

УДК 622.457:519.6

## МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ РОЗСІЮВАННЯ В АТМОСФЕРІ ВИКИДІВ ПІДЗЕМНОЇ ВИРОБКИ

*Т.І. Русакова*

*Дніпропетровський національний університет ім. О.Гончара*

*E-mail: rusackovat@yandex.ru*

**Постановка проблеми.** Інтенсивність проведення гірничих робіт викликає збільшення в об'ємі чистого повітря, при цьому потрібне раціональне його використання. У зв'язку з цим необхідно знати, яким чином відбувається зміна концентрації домішки в процесі провітрювання виробки. До актуальних завдань в області цієї проблеми відноситься розробка методів прогнозу для розрахунку часу вентиляції підземних виробок [1–2]. Розробка чисельних моделей здійснюється в Україні не так активно, як за кордоном. Існуючі в даний час на Україні підходи щодо розрахунку параметрів провітрювання виробок, ґрунтуються або на теоретичних положеннях, які вимагають постановки експериментів для визначення емпіричних коефіцієнтів, або на використанні осереднених величин і постійних по всьому об'єму коефіцієнтів турбулентної дифузії. Це не дозволяє визначити поля концентрації забруднювачів у будь-який заданий час, а тим самим і контролювати процес провітрювання.

**Метою** роботи є розробка ефективної CFD моделі для розрахунку вентиляції тупикових виробок, тобто створення обчислювального інструменту для щоденного використання в інженерній практиці. Цей інструмент з одного боку враховує найбільш важливі фактори при проведенні розрахунків (форму виробки, наявність породи у виробці, режим вентилявання, процес гравітаційного осідання пилу і т.д.), а з іншого боку дозволяє отримати прогнозні дані протягом декількох секунд.

**Моделюючі рівняння.** Для розрахунку поля швидкості в підземній виробці використовується модель потенційної течії. Моделююче рівняння [3]:

$$\frac{\partial^2 P}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 P}{\partial y^2} = 0, \quad (1)$$

де  $P$  – потенціал швидкості. Для чисельного інтегрування рівняння Лапласа (1) використовується метод Лібмана [4].

Для моделювання розсіювання пилу в підземній виробленні використовується рівняння масопереносу [5]:

$$\frac{\partial C}{\partial t} + \frac{\partial uC}{\partial x} + \frac{\partial (v - w_s)C}{\partial y} = \frac{\partial}{\partial x} \left( \mu_x \frac{\partial C}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left( \mu_y \frac{\partial C}{\partial y} \right) + \sum Q_i \delta(x - x_i)(y - y_i) \quad (2)$$

де  $C$  – концентрація забруднюючої речовини у виробці;  $u$ ,  $v$  – компоненти вектора швидкості повітряного потоку у виробці;  $w_s$  – швидкість гравітаційного осідання забруднюючої речовини;  $\mu = (\mu_x, \mu_y)$  – коефіцієнти турбулентної дифузії;  $(x_i, y_i)$  – координати джерела викиду забруднюючої речовини;  $Q_i$  –

інтенсивність емісії забруднювача в точці  $(x_i, y_i)$ ;  $\delta(x-x_i)$ ,  $\delta(y-y_i)$  – дельта-функція Дірака, за допомогою якої моделюється надходження забруднювача у виробку.

Чисельне інтегрування рівняння масопереносу проводиться за допомогою неявної різницевої схеми розщеплення [5] з використанням прямокутної різницевої сітки. На основі побудованої чисельної моделі розроблено пакет програм. Виконано чисельний розрахунок за допомогою розробленої математичної моделі. Добре видно, що з часом відбувається очищення повітряного середовища у вигляді «поршневого» витіснення пилу з виробки. Для різних моментів часу оцінено зони з різним рівнем концентрації домішки, отримано динаміку зміни максимальної концентрації пилу у виробці з часом. На рис. 1 представлено зміну концентрації поля домішки (пилу) у виробці для певного моменту часу. Значення концентрації подано в безрозмірному вигляді: кожне число – це величина концентрації у відсотках від величини максимальної концентрації на даний момент часу.

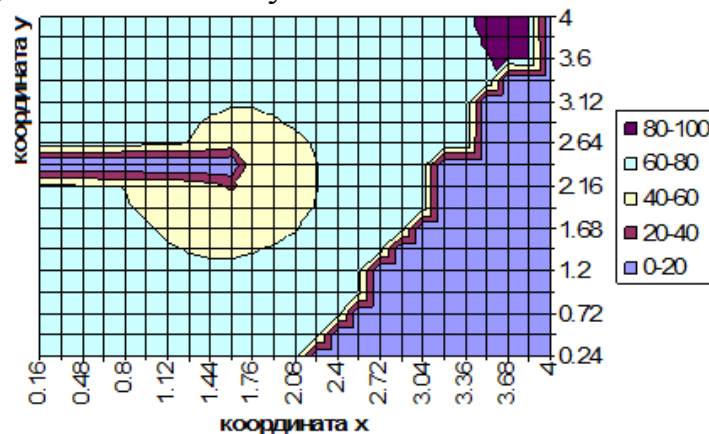


Рисунок 1 - Поле концентрації пилу у виробці:  $t=3$  с,  $C_{\max}=0,8297$

Розроблена математична модель дозволяє підвищити якість інженерних розрахунків.

### Літературні джерела

1 Калабин Г.В. Метод расчета аэродинамики камерообразных выработок на основе математического моделирования / Г.В. Калабин, А.А. Бакланов, П.В. Амосов // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. 1990. – №1. – С. 74–88.

2 Кременчуцкий Н.Ф. Расчет проветривания тупиковых выработок с использованием дифференциальных уравнений / Н.Ф. Кременчуцкий, О.А. Муха, Е.В. Столбченко // Науковий вісник НГУ. 2011. – №2. – С. 136–139.

3 Лойцянский Л.Г. Механика жидкости и газа. / Л.Г. Лойцянский. – М.: Дрофа, 2003. – 840 с.

4 Роуч П. Вычислительная гидродинамика / П. Роуч. – М.: Мир, 1980. – 616 с.

5 Численное моделирование распространения загрязнения в окружающей среде / М.З. Згуровский, В.В. Скопецкий, В.К. Хрущ, Н.Н. Беляев. – Київ : Наук. думка, 1997. – 368 с.