МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ,
МОЛОДІ ТА СПОРТУ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНИЙ ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД
ДОНЕЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ГІРНИЧИЙ ФАКУЛЬТЕТ
КАФЕДРА ОХОРОНИ ПРАЦІ ТА АЕРОЛОГІЇ

МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ

щодо організації самостійних занять студентів з
нормативної навчальної дисципліни циклу
професійної та практичної підготовки

КОМ'ПЮТЕРНІ СИСТЕМИ ПРОЕКТУВАННЯ ГІРНИЧИХ ПІДПРИЄМСТВ

Галузь знань: 0503 Розробка корисних копалин
Напрям підготовки: 6.050301 «Гірництво»
Спеціальність: 7.05030101 Розробка родовищ та видобування корисних копалин. Охорона праці в гірництві - ОПГ.
8.05030101. Розробка родовищ та видобування корисних копалин. Охорона праці в гірництві - ОПГ

РОЗГЛЯНУТО
Протокол засідання кафедри
охорони праці та аерології
від «20» травня 2010 р. № 5

ЗАТВЕРДЖЕНО
Протокол засідання
Навчально-видавничої
Ради ДонНТУ
від «17» червня 2010 р. № 3

Донецьк, 2011 р.

1. ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ

Методичні вказівки є допомогою для самостійного вивчення навчального матеріалу у межах курсу «Комп'ютерні системи проектування гірничих підприємств» студентами гірничих спеціальностей.

У методичних вказівках викладені деякі теоретичні основи і практичні рекомендації по курсу, у взаємозв'язку з дисциплінами «Аерологія гірничої підприємств» і «Охорона праці в гірництві».

2. ЛЕКЦІЇ ДЛЯ САМОСТІЙНОГО ОПРАЦЮВАННЯ

2.1 Загальні поняття аерології шахти

До найбільш загальних понять вентиляції шахт належать: «шахтна вентиляційна система» і «шахтна вентиляційна мережа».

Вентиляційна система – це сукупність гірничих виробок, сполук виробок, вентиляційних споруд, пристроїв для регулювання розподілу повітря і штучних збудників руху повітря. Вентиляційну систему вугільної шахти можна представити у вигляді вентиляційної мережі. У цьому випадку вона виглядає як сукупність шляхів руху повітря (гілок) і сполук цих шляхів (вузлів).

На практиці схема вентиляційної системи (схема вентиляції шахти) може не співпадати зі схемою вентиляційної мережі (схема вентиляційних з'єднань), адже не можна передбачити наперед усі місця розташування шляхів зовнішніх і внутрішніх витоків повітря. Наприклад, шлях витоку повітря із вентиляційного трубопроводу не має «довжини», але на схемі вентиляційних з'єднань зображується як гілка. У свою чергу, ця фіктивна (уявна) гілка має дві уявні сполуки: «місце» поєднання з вентиляційним трубопроводом і «місце» потрапляння витоку повітря у виробку. Схема вентиляційних з'єднань, на відміну від схеми вентиляції, відображає поєднання системи місцевої вентиляції з загальношахтною.

До переліку основних понять, які використовують у аерології вугільних шахт, відносяться: депресія вентилятора, депресія шахти, подача вентилятора, витрата повітря в шахті, опір мережі вентилятора, опір вентиляційної мережі шахти, депресія гірничої виробки, витрата повітря у гірничій виробці, аеродинамічний опір виробки.

На шахтах України використовується всмоктувальна система вентиляції. Це означає, що вентилятори головного провітрювання утворюють розріджений вентиляційний потік у гірничих виробках. Інакше кажучи, при всмоктувальній вентиляції тиск повітря у гірничих виробках менший ніж атмосферний тиск.

Робочі характеристики вентиляторів називають статичними тому, що вони показують залежність подачі вентиляторів від різниці аеростатичного (статичного) тиску повітря (депресії) яку вони утворюють між поверхнею землі і поверхнею каналу перед колесом вентилятора (зі сторони всмоктування). Ця статична депресія витрачається на подолання опору мережі вентилятора і забезпечення певної витрати повітря

$$h_c = P_n - P_к,$$

де P_n, $P_к$ – статичний тиск повітря, відповідно на початку мережі (поверхня землі) і в кінці мережі (на поверхні каналу вентилятора перед колесом вентилятора в точці де повітря не рухається).

Повна депресія вентилятора – сума втрат статичного тиску (депресії) повітря зі сторони всмоктування і сторони нагнітання.

Подача вентилятора – об’єм повітря, що проходить через вентилятор в одиницю часу.

Опір мережі вентилятора – опір руху повітря в мережі вентилятора.

Депресія шахти – різниця статичного тиску повітря між поверхнею землі і початком каналу вентилятора, яка витрачається на забезпечення руху повітря від поверхні землі до каналу вентилятора.

Витрата повітря у шахті – об’єм повітря, що проходить через вентиляційну мережу шахти в одиницю часу. До вентиляційної мережі шахти відносять частину мережі вентилятора головного провітрювання без каналу вентилятора і шляхів руху зовнішніх підсмоктувань повітря.

Опір шахтної вентиляційної мережі – опір руху повітря в мережі шахти.

Депресія гірничої виробки (статична депресія виробки) – різниця статичного тиску повітря між початком і кінцем гірничої виробки (точками на поверхні «підошви» чи «почви» виробки де повітря не рухається), яка витрачається на рух повітря по виробці.

Витрата повітря у гірничій виробці – об’єм повітря, який проходить в одиницю часу через поперечний перетин гірничої виробки.

Аеродинамічний опір гірничої виробки (опір виробки) – опір руху повітря по гірничій виробці.

Вентиляційні (аеродинамічні) параметри підземної частини гірничого підприємства мають ієрархічну структуру. Найбільш загальними є вентиляційні параметри мережі вентилятора головного провітрювання, бо вентилятор розташовують (у більшості випадків) на «кордоні» між підземною частиною шахти і поверхнею землі.

До головних складових частин мережі вентилятора можна віднести (у випадку всмоктувального способу провітрювання шахти) канал вентилятора, шляхи підсмоктування повітря з поверхні землі до каналу (зовнішні підсмоктування) та шахтну вентиляційну мережу.

Шахтна вентиляційна мережа вміщує усі підземні шляхи руху повітря тобто, гірничі виробки, шляхи внутрішніх витоків повітря і сполуки гірничих виробок. Можна вважати, що до «кордонів» шахтної мережі належать місця «з’єднання» шахтних стволів, з одного боку, з земною поверхнею, а з іншого – сполуку ствола, по якому повітря видається з шахти, з каналом вентилятора.

Подальший розподіл шахтної вентиляційної мережі на окремі частини (структура підземної частини мережі) залежить від схеми вентиляції шахти. Це можуть бути «крила» шахтного поля, секції, уклонні чи бремсбергові поля. У межах цих частин шахтної вентиляційної мережі можна виділити окремі ділянки з виїмковими чи підготовчими вибоями.

Під час вимірювань чи розрахунків інколи користуються поняттям «вентиляційна ділянка». Воно відрізняється від вищенаведених структурних одиниць вентиляційної мережі. Вентиляційна ділянка – це окрема частина вентиляційної мережі шахти, яка поєднується з мережею тільки у двох сполуках (вузлах).

До елементарних (таких, що далі не розподіляються) частин вентиляційної мережі належать шляхи руху повітря (гілки-виробки) між двома найближчими сполуками і самі сполуки (вузли-сполуки). Тобто, шахтна вентиляційна система, представлена у вигляді вентиляційної мережі, складається тільки з гілок-виробок і вузлів-сполук.

До нормованих одиниць вентиляційної мережі відносяться вентиляційні з'єднання. Послідовні, паралельні, діагональні та комбіновані з'єднання можуть складатися як із окремих гірничих виробок, так і з окремих вентиляційних дільниць.

Відповідно до наведених частин шахтної вентиляційної мережі, кожну з них характеризують аеродинамічні параметри: статична депресія (h), витрата повітря (Q) і опір руху повітря (R). Ці три параметри об'єднує закон аеродинамічного опору

$$h = R\,Q^2. \qquad (2.1)$$

Параметр R потребує уточнення. Слід відрізняти загальне поняття «опору» від поняття «аеродинамічний опір». До аеродинамічного опору належать: опір тертя повітря о стінки гірничих виробок, місцеві опори (повороти виробок, звуження та розширення перерізу виробок, сполуки виробок) і лобові опори (обладнання і транспортні засоби які частково

заповнюють переріз виробок). Але, крім того, на розподіл повітря у гірничих виробках впливає дія активних чинників: природна тяга, падіння води і вугілля у похилих виробках і вибоях, рух транспортних засобів. В аварійних умовах для ліквідації аварій використовують різні пристрої, які теж впливають на розподіл повітря у вентиляційній мережі. Термін «активний» означає, що ці чинники не тільки впливають на розподіл повітря, але можуть змінювати напрямок руху вентиляційного струменю у окремих виробках чи частинах шахтної мережі.

Активні чинники не впливають безпосередньо на аеродинамічній опір, тобто на коефіцієнт аеродинамічного опору виробок, але їх дія може виглядати як зменшення чи збільшення опору окремої виробки чи частини вентиляційної мережі. Теоретично дію окремих чинників можна показати (якщо треба відокремити вплив окремих чинників на розподіл повітря у мережі) за допомогою спеціальних активізованих характеристик. Така характеристика враховує дію окремого джерела тяги у виробці чи вентиляційному з'єднанні.

