

Академік НАН України,  
д-р техн. наук, проф. А.Ф. Булат,  
(ІГТМ НАН України)  
канд. техн. наук І.О. Ященко,  
(Миненергоуголь України)  
д-р техн. наук Б.В. Бокій,  
(ПАТ «Шахта ім. О.Ф. Засядька»)  
кандидати технічних наук І.Є. Кокоулін,  
Т.В. Бунько  
(ІГТМ НАН України)

## **МЕТОДИКА АВТОМАТИЗОВАНОГО ВИБОРУ МАРШРУТІВ АВАРІЙНОЇ ЕВАКУАЦІЇ ГІРНИКІВ ПІД ЧАС ВИНИКНЕННЯ ЕКЗОГЕННОЇ ПОЖЕЖІ**

Приведена методика автоматизованого формування маршрутів аварійної евакуації горняків із аварійного і уgroжаємих участків шахти в умовах виникнення екзогенного пожеги з урахування використання транспортних засобів циклічного дієвства, в тому числі недостатньої вмістимости

## **METHOD OF THE AUTOMATED CHOICE OF ROUTES OF EMERGENCY EVACUATION OF MINERS DURING ORIGIN OF EXOGENOUS FIRE**

The method of the automated forming of routes of emergency evacuation of miners from the emergency and threatening areas of mine in the conditions of origin of exogenous fire taking into account the use of transport vehicles of cyclic action, including insufficient capacity is resulted

На сучасних вугільних шахтах України, у зв'язку з переходом гірських робіт на великі глибини, необхідністю підвищення навантаження на очисні вибої і, як наслідок, - ускладненням кліматичних умов у гірських виробках, створюються передумови до підвищення техногенної аварійності.

Шахта є виробничим об'єктом, на якому можливе виникнення техногенних аварій. Причина проста: аварій уникнути неможливо, оскільки вони об'єктивно не можуть бути усунені (хоч існує нормативний документ – СОУ Мінвуглепрому України - регламентуючий створення плану попередження аварій (ППА), який поки не знаходить упровадження на шахтах вугільної галузі). З одного боку, вони обумовлені недосконалістю техніки, що використовується, з іншого - наявністю людського чинника. Технічні несправності здатні викликати не просто вихід з ладу окремого технологічного елемента, але і поетапне порушення технологічного процесу, що є передумовою техногенної аварії, а в окремих випадках – техногенної катастрофи. З другого боку – реакція людини на такі відхилення неадекватна: вона знаходиться у стресовій ситуації, або не має достатніх знань для прийняття точних і оперативних рішень.

Тому на випадок виникнення ситуацій типу техногенних аварій на кожній шахті є комплекс офіційно оформлених і затверджених документів, призначених для прийняття відповідальним фахівцем рішень щодо первинних заходів в

період протікання аварій без їх аналізу при недостатності інформації, що поступила; надалі вони можуть бути скориговані, але в початковий період повинні бути насамперед реалізовані заходи по швидкому порятунку людей і локалізації аварії до прибуття підрозділів ДВГРС або в найкоротший період після цього (протягом оперативного часу плану ліквідації аварій (ПЛА)).

Для вирішення першої задачі в ІГТМ НАН України була розроблена методика автоматизованого формування маршрутів аварійної евакуації гірників з аварійної і загрозованої ділянок шахти в умовах виникнення екзогенної пожежі, заснована на наступних положеннях:

1. Аварія може виникнути практично у кожній гірничій виробці, де наявні матеріали, які можуть горіти, та є умови (технологічні чи природні) для займання.

2. Основними вражаючими факторами пожежі є виникнення нестационарного теплового поля та зон загазування гірничих виробок продуктами горіння (іноді використовується термін «термодеструкція»). Залежно від організації системи вуглевидобутку, треба враховувати вплив на формування основних вражаючих факторів інших, другорядних. Наприклад, при наявності горючого кріплення (деревини) може виникнути ситуація, коли внаслідок його вигорання змінюється аеродинамічний опір виробки чи навіть зчиняється обвалення її покрівлі.

3. На аварійній ділянці, по самій її суті, можуть знаходитися люди. Якщо займання виникло у безпосередній близькості від їх робочих місць - аварію можна вважати виявленою, і вона може або ліквідуватися місцевими силами, або негайно повідомити гірничого диспетчера про її виникнення.

Якщо ж аварія виникла у місці, де працюючих людей на цей момент немає – інформація про пожежу може прийти з запізненням, і на момент прийняття протиаварійних мір дія основних вражаючих її факторів може бути значною. Як в першому, так і у другому випадку у дію вводиться ПЛА.

4. Аварійна евакуація починається відразу після сповіщення гірників, які знаходяться на аварійній та загрозованих (які можуть бути вражені основними та другорядними вражаючими факторами аварії) ділянках шахтної вентиляційної системи (ШВС).

5. Гірники, які повинні евакуюватися, ознайомлені з правилами евакуації і маршрутами, якими їм треба рухатися до шахтних стовбурів чи засобів колективного самозахисту.

6. Маршрути, передбачені ПЛА, знаходяться у стані, який дозволяє проводити евакуацію відповідно до запланованих ПЛА нормативів, тобто не порушуються ергономічні характеристики подолання маршрутів.

