработок шахт.

Ключевые слова: шахта, горные выработки, методы расчета, вентиляционная система, утечки воздуха, вентиляторные установки.

розосередженого в часі прояву технологічних і геомеханічних впливів на гірський масив та включенням в процес газовиділення джерел, що супроводжуються цим впливом, врахування нестационарного характеру процесу газовиділення дозволяє визначати раціональні значення параметрів системи місцевого провітрювання за газовим фактором.

Наукові результати і їхня новизна.

1. Розроблена математична модель вентиляційної системи місцевого провітрювання, яка відрізняється від відомих тим, що враховує напірну характеристику вентилятора, втрати повітря за довжиною трубопроводу та втрати тиску повітряного потоку на виході з трубопроводу і дозволяє визначати більш достовірні значення його параметрів.

2. Уперше отримані математичні залежності, що дозволяють врахувати вплив характеристики вентилятора на основні аеродинамічні параметри вентиляційної системи місцевого провітрювання та визначати необхідний кут повороту лопаток з метою забезпечення надходження необхідної кількості повітря в кінець трубопроводу, при заданій довжині і діаметрі повітроводу.

3. Встановлена залежність зміни режиму роботи вентилятора від основних аеродинамічних параметрів вентиляційної системи місцевого провітрювання, що відрізняється від відомих тим, що враховує непродуктивні втрати повітря в трубопроводі.

4. Розроблено метод розрахунку параметрів системи місцевого провітрювання за газовим фактором, що відрізняється урахуванням нестационарних газодинамічних явищ.

5. Розроблена і теоретично обґрунтована економіко-математична модель формалізованого опису процесу зміни енерговитрат пов'язаних з переміщенням повітря по вентиляційній системі місцевого провітрювання, яка відрізняється від відомих тим, що враховує зміну довжини і діаметра трубопроводу при проведенні тупикової виробки і дозволяє визначати найбільш раціональні параметри вентиляційної системи місцевого провітрювання з урахуванням цих змін.

Практичне значення отриманих результатів:

Виконані дослідження дозволили встановити область ефективного використання основних елементів вентиляційної системи місцевого провітрювання та обґрунтувати доцільність зміни довжини і діаметра трубопроводу при проведенні тупикової виробки.

За результатами виконаних досліджень розроблена методика розрахунку параметрів вентиляційної системи місцевого провітрювання з використанням характеристики вентилятора і графіка залежності його потужності від режимів провітрювання тупикових виробок.

Особистий внесок здобувача полягає у формулюванні мети і постановці завдань досліджень, наукових положень, у розробці математичної моделі і методики досліджень, в аналізі результатів експериментів, видачі рекомендацій з розрахунку провітрювання тупикових виробок значної довжини.

Апробація результатів дисертації. Основні положення дисертаційної роботи доповідалися, обговорені і схвалені на міжнародних науково-технічних конференціях «Форум гірників» (м. Дніпропетровськ, 2007–2009 р.), «Школа підземної розробки» (м. Ялта, 2008 р.), міжнародних наукових конференціях студентів, магістрів і аспірантів "Сучасні проблеми екології та геотехнології" (м. Житомир, 2008, 2010 р.), Першій науково-технічній конференції студентів, аспірантів і молодих учених НГУ "Наукова весна-2010" (м. Дніпропетровськ).

Публікації. За матеріалами досліджень опубліковано 16 наукових робіт, у тому числі: 11 статей у фахових виданнях, що входять в перелік ВАК України, 5 статей – матеріали і тези доповідей на конференціях.

Структура й обсяг дисертації. Дисертація складається з вступу, чотирьох розділів та висновку. Вона містить 162 сторінки машинописного тексту, включаючи 57 рисунків, 5 таблиць, список використаних джерел з 100 найменувань і 3-х додатків.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі обґрунтована актуальність досліджень, сформульовані мета і завдання досліджень, приведені основні наукові положення та результати, винесені на захист, а також відомості про практичне значення та впровадження результатів роботи.

У першому розділі виконаний аналіз стану провітрювання тупикових виробок вугільних шахт і способів підвищення ефективності вентиляційних систем місцевого провітрювання, а також огляд існуючих аналітичних методів визначення параметрів вентиляційних систем місцевого провітрювання.

У результаті виконаного аналізу встановлено, що незадовільний стан провітрювання тупикових виробок часто буває причиною травмування і загибелі людей у цих виробках і на дільницях, що примикають до них. Через погане провітрювання значною мірою спостерігаються незадовільні кліматичні умови в тупикових виробках. Так, більш ніж у 600 вибоях шахт Донбасу температура повітря перевищує 26 °С. За звітними даними не були забезпечені розрахунковою кількістю повітря 1500 вибоїв тупикових виробок. У ряді випадків витрати повітря для провітрювання тупикових виробок перевищують кількість повітря необхідного для провітрювання очисних вибоїв. Інтенсифікація проведення гірничих виробок, застосування високопродуктивних машин і механізмів, безупинне збільшення глибини гірничих робіт і пов'язане з цим зростання температури повітря і порід та газовиділень призводить до того, що провітрювання тупикових виробок стає усе більш складним. На деяких шахтах сумарна потужність вентиляторів місцевого провітрювання перевищує потужність вентиляторів головного провітрювання.

Відомо, що на ефективність роботи вентиляційної системи місцевого провітрювання істотно впливають параметри її елементів. Вивченню процесів,

місцевого провітрювання по газовому фактору в умовах газодинамічних явищ [10, 11, 15], в розробці аналітичних методів визначення параметрів вентиляційних систем з каскадною установкою вентиляторів з використанням гнучких трубопроводів [12, 13], в розробці вентиляційних розрахунків [14].

