

КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ МІСЦЕВОГО РЕВЕРСУВАННЯ ВЕНТИЛЯЦІЇ

Моделювання аварійних вентиляційних режимів (АВР) у вугільних шахтах відбувається за допомогою комп'ютерних програм з урахуванням досвіду ліквідації аварій. В той же час, досвід моделювання аварійних вентиляційних режимів не узагальнено і кожен фахівець складає методичку моделювання АВР на свій розсуд. В статті розглядаються загальні методичні засади моделювання місцевого реверсування вентиляції.

Ключові слова: аварійні вентиляційні режими, сценарій моделювання, місцеве реверсування вентиляції.

Аварійний вентиляційний режим у вугільній шахті – це режим вентиляції шахти чи її частини у аварійних умовах. Теж саме можна сказати про усі підземні споруди – рудники, метрополітени, автомобільні та залізничні тунелі. В усіх підземних спорудах можуть передбачати вентиляційні режими на випадок виникнення аварії.

Всі аварійні режими вентиляції на вугільній шахті поділяються на загально шахтні і місцеві (локальні). До загально шахтних аварійних режимів відносять: реверсування (зміна напрямку руху повітря) вентиляції шахти, комбіновані режими вентиляції (зупинка одного вентилятора і перехід інших вентиляційних установок у режим реверсування вентиляції шахти), нульовий режим вентиляції (вентиляція підземної споруди за рахунок дії природної тяги).

До місцевих режимів відносять наступні: підвищення чи зменшення витрат повітря в гірничих виробках, закорочування вентиляційних потоків (скорочення шляху руху повітря), місцеве реверсування вентиляційних

потоків (зміна напрямку руху повітря в окремій виробці чи частині шахтної вентиляційної мережі), спеціальні режими вентиляції (режими вентиляції, які забезпечують чи прискорюють гасіння пожежі).

Комп'ютерне моделювання АВР повинно відбуватися за певним сценарієм [1] з урахуванням умов кожної шахти і досвіду ліквідації аварій [2, 3].

Розглянемо особливості комп'ютерного моделювання аварійного вентиляційного режиму на прикладі місцевого реверсування вентиляції.

Моделювання цього аварійного вентиляційного режиму має певні особливості. Це пов'язано з вимогами до фахового рівня користувача комп'ютерною програмою: він повинен вміти вирішувати завдання регулювання розподілу повітря в діагональних вентиляційних з'єднаннях. Перед тим як почати моделювання необхідно визначити: аварійна виробка діагональ [4] або ні? Якщо виробка є діагоналлю, то необхідно визначити за рахунок яких дій ми можемо змінити напрямок руху повітря в аварійній виробці (частині вентиляційної мережі). До таких дій належить підвищення і зменшення опору гірничих виробок, поєднаних з виробкою-діагоналлю. Отже, першим етапом моделювання є оцінка можливості зміни напрямку руху повітря за рахунок зменшення опору вентиляційних споруд. Іншими словами необхідно визначити чи призведе закорочування вентиляційних потоків до реверсування вентиляції в аварійній виробці або ні?

Опір шляхів закорочування слід визначати відповідно результатам шахтних експериментів [5]. Якщо цей опір попередньо не визначався, треба враховувати два варіанти: аеродинамічний опір відчинених вентиляційних дверей може бути максимальним або мінімальним у відповідності до результатів експериментальних досліджень [5]. Моделювання розподілу повітря відбувається після заміни (зменшення) аеродинамічного опору відповідної гілки вентиляційної мережі. Якщо моделювання закорочування вентиляційного потоку призводить до перекидання вентиляційного струменя у відповідній гілці-виробці, то одразу необхідно визначити резервний варіант

закорочування. Тобто, треба визначити ще одну гілку-виробку (поняття «гілка-виробка» означає, що мова йде про модель гірничої виробки в комп'ютерній моделі шахтної вентиляційної мережі [4]) де зменшення аеродинамічного опору (відкривання вентиляційних дверей) призведе до зміни напрямку руху повітря в моделі аварійної виробки. Наявність резервного варіанту дозволяє підвищити надійність виконання аварійного вентиляційного режиму без зайвих витрат часу.