7. Кліті (якщо аварійний режим співпадає з існуючим на момент виникнення пожежі) або скипи (якщо аварійним є реверсивний режим) знаходяться на момент прибуття груп гірників, які евакуюються, на приймальних площадках колостовбурного двора. У протилежному випадку додатковим вважається час евакуації, який збільшується на величину часу подачі кліті до місць накопичення гірників, які евакуюються.

8. Аварійний режим провітрювання встановлюється на момент прийняття гірничим диспетчером (або відповідальним за ліквідацію аварії) рішення про його встановлення. Він є незмінним до моменту завершення аварійної евакуації людей з шахти.

Аварійна евакуація здійснюється наступним чином.

1. Після подання сигналу про виникнення аварії гірники, включившись у саморятівники, слідуєть по маршрутах, передбачених ПЛА, до стовбурів, призначених для евакуації, або засобів колективного самозахисту.

2. Прибуття до колостовбурного двора обмежується його місткістю і можливістю розміщення прибуваючих гірників. Тому, у разі виникнення аварії у віддалених від призначеного для евакуації стовбура ділянках шахти, перевага віддається шахтарям, які прибувають з загрозливих ділянок. Виняток – евакуація постраждалих і травмованих.

3. Наповнення колостовбурного двору контролюється відповідальними особами. В разі неможливості евакуації у встановлені строки і перевищення строку захисної дії саморятівника – приймається рішення про направлення деякої кількості гірників до інших, не загазованих, ділянок ШВС.

4. У разі виникнення аварії на глибших горизонтах і виконанні встановлення аварійного вентиляційного режиму – перевага віддається евакуації з аварійної і прилягаючих до неї загрозливих ділянок. Потім евакуюються шахтарі з вище розташованих горизонтів, де ергономічні характеристики евакуації кращі.

#### ***Математичний опис методів формування маршрутів аварійної евакуації***

Правилами безпеки у вугільних шахтах [1] регламентується розрахунок часу пересування за маршрутами аварійної евакуації  $\mu(I,J)$ , де  $I$  – множина початкових,  $J$  – множина кінцевих вузлів маршрутів, у пішому порядку, не виключаючи реальної можливості пересування з використанням транспортних засобів. Крім того, можливе виникнення ситуації, коли велике скупчення людей прибуває до стовбура з обмеженою місткістю кліті, що спричиняє збільшення часу аварійної евакуації. З метою усунення таких випадків було вдосконалено метод побудови маршрутів аварійної евакуації гірників.

Схема методу виглядає наступним чином.

1. Рух починається у загазованій зоні з вузла  $i$

$$а) \quad \mu(I,J) = \{(i,j) / (I \in X^3) \cap (i \in X^3) \cap (j \in X^3) \cap (J \in M_2)\},$$

де  $X^3$  – множина вузлів загазованої зони;  $M_2$  – точка виходу на поверхню повітроподаючого ствола.

$(i,j) \in U^3$ , тобто виробка знаходиться у загазованій зоні, яка є частиною аварійної або загрозливої ділянки, але є прохідною для людей за її геометричними ознаками; довжина ділянки маршруту при цьому штучно «подовжується» ваговим коефіцієнтом 2, тобто ергономічна характеристика виробки  $P(i,j)$   $P(i,j) = l(i,j) * 2$ ;  $l(i,j)$  – реальна довжина виробки.

б) рух відбувається у загазованій зоні повздовж виробки, переріз якої  $S(i,j)$  суттєво деформовано

$$\mu(I,J)=\{(i,j)/ (I \in X^3) \cap (i \in X^3) \cap (j \in X^3) \cap (J \in M_2)\}.$$

У цьому випадку  $(i,j) \in U^3$ , але  $S(i,j) < S_{без}(i,j)$ , де  $S_{без}(i,j)$  – мінімально припустима площа безперешкодного пересування людей за маршрутом. Інакше кажучи, виробка у даному випадку є прохідною для людей, але прохідність ця обмежена (рух повинен відбуватись, скажімо, плазом); швидкість руху при цьому знижується, що при формуванні маршруту враховується ваговим коефіцієнтом 3,  $P(i, j) = l(i, j) * 3$ ;

Якщо маршрут  $\mu_1(i,j)$  де  $i, j$  – елементи множин  $I, J$  відповідно, є складним, і складається з частин руху до пунктів переключення у резервні саморятувачі (ППС) і далі до відповідного стовбура, він долається за час  $\tau_{\mu_1}(i,j) \geq \tau_{c.p.} \Rightarrow \mu_1(i,j) = \mu_1^{c.p.}(i, j_{c.p.}) + \mu_2^{c.p.}(j_{c.p.}, i_{стов})$ , де  $\tau_{c.p.}$  – час дії саморятівника,  $j_{c.p.}$  – кінцевий, за ходом пересування людей маршрутом, вузол виробки, у якій знаходиться ППС,  $\mu_1^{c.p.}(i, j_{c.p.})$  – фрагмент маршруту від початкового пункту до ППС,  $\mu_2^{c.p.}(j_{c.p.}, i_{стов})$  – фрагмент маршруту від ППС до повітроподаючого стовбура;

в) виробка інцидентна загазованій зоні

$$\mu(I,J)=\{(i,j)/ (I \in X^3) \cap (i \in X \setminus X^3) \cap (j \in X^3) \cap (J \in M_2)\};$$

$$P(i, j) = l(i, j);$$

г) вихід із зони загазування

$$\mu(I,J)=\{(i,j)/ (I \in X^3) \cap (i \in X^3) \cap (j \in X \setminus X^3) \cap (J \in M_2)\}.$$

2. Рух відбувається чистою зоною ШВС до вузла  $i_{стов}$

$$M(I,J)=\{(i,j)/ (I \in X^3) \cap (i \in X \setminus X^3) \cap (j \in X \setminus X^3) \cap (J \in M_2)\}.$$

3. Рух маршрутом від  $i$  або  $j_{c.p.}$  до точки  $i_{стов}$ , яка є кінцевим вузлом першої за порядком гілки стовбура, призначеного для евакуації людей, що пересуваються маршрутом, який розглядається, і далі на поверхню.

