

УДК 622.4

ДОСВІД МОДЕЛЮВАННЯ ВЕНТИЛЯЦІЙНИХ МЕРЕЖ ПІДЗЕМНИХ СПОРУД

Булгаков Ю.Ф., Трофимов В.О.
Донецький національний технічний університет

Досвід моделювання вентиляційних мереж вугільних шахт, метрополітенів та тунелів свідчить, що у аерології підземних споруд відбуваються значні зміни. Ці зміни слід враховувати фахівцям, які відповідають за безпеку праці людей у підземних спорудах.

Досвід розробки віртуальних моделей різних підземних споруд [1-4] на Україні та в Росії дозволяє стверджувати, що аналітичні засади аерології підземних споруд не відтворюють реалії сучасних шахт. Б.І.Медведев [5,6], ще у 1977 році показав, що класичне рівняння Бернуллі із гідродинаміки не працює в гірничих виробках де густина повітря змінюється по довжині виробок. У відповідності до цього, не працюють закони, аеродинамічного опору та рівняння Кірхгоффа. Як наслідок цього, помилки вимірів депресії на сучасних шахтах складають 20-30% від депресії вентилятора, а дія природної тяги у деяких віртуальних моделях вентиляційних мереж, моделюється як «джерело тяги» у каналі вентилятора головного провітрювання [7].

Разом із тим, можна констатувати, що із появою персональних комп'ютерів можливості аерології підземних споруд значно розширилися. У кінці 90-х років, на зміну АРМ „Вентиляція” прийшов програмний комплекс IRS Вентиляція-ПЛА (Windows) [8]. На цей час він працює на двох шахтах України („Щегловська-Глибока”, „Октябрьський-Руднік”), у ВГРС Росії, на усіх шахтах Кузбасу і Воркути.

Накопичено великий досвід моделювання різних підземних споруд та вирішення питань, пов'язаних із підготовкою бази даних для віртуальних моделей вентиляційних мереж. Наприклад, було розроблені дво- тривимірні моделі для відтворення провітрювання автомобільного тунелю під дамбою (м.Ленінград - зараз С.Петербург). Це дозволило відтворити явище опрокидування вентиляційного струменя під кровлею тунелю, під час пожежі. Аналогічні завдання було вирішено для тунелів Київського та Харківського

метрополітенів. В Росії за допомогою комплексу «IRS Вентиляція-ПЛА» було створено віртуальні моделі Північно-Муйського залізничного тунелю, Лефортовського автомобільного тунелю (м.Москва), гіпсових рудників та рудників Талнаху.

Досвід моделювання вентиляційних мереж було покладено у основу курсів із моделювання шахтних вентиляційних мереж, які викладаються у Донецькому національному технічному університеті та Московському гірничому університеті [9-12]. Сукупність цього досвіду дозволяє стверджувати, що у гірничій аерології сформувався новий науковий напрямок „Аерологія вентиляційних мереж”.

Чому саме аерологія, а не „Моделювання віртуальних вентиляційних мереж”? Тому, що існуюча аерологія гірничих підприємств [13,14] не спроможна вирішити питання підготовки бази даних для віртуальних моделей шахтних вентиляційних мереж. Стара, аналітична аерологія спрямована тільки на проектування вугільних шахт, за допомогою ідеальних гірничих виробок. Аеродинамічні опори ідеальних виробок враховують тільки тertia вентиляційного струменя о стінки виробок. Якщо подивитися як формується вентиляційна мережа за останнім «Руководством по проектуванню вентиляції вугільних шахт» (Київ, 1994р.), то складається враження, що це конструктор «Лего», де рівні та гладкі трубки якимось прикладаються одна до одної, створюючи вентиляційну мережу. На недоліки того проектування вказував ще Харев А.А. [15] у 1954 році.

Самим яскравим прикладом такого механістичного проектування є шахти, які працюють на пластах крутого падіння Донбасу. Достатньо, у холодну пору року, зупинити вентилятор на якійсь з тих шахт і подивитися як змінюється розподіл повітря по гірничих виробках (саме цей розподіл є природним, тобто такий, який утворює дія природної тяги, а вентилятор утворює штучний розподіл повітря). Найменші зміни відбуваються у виїмкових дільницях. Кількість повітря в лавах на деяких шахтах зменшується на 20 - 40%. Це свідчить про те, що ці шахти провітрюються за рахунок дії природної тяги, а вентилятори не є вентиляторами головного провітрювання, а є чимось другорядним. Вони є додатковими чинниками, які мало не впливають на вентиляцію гірничих виробок. В таких шахтах не діють закони Кірхгоффа для вентиляційних мереж, а рівняння Бернуллі, можна використовувати тільки для аналізу сенсу теоретичних положень, а не під час вимірів. На тих шахтах не діють чи діють частково закони опору вентиляційних з'єднань та гірничих виробок. В якості прикладів проектування, коли не враховуються особливості шахтних вентиляційних мереж, можна навести відомі випадки, коли

після появи на шахті нового ствола з вентилятором, кількість повітря у шахті підвищувалася тільки на 10% (ш. Краснолиманська, Суходольська- Східна).