Таким чином, поняття «аеродинамічний опір» можна вживати тільки для окремих виробок, їх частин та вентиляційних з'єднань які не містять «активних» збудників руху повітря. Якщо ж у сукупності виробок, що розглядаються, діє якийсь збудник руху повітря (окрім вентилятора головного провітрювання), то слід використовувати більш узагальнене поняття опору: опір виробки, опір мережі, опір вентиляційної дільниці і так далі. Такий поділ дає змогу відокремити та показати (візуалізувати за допомогою графічного методу) вплив окремого збудника руху повітря на розподіл повітря, у випадках, коли у мережі діє декілька штучних і природних збудників руху повітря. Відповідно, слід відрізняти аеродинамічні і активізовані характеристики виробки (вентиляційної дільниці, вентиляційного з'єднання, мережі).

Більшість сучасних шахт мають декілька (два і більше) вентиляторів головного провітрювання. Існує взаємовплив вентиляторів, і зміна режиму

роботи одного з них може призвести до перерозподілу тиску і витрат повітря по всій шахтній мережі, без зміни аеродинамічного опору окремих частин шахти.

2.2 Зображення системи вентиляції шахти

Для вирішення задач вентиляції і планів ліквідації аварій використовують різні схеми підземної споруди.

Головним носієм інформації про розташування всіх гірничих виробок є схема вентиляції шахти. Ця схема не має масштабу. Вона дає змогу зрозуміти як розташовані виробки одна відносно іншої. На схемі вентиляції, за допомогою спеціальних позначок, показують напрямок руху повітря по виробкам, розташування вентиляційних споруд, витрат повітря, вентиляторів головного і місцевого провітрювання, місця вимірювання повітря і назви виробок.

Розрізняють дві модифікації схеми вентиляції шахти: перша – для повсякденного використання, а друга – у якості додатку до плану ліквідації аварій (ПЛА). Різниця між ними полягає у кількості інформації, яка міститься на схемі. Перша схема містить інформацію яка забезпечує видобуток вугілля (нормальні умови), а друга − інформацію, яка використовується під час рятування людей і ліквідації аварій.

Другий тип схем – плани гірничих виробок. На цих планах усі виробки показують у масштабі (1:5000) по окремих пластах. Головна особливість планів гірничих виробок – вони відображають розвиток гірничих робіт у часі. З точки зору вентиляції користь таких схем полягає в тому, що вони є носієм інформації про висотні відмітки і довжину всіх частин шахтної мережі.

На підставі схем вентиляції розробляють схеми вентиляційних з’єднань шахти. Інакше кажучи, ці схеми відображають вентиляційну систему у вигляді вентиляційної мережі. За допомогою таких зображень можна встановити, до якого типу вентиляційних з’єднань належить окрема група

виробок чи частин шахти. На схемах вентиляційних з'єднань, виробки показують у вигляді гілок, а сполуки – у вигляді вузлів. Головна інформація, яку містять такі схеми – це номера гілок-виробок і вузлів-сполук. Депресійна служба ДВГРС розробляє і використовує схеми вентиляційних мереж, які зовні повторюють схеми вентиляції шахти.

На підставі всіх вищеперелічених схем розробляються віртуальні (комп'ютерні) моделі шахтної вентиляційної мережі. Графічне (візуалізоване) представлення цієї схеми можна вивести на дисплей.

2.3 Аеродинамічні параметри вугільної шахти

Відповідно до вимог Правил безпеки на діючій шахті необхідно визначати аеродинамічні параметри всіх елементів вентиляційної мережі і збудників руху повітря. У мережі вентилятора визначають статичну депресію вентилятора ($h_в$), подачу вентилятора ($Q_в$), опір мережі на яку працює вентилятор ($R_в$), статичну депресію шахти ($h_ш$), витрату повітря у шахті ($Q_ш$), опір шахти чи шахтної вентиляційної мережі ($R_ш$), зовнішні підсмоктування-витоки ($Q_з$), опір шляху (шляхів) зовнішніх підсмоктувань повітря ($R_з$), депресію ($h_к$) і опір ($R_к$) каналу вентилятора.

Виміри і розрахунки, які пов'язані з визначенням параметрів вентилятора і шахтної мережі відбуваються у відповідності до схеми вентиляційної мережі кожної шахти.

У загальному випадку, схему вентиляції підземної частини шахти з одним вентилятором можна показати у спрощеному вигляді (рис. 2.1).

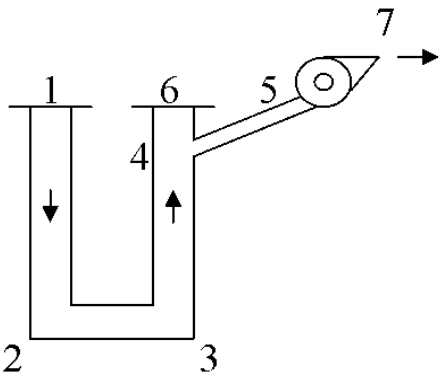

Рис. 2.1 − Спрощена схема вентиляції шахти

Спрощена схема вентиляції трансформується у схему шахтної вентиляційної мережі (рис. 2.2) чи, інакше кажучи, схему вентиляційних з'єднань (спосіб зображення гілок вентиляційної мережі у вигляді прямих і ламаних ліній замість дуг, запровадив відомий російський фахівець Ф.С. Клєбанов).

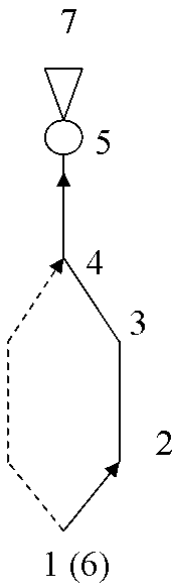

Рис. 2.2 − Спрощена схема шахтної вентиляційної мережі

Використання схем (рис. 2.1, 2.2) спрощує реальній стан речей, але дає змогу структурувати окремі елементи вентиляційної мережі і ідентифікувати їх як «гілки» та «вузли». Наприклад, вузли 1, 6, 7 визначають місця «поєднання» вентиляційної мережі з поверхнею землі. Між вузлами 1 та 2 розташований ствол по якому повітря подається у шахту. Гілка 3-4 визначає частину ствола по якому повітря виходить із шахти. Між вузлами 4 та 5

розташований канал вентилятора, а гілка 5-7 – вентилятор головного провітрювання. Гілка 6-5 показує шлях повітря з поверхні землі до початку каналу вентилятора через устя ствола.

2.3.1 Зовнішні підсмоктування-витоки повітря. В умовах реальної шахти може існувати багато шляхів, по яких повітря потрапляє в канал вентилятора, оминаючи шахтну вентиляційну мережу (рис. 2.3).

Відповідно до цієї схеми, підсмоктування повітря с поверхні землі відбувається через устя ствола (1), обвідний канал (3), щілини атмосферної ляди (10) і ляди обвідного каналу (9).

Наступна схема вентиляції показує особливості з'єднання каналів цієї вентиляторної установки (рис. 2.4).

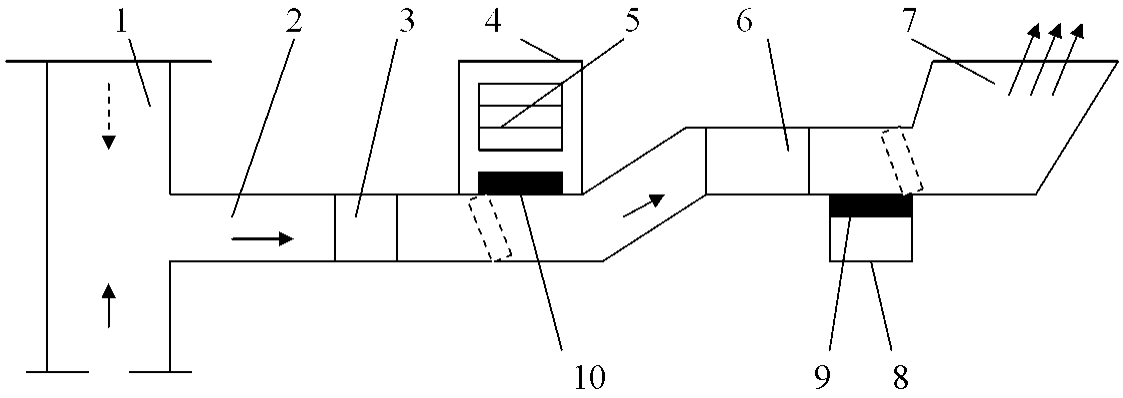

Рис. 2.3 – Спрощена схема вентиляторної установки з осьовими вентиляторами:

1 – устя ствола; 2 – основний канал; 3 – сполука основного каналу з обвідним; 4 – повітрязабірна будка; 5 – вікно з жалюзі; 6 – вентилятор;
7 – дифузор вентиляторної установки; 8 – обвідний канал;
9 – ляда обвідного каналу; 10 – ляда повітрязабираючої будки

На підставі цих двох схем (рис. 2.3 і 2.4) можна побудувати детальну схему вентиляційних з'єднань (схему мережі) цієї частини шахти (рис. 2.5).