АНОТАЦІЯ

Столбченко О.В. Обґрунтування раціональних параметрів вентиляційних систем тупикових виробок шахт. – На правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.26.01 – "Охорона праці" – Державний вищий навчальний заклад «Національний гірничий університет», Дніпропетровськ, 2012.

У дисертаційній роботі виконаний аналіз стану вентиляційних систем місцевого провітрювання шахт. Встановлені основні особливості формування вентиляційних потоків при веденні гірничих робіт у тупикових виробках. Виконаний аналіз існуючих способів і засобів підвищення ефективності провітрювання тупикових виробок вугільних шахт.

Розроблені математичні моделі вентиляційної системи провітрювання тупикових виробок, що базуються на аналітичній обробці графіків залежності депресії і потужності вентилятора місцевого провітрювання від величини подачі вентилятора та враховують всі складові втрат повітря за довжиною трубопроводу. Розроблено метод розрахунку параметрів системи місцевого провітрювання з урахуванням усіх складових джерела тяги і повітропроводу при різних варіантах провітрювання та метод розрахунку параметрів системи місцевого провітрювання за газовим фактором з урахуванням нестаціонарності газодинамічних явищ.

Обґрунтовані економіко-математичні моделі зміни витрат зв'язаних з переміщенням повітря по вентиляційній системі місцевого провітрювання та з їх використанням обґрунтовано методику вибору раціональних параметрів систем місцевого провітрювання.

Ключові слова: шахта, гірничі виробки, методи розрахунку, вентиляційна система, витоки повітря, вентиляторні установки.

АННОТАЦІЯ

Столбченко Е.В. Обоснование рациональных параметров вентиляционных систем тупиковых выработок шахт. – На правах рукописи.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.26.01 – "Охрана труда" – Государственный ВУЗ «Национальный горный университет», Днепропетровск, 2012.

В диссертационной работе осуществлено решение актуальной научно-практической задачи повышения эффективности вентиляционных систем местного проветривания шахт, которая заключается в определении основных характеристик системы вентиляции тупиковых выработок на основе

9. Столбченко Е.В. Визначення параметрів вентиляційних систем місцевого провітрювання / М.Ф. Кременчуцький, О.А. Муха, О.В. Столбченко, О.В. Полякова // Науковий вісник НГУ. – 2009. – №12. – С.30-31.

10. Столбченко Е.В. Расчет проветривания тупиковых выработок с использованием дифференциальных уравнений / Н.Ф. Кременчуцкий, О.А. Муха, Е.В. Столбченко. // Науковий вісник НГУ. – 2011. – №6. – С.136-139.

11. Столбченко Е.В. Последовательный расчет параметров местного проветривания с использованием дифференциальных уравнений / Н.Ф. Кременчуцкий, О.А. Муха, Е.В. Столбченко // Збірник наукових праць Національного гірничого університету. – 2011. – № 36. т. 2. – С. 186-192.

12. Столбченко Е.В. Аналитические методы определения параметров вентиляции тупиковых выработок при совместной работе двух вентиляторов // Н.Ф. Кременчуцкий, С.И. Пугач, Е.В. Столбченко // Матеріали міжнар.наук.-практ. конференції «Форум гірників 2007», Дніпропетровськ: НГУ. 2007 – С. 258-262.

13. Столбченко Е.В. Расчетное обоснование параметров вентиляционных систем местного проветривания / Н.Ф. Кременчуцкий, О.А. Муха, Е.В. Столбченко // Матеріали міжнародної конференції «Форум гірників 2008». Дніпропетровськ: НГУ. – 2008. – С. 89-93.

14. Столбченко О.В. Розрахунок провітрювання тупикових виробок при двох і трьох паралельних трубопроводах / М.Ф. Кременчуцький, О.А. Муха, І.І. Пугач, С.І. Пугач, О.В. Столбченко // Матеріали II міжн. наук.-практ. конференції «Школа підземної розробки». – Дніпропетровськ: НГУ. – 2008. – С. 149 –153.

15. Столбченко О.В. Утилізація метану при комплексній дегазації вугільного родовища / О.А. Муха, І.І. Пугач, С.І. Пугач, О.В. Столбченко, І.А. Шайхлісламова // Тези V міжн. наук. конф. студ., магістрів та асп. "Сучасні проблеми екології та геотехнологій". – Житомир: ЖДТУ. – 2008. – С. 361–362.

16. Столбченко О.В. Розрахунок і оптимізація параметрів дегазації вугільних шахт / Столбченко О.В. // Тези VII міжн. наук. конф. студ., магістрів та асп. "Сучасні проблеми екології та геотехнологій". – Житомир: ЖДТУ. – 2010. – С. 273–275.

Особистий внесок дисертанта в роботах, опублікованих у співавторстві, полягає в розробці аналітичної моделі вентиляційної системи тупикової виробки з використанням апроксимаційних залежностей витрат повітря від депресії вентилятора і витоків повітря від довжини трубопроводу [3], в розробці методу розрахунку нерозгалужених трубопроводів зі змінюваною в процесі експлуатації довжиною [4], в розробці методики розрахунку параметрів вентиляційних систем місцевого провітрювання з використанням характеристики вентилятора і графіка потужності вентилятора залежно від величини подачі повітря [5, 6, 9], в розробці аналітичного методу визначення параметрів систем місцевого провітрювання при спільній роботі двох вентиляторів і жорсткому трубопроводі [7], дослідженні параметрів вентиляційних систем при використанні декількох рівнобіжних гнучких трубопроводів [8], в визначенні параметрів вентиляційної системи

що протікають у вентиляційних системах тупикових виробок шахт, присвячена значна кількість досліджень спираючись на які були розроблені методи розрахунку й оптимізації параметрів вентиляційних систем місцевого провітрювання.

