

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ ГІРНИЧИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

**Зюков Юрій Євгенійович**

УДК 622.831.3

**ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ ШАХТ  
ДП “РОВЕНЬКИАНТРАЦИТ” НА ОСНОВІ ДОСЛІДЖЕНЬ  
ГЕОМЕХАНІЧНИХ МОДЕЛЕЙ**

**СПЕЦІАЛЬНІСТЬ 05.15.09 – ГЕОТЕХНІЧНА І ГІРНИЧА МЕХАНІ-  
КА**

**Автореферат  
дисертації на здобуття наукового ступеня  
кандидата технічних наук**

**ДНІПРОПЕТРОВСЬК – 2009**

Дисертацією є рукопис.

**Робота виконана на кафедрі будівництва і геомеханіки  
Національного гірничого університету Міністерства  
освіти і науки України (м. Дніпропетровськ)**

Науковий керівник:

**доктор технічних наук, про-  
фесор, завідувач кафедри  
будівництва і геомеханіки  
Національного гірничого  
університету Міністерства**

**ШАШЕНКО  
Олександр  
Миколайович**

Офіційн

**доктор техні  
фесор, завіду  
вищої мате  
нального гірничого універ-  
ситету Міністерства освіти і  
РЯБІЧЕВ  
Віктор  
Дронович**

**СДВИЖКОВА  
Олена  
Олександрівна**

**Дніпро-**

**доктор технічних наук, до-  
цент,  
декан Антрацитівського фа-  
культету гірництва та  
транспорту Східноукраїнсь-  
кого національного універ-**

Захист відбудеться “\_\_\_” \_\_\_\_\_

2010 р. о \_\_\_ годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 08.080.04 при Національному гірничому університеті Міністерства освіти і науки України (49600, м. Дніпропетровськ, пр. К. Маркса, 19).

З дисертацією можна ознайомитися у бібліотеці Національного гірничого університету Міністерства освіти і науки України (49600, м. Дніпропетровськ, пр. К. Маркса, 19).

Автореферат розісланий “\_\_\_” \_\_\_\_\_ 2009 р.

Вчений секретар  
спеціалізованої вченої ради Д 08.080.04

Солодянкін О.В.

**Зюков Юрій Євгенійович**

**ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ ШАХТ  
ДП “РОВЕНЬКІАНТРАЦИТ” НА ОСНОВІ ДОСЛІДЖЕНЬ  
ГЕОМЕХАНІЧНИХ МОДЕЛЕЙ**

(Автореферат)

Підписано до друку 25.11.09. Формат 60×90/16.  
Папір офсет. Ризографія. Ум. друк. арк. \_\_\_\_  
Обл.-вид. арк. 1,0. Тираж 120 прим. Зам. № \_\_\_\_

Національний гірничий університет  
49600, м. Дніпропетровськ, просп. К.Маркса, 19.

## ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

**Актуальність досліджень.** Видобуток вугілля на шахтах ДП “Ровенькиантрацит” ведеться на глибинах, що перевищують 1000 м, в складних гірничо-геологічних умовах. Відпрацювання пластів відбувається з використанням стовпової системи розробки з охороною підготовчих виробок ціликами вугілля. Довгі виїмкові стовпи сприяють тому, що капітальні витрати на підготовку запасів вугілля до виїмки “заморожуються” на тривалий час. Стійкість підготовчих виробок, що охороняються ціликами вугілля, залишається низькою, особливо у процесі посування лави. Така геомеханічна ситуація призводить до того, що затрати на ремонт виробок складають 10-15 % собівартості видобутого вугілля. Великі втрати вугілля в ціликах роблять ефективність стовпової системи розробки недостатньою.

Таким чином, дослідження, що спрямовані на обґрунтування такої ширини запобіжних ціликів, при якій забезпечується максимальна стійкість підготовчих виробок при переході від стовпової до суцільної системи розробки, є актуальною науково-технічною задачею і мають важливе народногосподарче значення.

**Зв’язок роботи з науковими програмами, планами, темами.** Робота виконана у відповідності з програмою науково-дослідних робіт Національного гірничого університету, яка пов’язана з держбюджетною темою ДП-366 “Закономірності катастрофічних проявів гірського тиску у підземних виробках” (№ держреєстрації 0105U000519).

**Мета досліджень** полягає у забезпеченні стійкості підготовчих виробок при суцільній системі розробки шляхом геомеханічного обґрунтування ширини запобіжного цілика на підставі аналізу його напружено-деформованого стану.

**Основна ідея роботи** полягає у комплексному дослідженні геомеханічної системи “виробка-цілик-лава” на підставі фізичних і чисельних геомеханічних моделей.