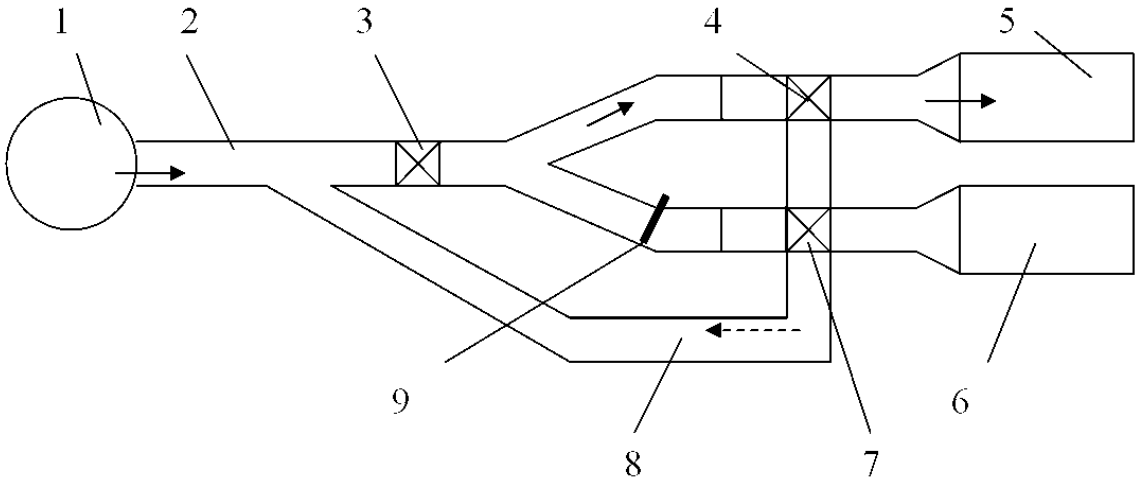

Рис. 2.4 − Схема каналів вентиляторної установки:

1 – ствол; 2 – основний канал; 3 – ляда повітрязабірної будки; 4 – ляда обвідного каналу робочого вентилятора; 5 – дифузор робочого вентилятора; 6 – дифузор резервного вентилятора; 7 – ляда обвідного каналу резервного вентилятору; 8 – обвідний канал; 9 – шибер резервного вентилятора

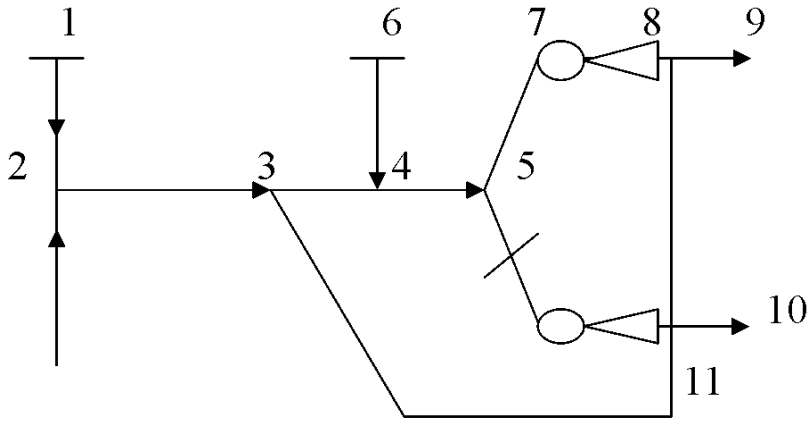

Рис. 2.5 − Схема вентиляційних з’єднань каналів вентиляторної установки

У більшості випадків моделювати особливості розподілу депресії чи окремі шляхи руху повітря, що потрапляє с поверхні землі у канали вентиляторної установки, не має сенсу. Це необхідно робити тільки у випадку коли розробляються дії по зменшенню зовнішніх підсмоктувань повітря. Крім того, у більшості випадків виміри витрат повітря у каналах можуть давати велику похибку (до 50 %). Адже основний канал вентилятора має декілька сполук (з обвідними каналами, ходком у канал і резервним вентилятором) і невелику довжину між місцями, де повітря (витоки) потрапляє в канал. Інакше кажучи, більшість каналів вентиляторної

установки не відповідають вимогам щодо облаштування місць вимірювання швидкості повітря.

У цей час є загальноприйнятим, що усі шляхи руху повітря з поверхні землі до каналу вентилятора моделюють однією гілкою (рідко двома), з витратою повітря, що дорівнює сумі усіх зовнішніх підсмоктувань, а депресію цієї гілки вимірюють через устя ствола, де встановлено вентилятор (депресія шляху зовнішніх підсмоктувань через устя ствола дорівнює депресії шахти). Інакше кажучи, всі зовнішні підсмоктування штучно «відносять» до устя ствола. Тобто, п’ять гілок (рис. 2.5, гілки 1-2, 6-4, 8-11, 10-11, 11-3) замінюють однією гілкою 1-2. У цьому випадку опір шляху зовнішніх підсмоктувань стає фіктивним чи умовним.

2.3.2 Опір каналу вентилятора. Опір каналу вентилятора у більшості випадків теж визначається як фіктивний (умовний). У відповідності зі схемою (рис. 1.5), чотири ділянки каналу вентиляторної установки (2-3-4-5-7) показують як одну гілку вентиляційної мережі (рис. 2.2, ділянка 4-5).

Таким чином, фактичний розподіл статичної депресії і витрат повітря по окремих ділянках каналу штучно замінюється на фіктивний (умовний). У цьому випадку, з одного боку, враховуються загальні параметри каналу вентилятора без зайвої деталізації, а з іншого – «зв’язуються» абстрактні поняття аеродинамічних параметрів з візуальними образами відповідних шляхів руху повітря – гілками. Така методика спрощує розрахунки відповідних аеродинамічних параметрів і їх використання при моделюванні основних елементів вентиляційної мережі.

Вищенаведений підхід є загальноприйнятим, але слід пам’ятати, що при усіх значних (на 10 %) змінах подачі вентилятора (внаслідок зміни аеродинамічного опору шахтної мережі, регулювання режиму роботи вентилятора чи сезонної зміни величини депресії природної тяги у шахтних стволах) слід перераховувати усі «фіктивні» параметри. Особливу увагу цим питанням слід приділяти на шахтах з декількома вентиляторами головного провітрювання.

Усе вищезазначене стосується, в першу чергу, вентиляторних установок, де реверсування вентиляційного струменю (зміна напрямку руху повітря в усій вентиляційній мережі) відбувається за допомогою спеціальних ляд і обвідних каналів. Якщо реверсування вентиляційного струменю відбувається за рахунок зміни напрямку руху колеса вентилятора (вентилятори серії ВОД), то опір каналу вентилятора і шляху зовнішніх підсмоктувань повітря можна вважати «аеродинамічним», тобто таким, що повністю відповідає закону аеродинамічного опору.

2.4 Підготовка схеми вентиляції шахти до моделювання

Технологія вирішення задач шахтної вентиляції з використанням ПЕОМ і програмного комплексу «IRS Вентиляція-ПЛА» являє собою відповідну послідовність дій, починаючи з підготовки вихідної інформації.

На першому етапі треба підготувати схему вентиляції до введення її в комп’ютер. Особливість цієї підготовки полягає у тому, що схему вентиляції необхідно показати у вигляді послідовності зв’язаних між собою гілок і вузлів, тобто мережі.

Кожен вузол мережі моделює сполуку гірничих виробок. Він зв’язує між собою дві чи більше гілки-виробки чи частини виробок.

Кодування схем вентиляції виконується при підготовці шахти до депресійної зйомки. При цьому кожному вузлу-сполуці і гілці-виробці на схемі вентиляції присвоюють свій номер. Така нумерація дозволяє ідентифікувати всі виробки шахти чи їх частини і показати їх у вигляді елементів вентиляційної мережі.

При підготовці схеми вентиляції шахти до вводу у комп’ютер, неприпустимо її спрощення, тобто об’єднання декількох вузлів у один чи заміна декількох гілок однією з еквівалентним опором. Необхідність деталізації викликана тим, що при розрахунках теплової депресії пожежі та

маршрутів руху людей враховується кут нахилу і геометричні характеристики кожної виробки. При спрощенні схеми вентиляції, можливі помилки в побудові зони розповсюдження пожежних газів і маршрутів руху людей, а також помилки моделювання теплових джерел тяги (природна тяга, теплова депресія пожежі).

Після кодування схеми вентиляції, необхідно нанести на неї координатну сітку. За початок координат приймається точка в лівому верхньому куті листа паперу. Рисуються дві осі: верхня – горизонтальна (зліва-направо) і ліва – вертикальна (зверху-вниз). Крок сітки – 50-100 мм. Уся схема вентиляції шахти повинна бути розташована нижче горизонтальної та правіше вертикальної осі координат.

Наявність координатної сітки полегшує визначення координат всіх вузлів вентиляційної мережі шахти й прискорює «перенесення» схеми вентиляції з аркуша паперу на екран монітора. Коректуючи ці координати, у базі даних комп'ютера, можна змінювати розташування вузлів та гілок на екрані монітора.

2.5 Моделювання основних елементів вентиляційної мережі

Гірничі виробки і сполуки. Сукупність гірничих виробок, їх сполук та шляхів витоків повітря, складають основу шахтної вентиляційної мережі (ШВМ). Схема ШВМ на екрані виглядає як поєднання гілок і вузлів. Однак, для того, щоб розрізняти зображення шахтної вентиляційної мережі на схемі вентиляції, схемі вентиляційних з'єднань і на екрані монітора використовуємо поняття «гілка-виробка» і «вузол-сполука». Воно означає символічне зображення гірничої виробки на екрані монітора чи паперовій схемі у вигляді гілки та вузла.

Окремою виробкою на схемі вентиляції вважається простір розташований між двома найближчими сполуками і лініями які обмежують виробку вздовж двох сторін. Комп'ютерне зображення вентиляційної мережі

містить зображення сполук гірничих виробок чи «вихід» гірничої виробки на поверхню землі. Ці місця на екрані монітора, виглядають як невеличкі кола (вузли). Зображення виробки на екрані комп'ютера може виглядати як одна або подвійна лінія між двома вузлами-сполуками. Необхідно, щоб під час «малювання» виробки на екрані монітора кожна виробка чи вузол отримували ті ж номери, що і на паперовій схемі.

Після введення схеми вентиляції в комп'ютер необхідно ввести інформацію про аеродинамічний опір кожної виробки. Ця інформація береться з матеріалів депресійної зйомки чи розраховується в програмі (з урахуванням коефіцієнта аеродинамічного опору).