Наступний крок сценарію моделювання необхідно виконувати в тому випадку, якщо моделювання закорочування вентиляційного потоку не призводить до зміни напрямку руху повітря в моделі аварійної виробки. Цей крок полягає в підвищенні аеродинамічного опору гілки-виробки яка «лежить» десь у мережі до місця закорочування. Час пошуку і правильність визначення цієї виробки залежить від рівня фаху користувачів комп'ютерною програмою. Після її визначення необхідно знайти також і резервне місце підвищення опору. При визначенні гілок-виробок, опір яких слід підвищувати, треба враховувати наявність пожежних дверей або пожежних арок де можна швидко встановити переносну вентиляційну перемичку [5].

Згідно теоретичним засадам вентиляційних мереж [4], перші два кроки сценарію моделювання можна віднести до пошуку гілок «небезпечних» по зменшенню і підвищенню опору в діагональному з'єднанні гілок.

При моделюванні варіантів місцевого реверсування слід враховувати можливу небезпеку для гірничорятувальників. Наприклад, якщо пожежа виникла у похилій виробці, то після закорочування є небезпека перекидання вентиляційного потоку тільки за рахунок дії теплової депресії пожежі. В цьому випадку можливе швидке потрапляння пожежних газів з високою температурою на шляхи закорочування і враження тих гірничорятувальників, які тільки-но відчинили вентиляційні двері. В таких випадках першим кроком сценарію є моделювання дії пожежі в похилій виробці, а наступні кроки слід визначати з урахуванням результатів моделювання теплової депресії пожежі. В тих випадках де є загроза швидкого потрапляння

пожежних газів в місця знаходження гірничорятувальників слід передбачати підвищення опору шляху закорочування або використання резервної гілки-виробки де можливе зменшення опору. Можливий час руху пожежних газів до місця закорочування слід визначати з урахуванням дії максимальної теплової депресії пожежі. В реальних умовах послідовність відчинення вентиляційних дверей слід обирати такою, щоб шлях руху гірничорятувальників до безпечного місця був найкоротший.

У випадку пожежі різні варіанти моделювання місцевого реверсування вентиляції залежать від місця виникнення пожежі. Розглянемо можливі варіанти на прикладі звичайно діагонального з'єднання з однією гілкою-діагоналлю (рис. 1).

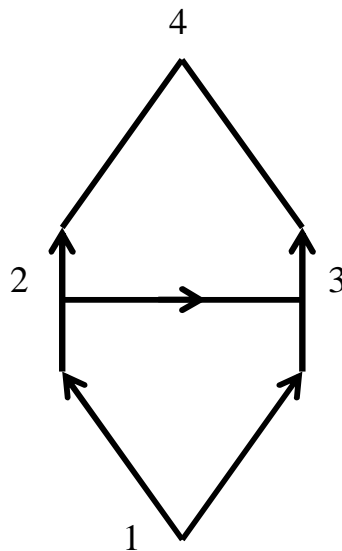


Рис.1 Схема вентиляційного з'єднання з однією діагоналлю

Припустимо, що пожежар виник в діагоналі 2-3 (1,2,3,4 – номері вузлів вентиляційного з'єднання; у вентиляційній мережі вузли моделюють місця з'єднання гірничих виробок – сполуки). Якщо це горизонтальна виробка, то для моделювання місцевого реверсування може бути достатньо одного з п'ятнадцяти варіантів зменшення і підвищення аеродинамічного опору гілок-виробок (R_{1-2} , R_{2-4} , R_{1-3} , R_{3-4}). Користувач програми повинен врахувати особливості виробок які складають діагональне з'єднання і обирати найбільш безпечний, дієвий та простіший варіант виконання місцевого реверсування.

