

## МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ АЕРОЛОГІЧНОГО СТАНУ ТУПІКОВОГО ВИРОБЛЕННЯ

**Ставицький В.М., к.т.н., доц., Камінський І.О., студент**

*(Донецький національний технічний університет, м. Донецьк, Україна)*

Аерологічний стан тупікового вироблення (рис.1) оцінюється концентрацією метану, яка утворюється в наслідок змішування деякої кількості метану, що потрапляє у вироблений простір з бічних порід, з чистим повітрям, яке надходить у вироблення вентиляційним трубопроводом під дією вентилятора ВМП. Збільшення кількості повітря у виробленні утворює підвищення тиску, під дією якого надлишок змішаного повітря витісняється до устя вироблення. Оскільки при цьому деяка кількість метану виходить з вироблення в складі змішаного повітря, це дозволяє зменшити концентрацію метану до безпечного рівня. Кількість свіжого повітря, що потрапило у вироблення трубопроводом, і кількість змішаного повітря, яке покинуло вироблення, дорівнюють одне одному.

Отже, керуваним параметром в даному випадку є концентрація метану у виробленні  $C_M$ . Керуючим впливом виступає інтенсивність надходження свіжого повітря у вироблення  $Q_{\text{п}}$ . Збурюючим, неконтрольованим впливом на стан повітря у

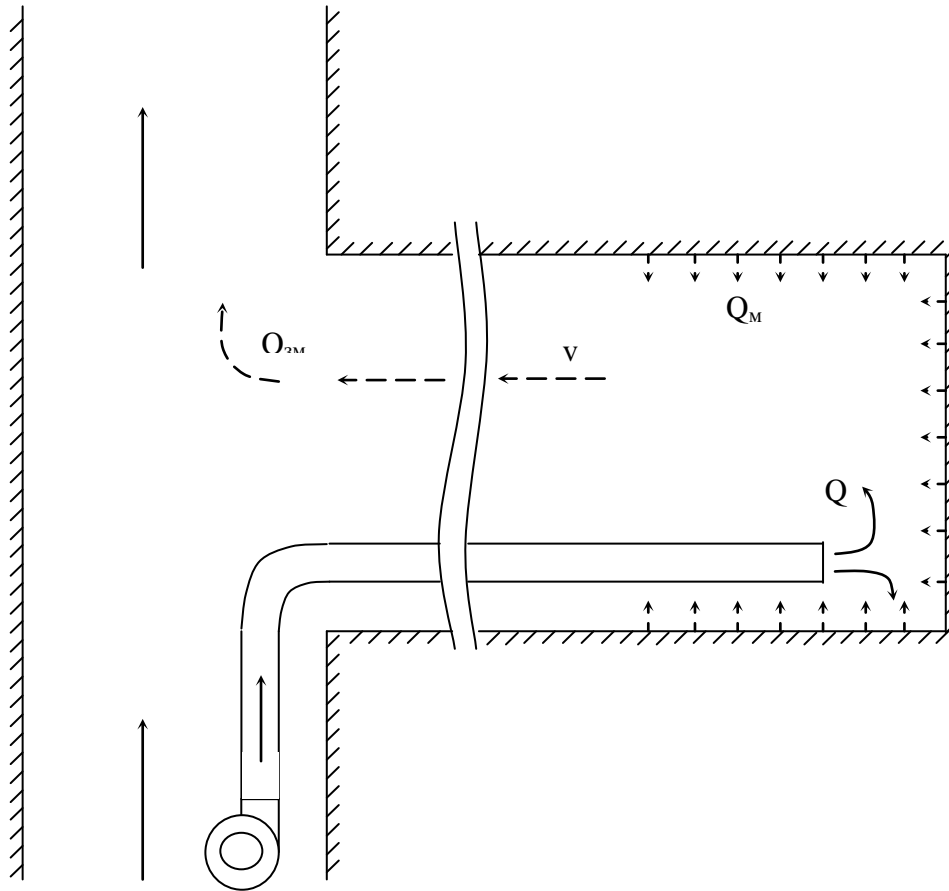


Рисунок 1 – Схема процесів в тупіковому виробленні

виробленні є інтенсивність виділення метану  $Q_m$ . Кількість повітря у виробленні завжди є величиною постійною і дорівнює об'єму тупікового вироблення  $V_T$ . Постійне надходження повітря і метану у вироблення разом з обмеженням сумарного об'єму всіх газів, що одночасно можуть знаходитись в ньому, обумовлює рух повітря від вибою до устя вироблення. При цьому кількість змішаного повітря, що виходить з вироблення, становить  $Q_{zm} = Q_p + Q_m$ .