Значний внесок у розвиток і удосконалювання шахтних вентиляційних систем, методів їхнього розрахунку, а також розробку нових способів і засобів підвищення їхньої ефективності внесли роботи Абрамова Ф.О., Бикова Л.М., Бойко В.О., Вєрова В.С., Вороніна В.М., Клебанова Ф.С., Комарова В.Б., Кременчуцького М.Ф., Ксенофонтової А.І., Кузьміна К.В., Лапшина О.С., Лідіна Г.Д., Медведєва Б.І., Милетича А.Ф., Мясникова О.О., Сочинського О.О., Ушакова К.З., Швиркова І.О., та ін.

Аналіз відомих методів розрахунку параметрів вентиляційних систем місцевого провітрювання, що використовуються при їх проектуванні, показав, що вони не враховують вплив втрат кінетичної енергії повітря в трубопроводах разом з витоками, у відомих залежностях не враховується вплив наявних місцевих опорів на розподіл надлишкового тиску за довжиною трубопроводу, що у свою чергу визначає витоки повітря, не враховуються втрати тиску повітряного потоку на виході з трубопроводу та можливий нестационарний характер газодинамічних явищ, способи розрахунку депресії строго не обґрунтовані. Крім того, наявні методи не повною мірою адаптовані до можливостей сучасної обчислювальної техніки. Все це істотно позначається на точності аеродинамічних і теплових розрахунків тупикових виробок, що, в остаточному підсумку призводить до необґрунтованого вибору параметрів вентиляційної системи місцевого провітрювання та в кінцевому наслідку до незадовільного стану рудникової атмосфери в привибійній зоні тупикової виробки.

Підвищити ефективність вентиляційних систем тупикових виробок шахт при сучасній технології ведення гірничих робіт можливо шляхом розробки нових та вдосконалення відомих методів розрахунку параметрів вентиляційних систем місцевого провітрювання, які враховують наявний стан вентиляційних систем і нинішні особливості технологічного процесу проведення гірничих виробок та дозволяють обґрунтовувати раціональні параметри елементів вентиляційних систем.

За результатами аналізу сформульовані задачі дослідження, вирішення яких, дозволяє досягти мети дисертації.

Другий розділ присвячений розробці математичної моделі вентиляційної системи місцевого провітрювання і дослідженню залежностей енергетичних параметрів вентиляторів від конструктивних особливостей вентиляційної мережі, її основних аеродинамічних параметрів, технологічних факторів та можливих керуючих впливів.

Найважливішими аеродинамічними параметрами, що визначають ефективну роботу вентиляційної системи місцевого провітрювання є напір вентилятора h_v і депресія трубопроводу $h_{тр}$.

Використання в методах розрахунку систем місцевого провітрювання характеристики і графіка залежності потужності вентилятора від величини подачі повітря, дозволяє одержати вихідні дані для розрахунку і більш обґрунтовані його результати.

Дослідження напірних характеристик вентиляторів місцевого провітрювання, що знаходять широке використання, дозволили одержати емпіричні залежності депресії вентилятора і його потужності від величини витрат повітря:

$$h_g = a_0 - a_1 Q_g^2, \text{ даПа} \quad (1)$$

$$N = b_0 + b_1 Q_g - b_2 Q_g^2, \text{ кВт}, \quad (2)$$

де a_0, a_1 – коефіцієнти емпіричної формули, отримані шляхом апроксимації напірної характеристики вентилятора; b_0, b_1, b_2 – коефіцієнти емпіричної формули, отримані шляхом апроксимації кривих залежності потужності від витрат повітря.

Так, для найбільш поширеного типу вентиляторів ВМЦ-6 вони мають наступний вигляд:

$$h_g = 750 - 9,375 Q_g^2, \text{ даПа} \quad (3)$$

$$N = 13 + 7,63 Q_g - 0,688 Q_g^2, \text{ кВт}. \quad (4)$$

На базі виконаних досліджень розроблено методику розрахунку параметрів вентиляційних систем місцевого провітрювання з використанням характеристики вентилятора і графіка потужності вентилятора в залежності від величини подачі повітря.

На шляху від вентилятора до вибою тупикової виробки в залежності від повітропроникності трубопроводу втрачається значна частина повітря. У ряді випадків витоки значно перевищують нормативні і при довжині виробки біля 1000 м до вибою доходить тільки 1/6 частина повітря від того, що подається вентилятором у трубопровід. Тому при побудові математичної моделі вентиляційної системи місцевого провітрювання, необхідно враховувати втрати повітря (K_{em}) у трубопроводі.

З урахуванням параметрів h_B, h_{TP} і K_{em} отримана нами математична модель вентиляційної системи місцевого провітрювання має вид

$$a_0 - a_1 K_{em}^2 Q_{zn}^2 = R_{mp} K_{em} Q_{zn}^2 + \frac{8 Q_{zn}^2 \rho}{\pi^2 D^4}, \quad (5)$$

де R_{mp} – аеродинамічний опір трубопроводу, даПа·с²/м⁸; Q_{zn} – витрата повітря на виході з трубопроводу, м³/с; D – діаметр трубопроводу, м.