Можливість реалізації кожного варіанта моделювання місцевого реверсування в умовах шахти слід визначати враховуючи наявність у вентиляційній мережі «уявних» діагоналей. Інакше кажучи, в умовах реальної шахти можливі випадки коли забезпечити зменшення чи збільшення опору гірничої виробки неможливо (і в наслідок цього неможливо змінити напрямок руху повітря в гілці-діагоналі). Наприклад, не можна забезпечити великий опір виробки з встановленою переносною перемичкою якщо за кріпленням (по-периметру в місці встановлення переносної перемички) є пустий простір. Крім того, аеродинамічний опір однієї закритої пожежної двері в конвеєрній виробці може скласти лише $0,3 \text{ Па с}^2/\text{м}^6$, а опір прорізів після відчинення вентиляційних дверей – $3,0 \text{ Па с}^2/\text{м}^6$. Таким чином, можна зробити висновок, що метою моделювання АВР є не тільки встановлення можливості зміни напрямку руху повітря в діагоналі, а і визначення вимог до аеродинамічного опору вентиляційних регуляторів, які будуть використовувати в аварійних умовах. Такі вимоги повинні визначатися в усіх випадках коли місцеві АВР передбачено в плані ліквідації аварій. Крім того, можливість зміни напрямку руху повітря повинна перевірятися в шахтних умовах.

В тих випадках, коли аварійна виробка похила, складність сценаріїв моделювання збільшується, бо треба враховувати дію теплової депресії пожежі. В сучасних програмних комплексах визначення величини теплової депресії пожежі і її моделювання відбувається автоматично. Треба тільки знайти аварійну виробку на екрані монітору і «клацнути» лівою кнопкою комп'ютерної миші по зображенню гілки-виробки на екрані монітору (попередньо треба знайти в піктографічному меню комп'ютерної програми кнопку «Моделювання пожежі» і натиснути її). В усіх варіантах моделювання головним є не тільки послідовність дій користувача, тобто дотримання сценарію, а і аналіз наслідків моделювання які відбиваються на екрані комп'ютера.

Особливість моделювання місцевого реверсування при пожежі в похилій виробці полягає у визначенні загрози порушення стійкості вентиляційних потоків. Так, наприклад, якщо після зміни напрямку руху повітря в діагоналі напрямком дії теплової депресії пожежі (в вентиляційному контурі з декількох виробок) співпадає з напрямком дії вентилятора головного провітрювання (при висхідному провітрюванні похилої виробки дія теплової депресії пожежі підвищує витрати повітря в аварійній виробці), то існує загроза перекидання вентиляційного потоку в виробках які підводять повітря до кінця похилої аварійної виробки. Наприклад (рис.2), дія теплової депресії пожежі в контурі 2-1-3 (після виникнення пожежі в похилій виробці 2-3 було проведено місцеве реверсування і напрямком руху повітря змінився на 3-2) може призвести до раптового перекидання вентиляційного потоку в гілці 1-2.

В цьому випадку може виникнути рециркуляція пожежних газів у вентиляційному контурі 2-1-3, що призведе до ускладнення умов ліквідації аварії.

Зовсім інші умови виникають якщо після місцевого реверсування вентиляційного потоку теплова депресія пожежі протидіє напрямку дії вентилятора. В цьому випадку дія вентилятора повинна забезпечити перекидання вентиляційного потоку в похилій виробці де повітря йде знизу до гори. Місьцеве реверсування повинно змінити висхідне провітрювання на низхідне. В сценарії моделювання послідовність дій не має особливого значення. Тобто, можна спочатку моделювати дію пожежі, а потім вже місцеве реверсування, а можна і навпаки.

В реальних умовах можливий і інший варіант розвитку аварійної ситуації. На початковій стадії розвитку пожежі, коли її теплова депресія ще невелика, вентиляційний потік може змінити напрямок руху. Але з часом, величина теплової депресії може підвищитися, вентиляційний потік може поступово зупинитися і раптом змінити напрямок руху.