Вентиляційні споруди. Наявність (або поява) вентиляційної споруди (двері, шлюз, перемичка) в гірничій виробці, моделюється за допомогою збільшення аеродинамічного опору гілки-виробки. Окрім цього, у програмі необхідно вказати до якого «типу» належить відповідна гілка-виробка і «встановити» спеціальний символ на зображенні гілки-виробки. Величина опору гілки-виробки з вентиляційною спорудою, приймається по даних депресійної зйомки або по даних вимірів фахівців шахти.

На рис. 2.6. показана схема моделювання кросингу. Гілки-виробки 2-3 та 3-4 моделюють гірничі виробки обладнані шлюзами, а 2-4, відповідно, канал кросингу. Зовні, так виглядає і схема вентиляційних з'єднань з обхідною виробкою.

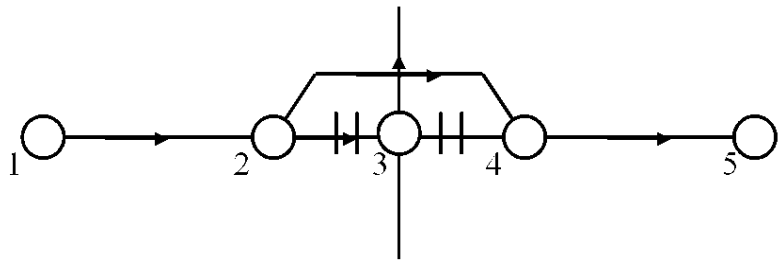

Рис. 2.6 − Схема моделювання кросингу (обхідної виробки)

Зовнішні і внутрішні витоки повітря. Шляхи руху зовнішніх і внутрішніх витоків-підсмоктувань повітря моделюють за допомогою гілок,

але їх зображення та інформаційне забезпечення відрізняється від гілок-виробок. Так, якщо зображення гілки-виробки не екрані можна показати у вигляді подвійної лінії (як на схемі вентиляції) чи однією суцільною лінією (як на схемі вентиляційних з'єднань), то гілки-витоки зображають тільки у вигляді штрихової лінії (рис. 2.7).

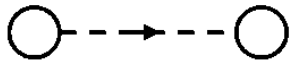

Рис. 2.7 − Зображення гілки вентиляційної мережі, яка моделює виток повітря через вироблений простір

Гілки-витоки не «містять» інформацію про довжину, площу перерізу, швидкість повітря і інші «атрибути» гілки-виробки.

Виток повітря через вентиляційну споруду має відповідну назву-ідентифікатор: внутрішній виток (двері), зовнішній виток (двері). В цьому випадку до символу гілки (рис. 2.8) додається символ вентиляційної споруди

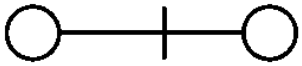

Рис. 2.8 − Зображення гілки вентиляційної мережі з вентиляційною спорудою

Рух повітря з поверхні землі до каналу вентилятора через різні нещільності та устя ствола має назву «підсмоктування», якщо вентилятор головного провітрювання працює у режимі всмоктування повітря. При роботі вентилятора на нагнітання, рух повітря із каналу вентилятора на поверхню землі через різні нещільності має назву «витоки повітря».

Гілка, що моделює зовнішній виток-підсмоктування повсякчас має один вузол, який моделює поверхню землі (рис. 2.9). Усі шляхи руху зовнішніх витоків-підсмоктувань повітря, пов'язані з однією вентиляторною установкою (3-4), спрощено можна зобразити у вигляді однієї гілки 1-2. Ця гілка являє собою всі зовнішні витоки-підсмоктування. Вона «зв'язує»

поверхню землі і початковий вузол гілки, котра моделює канал вентилятора (2-3).

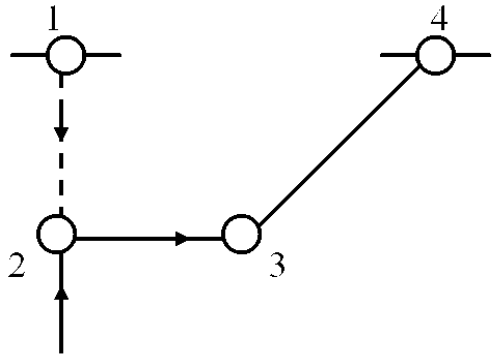

Рис. 2.9 − Спрощена схема моделювання шляхів зовнішніх витоків-підсмоктувань повітря

Внутрішні витоки-підсмоктування повітря можна поділити на дві групи: витоки через вентиляційні споруди в гірничих виробках (див. вище) і витоки через вироблений простір. Витоки через вироблений простір також поділяються на дві групи: місцеві і розосереджені. Місцеві пов’язані з якимось конкретним місцем, наприклад, місцем сполуки діючої виробки з виробкою, яка «погашена». Розосереджені витоки повітря – це витоки по довжині виробки, наприклад, вздовж виробки яка примикає до виробленого простору виїмкової дільниці. В обох випадках виток моделюється однією гілкою, але, опір шляху руху витоку (R_y), у другому випадку, визначається як фіктивний. Він характеризує підсумкові витоки-підсмоктування повітря уздовж якої-небудь ділянки виробки. Наприклад, фіктивний опір гілки яка моделює витоки повітря через вироблений простір за лавою (рис. 3.5) можна порахувати за допомогою формули

$$R_{в.л.} = h_л / \Sigma Q_y^2,$$

де $h_л$ – депресія лави;

ΣQ_y – сума витрат повітря із транспортного штреку на вентиляційний.

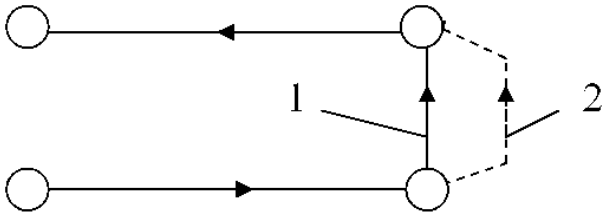

Рис. 2.10 − Схема моделювання виїмкової дільниці:
1 – гілка-лава; 2 – гілка-виток

Моделювання виробленого простору, само по собі, є окремою науковою задачею. На цей час відсутня офіційно діюча методика моделювання виробленого простору.

Моделювання вентиляції підготовчих виробок. Для моделювання вентиляції підготовчих виробок, необхідно в шахтній вентиляційній мережі відокремити дві додаткові гілки. Перша – моделює частину виробки від місця де знаходиться вентилятор місцевого провітрювання (ВМП) до початку тупикової виробки. Отже, виробка яка підводить повітря до ВМП і пов’язана з початком тупикової виробки, в моделі поділена на дві гілки: одна – від початку виробки до ВМП, а друга – від ВМП до початку тупикової виробки. Підготовча виробка також моделюється двома гілками: одна – від початку до забою, а друга – забій тупикової виробки. ВМП моделюється окремою гілкою.

Витоки повітря з нагнітального трубопроводу, в загальному випадку, теж моделюються двома гілками-витоками. Схема моделювання, яка містить гілку ВМП і вентиляційний трубопровід наведена на рис. 2.11. На рис. 2.11а наведена схема провітрювання тупикової виробки, а на рис. 2.11б – схема моделювання місцевої вентиляції.

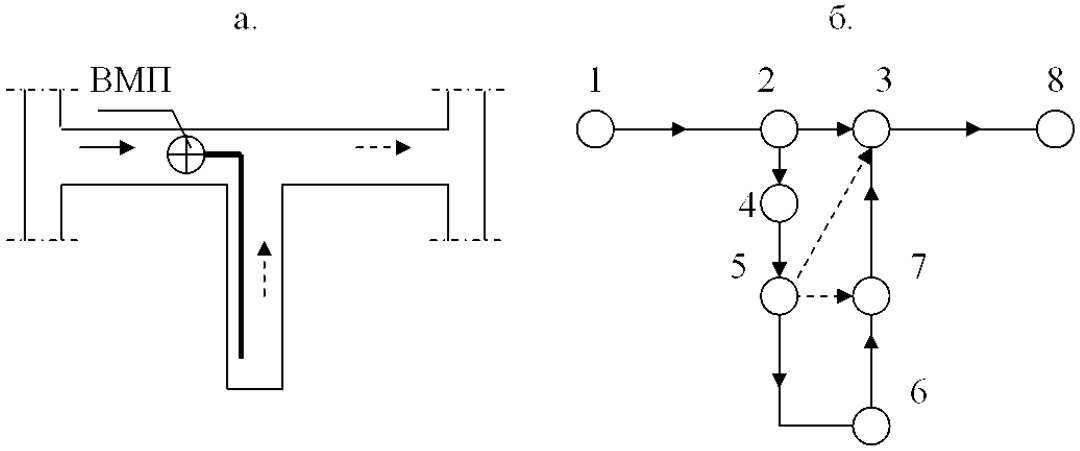

Рис. 2.11 − Схема вентиляції і моделювання тупикової виробки

На рис. 2.11б гілка 1-2 моделює дільницю виробки від початку (по ходу вентиляційного потоку) до місця де стоїть ВМП. Гілка 2-3 – частина виробки від місця установки ВМП до сполуки з тупиковою виробкою. Гілка 2-4 – ВМП. Гілка 4-5 – вентиляційний трубопровід від ВМП до початку тупикової виробки. Гілка 5-6 – вентиляційний трубопровід від початку до вибою тупикової виробки. Гілка 6-7 – вибій тупикової виробки (дільниця тупикової виробки довжиною 20 м, від поверхні вибою). Гілка 7-3 – тупикова виробка. Гілка 3-8 – виробка з відпрацьованим повітрям із тупикової виробки. Усі витоки повітря, що розосереджені по довжині трубопроводу, моделюються двома гілками. Перша (5-3) моделює витоки із трубопроводу на дільниці від ВМП до початку тупикової виробки. Друга (5-7) – усі витоки повітря із трубопроводу від початку виробки до вибою.