Цей фрагмент маршруту являє собою сукупність паралельних ділянок від  $i_{стов}$  до  $j \in M_2$ ; кількість таких ділянок визначається часом обертання кліті за один такт вивозу групи людей та їх кількістю.

Визначення часу підйому людей чисельністю  $\lambda_{к.с.}(i, j)$  на поверхню може бути вираховано у наступних варіантах:

а)  $\lambda_{к.с.}(i, j)$  дорівнює місткості кліті  $\Rightarrow$  час евакуації визначається тривалістю однократного пересування кліті від вузла  $i_{стов}$  до поверхні.

б)  $\lambda_{к.с.}(i, j)$  дорівнює місткості кліті, але кліті на вихідній позиції немає  $\Rightarrow \tau_{стов.} = \tau(i_{стов.}, j_k) + \tau_{рух}$ ,  $j_k \in M_2$ ,  $\tau_{рух}$  – час пересування кліті повздовж стовбура від  $M_2$  до  $i_{стов.}$ ;

в)  $\lambda_{к.с.}(i, j)$  більш, ніж місткість кліті  $\Rightarrow n_\partial \leq t_\partial / t_\psi \cdot n_\psi$ ,

де  $n_\partial$  – кількість людей, яких потрібно перевезти за час  $t_\partial$ ;  $t_\psi$  – час одного циклу роботи підйомної установки;  $n_\psi$  – кількість людей, які перевозяться за

один цикл  $(i_k, j_k) = \cup(i'_k, j'_k)$ ,  $i_k \in i_{стов.}$   $i'_k \in i_{стов.}$   
 $j_k \in M_2$   $j'_k \in M_2$ .

Пересування кліті за один цикл підйому припускається постійним під час евакуації по вертикальних виробках, тобто  $\forall \tau(i'_k, j'_k) = \tau(i_k, j_k)$ , а кількість  $(i'_k, j'_k)$  визначається  $n_\psi$ .

Розроблений у межах інформаційно-аналітичної технології керування елементами системи противарійного захисту (ІАТСПАЗ), яка створюється у ІГТМ НАН України, метод дозволяє:

- врахувати неодноразовість прибуття гірників до стовбура з відправленням кліті за фактом її завантаження і розрахунком часу одного циклу руху до повернення кліті на вихідну позицію;

- розрахувати необхідну кількість таких циклів і сумарний час евакуації, для чого у ШВС гілка, яка кодує стовбур, замінюється сукупністю паралельних гілок, кількість яких визначається співвідношенням часу повної евакуації і одного циклу обертання кліті, і вони аналізуються і включаються у маршрут послідовно.

### **Алгоритм розв'язання задачі.**

Опис алгоритму рішення задачі побудови маршрутів евакуації людей з аварійної та загрозованих ділянок приводиться укрупнено у вигляді текстового опису.

Контроль достовірності обчислень обмежується перевіркою коректності підготовки початкової інформації на етапі її обробки при введенні. При цьому виявляються помилки, пов'язані з дублюванням номера виробки, наявністю виробок-петель в списку кодів, перевищенням номером виробки або вузла гранично допустимого значення, наявністю вузлів з односторонньою інцидентністю, що не є вузлами поверхні, наявністю вузлів, яким інцидентна кількість виробок більше реально можливої, наявністю циклів, в яких всі виробки орієнтовані в одному напрямку, вихід характеристик топологічних об'єктів із заданих меж.

Логіка алгоритму представлена таким чином.

- 1) проводиться аналіз типу розрахунку, і залежно від цього проводиться введення інформації;

- 2) виконується впорядкування початкових даних, формуються вибірки і сортування і вся початкова інформація записується у базу даних ІАТСПАЗ;

- 3) будується математична модель ШВС у вигляді сильно-зв'язного графа, для цього всім вузлам поверхні (точкам виходу на поверхню повітроподаючих,

вентиляційних стовбурів і загальношахтних запасних виходів, а також точкам, що умовно кодують місця замикання на атмосферу витоків повітря через зони обвалення) привласнюється один і той же номер.

4) виконується розрахунок повітроділення для всіх здійснених вентиляційних режимів з метою вибору з них такого, що забезпечував би оптимальні умови аварійної евакуації;

5) на основі визначення осередку пожежі формується послідовність гілок загалування;

6) вибирається номер потрібної позиції ПЛА і аналізується тип аварії;

7) у випадку, якщо режим нормальний, формується зона загалування, що утворюється в ШВС;

8) якщо будується зона, що утворюється в результаті здійснення режиму, відмінного від нормального, то формування її ділиться на два етапи. На першому етапі формується зона, що утворюється у нормальному режимі провітрювання за час до здійснення режиму аварійного. Після цього вводяться характеристики досліджуваного аварійного вентиляційного режиму, будується на їх основі зона загалування і визначається час розгалування тимчасово загалованої зони ШВС;

9) з числа загалованих виробок вибираються початкові пункти маршрутів аварійної евакуації людей;

10) формуються маршрути аварійної евакуації людей.