Математична модель процесу провітрювання тупікового вироблення може бути отримана за умови використання наступних припущень:

-процеси надходження свіжого повітря у вироблення, а також виділення метану з бічних порід є рівномірними на протязі короткого інтервалу часу  $\Delta t$ ;

-процес поширення і змішування чергової порції метану, який надійшов у вибій, та порції повітря, що потрапило у вироблення вентиляційним трубопроводом, є миттєвим, тобто потрапляння нової порції газу змінює концентрацію в усіх точках вироблення.

Концентрація метану  $C_m$  в тупіковому виробленні довжиною  $L$  і площею перетину  $S$  визначається співвідношенням (1):

$$C_m = \frac{V_m}{S \cdot L} \quad (1)$$

де  $V_m$  – об'єм метану у виробленні.

Об'єм метану є змінною величиною, що залежить від початкового стану повітря у виробленні, від інтенсивності надходження метану з бічних порід, а також від кількості повітря, що надходить вентиляційним трубопроводом у вироблення. В дискретній формі ця залежність виглядатиме наступним чином:

$$V_{m_j} = V_{m_{j-1}} + \Delta V_{+m_j} - \Delta V_{-m_j} \quad (2)$$

де  $V_{m_j}, V_{m_{j-1}}$  – об'єм метану у виробленні в поточний і попередній моменти;

$\Delta V_{+m_j}$  - об'єм метану, що додатково надійшов у простір вибою в поточний момент часу в наслідок виділення газу з бічних порід;

$\Delta V_{-m_j}$  - об'єм метану, що вийшов з вибою в поточний момент часу в наслідок витіснення повітрям, яке надходить вентиляційним трубопроводом.

Кількість метану, що надходить у вибій, визначається інтенсивністю виділення газу  $Q_m$  за інтервал часу  $\Delta t$ :

$$V_{+m_j} = Q_{m_j} \cdot \Delta t \quad (3)$$

В свою чергу, частина метану, яка покинула вибій в наслідок його примусового провітрювання, визначається:

$$V_{-m_j} = (V_{+m_j} + V_{+n_j}) \cdot \frac{V_{m_{j-1}} + V_{+m_j}}{S \cdot L + V_{+m_j} + V_{+n_j}} = (Q_{m_j} + Q_{n_j}) \cdot \Delta t \cdot \frac{V_{m_{j-1}} + Q_{m_j} \cdot \Delta t}{S \cdot L + (Q_{m_j} + Q_{n_j}) \cdot \Delta t} \quad (4)$$

де  $\Delta V_{+n_j}$  - об'єм повітря, що надійшов у простір вибою від ВМП в поточний момент часу.

Об'єм метану у виробленні в попередній момент часу може бути визначений через відповідну концентрацію:

$$V_{m_{j-1}} = C_{m_{j-1}} \cdot S \cdot L \quad (5)$$

Таким чином, рекурентна формула, що дозволяє змоделювати процес зміни концентрації метану в тупіковому виробленні в залежності від інтенсивності надходження метану з бічних порід і продуктивності ВМП, матиме наступний вигляд:

$$C_{M_j} = C_{M_{j-1}} + \frac{Q_{M_j} \cdot \Delta t - (Q_{M_j} + Q_{пj}) \cdot \Delta t \cdot \frac{C_{M_{j-1}} \cdot S \cdot L + Q_{M_j} \cdot \Delta t}{S \cdot L + (Q_{M_j} + Q_{пj}) \cdot \Delta t}}{S \cdot L} \quad (6)$$

Або, якщо перейти до кінцевих різниць концентрації:

$$\frac{S \cdot L + (Q_{M_j} + Q_{пj}) \cdot \Delta t}{(Q_{M_j} + Q_{пj})} \cdot \frac{\Delta C_{M_j}}{\Delta t} + C_{M_{j-1}} - \frac{Q_{M_j}}{(Q_{M_j} + Q_{пj})} = 0 \quad (7)$$

Подальше перетворення з використанням ліміту  $\lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta C_M}{\Delta t}$  дає змогу отримати диференціальне рівняння, що встановлює залежність концентрації метану у виробленні від часу в умовах надходження певної кількості повітря і виділення певної кількості метану з бічних порід:

$$T \cdot \frac{dC_M}{dt} + C_M - C_{M_{cr}} = 0 \quad (8)$$

де  $T = \frac{S \cdot L}{(Q_M + Q_{п})}$  - постійна часу (при незмінній інтенсивності надходження повітря і метану у вироблення);

$C_{M_{cr}} = \frac{Q_M}{(Q_M + Q_{п})}$  - стає значення концентрації метану (при незмінній інтенсивності надходження повітря і метану у вироблення).