Все це є наслідками проектування шахт із використанням застарілих уявлень про аерологію вугільних шахт і нехтування законами вентиляційних мереж. Такі уявлення про вентиляційну мережу та трактування законів, які там діють, тиражувалися без змін із підручника у підручник із кінця 30-х років ХХ століття до 1987 року [16]. Сама вентиляція, як вчення про властивості повітря, його розподіл у вентиляційній мережі та особливості регулювання цього розподілу, складає менше половини змісту «сучасного» підручника. На жаль, ці підручники та нормативні документи, розроблені на їх підставі були використані під час розробки програмного забезпечення для проектування вентиляційних систем вугільних шахт. За допомогою того програмного забезпечення не можна змоделювати дію природної тяги, а тому його не можна використовувати для моделювання вентиляційних мереж діючих глибоких шахт Донбасу. На глибині більше 1000м, при температурах 32-35°C та вологості повітря 100%, закони гідродинаміки не діють.

Всі ці питання пов'язані із питаннями безпеки праці людей у шахті. Зараз, під час планового реверсування вентиляції шахти, не вдається навіть зупинити вентиляційну струю у виїмкових дільницях на крутопадаючих пластах, не кажучи вже про зміну напрямку її руху. Відповідно, не можна використовувати програмне забезпечення, яке не моделює (чи моделює не вірно) дію природної тяги у вентиляційній мережі, при моделюванні аварійних вентиляційних режимів до плану ліквідації аварій. Тільки відтворення розподілу повітря по вентиляційній мережі, за рахунок дії природної тяги (без моделювання дії вентиляторів), можна вважати дійсним тестом для любого програмного забезпечення. Якщо під час ліквідації аварій ГВГРС використовує віртуальної моделі без урахування дії природної тяги, слід враховувати, що, у деяких випадках похибка розрахунків може сягати 50% і більше.

Важливим фактором шахтної вентиляційної мережі є її квазістаціонарність. Зміни опорів гірничих виробок та їх частин відбуваються у шахті кожену хвилину. Достатньо уявити, що увесь час змінюється довжина підготовчих виробок та штреків виїмкових дільниць. Підтримувати реальну базу даних по усім шахтам підрозділи ГВГСС не в змозі фізично. Їхні моделі „старіють” відразу після останнього виміру, ще коли представники служби депресійних зйомок, тільки но виїхали із шахти. При відсутності автоматичного

моніторингу депресії, реальна підтримка віртуальної моделі у робочому стані можлива тільки безпосередньо на шахті.

Такий досвід вже є. На шахті „Щегловська-Глибока” у повному обсязі функціонує єдиний в Україні електронний план ліквідації аварій. Він побудований за допомогою віртуальної моделі шахтної вентиляційної мережі. Цей план ліквідації аварій працює у мережевому варіанті вже три роки. До мережі підєднані головний інженер шахти, гірничий диспетчер та служба вентиляції. Цей унікальний, для вугільної галузі випадок, стався завдяки фахівцю служби вентиляції шахти О.В.Фіщуку. Він розробив та втілює у життя унікальну технологію підтримки та корегування віртуальної моделі шахтної вентиляційної мережі. За його участю були розроблені та перевірені в шахтних умовах різні методики моделювання задач вентиляції та плану ліквідації аварій. Це стало можливим тому, що керівництво шахти «Щегловська-Глибока» приділяє значну увагу розробці та втіленню нових інформаційних технологій в гірничу вентиляцію. Ділянка вентиляції на шахті має сучасну комп'ютерну техніку та можливість експериментально перевіряти різні методики вирішення питань шахтної вентиляції.