#### ***Характеристика вхідних та вихідних даних.***

Основою вхідної інформації для функціонування підсистеми формування маршрутів аварійної евакуації людей в складі програмного забезпечення ІАТ-СПАЗ є результати аеродинамічної зйомки шахти, маркшейдерські плани, вентиляційна схема шахти, попередньо поділена на позиції ПЛА, дані про виробки, у яких може виникнути пожежа, дані про кількість і розподілення людей у шахті, а також ряд додаткових відомостей про наявність і можливості існуючих (або які проєктуються) у шахті засобів СПАЗ (давачів-детекторів пожежних газів з вказівками місць їх реального встановлення, геометричних характеристиках гірничих виробок з метою можливості їх використання для аварійної евакуації людей, характеристиках засобів евакуації циклічної дії (їх місткості, швидкості руху), наявності (чи можливості встановлення) засобів колективного самозахисту та їх нормативних характеристиках, та інші.

Вся підготовка вхідної інформації складається з наступних етапів:

1) кодування розрахункової схеми. Воно полягає у відображенні схеми вентиляції або схеми плану гірничих робіт у виді однолінійної розрахункової схеми вентиляції, яка являє собою потоковий граф, що складається з вузлів та гілок.

При складанні розрахункової схеми на основі плану гірничих робіт проводиться спрощення схеми, яка копіює з'єднання виробок шахти, а також додавання гілок, які зображують виток повітря через вироблений простір та вентиляційні споруди. У зв'язку з високою швидкістю сучасних ПЕОМ та наявністю програм ІАТСПАЗ, розрахованих на мережі, які мають більше 1000 гілок, скла-

дне спрощення в даній технології проводити не потрібно. Слід проводити тільки очевидні спрощення, дотримуючись при цьому наступних правил:

- одну виробку слід ділити на ряд послідовних гілок тільки у тому випадку, якщо ця виробка вміщує ділянки з різним перетином; якщо при цьому порушується принцип прохідності для людей (недостатні геометричні характеристики виробки в цілому чи її окремої частини) – виробку потрібно виключити з схеми шахти, призначеної для потреб аварійної евакуації;

- тупикову виробку на розрахункову схему наносити не треба, оскільки шлях евакуації гірників з неї співпадає з шляхом евакуації з інцидентної магістральної виробки.

Конфігурація розрахункової схеми повторює конфігурацію з'єднань виробок плану гірничих робіт або схеми вентиляції, що дозволяє легко здійснювати ідентифікацію гілок розрахункової схеми. Однак, оскільки вся числова інформація знаходиться у таблицях, упорядкованих по номерах гілок, пошук потрібної для аналізу гілки на розрахунковій схемі великої шахти являє значні труднощі. Для подолання цих труднощів при кодуванні, тобто нумерації вузлів та гілок, слід виконувати наступні правила:

- першими слід кодувати вузли мережі, послідовно пересуваючись зліва та зверху униз або зверху униз та зліва направо;

- кодування гілок також слід вести у визначеній послідовності, але при цьому бажано проводити нумерацію таким чином, щоб гілка з номером  $n+1$  була інцидентна гілці з номером  $n$ .

Вузлу, який умовно відображає атмосферу, приписується номер 1. С цим вузлом необхідно зв'язати фіктивними гілками усі вузли входу та виходу повітря у вентиляційній мережі. Для фіктивних гілок слід задавати тільки їх код. Усі інші вузли мережі нумеруються, починаючи з другого номера. Допускається пропуск номерів вузлів та гілок.

2) у ІАТСПАЗ, крім розрахункової схеми, використовуються вхідні дані, підготовлені заздалегідь у формі таблиць, та дані, які користувач вносить у процесі виконання розрахунків по запиту програми.

Всього заповнюються наступні таблиці вхідних даних (форма їх регламентується діалоговим режимом функціонування програмного забезпечення ІАТСПАЗ) (якщо виконання робіт з побудови маршрутів аварійної евакуації людей проводиться вперше – потрібна повна підготовка вхідної інформації, ні – лише документів, відмічених курсивом):

- а) характеристики виробок: їх аеродинамічний опір, довжина, площа поперечного перетину (з можливістю коригування по мірі посування фронту гірничих робіт), *людиномісткість* (орієнтовна кількість людей, які підлягають евакуації з цієї виробки). Ці масиви формуються у відповідності до структури масиву, який кодує розрахункову схему шахти;

- б) характеристики вузлів – їх *висотні відмітки* (що потрібно для вираховування ергономічних характеристик маршрутів аварійної евакуації людей);

в) характеристики вентиляторів головного провітрювання (ВГП) – коефіцієнти в рівнянні, яке апроксимує напірну характеристику для заданого кута встановлення лопаток в нормальному і аварійному режимі роботи.

Перерахованими параметрами обмежується опис ШВС. Термодинамічні параметри в ІАТСПАЗ на першому етапі не враховуються.