Також існує можливість визначити усереднену швидкість руху повітряних мас у виробленні. Згідно з наведеним нижче співвідношенням (9) вона залежить від загального надходження всіх газів (метан, повітря) у вироблення, а також від площі його перетину:

$$v = \frac{Q_M + Q_{п}}{S} \quad (9)$$

Результати моделювання процесів в тупіковому виробленні довжиною 100м і площею перетину 14м<sup>2</sup> за умови надходження в його простір свіжого повітря в кількості 7м<sup>3</sup>/с від вентилятора місцевого провітрювання ВМ-6 при інтенсивності виділення метану 0.05м<sup>3</sup>/с представлені на рис.2. Перша діаграма (рис.2.а) ілюструє аерологічний стан вироблення в режимі нормального функціонування системи провітрювання. Діаграма на рис.2.б зображає зростання концентрації метану в результаті зупинки ВМП.

Отримана модель може бути використана для вирішення наступних практичних задач:

- обґрунтування параметрів ВМП, що задовільняють даним гірничо-технологічним і аерологічним умовам;
- обґрунтування параметрів швидкодії засобів АГЗ в умовах заданого тупікового вироблення;
- обґрунтування принципу контролю концентрації метану, який позбавлений недоліків існуючих систем (зокрема, можливості заблокувати роботу системи АГЗ

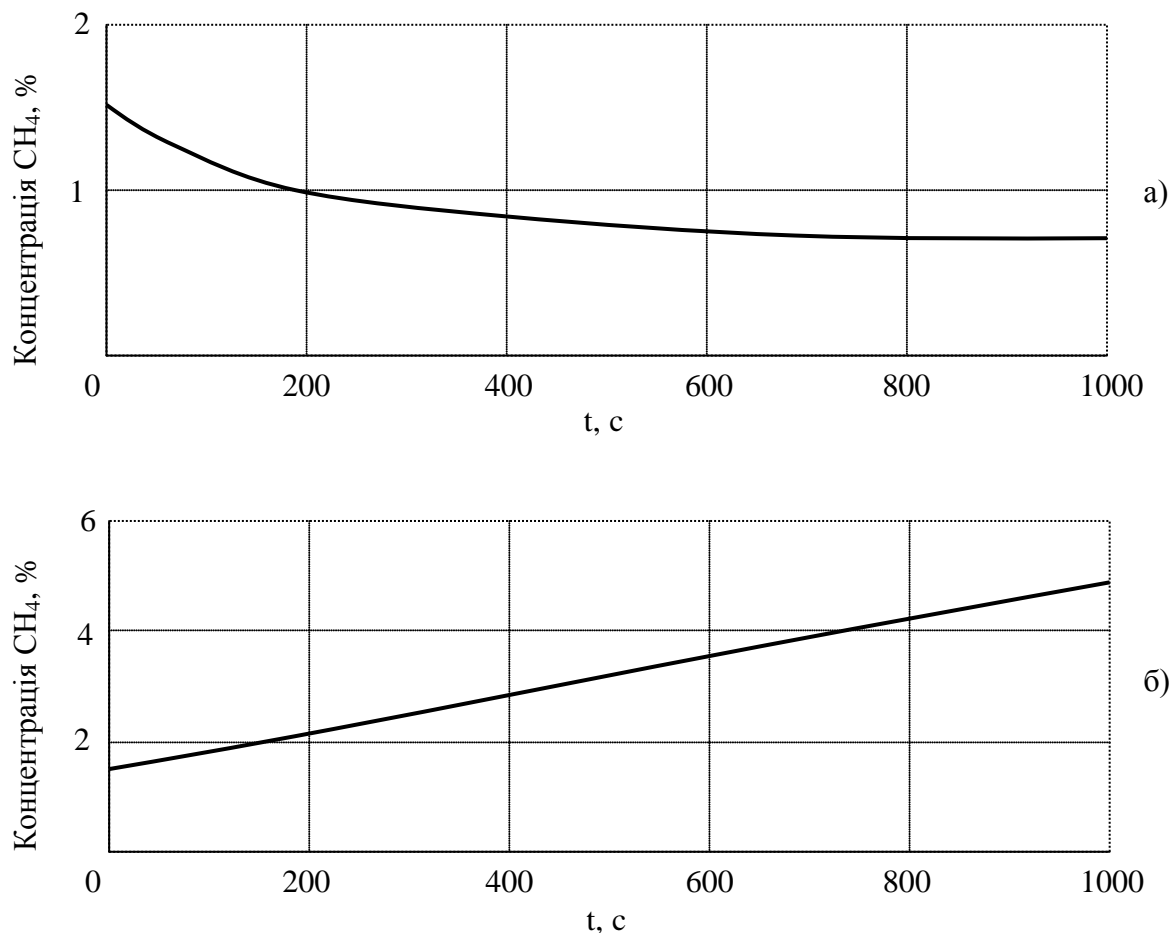


Рисунок 2 – Результати моделювання динаміки аерологічних процесів в тупіковому виробленні у випадку нормального провітрювання (а) і у випадку зупинки ВМП (б)

шляхом умисної ізоляції датчика метану від навколишнього середовища).