Підбиваючи підсумки, слід сказати про таке:

- сучасна аерологія підземних споруд не відповідає вимогам теорії моделювання вентиляційних мереж; сенс багатьох термінів не визначений, а закони не пов'язані з реальними умовами сучасних вугільних шахт;
- під час підготовки бази даних для моделей вентиляційних мереж вугільних шахт, слід чітко визначати аеродинамічні характеристики гірничих виробок у межах їх фізичних кордонів;
- необхідне створення глосарію термінів, які дозволяють ідентифікувати елементи вентиляційної системи фізичного об'єкту, пов'язуючи його із відповідним елементом віртуальної вентиляційної мережі;
- для моделювання фізичних явищ, які впливають на розподіл повітря у вентиляційних мережах, необхідно мати визнані методичні засади, які перевірені під час експериментів на реальному об'єкті; у тих випадках, коли характер змін у фізичному об'єкті не може бути визначений (наприклад, вироблений простір чи простір, що є за кріпленням гірничої виробки – „чорна скриня”), необхідно вказувати на можливий розмір похибки чи визначати умови, коли така невизначеність не має впливу на кінцевий результат;

- моделювання природної тяги слід проводити після структурного аналізу шахтної вентиляційної мережі, із урахуванням вентиляційних контурів, де формується природна тяга;
- аналіз результатів моделювання розподілу повітря у вентиляційній мережі шахти повинен робити гірничий інженер, фахівець із моделювання вентиляційних мереж, який знає особливості дії законів мережі у вугільній шахті;
- теоретичні та практичні засади віртуального моделювання вентиляційних мереж складають самостійний напрямок аерології, а саме – аерологію;
- необхідна розробка нової методики вимірів депресії та витоків повітря в шахтній вентиляційній мережі;
- необхідна розробка підручника із аерології вентиляційних мереж який би містив методичні засади моделювання вентиляційних мереж вугільних шахт.

Література:

1. Болбат И.Е., Лебедев В.И., Трофимов В.А. Аварийные вентиляционные режимы в угольных шахтах. – М.: Недра, 1992. – 206 с.
2. Рекомендации по управлению вентиляцией под судоходным каналом (г.Ленинград) при возникновении и ликвидации аварий. – Донецк: НИИГД, 1990.-25 с.
3. Потетюев С.Ю., Трофимов В.А. Моделирование вентиляционной сети метрополитена на ПЭВМ. Сборник докладов международной конференции «Спасение 2000», Харьков: 2000. – 614 с. – С.323-326.
4. Трофимов В.А., Гулаков П.З. Повышение устойчивости проветривания при пожаре в тоннеле метрополитена// Известия горного института.- Донецк, 2001. - № 1. – С.23-24.
5. Медведев Б.И., В.А.Павловский/ Расчет вентиляционных сетей шахт. – Киев: «Техника», 1977. – 120 с.
6. Медведев Б.И. и др. Аэрология горных предприятий. Сборник задач. – Киев: Лыбидь, 1992. – 262 с.
7. Руководство по эксплуатации программной системы РЕВОД. – Донбасский научный центр. Донецк. 1999. – 71 с.
8. Романченко С.Б., Кирилов М.Б., Абрамова К.О.,...Трофимов В.О... Комп'ютерна програма «IRS Вентиляція-ПЛА». Свідоцтво про державну реєстрацію виключної правомочності на твір ВП №910. Державний департамент інтелектуальної власності Міністерства освіти і науки України. 2001.
9. Каледина Н.О., Романченко С.Б., Трофимов В.А. Компьютерное моделирование вентиляционных сетей: Методические указания. – М.: Издательство МГГУ.2004 – 72 с.

10. Каледина Н.О., Романченко С.Б., Трофимов В.А., Горбатов В.А. Компьютерное моделирование задач противоаварийной защиты шахт: Методические указания. – М.: Издательство МГГУ. 2004. – Часть 1. – 45 с.
11. Трофимов В.А., Романченко С.Б. Методические указания по практическим занятиям «Моделирование шахтных вентиляционных сетей на ПЭВМ». Донецк:ДонНТУ.–2005.–28 с.
12. Трофимов В.А., Романченко С.Б. Методические указания по курсу «Моделирование шахтных вентиляционных сетей на ПЭВМ». Донецк: ДонНТУ.–2005. – 22 с.
13. Скочинский А.А., Комаров,В.Б. Рудничная вентиляция.– М.: Углетехиздат, 1951.–632 с.
14. Ушаков К.З. и др. Аэрология горных предприятий. – М.: Недра, 1987.- 421с.
15. Харев А.А. Местные сопротивления шахтных вентиляционных сетей. – М.:Углетехиздат, 1954. – 276 с.
16. Комаров В.Б., Борисов Д.Ф. Рудничная вентиляция. – Л.-М.: ГОНТИ НКТП СССР, 1938. – 454 с.