Така модель місцевого провітрювання дозволяє, з одного боку, відокремити режим провітрювання вибою тупикової виробки, а з іншого – контролювати небезпеку появи рециркуляції на дільниці від ВМП до початку тупикової виробки.

Моделювання вентиляторів. Вентилятор головного провітрювання (або ВМП) моделюється окремою гілкою. Характеристику вентилятора з достатньою для інженерних розрахунків точністю описує формула

$$h = A_в - b_в Q^2,$$

де h, Q – статична депресія і подача вентилятора, відповідно;

$A_в$, $b_в$ – коефіцієнти характеристики вентилятора (розраховуються по графіку характеристики).

Природна тяга. Природну тягу моделюють використовуючи дві методики. В одній, природна тяга моделюється точковими джерелами тяги. Їх величина розраховується для окремих контурів шахтної вентиляційної мережі, а характеристика має вигляд прямої лінії, паралельної осі абсцис. У шахтній вентиляційній мережі можна відокремити три групи виробок (рис. 2.12) з природною тягою: стволи ($h_{ес}$), похилі виробки виїмкових полів ($h_{еп}$) і виїмкові дільниці ($h_{ед}$). Природна тяга розраховується по результатах температурної зйомки за допомогою термодинамічного методу.

У комп'ютерній моделі «IRS Вентиляція-ПЛА» природна тяга моделюється додаванням депресії у гілку-виробку. Для цього використовується спеціальна вставка «Дод. депресія» у вікні кожної гілки. Додаткова депресія уводиться в похилу (вертикальну) виробку з висхідним струменем повітря (якщо в одній виробці низхідне, а в іншій – висхідне провітрювання).

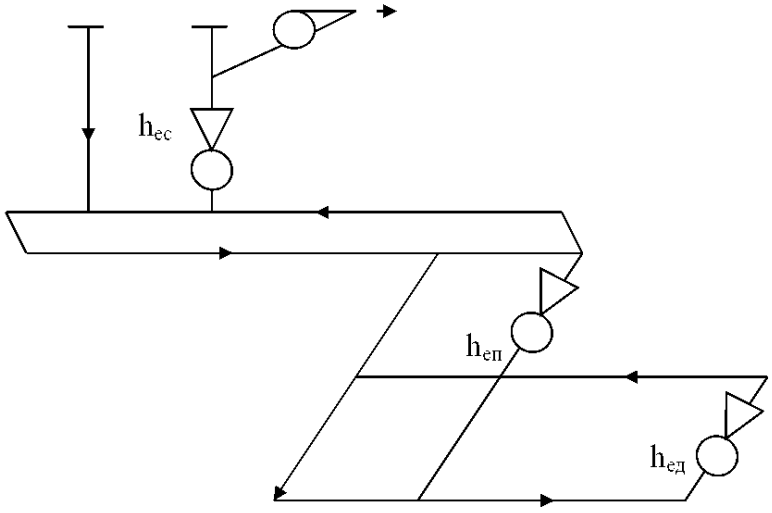

Рис. 2.12 − Спрощена схема шахти з природною тягою у трьох вентиляційних контурах

Відповідно до другої методики, природна тяга визначається як різниця тисків стовпів повітря у вертикальних і похилих виробках. Її дія моделюється введенням відповідного тиску-депресії в кожну похилу чи вертикальну гілку-виробку комп'ютерної моделі (рис. 2.13).

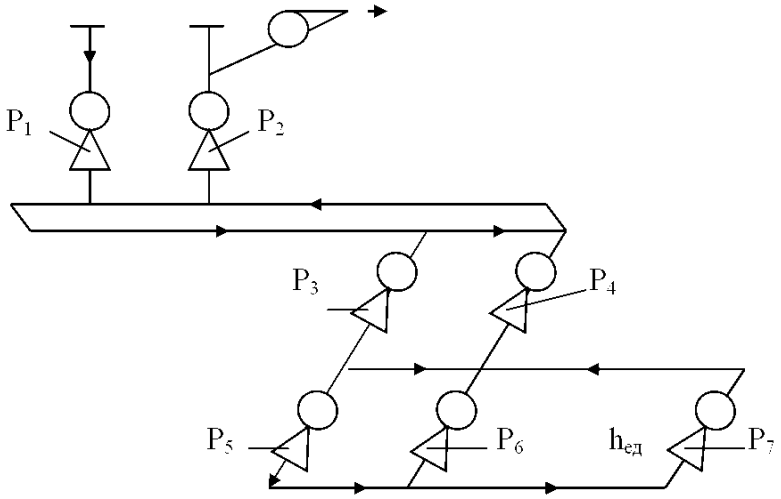

Рис. 2.13 − Спрощена схема моделювання природної тяги

Природна тяга у вентиляційних контурах дорівнює відповідній різниці тисків повітря у вертикальних і похилих виробках. Наприклад, природна тяга у стволах дорівнює P_1 - P_2. У похилих виробках – P_3 - P_4 і так далі.

2.6 Підготовка даних для комп'ютерної моделі шахтної вентиляційної мережі

Для побудови комп'ютерної моделі шахтної вентиляційної мережі достатньо схеми вентиляції, інформації про аеродинамічні опори всіх гілок-виробок мережі і даних про характеристики вентиляторів головного провітрювання.

Аеродинамічні опори гілок-виробок (R) розраховують на підставі вимірів статичної депресії (h) і витрат повітря (Q) гілок-виробок (2.1). Ці виміри і розрахунки роблять під час проведення депресійних зйомок.

Виміри депресії гірничих виробок. Повний тиск повітря (P_n) незмінний у перерізі виробки (каналу) і являє собою алгебраїчну суму статичного (P_c) і динамічного ($P_д = \rho v^2/2$) тисків повітря в кожній точки перерізу виробки. Цей зв'язок демонструє рівняння Бернуллі для горизонтальної виробки

$$P_n = P_c + \rho v^2/2 = const,$$

де ρ − густина повітря;

v − швидкість повітря.

Епюри повного і статичного тиску по висоті (ширині) у відповідності до рівняння Бернуллі мають такий вигляд (рис.2.14).

Статичний тиск в перерізі мінімальний на рівні лінії (вектору) максимальної швидкості повітря і підвищується в напрямку кріплення чи почви виробки. На стінці виробки, де швидкість повітря дорівнює нулю ($v=0$) статичний тиск максимальний ($P_{с.мах}$) і дорівнює повному тиску у потоці повітря (P_n) для кожної точки перерізу

$P_n = P_{с.мах}$.

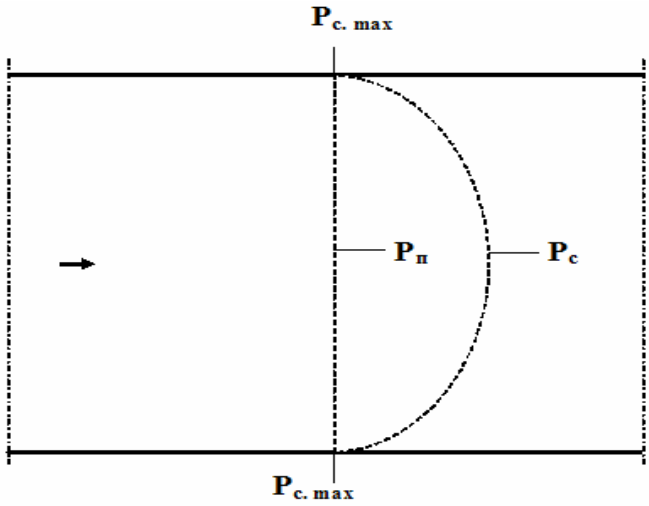

Рис. 2.14 − Схема розподілу тиску повітря в перерізі виробки відповідно рівнянню Бернулі

Робочий елемент барометра чи мікробарометра (анероїдна коробка) сприймає тільки максимальний статичний тиск ($P_{с.мах}$), адже анероїдна коробка розташована у середині прибору де повітря не рухається (швидкість повітря біля поверхні анероїдної коробки дорівнює нулю). Таким чином немає потреби визначати повний тиск ($P_п$) у потоці повітря якщо визначено максимальний статичний ($P_{с.мах}$) на стінці виробки (трубопроводу).

Для визначення різниці тиску між двома точками в двох різних перерізах горизонтальної виробки (рис. 2.15, точки 1, 2), замість рівняння

$$h = (P_{с1} + \rho_1 v_1^2/2) - (P_{с2} + \rho_2 v_2^2/2)$$

для практичних потреб треба використовувати спрощене рівняння

$$h = P_{с.мах1} - P_{с.мах2}.$$

Статична депресія ділянки 1-2 визначається як різниця між двома максимальними статичними тисками в перерізах 1 і 2.

Інакше кажучи, ніяких додаткових вимірів «середньої швидкості» для визначення «середнього» динамічного тиску у кожному з двох перерізів виробки чи трубопроводу робити не потрібно, бо це тільки підвищує похибку розрахунків аеродинамічного опору.