На підставі статистичного аналізу отримані двопараметричні залежності коефіцієнта витоків K_{em} від довжини трубопроводу L_{mp} і витрати повітря Q_{zn} , що виражаються експонентними формулами виду

$$K_{em} = 2,09 Q_{zn}^{0,6} \exp 1,2 \cdot 10^{-3} \frac{L_{mp}}{Q_{zn}}. \quad (6)$$

Отримана, у результаті досліджень математичної моделі, залежність (6) утрат повітря в трубопроводі від його аеродинамічних параметрів, дозволяє з

Результати дисертаційної роботи впроваджені в виробничому структурному підрозділі «шахта «Ювілейна» ПАТ «ДТЕК Павлоградвугілля» для використання при розрахунку вентиляційних систем місцевого провітрювання та Інституті з проектування гірничих підприємств Державного ВНЗ «Національний гірничий університет» при розробці проектів проведення підготовчих гірничих виробок.

Використання результатів дисертаційної роботи в організації та оперативному керуванні вентиляцією дозволяє істотно підвищити рівень безпеки підземних гірничих робіт та знизити енерговитрати на провітрювання тупикових виробок.

Основні положення і результати дисертації опубліковані у роботах:

1. Столбченко О.В. Удосконалення методів розрахунку вентиляційних систем місцевого провітрювання / О.В. Столбченко // Наук. вироб. збірник Сучасні ресурсоенергозберігаючі технології гірничого виробництва, Кременчук: КДПУ ім. М.Остроградського. – 2009. Вип. 2/(4). – С. 82-86 .

2. Столбченко О.В. Розрахунок вентиляційних систем місцевого провітрювання при роботі вентиляторів на два трубопроводи / О.В. Столбченко // Геотехническая механика, Межведомственный сборник научных трудов. – 2009. вып. 82. – С. 86-92.

3. Столбченко Е.В. Прогноз метанообильности тупиковых выработок / Н.Ф. Кременчуцкий, О.А. Муха, Е.В. Столбченко // Научный вестник НГУ.– 2010. – №2. – С.34-36.

4. Столбченко Е.В. Обоснование параметров участков труб шахтных сетей / Н.Ф. Кременчуцкий, О.А. Муха, И.И. Пугач, Л.Н. Антоненко, Е.В. Столбченко // Збірник наукових праць Національного гірничого університету. – 2006. – № 25.– С. 176-181

5. Столбченко Е.В. Определение параметров вентиляционных систем местного проветривания с использованием характеристики вентилятора / Н.Ф. Кременчуцкий, Е.В. Столбченко // Научный вестник НГУ.– 2007. №3. – С. 55-57.

6. Столбченко Е.В. К вопросу расчета параметров вентиляционных систем местного проветривания / Н.Ф. Кременчуцкий, Е.В. Столбченко // Збірник наукових праць Національного гірничого університету.– 2007. № 28. – С. 85-91.

7. Столбченко Е.В. Аналитические методы определения параметров вентиляционных систем при совместной работе двух вентиляторов местного проветривания и жестком трубопроводе/ Н.Ф. Кременчуцкий, Е.В. Столбченко // Збірник наукових праць Національного гірничого університету. – 2007. –№ 29.– С. 190-197.

8. Столбченко Е.В. Определение параметров вентиляционной системы местного проветривания при двух и трёх параллельных гибких трубопроводах / Н.Ф. Кременчуцкий, О.А. Муха, Е.В. Столбченко // Научный вестник НГУ.– 2008.– №10. – С. 50-52.

розподіл надлишкового тиску за довжиною трубопроводу, витоків повітря за довжиною, втрати тиску повітряного потоку на виході з трубопроводу та можливий нестационарний характер газодинамічних явищ і не повною мірою адаптовані до можливостей сучасної обчислювальної техніки.

2. Розроблено математичну модель вентиляційної системи місцевого провітрювання, що відрізняється від відомих тим, що враховує напірну характеристику вентилятора, втрати повітря за довжиною трубопроводу та втрати тиску повітряного потоку на виході з трубопроводу і дозволяє визначити більш достовірні значення параметрів вентиляційної системи.

3. Отримано залежності витрат повітря в трубопроводі від його аеродинамічних параметрів, які відрізняються від відомих тим, що враховують непродуктивні втрати повітря в трубопроводі і дозволяють з достатньою точністю визначити його необхідну кількість для провітрювання привибійного простору тупикової виробки.

4. Установлено закономірності зміни основних аеродинамічних параметрів вентиляційної системи місцевого провітрювання в залежності від довжини і діаметра трубопроводу. Отримано аналітичні залежності між основними параметрами, що входять у вентиляційні моделі, які відрізняються тим що враховують параметричні дані напірної характеристики вентиляторів, що дозволяє спрощувати вентиляційні розрахунки без зниження точності результатів. Розроблена методика розрахунку параметрів вентиляційних систем місцевого провітрювання з використанням характеристики вентилятора і графіка потужності вентилятора в залежності від величини подачі повітря.

5. На підставі виконаних досліджень розроблено метод розрахунку параметрів системи місцевого провітрювання за газовим фактором, що враховує газодинамічні явища, які характеризуються періодичними коливаннями дебіту за рахунок розосередженого в часі прояву технологічних і геомеханічних впливів на породувугільний масив і включення в процес газовиділення джерел, що супроводжують цим впливам.