Для розв'язання задач по реалізації мір ІАТСПАЗ необхідно задати ще наступну інформацію, яка характеризує можливу аварійну ситуацію, СПАЗ шахти, призначення виробок і т. ін.:

1) таблицю інформації про місце і тип можливої аварії. Передбачено аналіз і вироблення протиаварійних мір на випадок виникнення тринадцяти типів екзогенних пожеж;

2) список можливих аварійних вентиляційних режимів («підозрілих на оптимальність»). У нього включаються режими, коли ВГП працюють у нормальному режимі, коли вони реверсовані, та коли здійснюється зупинка одного чи декількох ВГП (останній варіант – небажаний, і здійснюється зрідка лише в умовах негазових шахт);

3) признаки приналежності гілки, яка кодує виробку ШВС. Ними є:

а) непрохідна для людей виробка (тобто реальна непрохідність по неаварійних характеристиках);

б) у виробці встановлені (чи можуть бути встановлені) однобічні вентиляційні двері;

в) стовбур, оснащений підйомом, придатний для евакуації людей; при цьому повинні додаватися його технічні характеристики (місткість клітей або скипів, швидкість їх руху), що потрібно при використанні нормального (як аварійного) чи реверсивного вентиляційного режиму;

г) підготовча виробка;

д) у виробці знаходиться пункт переключення у саморятівники;

е) аеродинамічний опір виробки передбачається не повним, а питомим;

ж) виробка кодує ВГП;

з) під час виникнення пожежі у виробці вентиляційний режим не вибирається згідно викладеної вище методики, а регламентується значенням відповідного признаку;

і) у виробці встановлений (чи, для задач проектування) може бути встановлений давач-детектор пожежних газів, та ступінь його чутливості;

к) придатність (передбачений ступінь придатності) виробки для здійснення аварійної евакуації.

На випадок розширення кількості і складу задач аварійної евакуації в ІАТСПАЗ передбачена можливість поповнення вхідної інформації.

Заповнення інформації є позиційним, тобто реквізит повинен заноситись у межі виділеного поля. Інакше можуть виникнути помилки, які не завжди можуть бути виявлені засобами автоматизованого контролю інформації.

Вхідна інформація вводиться у ПЕОМ тринадцятьма документами:

1) інформаційна таблиця щодо ходу розрахункового процесу;

2) параметри розрахунку;



- 3) обмеження на характеристики;
- 4) параметри гілок;
- 5) параметри ВГП;
- 6) параметри вузлів;
- 7) вузли поверхні (для маршрутів аварійної евакуації та замикання ШВС до сильнозв'язного стану);
- 9) виробки, у яких встановлені (або, на стадії проектування, можуть бути встановлені) давачі-детектори пожежних газів з вказівкою щодо часу їх спрацювання;
- 10) виробки, придатні для організації аварійної евакуації (якщо користувач вважає недостатньою інформацію п. 1);
- 11) виробки з придатними для цілей аварійної евакуації засобами циклічної дії, з вказівкою, при необхідності, їх місткості та нормативного терміну руху від початкового пункту.
- 11) виробки, у яких встановлені (або, на стадії проектування, можуть бути встановлені) засоби місцевого регулювання;
- 12) виробки, у яких встановлені (чи можуть бути встановлені шляхом оптимізаційних розрахунків) засоби колективного саморятуння;
- 13) виробки з можливим виникненням пожежі, у яких аварійний вентиляційний режим первісно не може бути однозначним, і потребує додаткових оптимізаційних розрахунків.

Вихідна інформація підсистеми розрахунку маршрутів аварійної евакуації людей в ІАТСПАЗ генерується відповідно до запитів користувача; у найкоротшому виді це – власне маршрути евакуації; може бути однак сформована і проміжна інформація щодо ходу формування маршрутів, їх особливостей і можливості, на розсуд користувача, вибору альтернативних варіантів. Звичайно зберігаються електронні версії; версії на паперових носіях використовуються лише для представлення контролюючим органам. Зберігання паперових носіїв проміжних результатів функціонування ІАТСПАЗ недоцільне, однак можливе.

До обов'язкової інформації, яка друкується на паперовий носій та зберігається на шахті у встановлений нормативний термін, відноситься лише ПЛА. Інші документи призначені для коригування його мір згідно оперативного ПЛА (якщо потрібно).

### ***Технологія обробки даних при виборі маршрутів аварійної евакуації людей***

Оскільки формування маршрутів аварійної евакуації людей не є відокремленою задачею, рішення якої виконується самостійно, на рис. 1 наводиться спрощена загальна схема функціонування ІАТСПАЗ, на якій ілюструється місце задач аварійної евакуації. Власне задачі формування маршрутів евакуації виділені курсивом; якщо вся попередня інформація наявна, можливо виконати лише виділені курсивом операції.