Зокрема, результати моделювання дозволяють зробити наступні висновки:

- концентрація метану є головним, але не єдиним параметром, який потрібно контролювати в шахтних виробленнях; велике значення має швидкість повітря, яка, як свідчать результати моделювання, в разі нормального провітрювання в середньому повинна дорівнювати відношенню продуктивності ВМП до площі перетину вироблення.

- контролювання одним датчиком комплексу аерологічних параметрів атмосфери вироблення (швидкість повітря і концентрація метану) дозволяє підвищити стійкість системи АГЗ від втручання зовні з метою заблокувати датчик метану від потрапляння до нього повітря з небезпечною концентрацією метану.

Швидкість повітря у привибійних просторах очисних і підготовчих вироблень повинна відповідати нормативним вимогам ПБ [1]. Відповідно до них, мінімально припустима швидкість руху повітря складає 0.25м/с. У той же час швидкість повітря в тупіковому виробленні не повинна перевищувати 4м/с, оскільки більш високе значення приводить до посилення пилоутворення. Отже запропонований спосіб контролю концентрації метану дає можливість не тільки підвищити надійність і захист від втручання зовні засобів АГЗ, але й дає змогу здійснювати комплексний контроль всіх

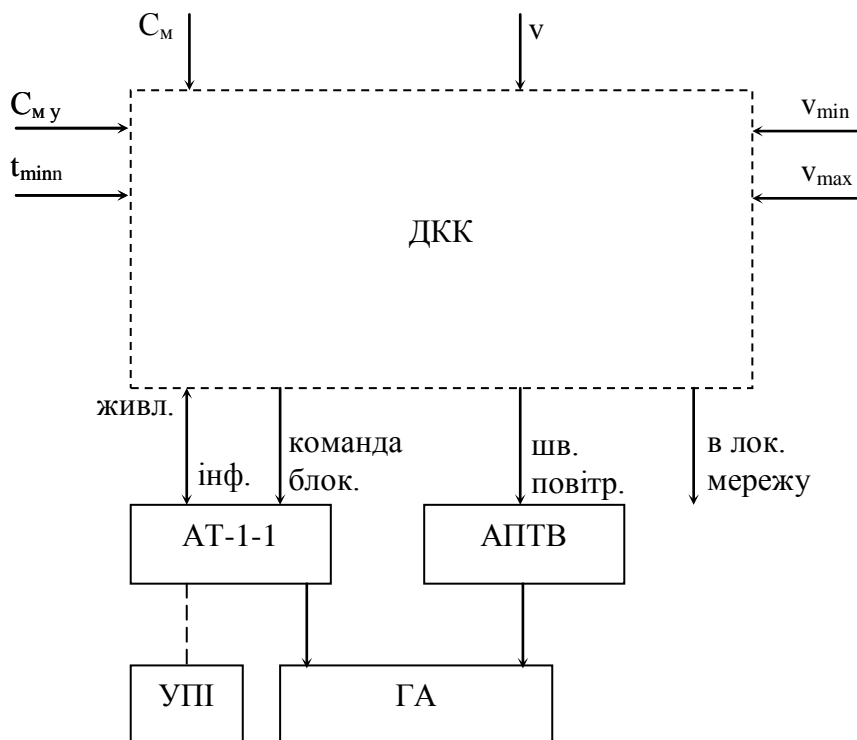


Рисунок 3 – Структурна схема реалізації запропонованого способу контролю концентрації метану

найважливіших аерологічних параметрів вироблення з наступною передачею цієї інформації до центрального диспетчерського пункту.

Структурна схема реалізації запропонованого способу контролю концентрації метану в складі системи АГЗ КАГІ представлена на рис.3. Замість стандартного термокаталітичного датчика метану (ДМТ, ДМВ і т.п.) пропонується застосувати датчик комплексного контролю (ДКК), який конструктивно об'єднує в собі вищезгаданий датчик метану і датчик швидкості повітря. Таке виконання виключає можливість ізоляції датчика від контрольованої середовища (повітря вироблення), оскільки така спроба призведе до суттєвого зменшення сигналу від датчика швидкості повітря. Вказана ситуація сприйматиметься як порушення режиму нормального провітрювання вироблення (зупинка ВМП), або як втручання в систему АГЗ. Будь-який варіант повинен призвести до відключення групового апарату (ГА), який керує подачею електроживлення на контрольовану ділянку.

#### Перелік посилань

1. Правила безпеки в угольних шахтах.-К.: Основа, 1996.-421с.