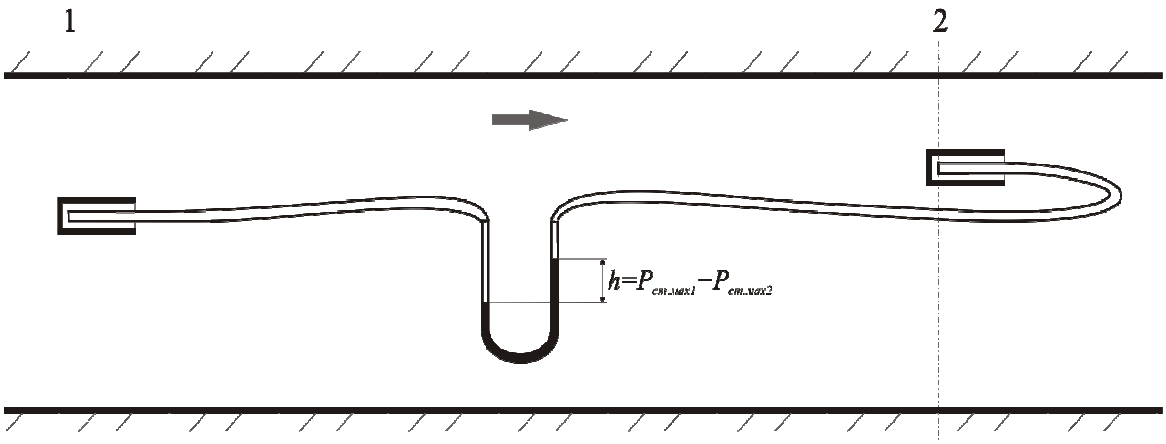

Рис. 2.15 − Схема виміру статичної депресії між двома перерізами виробки

Головна умова вимірів депресії гірничих виробок полягає у наступному: виміри необхідно робити таким чином, щоб мати змогу перевірити під час зйомок відповідність вимірів другому закону мережі. Інакше кажучи, виміри депресії потрібно робити у гілках-виробках які входять у замкнені вентиляційні контури. Така методика дозволяє врахувати вплив короткочасних вентиляційних збурень (рух транспортних засобів, відкривання вентиляційних дверей) на розподіл депресії у мережі гірничих виробок. Для вимірів депресії необхідно використовувати трубки максимальної статичної депресії, котрі приєднують до вільних кінців гумових трубок.

Конструкція трубок для виміру статичної депресії має свої особливості. Головна особливість полягає у співвідношенні внутрішнього діаметру трубки і її довжини. У загальному випадку трубка має вигляд порожнього циліндра (з пластмаси чи металу) закритого з однієї сторони (рис. 2.13).

Співвідношення довжини і ширини (діаметра) трубки визначає емпірична формула А.М. Карпова

$$l_t = 0.0376 \cdot \mathrm{Re}^{0.4} \cdot d_t ,$$

де l_t – довжина від початку трубки до місця вимірювання в трубці;

d_t – діаметр трубки;

Re − число Рейнольдса для повітря у виробці.

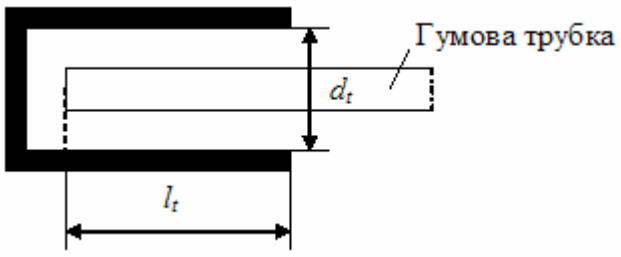

Рис. 2.16 − Схема трубки для вимірювання статичної депресії

Довжина l_t визначає мінімальну відстань на яку кінець гумової трубки потрібно ввести у циліндр. Відповідність довжини l_t і діаметру d_t є запорукою того, що біля кінця гумової трубки в циліндрі повітря не буде рухатися. Трубки максимального статичного тиску розташовують на «почві» виробки, спрямовуючи закритий кінець назустріч потоку повітря.

Послідовність вимірів розглянемо на прикладі схеми уклонного поля (рис. 2.17). Виміри депресії виконує бригада у складі трьох чоловік.

Мікроманометр встановлюємо у точці 2. Дві короткі (довжина 20-30 м) гумові трубки прокладаємо між точками (центрами сполук) 2-1 і 2-3. Вимірюємо депресії $h_{2\text{-}1}$, $h_{2\text{-}3}$, $h_{1\text{-}2\text{-}3}$. Перевіряємо похибку вимірів, тобто сума депресій $h_{2\text{-}1}$ і $h_{2\text{-}3}$ повинна дорівнювати $h_{1\text{-}2\text{-}3}$. Згортаємо трубку 2-1 і одночасно прокладаємо довгу трубку (довжина 100 м) від точки 2 у напрямку точки 5 (до якоїсь проміжної точки n). Вимірюємо депресію ста метрів гілки 2-6 ($\Delta h_{2\text{-}n}$), депресію гілки 2-3 ($h_{2\text{-}3}$) і різницю тисків між точками 3 та n ($h_{3\text{-}n}$). Різниця депресій $h_{2\text{-}3}$ і $\Delta h_{2\text{-}n}$ повинна дорівнювати $h_{3\text{-}n}$. Якщо ця вимога не виконується необхідно повторити усі три виміри.

Згортаємо гумову трубку 2-3. Мікроманометр переносимо в напрямку точки 5 і встановлюємо біля кінця довгої трубки (проміжна точка n). Прокладаємо другу довгу трубку (довжина 100 м) у напрямку точки 5 (до якоїсь проміжної точки m). Вимірюємо депресію $\Delta h_{2\text{-}n}$, $\Delta h_{n\text{-}m}$ і $\Delta h_{2\text{-}n\text{-}m}$.

Особливість методики вимірів полягає у повторенні попереднього виміру депресії. Це дозволяє контролювати можливі випадкові коливання депресії і коректувати подальші виміри.

Після встановлення мікроманометра у точці 5 вимірюються депресії $h_{5\text{-}6}$, $h_{5\text{-}4}$, $h_{6\text{-}5\text{-}4}$. Депресії 1-6 і 3-4 не вимірюють, а розраховують використовуючи другий закон мережі

$$h_{1\text{-}6} = h_{1\text{-}2} + h_{2\text{-}5} - h_{5\text{-}6}.$$

$$h_{3\text{-}4} = h_{2\text{-}3} - h_{2\text{-}5} - h_{4\text{-}5}.$$

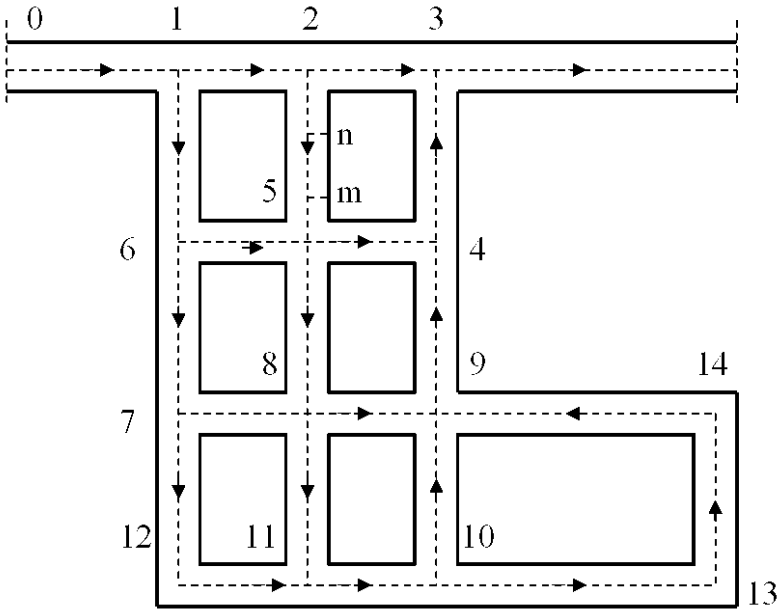

Рис. 2.18 − Схема вимірювання депресії гілок-виробок

Якщо депресію всіх гілок вимірюють, а не розраховують (при наявності в контурах похилих виробок природної тяги), то результати вимірів необхідно перевірити на відповідність другому закону мережі. Сума депресій в контурі гілок-виробок 1-2-5-6-1 повинна дорівнювати нулю при відсутності природної тяги у цьому контурі. Наявність природної тяги у контурі 2-3-4-5-2 слід враховувати. Наприклад, якщо приймаємо напрямок «руху» по виробкам контуру відповідно руху годинникової стрілки, то рівняння для першого (1-2-5-6-1) і другого (2-3-4-5-2) контурів будуть мати такий вигляд

$$h_{1\text{-}2} + h_{2\text{-}5} = h_{1\text{-}6} + h_{5\text{-}6},$$
$$h_{2\text{-}3} + h_e = h_{2\text{-}5} + h_{5\text{-}4} + h_{4\text{-}3},$$

де h_e – природна тяга в контурі 2-3-4-5-2 (визначається за методом Воропаєва).

Подальші виміри виконуються відповідно наведеній методиці. Така послідовність вимірів депресії мінімізує працевтрати на прокладання гумових трубок і одночасно забезпечує мінімальну похибку вимірів. У

кожному конкретному випадку слід попередньо визначати напрямок руху вимірювачів по виробкам з урахуванням побудови вентиляційних контурів.

Під час вимірювання депресії слід враховувати поділ похилих виробок на виробки зі свіжим і відпрацьованим повітрям. Для зменшення похибки виміру депресії (від різниці температури повітря) не слід на протязі робочої зміни «змішувати» виміри. Наприклад (рис. 2.17), спочатку виміряти депресію похилої виробки зі свіжим повітрям (2-5), а потім – з відпрацьованим (3-4). Якщо ж така необхідність є, то депресію можна вимірювати не раніше ніж через 20 хвилин після прокладання гумових трубок. За цей час повітря у гумових трубках набуде такої ж температури, що і повітря у виробці.

