

Р.О. Дичковський, к.т.н. доцент кафедри ПРР,
Д.В. Бабець, к.т.н. доцент кафедри Вищої математики,
Є.В. Тимошенко, аспірант кафедри ПРР,
(ДВНЗ «Національний гірничий університет»)

ДОСВІД ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДУ ГРУПОВОГО ОБЛІКУ АРГУМЕНТІВ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ НДС МАСИВУ ПРИ ВИСОКИХ ШВИДКОСТЯХ ПОСУВАННЯ ОЧИСНОГО ВИБОЮ

В статті представлені результати моделювання напружено-деформованого стану масива горних порід при високій швидкості подвигання очисного забоя при виемке тонких угольних пластів в умовах ПАО «Шахтоуправление «Покровское».

EXPERIENCE OF APPLYING THE METHOD OF GROUP ARGUMENTS ACCOUNT FOR DETERMINATION THE STRESS-STRAIN STATE OF ROCKS AT HIGH-SPEED WALLFACE ADVANCE

The results of modeling the stress-strain state of rock at high speed wallface advance at thin coal seams in the PJSC "Shahtoupravlenie" Pokrovskoe" are described.

Вступ. Швидкість посування очисного вибою є одним з визначальних параметрів, які впливають на обсяги видобування вугілля за певний проміжок часу. Фактично, досить складно сьогодні досягти максимальних швидкостей, при яких релаксації гірського масиву перевищували б стійкість порід основної покрівлі та інших верхніх шарів жорсткості, що призводило б до миттєвих розвантажень накопичених напружень і динамічних переміщень зависаючих порід покрівлі. Відомі випадки, коли такі явища виникали на пластах з тяжкообвалювальними покрівлями. Вони супроводжувалися переміщеннями великих породних мас, повітряними ударами, посадками кріплення механізованих комплексів «на жорстко». Причому нерідко проходило деформування стійок секцій, і виникали нещасні випадки з обслуговуючим персоналом в лаві. Слід зазначити, що питання управління станом гірничого масиву при високих швидкостях посування очисного вибою є недостатньо вивченим, і вимагає уточнення.

Основна частина. Для виконання статистичної обробки даних роботи очисного вибою з метою визначення навантажень на секції механізованого комплексу при високій швидкості посування лави, за допомогою управляючих приладів РМС[®]-R в результаті проведених спостережень були отримані наступні показники:

R – радіус форми дуги лінії очисного вибою, град;

$V_{п}$ – швидкість посування очисного вибою за зміну, м/зм;

$l_{в.л}$ – довжина відходу очисного вибою від монтажного хідника, м;

r_c – товщина стружки, мм;

V_c – швидкість подачі струга, м/хв.

З даних гірничо-геологічного прогнозу відпрацювання очисних вибоїв, що обладнані струговим комплексом BUCYRUS DBT беремо наступні дані:

m – виймальна потужність пласта, м (дані щодо цього показника отримувались щодобово, впродовж проведення шахтних досліджень від фахівців відділу технічного контролю);

$h_{ш.б.п}$ – потужність шару порід безпосередньої покрівлі, м;

$\sigma_{ш.б.п}$ – межа міцності на стиск порід безпосередньої покрівлі, 10^5 МПа;

$h_{ш.о.п}$ – потужність шару порід основної покрівлі, м;

$\sigma_{ш.о.п}$ – межа міцності на стиск порід основної покрівлі, 10^5 МПа.

За допомогою програмного забезпечення для ПЕОМ, розробленого на базі методу групового обліку аргументів, виконуємо розрахунок навантажень на секції механізованого комплексу.

Це необхідно для порівняння з реальними показниками навантажень на секції механізованого комплексу та визначення ступені збіжності отриманих результатів.