Технологічний процес обробки даних (ТП)– частина виробничого процесу, яка безпосередньо пов'язана з переробкою початкової інформації в систему зведених даних, тобто сукупність операцій по обробці початкової інформації з ме-

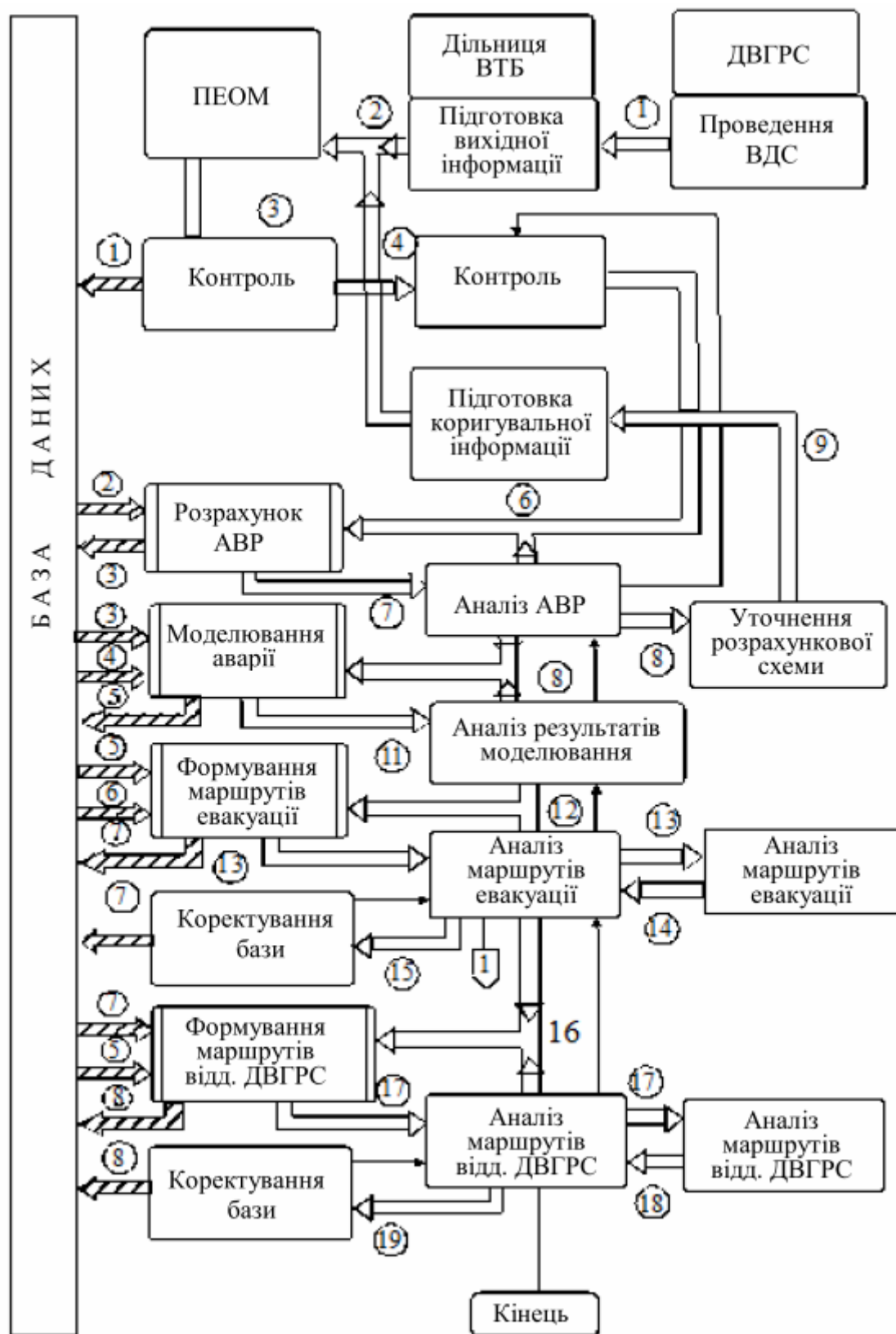


Рис. 1 – Схема технологічного процесу розрахунку заходів оперативної частини ПЛА.

тою отримання результатів у вигляді роздруків, відеограм, дискових інфор-

маційних файлів. ТП, як правило, складається з технологічних операцій (ТО) – частин ТП, виконуваних на одному робочому місці. ТП класифікуються по:

1) типу виконавця: виконувані ПЕОМ, виконувані користувачем, виконувані в інтерактивному діалоговому режимі;

2) ступеню формалізації: формалізовані (виконувані по певному алгоритму), частково-формалізовані (коли розрахункові операції формалізовані, а ухвалення рішення надається користувачу), неформалізовані;

3) характеру обробки: функціональні, ухвалення рішень.

Одна і та ж операція може виконуватися у різних режимах з використанням різного програмного забезпечення і може бути реалізована на ПЕОМ того типу, яких має в своєму розпорядженні користувач.

Засобом передачі управління і інформації між окремими технологічними операціями у складі технологічного процесу обробки інформації є інформаційний потік (ІП). Інформаційні потоки діляться на:

1) передаючі управління, тобто які забезпечують безумовний перехід до виконання чергової ТО;

2) передаючі управління і додаткову інформацію;

3) забезпечуючі обмін інформацією з базою даних.

На структурній схемі ТП обробки інформації, який буде описаний нижче, вказані всі можливі ТО і ІП ІАТСПАЗ (крім ТО і ІП виявлення пожежі, які безпосередньо не відносяться до формування маршрутів аварійної евакуації, оскільки передбачається, що місце виникнення пожежі вже ідентифіковане); необхідна послідовність їх виконання визначається у кожному конкретному випадку користувачем.