6. Розроблена і теоретично обґрунтована економіко-математична модель процесу зміни витрат пов'язаних з провітрюванням підготовчих виробок, що відрізняється від відомих тим, що враховує зміну довжини трубопроводу при проведенні тупикової виробки та всі складові витрат і дозволяє визначити раціональні параметри вентиляційної системи місцевого провітрювання з їх урахуванням.

7. Обґрунтовано методику визначення раціональної величини аеродинамічного опору трубопроводу, швидкості руху повітря в ньому і діаметра трубопроводу, яка відрізняється від відомих тим, що враховує наявність місцевих опорів, та витрати на переміщення повітря вентиляторів головного і місцевого провітрювання при каскадній установці вентиляторів місцевого провітрювання.

За результатами виконаних досліджень розроблена методика розрахунку параметрів вентиляційної системи місцевого провітрювання з використанням характеристики вентилятора і графіка залежності його потужності від режимів провітрювання тупикових виробок.

достатньою точністю визначити непродуктивні втрати повітря в трубопроводі з урахуванням їх при забезпеченні необхідною кількістю повітря привибійного простору тупикової виробки.

Виконані дослідження дозволили одержати вираз для визначення довжини, на яку даний вентилятор може подати задану витрату повітря при відомих інших параметрах

$$L_{mp} = \left(a_0 - a_1 Q_B^2 - \frac{8 Q_B^2 \rho}{\pi^2 D^4 K_{em}^2} \right) \frac{D^5}{6,5 \alpha Q_B^2 K_{em}}. \quad (7)$$

При цьому необхідний діаметр трубопроводу визначається з виразу

$$D^5 (a_1 Q_s^2 - a_0) + D \frac{0,8 \cdot Q_s^2 \rho}{K_{em}^2} = - \frac{6,5 \cdot \alpha L_{mp} Q_s^2}{K_{em}}. \quad (8)$$

В умовах проведення тупикових виробок довжина трубопроводу постійно змінюється. Витрати енергії на переміщення необхідної кількості повітря для провітрювання привибійної частини тупикової виробки, при цьому, також змінюються і є функцією двох основних параметрів – L і D . Критичне значення діаметра трубопроводу, який забезпечує мінімум витрат енергії визначається з виразу

$$D^6 \left[1,625 \cdot \alpha (L_k - L_n) D^{-5} + a_1 \right]^2 = \frac{0,23 \cdot a_0 b_2 \alpha (L_k - L_n) T}{f_1}, \quad (9)$$

де L_n, L_k – відповідно початкова і кінцева відстань кінця трубопроводу від вентилятора, м; T – число годин роботи вентилятора від L_n до L_k .

Для визначення необхідного кута повороту лопаток θ з метою забезпечення надходження повітря наприкінці трубопроводу рівному Q_{zn} , при заданій довжині L_{mp} і діаметрі трубопроводу D встановлена залежність зміни режиму роботи вентилятора від основних аеродинамічних параметрів вентиляційної системи місцевого провітрювання

$$\theta = \sqrt{\frac{1}{f_2} \left[K_{em}^2 Q_{zn}^2 \left(\frac{6,5 \alpha L_{mp}}{D^5} - f_1 \right) - f_0 \right]}, \quad (10)$$

де f_0, f_1, f_2 – коефіцієнти режимів роботи вентилятора.

Третій розділ присвячений розробці аналітичних методів визначення параметрів вентиляційної системи місцевого провітрювання.

Аналіз вентиляційних систем показав, що основними варіантами застосовуваних у даний час на шахтах, є системи:

- з каскадною установкою спільно працюючих вентиляторів на жорсткий трубопровід і усмоктувальному способі провітрювання;
- зі спільною роботою декількох вентиляторів на гнучкий трубопровід при нагнітальному способу провітрювання тупикової виробки;
- з використанням декількох гнучких трубопроводів.

З урахуванням параметрів $h_b, h_{тп}$ і K_{em} отримана математична модель вентиляційної системи місцевого провітрювання з каскадною установкою

спільно працюючих вентиляторів на жорсткий трубопровід і усмоктувальному способі провітрювання, яка має вид

$$6,5 \frac{\alpha L_{mp}}{D^5} Q_{zn}^2 K_{em}^2 = (a_{01} + a_{02}) - (a_{11} + a_{12}) Q_{zn}^2 K_{em}^2, \quad (11)$$

де a_{01} , a_{11} , a_{02} , a_{12} – коефіцієнти емпіричної формули, отримані шляхом апроксимації напірної характеристики для першого і другого вентиляторів.

Рішення рівняння (11) відносно витрат повітря, що надходить в трубопровід має вид

$$Q_{zn} = \sqrt{\frac{a_{01} + a_{02}}{R_{mp} K_{em} + (a_{11} + a_{12}) K_{em}^2}}. \quad (12)$$

Графічна інтерпретація залежності величини витрати повітря, яке всмоктується у трубопровід із привибійного простору, від його довжини при послідовно встановлених двох вентиляторах типу ВМЦ-6 наведена на рис. 1.