Депресію довгих виробок можна визначати комбінованим способом. Спочатку визначити довжину ділянок виробки з різним перерізом чи з якимось обладнанням. Наприклад (рис. 2.18), виробка загальною довжиною 2000 м (без сполук з іншими виробками) поділена на три частини: 900 м з перерізом 14 м^2 (± 1 м^2), 700 м з перерізом 12 м^2 і 400 м з перерізом 11 м^2. Спочатку для кожної із трьох частин виробки слід виміряти депресію (витрата повітря вимірюється один раз) і порахувати аеродинамічний опір ділянки довжиною 200 м (прокласти одразу дві гумові трубки). Потім визначити опір 100 м для кожної ділянки (r_n – питомий опір). Загальний аеродинамічний опір довгої виробки розраховується як сума середньозважених опорів кожної ділянки

$$R_в = r_{n\,(1\text{-}2)} \cdot L_{1\text{-}2} + r_{n\,(2\text{-}3)} \cdot L_{2\text{-}3} + r_{n\,(3\text{-}4)} \cdot L_{3\text{-}4},$$

де $r_{n\,(1\text{-}2)}$, $r_{n\,(2\text{-}3)}$, $r_{n\,(3\text{-}4)}$ – питомий опір, відповідно, ділянок 1-2, 2-3 і 3-4;
$L_{1\text{-}2}$, $L_{2\text{-}3}$, $L_{3\text{-}4}$ – відповідно, довжина ділянок 1-2, 2-3 і 3-4.

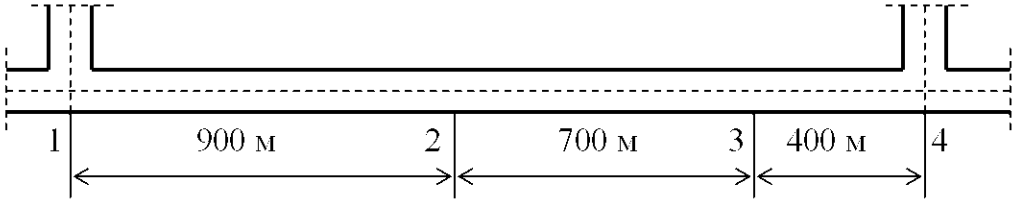

Рис. 2.18 − Схема визначення опору довгої виробки

Необхідною умовою використання цього засобу є наявність пікетів по довжині виробок (для фіксації довжини окремих ділянок виробки). Якщо довга виробка горизонтальна то її депресію краще визначати за допомогою мікробарометрів.

Визначення депресії виробок за допомогою мікробарометрів. Особливість визначення депресії виробок за допомогою мікробарометрів полягає у тому, що у похилих та вертикальних виробках депресія не вимірюється, а розраховується за допомогою формули

$$h = P_{с.п} - P_{с.к} + 9{,}81\ (\rho_п\ z_п - \rho_к\ z_к),$$

де $P_{с.п}$, $P_{с.к}$ – статичний тиск стовпа повітря виміряний мікробарометром, відповідно, у центрі сполуки на початку (де струмінь повітря входить у виробку) і в кінці гірничої виробки;

$\rho_п$, $\rho_к$ – відповідно, густина повітря яке не рухається (зупинені вентилятори головного провітрювання) у точці вимірювання тиску на початку і в кінці виробки;

$z_п$, $z_к$ – абсолютні відмітки точок у яких визначається тиск повітря.

Вищенаведене рівняння показує, що депресія вертикальної чи похилої виробки визначається як різниця тиску стовпа повітря яке рухається ($P_{с.п}$–$P_{с.к}$) і тиском який спричиняє стовп повітря [$9{,}81\ (\rho_п\ z_п - \rho_к\ z_к)$] у похилій виробці коли повітря не рухається.

Виміри депресії за допомогою мікробарометрів повинна робити бригада в складі двох чоловік (мінімальний склад). Виміри тиску на кінцях виробки потрібно робити одночасно. Бажано, щоб під час вимірів витрат повітря відбувався контроль коливань тиску і, у разі його зміни, робився відповідний перерахунок витрати повітря. Для зменшення похибки вимірів тиску необхідно передбачити таку послідовність переходу вимірювачів с точки на точку, при якій один з них повсякчас контролює коливання тиску повітря. Тому обов'язковим є наявність зв'язку між усіма вимірювачами.

Виміри витрат повітря. Головна особливість визначення витрат повітря полягає у визначенні місць вимірів швидкості потоку повітря. Місце виміру (переріз) повинно бути розташовано не ближче $11b$ (b – ширина виробки) від аеродинамічного початку виробки (переріз у місці де закінчується сполука) чи не ближче $4\,b$ від аеродинамічного кінця виробки. Наявність гірничого обладнання (трубопроводи) чи транспортних засобів (стрічковий конвеєр) у виробці деформує вентиляційний потік і збільшує похибку вимірів витрати повітря. У цих випадках для контролю точності вимірів необхідно використовувати перший закон мережі.

Розглянемо особливості вимірів витрат повітря на прикладі схеми вентиляції уклонного поля (див. рис. 2.17).

Припустимо, що довжина гілок-виробок 1-2, 5-6, 7-8, 11-12, 2-3, 4-5, 8-9, 10-11 дорівнює 20 м, а ширина – 2,5-3,5 м. У виробках 2-5, 5-8, 8-11, 10-11, 10-13 розташований стрічковий конвеєр. Виміри витрат повітря слід виконувати на ділянках які мають довжину більше ніж 100 м (0-1, 1-6, 3-4, 6-7, 4-9, 7-12, 3-4, 9-14). Тоді витрати повітря у інших виробках можна порахувати чи перевірити точність вимірів витрат повітря в них:

$$Q_{1\text{-}2} = Q_{0\text{-}1} - Q_{1\text{-}6};\; Q_{2\text{-}5} = Q_{3\text{-}4} - Q_{1\text{-}6};\; Q_{5\text{-}6} = Q_{1\text{-}6} - Q_{6\text{-}7}.$$

Після визначення аеродинамічного опору всіх гілок-виробок за допомогою комп'ютерної програми створюють віртуальну модель шахтної вентиляційної мережі (рис. 2.19).

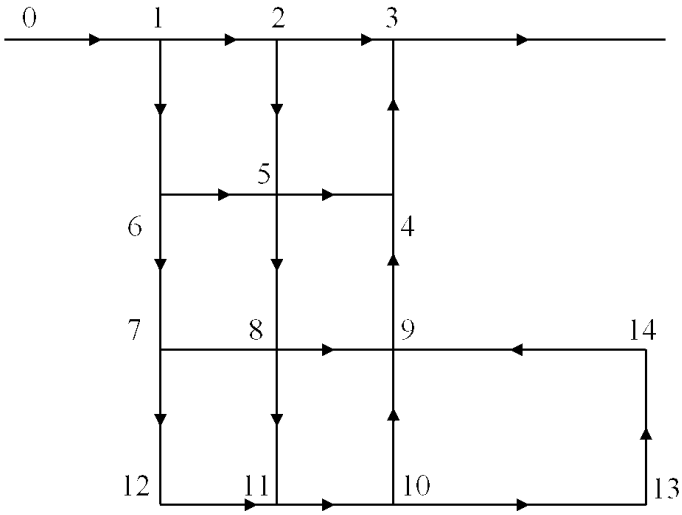

Рис. 2.19 − Комп’ютерна схема вентиляційної мережі уклонного поля

Виміри температури повітря. Виміри температури повітря в гірничих виробках виконуються для визначення густини повітря і розрахунків природної тяги в похилих і вертикальних виробках. З урахуванням цього, метою всіх вимірів і пов’язаних з цим розрахунків є отримання початкової (t_n) і кінцевої ($t_к$) температур повітря в кожній виробці. Точки виміру (місце в перерізі виробки) повинні бути на відстані 0,25 b від стінок (або 0,3 b в залежності від типу виробки) і 0,4 висоти від рівня баласту (підошви) виробки.

Сучасні уявлення про розподіл повітря в сполуках і аеродинамічну структуру гірничих виробок дозволяють стверджувати, що температуру повітря слід визначати з урахуванням особливостей розподілу повітря у сполуках. З цієї точки зору всі сполуки можна поділити на три групи: сполуки де відбувається тільки розподіл потоку повітря по окремих струменях; сполуки де відбувається тільки змішування окремих струменів повітря; сполуки де одночасно відбувається і змішування і розподіл.

До сполук першої групи (рис. 2.20а) повітря надходить по одній виробці, а розподіляється по декількох виробках. У другій групі – навпаки, до сполуки повітря надходить по декількох виробках (рис. 2.20б), а виходить по одній. Третя група – повітря і надходить і виходить по декількох виробках (рис. 2.20в).

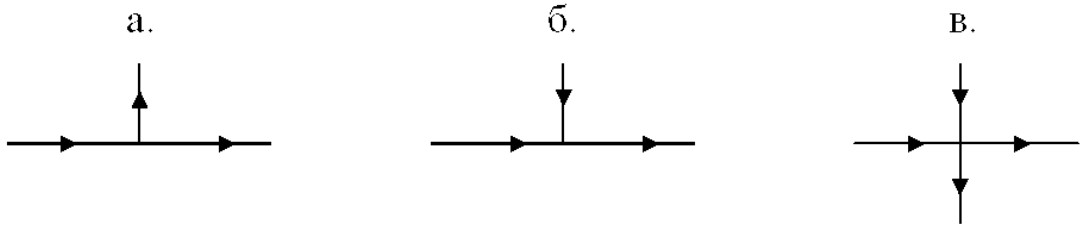

Рис. 2.20 − Схеми руху повітря по гірничих виробках зі сполуками

Враховуючи наявність цих груп всі гірничі виробки також можна поділити на три типи: виробки зі сполуками де повітря тільки розподіляється (рис. 2.21а); виробки зі сполуками де повітря тільки змішується (рис. 2.21б); виробки де в одній сполуці повітря змішується, а в іншій – розподіляється, або навпаки (рис. 2.21в).