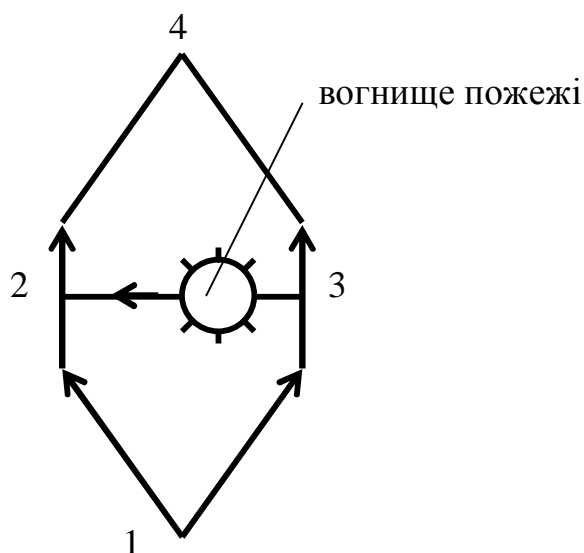


Рис.2 Схема вентиляційного з'єднання з пожежею

В усіх варіантах розвитку аварії де є загроза порушення стійкості вентиляції головне – це аналіз наслідків і, у випадку якщо зміна напрямку руху повітря у похилій виробці не відбувається, необхідно підсилювати дію місцевого реверсування. Припустимо, що пожежа виникла в похилій виробці з висхідним потоком повітря (див. рис. 2) і треба утримати цей вентиляційний потік від перекидання після місцевого реверсування. Можливі дії по підсиленню місцевого реверсування (якщо реального підвищення опору гілок 2-4 і 1-3, а також зменшення опору гілок 1-2 і 3-4 не достатньо) пов'язані зі збільшенням загальних витрат повітря в діагональному з'єднанні. Для цього потрібно використовувати регулятори встановлені за межами цього вентиляційного з'єднання.

Вищенаведений аналіз можливих сценаріїв моделювання місцевого реверсування дозволяє розділити усі схожі сценарії на дві групи. В першій групі необхідно моделювати дії теплової депресії пожежі (пожежа у похилій виробці або пожежні гази можуть потрапити у похилу виробку), а другій – ні.

Сценарії можна поділити в залежності від складності виконання. Спочатку найбільш прості – зміна напрямку руху повітря тільки за рахунок зменшення опору вентиляційних споруд (10% усіх випадків). Далі середні по

складності – зміна напрямку руху повітря відбувається тільки за рахунок збільшення опору гілок-виробок (закривання пожежних дверей, встановлення переносних перемичок чи закривання відкритих вентиляційних дверей). Складні – місцеве реверсування відбувається після зменшення і збільшення опору тих гілок-виробок, які «небезпечні» по зміні опору (з точки зору теорії стійкості вентиляційних потоків у діагональних з'єднаннях).

У загальному вигляді сценарій моделювання місцевого реверсування може набути такий вигляд:

- визначення місця реверсування в комп'ютерній моделі шахтної вентиляційної мережі (окрема гірнична виробка, частина гірничої виробки або частина вентиляційної мережі шахти);
- визначення вимог до місцевого реверсування (зміна напрямку руху вентиляційного потоку або забезпечення необхідного витoku повітря у зворотному напрямку);
- визначення місць закорочування вентиляційного потоку (зменшення аеродинамічного опору гілок-виробок) і місць встановлення вентиляційних регуляторів (збільшення аеродинамічного опору гілок-виробок) ;
- визначення можливих варіантів моделювання (з урахуванням дії теплової депресії пожежі);
- визначення можливості підвищення і зменшення аеродинамічного опору гілок-виробок відповідно варіантам (в умовах шахти);
- моделювання варіантів місцевого реверсування;
- аналіз результатів розподілу повітря після різних варіантів моделювання (перевірка аеродинамічного опору регуляторів в умовах шахти, якщо місцеве реверсування передбачено в плані ліквідації аварій);
- визначення задовільного варіанта (варіантів) місцевого реверсування вентиляції.

Література

1. Трофимов В.О., Л.В. Незамова. Комп'ютерне моделювання аварійних вентиляційних режимів. Вісті Донецького гірничого інституту:

Всеукраїнський науково-технічний журнал гірничого профілю/
Донецьк: ДонНТУ, 2009. – №2 – С.97-100.

2. Смоланов С.Н. Ликвидация сложных подземных аварий методами вентиляционного воздействия. – Днепропетровск: Наука и образование, 2002. – 272 с.
3. Смоланов С.М., Голінько В.І., Грядущий Б.А. Основи гірничорятувальної справи (навчальний посібник). – Дніпропетровськ, Видавництво НГУ – 2002. – 267 с.
4. Трофимов В.О, Булгаков Ю.Ф., Кавера О.Л., Харьковий М.В. Аерологія шахтних вентиляційних мереж. – Донецьк, 2009. – 87 с.
5. Болбат И.Е., Лебедев В.И., Трофимов В.А. Аварийные вентиляционные режимы в угольных шахтах. – М.: Недра. – 1992. – 206 с.