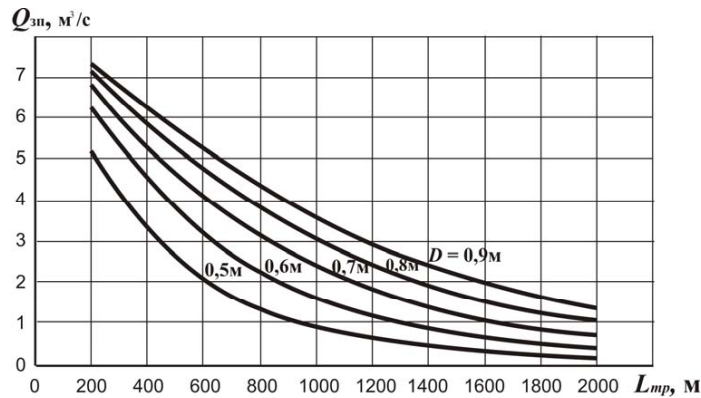


Рис. 1. Графік залежності витрат повітря від довжини при різних діаметрах трубопроводу при послідовно встановлених двох вентиляторах типу ВМЦ-6

З врахуванням залежності величини K_{em} від довжини трубопроводу на підставі рівняння (11) отримано вирази для визначення довжини трубопроводу $L_{тр}$ за якої забезпечуються необхідні витрати повітря при заданому його діаметрі.

$$\frac{6,5 Q_{zn}^2 \alpha L_{mp}}{D^5} A_m^2 \cdot e^{2B_m L_{mp}} + (a_{11} + a_{12}) A_m^2 e^{2B_m L_{mp}} Q_{zn}^2 = a_{01} + a_{02}, \quad (13)$$

де A_m і B_m – коефіцієнти емпіричної формули, отримані шляхом апроксимації залежності величини K_{em} від довжини трубопроводу.

Залежності витрат повітря від діаметра трубопроводу з урахуванням його довжини наведені на рис. 2. Звідси видно, що існує діаметр трубопроводу, при якому витрати повітря для даної його довжини є максимальні. Рациональним діаметром є найближчий, що випускається промисловістю.

схеми встановлення ВМП, а також з врахуванням часток енергії, що витрачається вентиляторів головного і місцевого провітрювання. В останньому випадку розроблена модель має вид

$$3 = \frac{\alpha_1 L_{mp} S^3 (Q - Q_1)^3 TC}{\left(S - \frac{\pi D^2}{4}\right)^6 1000 \eta_1} + \frac{6,5 \alpha_2 L_{mp}}{D^5} Q_1^3 \frac{TC}{1000 \eta_2} + (k_2 D^2 + k_0) \frac{r L_{mp}}{100}, \quad (26)$$

де Q , Q_1 – витрати повітря, що проходять по вентиляційному штреку і по трубопроводу місцевого провітрювання, м³/с; η_1 , η_2 – коефіцієнти корисної дії вентиляторів головного і місцевого провітрювання відповідно; α_1 , α_2 – коефіцієнти аеродинамічного опору виробки і трубопроводу відповідно, Н·с²/м⁴.

Виходячи з наведених моделей при розрахунках визначаються економічно вигідні значення: швидкості руху повітря в трубопроводі на окремих ділянках, діаметр труб ділянки та аеродинамічний опір 1 п. м ділянки. Економічно вигідне значення діаметру трубопроводу при наявності місцевих опорів визначається при вирішенні рівняння

$$\frac{d3}{dD} = \frac{Q}{1000 \eta_e} \left[(-5 \cdot 3,87 \beta L Q^2 D^{-6} - 4 \cdot 0,806 \xi \rho Q^2 D^{-5}) TC \right] + 0,01 r L (2k_2 D + k_1) = 0. \quad (27)$$

Вибір вентиляційного устаткування і режимів роботи вентиляторів місцевого провітрювання з урахуванням параметрів вентиляційних систем шахти, дозволяє забезпечити тупикові виробки необхідною кількістю повітря при мінімумі витрат на його просування по вентиляційній системі шахти і вентиляційному трубопроводі.

ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі, що є завершеною науково-дослідною роботою, вирішена актуальна наукова задача підвищення ефективності вентиляційних систем місцевого провітрювання шахт, що полягає у розробці універсальної математичної моделі вентиляційної системи місцевого провітрювання, яка дозволяє враховувати всі складові джерела тяги і повітроводу при різних варіантах провітрювання та встановленні залежностей енергетичних параметрів вентиляторів від конструктивних особливостей вентиляційної мережі, її основних аеродинамічних параметрів, технологічних факторів та можливих керуючих впливів, що дозволило розробити методи розрахунку параметрів системи місцевого провітрювання та економіко-математичні моделі для вибору раціональних параметрів вентиляційних систем місцевого провітрювання.

Основні наукові і практичні результати роботи полягають у наступному:

1. У результаті аналізу гірничотехнічних умов й особливостей формування вентиляційних потоків при веденні гірничих робіт у тупикових виробках та відповідності їм наявних методів розрахунку вентиляційних систем місцевого провітрювання, які використовуються при їх проектуванні, показано, що наявні методи розрахунку не враховують вплив наявних місцевих опорів на

збільшення довжини трубопроводу ускладнює провітрювання виробок. При русі повітряного потоку по трубопроводу, на величину витрат на провітрювання впливають також: площа поперечного перерізу трубопроводу, кількість повітря, яке подається у привибійний простір виробки, коефіцієнт аеродинамічного опору трубопроводу та період провітрювання. Відомо також, що на величину аеродинамічного опору трубопроводу впливають місцеві опори, що пов'язані з якістю виготовлення фасонних елементів вентиляційної системи, кількістю поворотів і звужень вентиляційного трубопроводу.