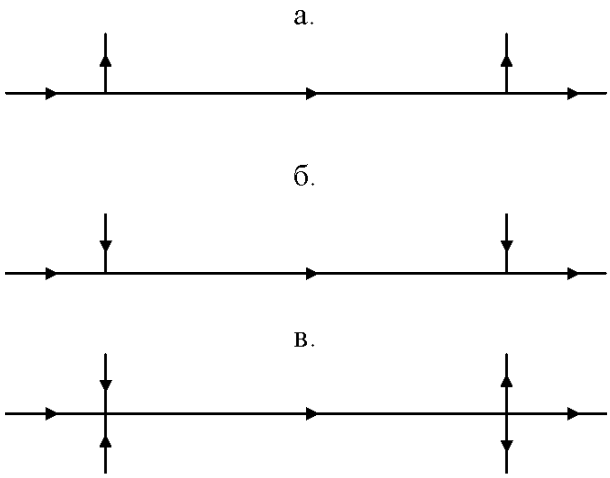

Рис. 2.21 − Схеми розподілу повітря по виробках

Під час вимірів температури повітря (як і при визначенні відносної вологості) у мережі слід враховувати тип сполуки. У випадках коли повітря розподіляється можна вважати, що кінцева температура ($t_к$) у гілці-виробці 1 (рис. 2.22а) у той же час є початковою ($t_п$) для гілок-виробок 2 і 3 ($t_{к1} = t_{п2} = t_{п3}$).

Для другої схеми (рис. 2.22б) початкова температура визначається як середньозважена

$$t_{п2} = (Q_1 t_{к1} + Q_3 t_{к3})/Q_2,$$

де Q_1, Q_2, Q_3 – відповідно, витрати повітря у гілках 1, 2, 3.

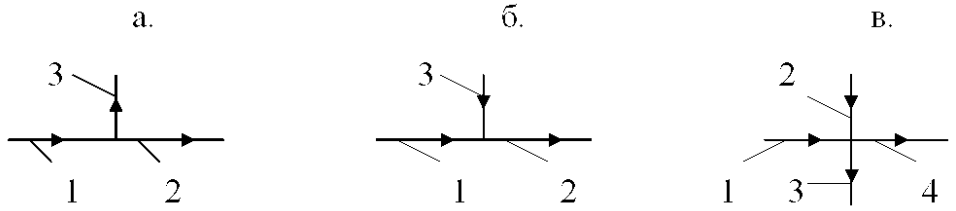

Рис. 2.22 − Схеми визначення температури повітря у мережі

Початкова температура для гілок-виробок 3 і 4 (рис. 2.22в) визначається тільки експериментально.

Температура в кінці виробки ($t_к$) вимірюється на відстані не менш ніж 4 b від аеродинамічного кінця виробки, а на початку ($t_п$) – не менш ніж 10 b від аеродинамічного початку.

Вищенаведені особливості вимірів і розрахунків температури у мережі утворюють деякі протиріччя зі сталим уявленням про «формування» температури повітря по маршруту, адже для розрахунку природної тяги у вентиляційному контурі «потрібна» температура повітря у вузлі мережі, а фактично її вимірюють десь за межами вузла-сполуки.

Методика вимірювань температури повітря враховує неможливість фактичних вимірів температури, вологості і витрати повітря в центрі сполуки (у вузлі). Для визначення величини природної тяги та її подальшого моделювання, визначену чи виміряну температуру повітря штучно «переміщують» в початок чи в кінець виробки. При цьому робиться припущення, що температура повітря яке рухається співпадає з температурою нерухомого повітря. Таким чином усі гілки-виробки в комп’ютерній моделі ШВМ отримують початкову і кінцеву температуру, а поняття «вузлової» температури, вологості чи густини повітря зникає – воно не відповідає вимогам моделювання вентиляційних контурів за допомогою ПЕОМ (неможливо мати у вузлі одночасно декілька різних температур, вологостей і густин повітря).

Визначення опорів гілок-виробок за допомогою комп'ютерної моделі ШВС. Важливим чинником який не завжди враховується, є можливість використання сучасного програмного забезпечення для визначення аеродинамічних опорів гірничих виробок. Так, у програмному комплексі «IRS Вентиляція-ПЛА» передбачена можливість автоматизованого визначення опорів окремих виробок по одному виміряному параметру. Наприклад, якщо у якомусь вентиляційному контурі є виробка, де виміряна тільки депресія чи витрата повітря, то цієї інформації достатньо для автоматичного розрахунку аеродинамічного опору гілки. Можливість таких розрахунків пов'язана з використанням так званих «фіксованих» депресій і витрат повітря.

Оптимальна кількість виробок з невідомою депресією чи витратою повітря в одному вентиляційному контурі: одна невідома депресія і одна невідома витрата повітря. Тобто, якщо вентиляційний контур складається тільки з двох гілок-виробок (паралельне з'єднання), то достатньо ввести у комп'ютерну модель однієї виробки тільки депресію, а в другу – тільки витрату повітря.

Якщо гілки-виробки входять одночасно у декілька вентиляційних контурів, то можна визначати одночасно декілька невідомих депресій і витрат повітря. Такі гілки-виробки вибирають в залежності від складності вимірів. Депресію вимірюють у виробках, де складно (або неможливо) виміряти витрату повітря (витоки повітря через замкнені вентиляційні двері, перемички, вироблений простір), а за допомогою витрат повітря визначають опір тих виробок, де складно виміряти депресію (довгі виробки). Наприклад, для автоматизованого визначення аеродинамічного опору гілок 2-3, 4-5, 8-9, 9-10 (рис. 2.18) достатньо ввести у комп'ютер тільки виміряну депресію цих гілок, а у гілки 3-4 і 4-9 – витрати повітря.

Для використання можливостей програмного забезпечення по визначенню опору гілок-виробок, необхідно попередньо ввести у комп'ютер усю схему вентиляційної мережі і активізувати модель вентилятора головного провітрювання (вибрати вентилятор і відповідну робочу

характеристику). Далі вводяться аеродинамічні опори тих гілок, де вони відомі, тобто пораховані по виміряній депресії і витратам повітря. Після цього вводяться депресії в гілки-виробки, де вимірювалася тільки депресія, а також витрати повітря у гілки-виробки, де вимірювалися тільки витрати. «Натискання» однієї віртуальної клавіші дає необхідний результат: аеродинамічні опори всіх гілок де був виміряний тільки один аеродинамічний параметр (депресія чи витрата повітря).

Можливість визначення опору по виміру депресії чи витраті повітря за допомогою комп'ютерної моделі базується на властивості вентиляційної мережі формувати приведені характеристики гілок-виробок у неявний формі. Враховуючи таку можливість, треба ще на стадії підготовки до депресійної зйомки визначити перелік виробок, де треба вимірювати тільки депресію, а де – тільки витрату повітря.

Кількість вимірів на кожній шахті можна значно скоротити, якщо підтримувати базу даних для комп'ютерної моделі ШВМ і постійно її корегувати. У більшості випадків достатньо тільки вимірювати депресію нових вентиляційних споруд чи витрати повітря у нових виробках.

Використання програмного забезпечення для обробки результатів шахтних вимірів дає значну економію працевтрат і зменшує похибки розрахунків.

2.7 Моделювання розподілу повітря

Важливим етапом підготовки моделі ШВМ до використання, є моделювання «нормального» варіанту розподілу повітря в шахті. Назва «нормальний» чи «нульовий» означає, що на підставі цього розподілу повітря і депресії в комп'ютерній моделі будуть вирішуватися всі інші задачі вентиляції. Інакше кажучи, «нормальний» варіант розподілу повітря повинен відповідати тому, який був під час вимірів. Поняття «нормальний» використовується для порівняння з розподілом повітря у аварійних умовах. Отже, перший етап моделювання нормального розподілу повітря в шахтній

вентиляційній мережі пов’язаний, в першу чергу, із забезпеченням відповідності режиму провітрювання гірничих виробок у реальній шахті і результатів моделювання ШВМ. Модель ШВМ можна вважати «працездатною», якщо витрати повітря в гірничих виробках і гілках-виробках відрізняються не більше ніж на 10 %. В іншому випадку необхідна перевірка вихідної інформації про аеродинамічні опори гірничих виробок, а також відповідності схеми вентиляції шахти з комп’ютерною схемою-мережею. Перевірку можна починати з виїмкових дільниць і, рухаючись по ходу (чи проти ходу) вентиляційного струменю в напрямку стволів, порівнювати витрати повітря, отримані на моделі з результатами вимірів. При їх розбіжності (за умови, що схема-мережа відповідає схемі вентиляції шахти), необхідно провести коректування аеродинамічних опорів гілок в схемі ШВМ. Необхідно також звертати увагу на те, чи враховувалася дія природної тяги при визначенні опору окремих гілок-виробок.

Під час моделювання нормальних умов вентиляції і аварійних вентиляційних режимів слід враховувати можливі похибки моделі. Однією з таких похибок є різна за величиною реакція реальної мережі і комп’ютерної моделі на зміну опору окремих виробок. «Різна» реакція означає, що, наприклад, при моделюванні зміни опору якоїсь виробки, витрата повітря у наближених до неї виробках зміниться на 30 %, а така ж дія в реальних умовах шахти призведе тільки до зміни на 15 %. Цей ефект має назву «затухання» збурення вентиляційного струменю у вентиляційних контурах. Отже, під час вирішення задач регулювання вентиляції за допомогою комп’ютерної моделі ШВМ, слід враховувати, що наслідки впливу окремих чинників на розподіл повітря в реальних умовах можуть бути меншими ніж результати, що отримані за допомогою моделі.