У технологічному процесі автоматизованого складання оперативної частини ПЛА беруть участь ДВГРС (в особі служби депресійних зйомок (СДЗ) і командирів оперативних підрозділів), начальник дільниці вентиляції і техніки безпеки (ВТБ) шахти і персонал ПЕОМ, на якій здійснюється автоматизоване складання ПЛА. Це – максимальний варіант; до вирішенні задачі формування маршрутів аварійної евакуації людей персонал ДВГРС не залучається.

У окремих випадках, якщо база даних не сформована або не скоригована, передумовою первинного складання ПЛА є проведення повітряно-депресійної зйомки (ПДЗ); звіт про неї, що містить необхідну для складання ПЛА розрахункову схему вентиляції (ІП-1), передається начальнику дільниці ВТБ шахти.

Начальник дільниці ВТБ, на підставі матеріалів ПДЗ і відомостей, що є в його розпорядженні, про параметри ШВС і СПАЗ, готує необхідну початкову інформацію на бланках і передає її (ІП-2) на ПЕОМ.

Користувач здійснює підготовку інформації для обробки на ПЕОМ. Контрольний роздрук початкової інформації передається (ІП-4) начальнику дільниці ВТБ.

Останній, за наявності в інформації помилок змістовного характеру (пропуск або неправильне завдання значень параметрів, відсутність документів або їх частин і т.д.) готує коригуючу інформацію і повертає її на ПЕОМ для здійснення перенесення на машинні носії.

На етапі контролю правильності перенесення інформації на машинні носії первинний варіант всієї початкової інформації заноситься (ІП-1Б) в базу даних (надалі ІП, що відносяться до бази даних, позначатимуться індексом "Б").

Після виявлення і усунення начальником дільниці ВТБ всіх змістовних помилок в початковій інформації він готує запит на розрахунок аварійних вентиляційних режимів, що містить список режимів, що підлягають розрахунку і аналізу, і передає його на ПЕОМ (ІП-6).

Співробітник групи інформаційного забезпечення (ГІЗ) дільниці ВТБ, або її аналога, проводить на ПЕОМ розрахунок аварійних вентиляційних режимів відповідно до вказаного запиту, одержуючи для цієї мети з бази даних початкову розрахункову схему вентиляції (ІП-2Б) і формуючи в базі даних файли, що містять параметри аварійних вентиляційних режимів (ІП-3Б). Після закінчення обробки запиту роздрук параметрів аварійних вентиляційних режимів передається (ІП-7) начальнику дільниці ВТБ для здійснення ТО "Аналіз АВР». Остання ТО є багатоальтернативною. При отриманні результатів, що не задовольняють його, начальник дільниці ВТБ коригує і передає запит на ПЕОМ для повторного здійснення функціональної ТО "Розрахунок АВР".

Якщо в результаті аналізу начальник дільниці ВТБ встановить, що не задовольняють його результати одержані у зв'язку з непоміченими ним на етапі контролю помилками в початковій інформації, управління передається ТП "Контроль початкової інформації".

Якщо незадовільні результати одержані, на думку начальника дільниці ВТБ, внаслідок неточностей в розрахунковій схемі, які він самостійно виявити і усунути не в змозі - підготовлена ним інформація про неспівпадіння розрахункових і фактичних параметрів аварійних вентиляційних режимів передається (ІП-8) СДЗ ДВГРС для виконання ТП "Уточнення розрахункової схеми"; уточнена розрахункова схема повертається (ІП-9) начальнику дільниці ВТБ.

Якщо роздрук параметрів аварійних вентиляційних режимів начальника дільниці ВТБ задовольняє - він готує запит на здійснення моделювання аварійної ситуації і передає його на ПЕОМ. Остання здійснює ТП "Моделювання аварії", одержуючи з бази даних параметри аварійних вентиляційних режимів (ІП-3Б) і інформацію для моделювання (параметри гірських виробок, відомості про передбачувані параметри аварійної ситуації і т. ін.) (ІП-4Б), після чого параметри аварійної зони передаються (ІП-11) у вигляді роздруку начальнику дільниці ВТБ, і поміщаються (ІП-5Б) в базу даних.

Начальник дільниці ВТБ проводить аналіз результатів моделювання. Якщо незадовільний їх характер викликаний, на його думку, помилкою в запиті - запит готується повторно і передається на ПЕОМ. Якщо модель аварії некоректна внаслідок помилок в параметрах аварійних вентиляційних режимів – управління передається ТП "Аналіз АВР". У разі отримання правильних результатів здійснюється перехід (ІП-12) до вибору і оптимізації тактичних заходів ПЛА.

На наступному етапі оптимізації на ПЕОМ здійснюється ТП "Формування маршрутів евакуації"; для цієї мети з бази даних поступає записана туди раніше інформація про параметри аварійних зон (ІП-5Б) і інформація (початкові пунк-

ти маршрутів, людиномісткість виробок і т. ін., ІІ-6Б), необхідна для формування маршрутів аварійної евакуації. В результаті здійснення ТО в базі формується (ІІ-7Б) файл маршрутів аварійної евакуації гірників.

Роздрук маршрутів евакуації передається (ІІ-13) начальнику дільниці ВТБ для проведення аналізу маршрутів евакуації. Якщо одержані результати його не задовольняють - залежно від передбачуваних причин готується новий запит (ІІ-12), управління передається ТП "Аналіз результатів моделювання", або проводиться консультація з командним складом оперативних підрозділів ДВГРС, для чого ДВГРС передається (ІІ-13) роздрук маршрутів аварійної евакуації. В результаті консультації до начальника дільниці ВТБ поступає (ІІ-14) інформація про невідповідність маршрутів аварійної евакуації можливостям ДВГРС в плані надання допомоги евакуйованим.