В результаті виконаних обчислень навантажень на секції механізованого комплексу визначено, що ступінь збіжності розрахованих показників з реальними складає $\varepsilon = 8,79\%$, причому залежність буде мати вигляд:

$$P = K_1 x_4 + K_2 x_5 x_6 - K_3 x_2 x_9 - K_4 x_3 x_4, \quad (1)$$

де K_1 – коефіцієнт просторового розташування очисного вибою; K_2 – коефіцієнт геологічної будови; K_3 – геомеханіко-технологічний коефіцієнт; K_4 – технологічні коефіцієнти; x_2 – радіус форми дуги лінії очисного вибою, град; x_3 – швидкість посування очисного вибою за зміну, м/зм; x_4 – довжина відходу очисного вибою від монтажного хідника, м; x_5 – виймальна потужність пласта, м; x_6 – потужність шару порід безпосередньої покрівлі, м; x_9 – межа міцності на стиск порід основної покрівлі, 10^5 МПа.

Для умов досліджуваних ділянок в умовах ПАТ «Шахтоуправління «Покровське» значення коефіцієнтів K_1 , K_2 , K_3 , K_4 будуть такими: $K_1 = 47,15$; $K_2 = 26,9$; $K_3 = 0,002$; $K_4 = 0,59$.

Враховуючи припущення наведені у роботі [1] було встановлено, що для досліджуваних гірничого-геологічних умов можна знехтувати наступними параметрами, котрі не приведуть до зниження достовірності моделювання: місце проведення вимірів, межа міцності на стискання порід безпосередньої покрівлі, потужність основної покрівлі.

З іншого боку визначальними будуть фактори, котрі визначають навантаження на привибійне кріплення.

Радіус дуги очисного вибою має максимально відповідати встановленим паспортним параметрам виймальної ділянки. Незначна варіація цього параметру приводить до адекватного збільшення навантаження з боку бічних порід. Причому спостерігаються не лише підвищені обвалення порід покрівлі, але значно збільшується піднесення подошви.

Окремо негативним наслідком є відхилення радіуса дуги лави у поєднанні із іншими визначальними параметрами. Особливо це відчувається при не стабільному посуванні очисного вибою. Доведено, що підвищення швидкості руху лави призводить до зависання порід покрівлі, і концентрування напружень масиву. З одного боку це приводить до зниження навантаження на секції механізованого кріплення стругового комплексу, проте не повна релаксація напружень приводить до їх накопичення, що може мати негативні наслідки. Динамічні розвантаження покрівлі у вигляді опускань плитами значної площі викликає не лише посадку секцій кріплення на «жорстко», але може мати негативні наслідки у вигляді повітряних ударів. Відомі випадки коли такі вивільнення енергії приводили до деформації гірничого обладнання та травматизму обслуговуючого персоналу.

Довжина відходу очисного вибою від монтажного хідника (розрізної печі), у нашому випадку має дуже важливе значення. Проведені заміри переконливо доказують на існування так званого «квадрату напружень» у струговому вибої. Чітко спостерігалися підвищенні переміщення бічних порід на межах кроку опускання безпосередньої та основної покрівлі. Причому, ці параметри були рознесені у часі. Так крок посадки безпосередньої складає 1-3 м. Крок посадки основної покрівлі – 10-15 м.

До 7-8 опускань основної покрівлі заміри показували поступове збільшення величини переміщень бічних порід. Особливо рух порід покрівлі спостерігався при поєднанні кроку посадки основної та безпосередньої покрівлі. Ці значення тричі співпадали на пікетах ПК 150+8,7; ПК 150+5,3 та ПК 150+2,4 і виливалися у максимальних переміщеннях порід покрівлі. На відстані 70-90 м. при відході від монтажного хідника були виявлені максимальні деформаційні характеристики порід. Відповідно вважаємо, що саме на цій ділянці були максимальні прояви за принципом «квадрату напружень». Відповідно у даних гірничо-геологічних умовах прояви гірського тиску значно відрізняються від класичної схеми «квадрату».

Це пояснюється тим, що дана зона також є границею розмиву і саме її вплив визначив максимальні переміщення покрівлі. Ця зона характеризувалася зміною літологічної різниці порід покрівлі та підосви.