Виконані дослідження показали, що одним з можливих рішень поставленої задачі може бути використання раціональних параметрів елементів вентиляційної системи у сполученні з сучасними передовими технологіями. Так, при розрахунку витрат повітря з урахуванням зміни довжини трубопроводу при проведенні тупикової виробки, забезпечується стабільність подачі повітря для провітрювання привибійного простору, а крім того низький рівень непродуктивних витоків повітря за довжиною трубопроводу. Використанням поверхонь з високою аеродинамічною якістю виключає можливість загазування тупикових виробок навіть без підвищення витрат повітря вентилятором. При використанні трубопроводу малого діаметру зменшується його вартість, але значно підвищується депресія вентилятора, що може призвести до невиправданих витрат енергії для переміщення вентиляційного струменя по трубопроводу. Тому всі рішення повинні бути в достатній мірі обгрунтованими.

Для обгрунтування параметрів простої системи місцевого провітрювання, що забезпечують ефективність її роботи, шляхом математичного моделювання процесів провітрювання, розроблена модель мінімізації витрат Z на провітрювання підготовчої виробки з урахуванням вартості електроенергії C , коефіцієнта корисної дії вентилятора η_e , періоду вентиляції T та витрат повітря, яка має вигляд

$$Z = \frac{Q}{1000\eta_e} \left[\frac{4\alpha L}{D} U^2 TC \right] + 0,01rL(k_0 + k_1 D + k_2 D^2), \quad (24)$$

де U – швидкість руху повітря, м³/с; α – коефіцієнт аеродинамічного опору трубопроводу, Н·с²/м⁴; r – відрахування на амортизацію і ремонт трубопроводу, %; k_0, k_1, k_2 – коефіцієнт емпіричної залежності вартості трубопроводу від його діаметра.

При провітрюванні виробок значної протяжності за наявності з'єднань трубопроводів суттєвий вплив на ефективність роботи вентиляційної системи мають також втрати енергії на місцевих опорах. Математична модель для мінімізації витрат на провітрювання, яка враховує втрати енергії на місцевих опорах має вигляд

$$Z = \frac{Q}{1000\eta_e} \left[(4\alpha L_{mp} D^{-1} U^2 + 0,5\xi\rho U^2) CT \right] + 0,01L_{mp}r(k_0 + k_1 D + k_2 D^2), \quad (25)$$

де ξ – коефіцієнт місцевого опору, Н·с²/м⁴.

У результаті виконаних досліджень отримані також математичні моделі для мінімізації витрат на провітрювання у випадку використання каскадної

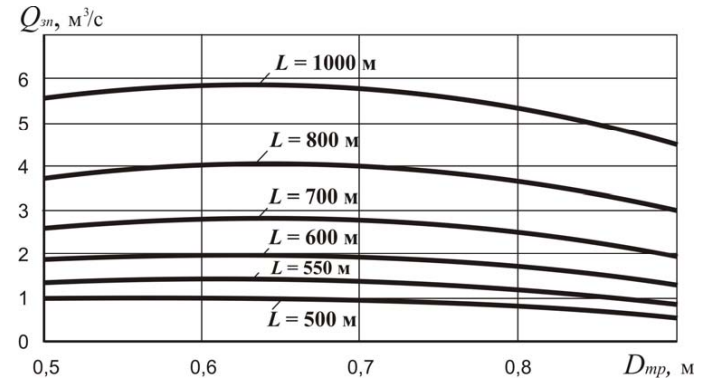


Рис. 2. Залежність витрат повітря в від діаметра трубопроводу з урахуванням його довжини при послідовно встановлених двох вентиляторах типу ВМЦ-6

При паралельній установці вентиляторів на трубопровід, витрати повітря наприкінці трубопроводу визначаються при рішенні рівняння

$$Q_{zn} = \left(\sqrt{\frac{a_{01}}{a_{11} + 6,5 \frac{\alpha L_{mp}}{D^5}}} + \sqrt{\frac{a_{02}}{a_{12} + 6,5 \frac{\alpha L_{mp}}{D^5}}} \right) \frac{1}{\left(\frac{1}{3} K_{em} D \frac{L_{mp}}{L_n} \sqrt{6,5 \frac{L_{mp}}{D^5} + 1} \right)^2}, \quad (14)$$

де L_n – довжина однієї ланки трубопроводу.

Необхідна величина діаметра трубопроводу, при якому за відомої його довжини будуть надходити задані витрати повітря при паралельній установці на трубопроводі двох вентиляторів, визначається шляхом рішення рівняння

$$D = \left[\frac{1}{1,406 \cdot Q_{zn}} \left(\sqrt{\frac{a_{01}}{a_{11} + \frac{6,5\alpha L_{mp}}{D^5}}} + \sqrt{\frac{a_{02}}{a_{12} + \frac{6,5\alpha L_{mp}}{D^5}}} \right) \right]^{-1,8}. \quad (15)$$

При спільній роботі вентиляторів на гнучкий трубопровід математична модель вентиляційної системи місцевого провітрювання має наступний вид:

$$a_{02} - a_{12} (1,04 + 0,0005 \cdot L_{mp})^2 Q_{zn}^2 = (1,04 + 0,0005 \cdot L_{mp})^2 \times \\ \times 0,005 \cdot Q_{zn}^2 D^{-4,76} L_{mp} \left(\frac{0,59}{1,04 + 0,0005 \cdot L_{mp}} + 0,41 \right)^2. \quad (16)$$

На підставі рівняння (16) визначається витрата повітря, що надходить у привибійний простір, а також діаметр трубопроводу при заданих довжині і витратах. Витрати повітря, що надходить у привибійний простір, визначаються за формулою

$$Q_{zn} = \sqrt{\frac{a_{02}}{A+B}}, \quad (17)$$

де $B = a_{12}(1,04 + 0,0005 \cdot L_{mp})^2$,

$$A = (1,04 + 0,0005 \cdot L_{mp})^2 0,005 D^{-4,76} L_{mp} \left(\frac{0,59}{1,04 + 0,0005 \cdot L_{mp}} + 0,41 \right)^2.$$