Якщо незадовільні результати обумовлені глибшими причинами, що вимагають додаткового аналізу вентиляції і параметричної ідентифікації – управління передається ТП "Аналіз вентиляційної системи".

Після відпрацювання всіх необхідних уточнень проводиться коректування бази даних і складання ПЛА, і цикл його для вибраної позиції закінчується.

При обробці даних в пакетному режимі з ТП "Розрахунок АВР", "Моделювання аварії", "Формування маршрутів евакуації", "Формування маршрутів відділень ГВГСС" і "Коригування бази" формується допоміжний ТП, в результаті якого начальнику дільниці ВТБ передаються в комплексі ІІ-7, ІІ-11, ІІ-13, ІІ-17, а в базу даних записуються ІІ-3Б, ІІ-5Б, ІІ-7Б, ІІ-8Б. Аналогічно в комплексі розглядаються начальником дільниці ВТБ і командним складом ДВГРС і всі вихідні форми вказаного допоміжного ТП.

Сформовані в результаті виконання ТП "Розрахунок заходів оперативної частини ПЛА" у базі даних інформаційні файли містять всю необхідну інформацію для ТП "Формування і коригування тексту". Слід зазначити, що цей етап не є обов'язковим. Робота із стандартними текстовими конструкціями зостається винятково на розсуд начальника дільниці ВТБ, і може бути замінена звичним роздруком тексту оперативної частини ПЛА в нестандартизованому вигляді.

Основою тексту оперативної частини ПЛА є базисний варіант, сформований АССПЛА із стандартних текстових конструкцій і на основі результатів, одержаних в ТП "Розрахунок заходів оперативної частини ПЛА". Базисний варіант формується на ПЕОМ по запиту начальника дільниці ВТБ; при цьому використовується інформація, що поставляється з бази даних ІІ-1Б, ІІ-3Б, ІІ-7Б, ІІ-8Б. В результаті виконання ТО в базі формується файл, що містить текст базисного варіанту оперативної частини ПЛА (ІІ-9Б, ІІ-10Б, ІІ-11Б, ІІ-12Б).

Роздрук базисного варіанту передається начальнику дільниці ВТБ для подальшого аналізу. При цьому аналіз якості, повноти і відповідності тексту ПЛА вимогам ліквідації реальних аварійних ситуацій проводиться чотирма основними ТО:

1) "Аналіз структури позиції", в ході якої аналізується заголовок (перелік виробок) позиції;

- 2) "Аналіз заходів";
- 3) "Аналіз маршрутів евакуації";
- 4) "Аналіз маршрутів руху ГВГСС".

Охарактеризована структура є рекомендаційною. Проте включення її в технологічну схему інформаційної технології вибору заходів щодо ліквідації аварійних ситуацій на вугільних шахтах може служити основою для організації її впровадження на підприємствах Мінвуглепрому України.

#### ПЕРЕЛІК ЛІТЕРАТУРИ

1. Правила безопасности в угольных шахтах. НПАОП 10.0-1.01-10. Утверждены приказом Государственного комитета Украины по промышленной безопасности, охране труда и горному надзору от 22.03.2010 № 62; Зарегистрированы в Министерстве юстиции Украины 17 июня 2010 за N 398/17693.- Режим доступа : <http://ohranatruda.in.ua/pages/4955/>

**УДК 622.831.312**

Академик НАН Украины А.Ф. Булат,  
канд. техн. наук И.Н. Слащев  
(ИГТМ НАН Украины)

#### **РАЗРАБОТКА КОМПЬЮТЕРНЫХ СИСТЕМ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ГЕОМЕХАНИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ**

Розглянуті можливості та особливості застосування обчислювальних комплексів імітаційного моделювання ІГТМ НАН України, які динамічно розвиваються і успішно використовуються для вирішення складних геомеханічних і гірничотехнічних задач.

#### **DEVELOPMENT OF COMPUTER SYSTEMS MATHEMATICAL MODELING GEOMECHANICAL PROCESSES**

The possibilities and features of computer systems simulation IGTM NAS of Ukraine, which rapidly developed and successfully used to solve complex geomechanical and mining problems.

Одной из основополагающих задач горной науки является прогнозирование геомеханических условий отработки угольных пластов, которое служит фундаментом для разработки эффективных технологий горных работ, обеспечивающих высокую производительность и безопасные условия труда горняков.

Моделирование сложных физических процессов невозможно без современной вычислительной техники и новых методов расчетов, обработки, анализа и визуализации больших массивов данных. Значительные достижения в этом направлении были получены в США (НАСА, Ливерморская национальная лаборатория, Национальные суперкомпьютерные центры), Великобритании (Резерфордская лаборатория, Университет Манчестера), Германии (Фраунгоферовский институт машинной графики), Швейцарии (Женевский университет, Лозаннская высшая политехническая школа) и др. Технологии компьютерного анализа, чаще всего, основаны на показавших себя с наилучшей стороны в инженерных расчетах методах конечных и граничных элементов [1, 2], конечных разностей [3], начальных напряжений [4], которые являются универсальными, в том числе для моделирования процессов, происходящих в породном массиве.