Наступні максимальні прояви гірського тиску визначалися на відстані 190,0 – 220,0 м при відході від розрізної печі. Після чого лава вийшла в зону стабільної напруженості з однаковими проявами деформацій масиву. Надалі відмінності у поведженні масиву спостерігалися у зонах зміни літологічної різниці порід (ПК 152+6 – ПК 152+6), плікативної та тектонічної порушеності (ПК 127 – 128).

Вугільний пласт в межах досліджуваних ділянок має просту будову. Середня потужність пласта по виймальному стовпу 0,95 – 1,17 м. Наявність зон тектонічних порушень вугільного пласта по довжині виймального стовпа представлені у вигляді стоншення, або заміщення пласта породами покрівлі або підосви. Перехід таких зон механізованим комплексом потребують спе-

ціальних заходів, призводить до зниження швидкості посування вибою та в свою чергу – до зниження напружень, аж до повної релаксації масиву.

Безпосередня покрівля представлена, переважно алевролітом. В зонах гірничо-геологічних порушень відбувається заміщення алевроліту пісковиком міцністю 7 – 9 за шкалою проф. Протод'яконова. При проведенні досліджень з ПК 160+3,0 по ПК 154+5,4 було виявлено порушення такого типу, що розповсюджувалося по довжині очисного вибою на 23 секції від сполуки з вентиляційним штреком (приблизно 40 м). В такому випадку при стабільному посуванні лінії вибою на даній ділянці спостерігалось зависання порід покрівлі. Якщо в нормальних умовах крок посадки безпосередньої покрівлі складав 1-3 м, то в даному випадку крок обвалення становив 4-6 м.

Відповідно можна зробити висновок, що безперерйна робота очисних вибоїв забезпечується при дотриманні наступної нерівності:

$$P \leq (R_{м.к} + R_{д.е.к}) \times \eta, \quad (2)$$

де $R_{м.к}$ – реакція секцій механізованого кріплення; $R_{д.е.к}$ – реакція додаткових елементів кріплення; $\eta = 0,9 \div 0,94$ – коефіцієнт запасу стійкості системи.

Як показують аналітичні дослідження прояви гірського тиску варіюються від встановленої величини. При статистичній обробці результатів прояву гірського тиску у робочому просторі очисного вибою при неаварійних ситуаціях похибка не перевищує 10 % від заданої величини. Вважаємо за необхідне врахувати ці дані за допомогою згаданого коефіцієнту запасу стійкості системи.

Відповідно величина несучої здатності секцій механізованого кріплення складе:

$$R_{м.к} \geq \frac{P}{\eta} + R_{д.е.к}. \quad (3)$$

Швидка зміна технологічної ситуації у очисному вибої фактично унеможлиблює вносити додаткові елементи кріплення в секції стругового комплексу. Виключенням є аварійні ситуації із вивалами порід із покрівлі і необхідності заповнення «куполів» викладанням дерев'яного кліттевого та кострового кріплення. Слід зазначити, що вивалоутворення в робочий простір лави спостерігалось при зміні літології порід покрівлі.

Тому забезпечення стабільної роботи стругового очисного вибою за фактором кріплення забезпечується при дотриманні наступної нерівності.

$$R_{м.к} \geq \frac{P}{\eta}. \quad (4)$$

Відповідно:

$$R_{м.к} \geq \frac{K_1 x_4 + K_2 x_5 x_6 - K_3 x_2 x_9 - K_4 x_3 x_4}{\eta} \quad (5)$$

Необхідна реакція секцій механізованого кріплення в умовах порід покрівлі категорії А₂ Б₃ визначається критерієм впливу відхилення радіусу від заданої форми лінії очисного вибою та швидкості посування очисного вибою за зміну, що знаходиться у поліноміальній залежності четвертого порядку від навантаження на секції механізованого комплексу (рис 1).