Діаметр трубопроводу визначається

$$D = \left(\frac{a_{02} - A}{B} \right)^{0,23}, \quad (18)$$

де $A = (1,04 + 0,0005 \cdot L_{mp})^2 Q_{zn}^2 0,005 \cdot L_{mp} \left(\frac{0,59}{1,04 + 0,0005 \cdot L_{mp}} + 0,41 \right)^2$;

$$B = a_{12} (1,04 + 0,0005 \cdot L_{mp})^2 Q_{zn}^2.$$

Якщо за даної довжини виробки і розміру діаметра трубопроводу необхідні для провітрювання виробки витрати повітря не забезпечуються, то в такому випадку необхідне каскадне встановлення вентиляторів.

За умов високої газовості пласта і порід, що його вміщують, коли потрібна значна подача свіжого повітря, а також при провітрюванні тупикових виробок великої довжини і при обмеженій площі поперечного перерізу виробки, що не дозволяє розміщення трубопроводів великого діаметра, прокладають кілька паралельних трубопроводів.

Математична модель вентиляційної системи при кількох паралельних трубопроводах має вид

$$\frac{0,005 \cdot L_{mp} Q^2}{n^2 D^{4,76}} (f_0 + f_1 Q + f_2 L_{mp}) = a_0 - a_1 (f_0 + f_1 Q + f_2 L_{mp})^2 Q^2, \quad (19)$$

де n – кількість трубопроводів; f_0, f_1, f_2 – коефіцієнти формули, що описує витоки повітря.

Довжина трубопроводів, на кінець яких надходить кількість повітря Q

$$L = \frac{-A_1 \pm \sqrt{A_1^2 + 4A_0A_2}}{2A_0}, \quad (20)$$

де $A_0 = a_1 Q^2 f_0^2 + 2a_1 f_0 f_1 Q^3 + a_1 f_1^2 Q^4 - a_0$;

$$A_1 = \frac{0,005}{n^2 D^{4,76}} (f_0 Q^2 + f_1 Q^3) + 2a_1 Q^2 f_0 f_2 + 2a_1 f_1 f_2 Q^3$$

$$A_2 = \frac{0,005 Q^2 f_2}{n^2 D^{4,76}} + a_1 f_2^2 Q^2.$$

Математична модель (19) може використовуватися для визначення Q при відомій довжині L , для цього вирішується рівняння

$$B_4 Q^4 + B_3 Q^3 + B_2 Q^2 - a_0 = 0, \quad (21)$$

де $B_4 = a_1 f_1^2$; $B_3 = 2a_1 f_0 f_1 + \frac{0,005}{n^2 D^{4,76}} f_1 L_{mp} + 2a_1 f_1 f_2 L_{mp}$,

$$B_2 = \left(\frac{0,005 f_2^2}{n^2 D^{4,76}} + a_1 f_2^2 \right) L_{mp}^2 + \left[\frac{0,005}{n^2 D^{4,76}} f_0 + 2a_1 (f_0 f_2 + f_1 f_2) \right] L_{mp} + a_1 f.$$

Відомі методи розрахунку параметрів системи місцевого провітрювання за газовим фактором розроблені для умов стаціонарності процесу газовиділення. Аналіз процесів провітрювання виробок показує, що в реальних умовах процес виносу метаноповітряної суміші за межі тупикової виробки характеризуються періодичними коливаннями дебіту метану внаслідок розосередженого в часі прояву технологічних і геомеханічних впливів на гірський масив та включенням в процес газовиділення джерел, що супроводжуються цим впливом. Для врахування нестационарного характеру процесу газовиділення виконано дослідження процесів виносу метану з тупикових вибоїв.

При розрахунку провітрювання нагнітальним способом з виносом з тупикового виробки метаноповітряної суміші, її рух при видаленні метану за межі виробки описується диференціальним рівнянням

$$Vdc = \left(I_n + I_0 - \frac{QK_{em}C}{100} \right) dt, \quad (22)$$

де V – об'єм тупикової виробки (ділянки виробки, м³); C – концентрація метану у суміші, %; I_n, I_0 – відповідно, метановиділення з нерухомих поверхонь, пласта, що перетинається та з відбитого вугілля, м³/хв.

Величина витрат повітря для зниження концентрації метану до допустимої величини на заданій відстані від вибою визначається шляхом рішення рівняння (22) з розподіляючими перемінними. При початкових умовах $t_k = 0$ $c_0 = c_d$, довжина тупикової виробки, на вихідному струмені якої концентрація метану доводиться до допустимої величини, становить

$$l = \frac{\ln \left(\frac{\frac{QK_{em}}{100} c_0 + I_{zn}}{\frac{QK_{em}}{100} c_d + I_{zn}} \right)}{\frac{100 \cdot S}{t_k QK_{em}}}. \quad (23)$$

де c_0 – початкова концентрація метану, %, c_d – допустима концентрація метану, %; I_{zn} – мінімальне метановиділення в привибійному просторі при веденні буровибухових робіт з вугілля, м³/хв.

Четвертий розділ присвячений обґрунтуванню параметрів системи місцевого провітрювання, що забезпечують ефективність її роботи в нормальних і аварійних вентиляційних режимах.

При використанні вентиляційних систем місцевого провітрювання, значна частина енергії втрачається на подолання аеродинамічного опору трубопроводу, довжина якого залежить від довжини виробки. Суттєве