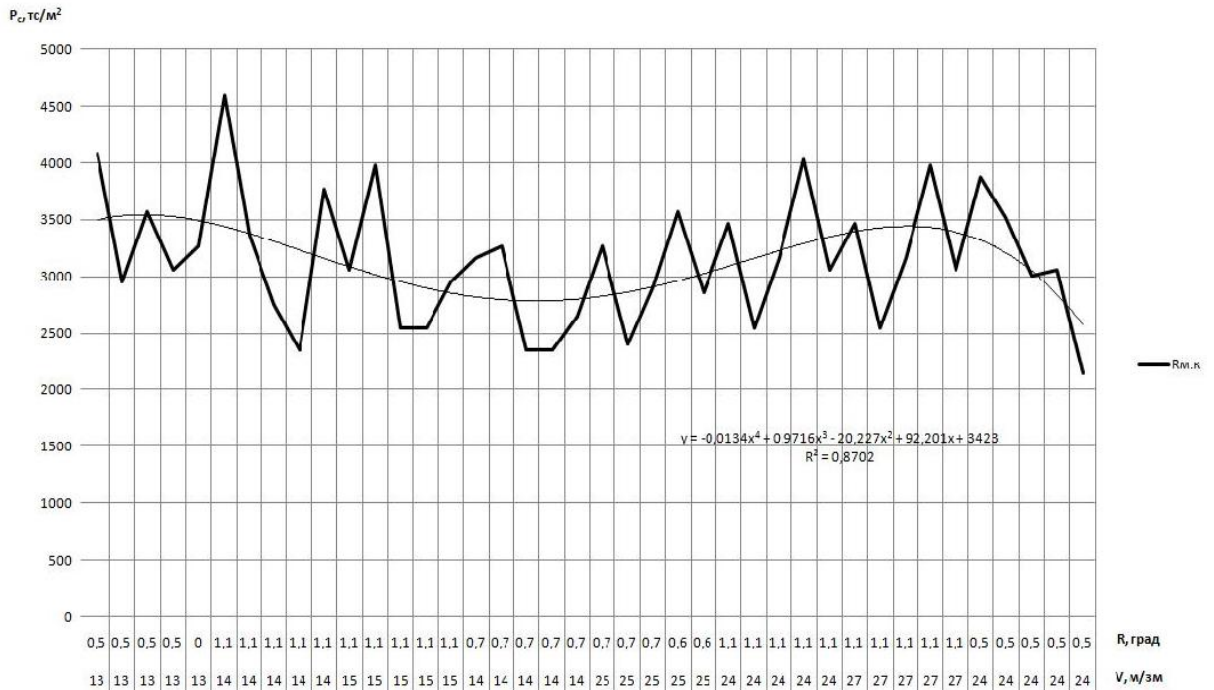


Рис. 1. – Графік реакції секцій механізованого кріплення $R_{м.к}$ від заданої форми лінії очисного вибою та швидкості посування очисного вибою

Це дає можливість визначати необхідну реакцію секцій механізованого кріплення, що дозволяє ефективно провадити видобування тонких вугільних пластів зі швидкостями посування очисного вибою понад 5 м/добу.

Висновки. Серед загального переліку факторів, що визначають навантаження на секції механізованого кріплення існують пріоритетні чинники. Вони суттєво переважають інші досліджувані параметри, якими можна знехтувати. У заданих гірничо-геологічних умовах до головуючих параметрів слід віднести: радіус форми дуги лінії очисного вибою, град; швидкість посування очисного вибою за зміну, м/зм; довжина відходу очисного вибою від монтажного хідника (розрізної печі), м; виймальна потужність пласта, м; потужність шару порід безпосередньої покрівлі, м; межа міцності на стиск порід основної покрівлі, 10^5 МПа.

За допомогою такого математичного механізму можна з високим ступенем

достовірності визначати гірничотехнічну ситуацію та вносити необхідні корективи у процес управління гірським масивом при комплексно-механізованому струговому вийманні тонких вугільних пластів.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Р.О. Дичковський, В.В. Руських, Є.В. Тимошенко. До питання визначення напружень при високошвидкісному вийманні тонких вугільних пластів // Збірник наукових праць НГУ. – Д.: Державний вищий навчальний заклад «Національний гірничий університет», 2010. - №35, т.2.- С 225-234.