**Об’єктом досліджень** є стійкість геомеханічної системи “виробка-цілик-лава”.

**Предметом досліджень** є напружено-деформований стан геомеханічної системи “виробка-цілик-лава”.

**Основні задачі досліджень:**

- аналіз інформаційних джерел з проблеми стійкості протяжних виробок вугільних шахт, що знаходяться у зоні впливу очисного простору лави;
- вибір об’єкту досліджень і оцінка гірничотехнічних умов відпрацювання вугільних пластів;
- проведення натурних досліджень з метою встановлення закономірностей деформування порід основної покрівлі у лавах, запобіжних ціликів і підготовчих виробок, як елементів єдиної технічної системи “виробка-цілик-лава”;
- моделювання геомеханічної системи “виробка-цілик-лава” в лабораторних умовах на фізичних моделях з еквівалентних матеріалів;

- чисельне моделювання геомеханічної системи “виробка-цілик-лава” методом скінчених елементів;
- економічна оцінка доцільності переходу від стовпової до суцільної системи розробки.

**Методи досліджень.** При виконанні роботи застосований комплексний метод дослідження, який включає: наукове узагальнення та систематизацію інформації щодо стану і перспектив використання вугілля, технології його видобутку і геомеханіки породного масиву, послабленого гірничими виробками; натурні дослідження за деформаційними процесами у підготовчих і очисних виробках; лабораторні дослідження стійкості виробок на еквівалентних матеріалах; аналітичні дослідження методом скінчених елементів; економічну оцінку рекомендованих параметрів системи розробки.

**Основні наукові положення, що захищаються у дисертації:**

- для досліджуваної групи шахт крок обвалення порід основної покрівлі прямопропорційний швидкості посування вибою лави і зворотньопропорційний логарифму величини комплексного показника розробки, що дозволяє прогнозувати ділянки підготовчих виробок, які потребують підсилення кріплення;
- стійкість підготовчої виробки в гірничо-геологічних умовах шахт ДП «Ровенькиантрацит» нелінійно залежить від жорсткості вугільного цілика і є максимальною при його ширині 10 м, що дозволяє на цій основі проектувати параметри суцільної системи розробки.

**Наукова новизна отриманих результатів:**

- уперше для умов шахт ДП “Свердловантрацит”, ДП “Антрацит”, ДП “Ровенькиантрацит” встановлені закономірності обвалення порід основної покрівлі в лавах в залежності від основних впливаючих факторів: глибина розробки, структура і міцність вміщуючи порід, швидкість посування вибою лави, її геометричні розміри;
- обґрунтована і досліджена математична модель геомеханічної системи “виробка-цілик-лава”;
- доведено, що стійкість підготовчих виробок буде максимальною при такій ширині стрічкового запобіжного цілика, при якій в процесі деформування у його центральній частині формується мінімальне за розмірами ядро ущільнення.

**Наукове значення роботи** полягає у розкритті закономірностей деформування геомеханічної системи “виробка-цілик-лава” у процесі переміщення очисного вибою в гірничо-геологічних умовах шахт ДП “Ровенькиантрацит”.

**Практичне значення роботи** полягає:

- у геомеханічному обґрунтуванні такої ширини запобіжного цілика, яка забезпечує максимальну стійкість підготовчих виробок і повноту видобутку вугілля при переході від стовпової до суцільної системи розробки;

- у розробці “Рекомендацій” з проектування параметрів суцільної системи розробки для гірничогеологічних умов шахт ДП “Ровенькиантрацит”;
- у впровадженні результатів досліджень при відпрацюванні прямим ходом лави № 5 і № 6 пласта  $h_{10}$  на шахті ім. Вахрушева ДП “Ровенькиантрацит”.

**Обґрунтування та достовірність наукових положень, висновків і рекомендацій** підтверджується використанням добре апробованих методів аналітичних, лабораторних і натурних експериментів, коректністю поставлених і вирішених задач, адекватністю геомеханічних моделей реальним гірничо-геологічним та гірничотехнічним умовами шахт ДП “Ровенькиантрацит” задовільною збіжністю результатів аналітичних розрахунків і натурних вимірів (відхилення не перевищує 15 %), економічним ефектом від впровадження наукових результатів.

**Реалізація роботи у промисловості.** Результати досліджень були використані на шахті ім. Фрунзе (лава № 14 пласта  $h_8$ ) та на шахті ім. Вахрушева (лава № 5 і № 6 пласта  $h_{10}$ ) на основі затверджених на рівні Мінвуглепрому України “Рекомендацій”, які були застосовані при проектуванні суцільної системи розробки.

**Особистий вклад автора** полягає у формулюванні мети, основних задач досліджень, наукових положень, у розробці геомеханічної моделі технічної системи “виробка-цілик-лава”, виконанні у натурних і лабораторних експериментів, впровадженні результатів досліджень.

**Апробація результатів досліджень.** Основні результати досліджень були обговорені і схвалені на міжнародній конференції “Форум гірників” (м. Дніпропетровськ, 2007, 2008 р.р.), на наукових семінарах кафедри геомеханіки і будівництва НГУ (м. Дніпропетровськ 2007-2009 р.р.), на науково-технічних нарадах ДП “Ровенькиантрацит” (м. Ровеньки, 2008, 2009 р.р.).

**Публікації.** За результатами виконаних досліджень опубліковано 7 статей, у т.ч. 5 у спеціалізованих виданнях і 2 у матеріалах науково-технічних конференцій.

**Структура і обсяг.** Дисертація складається із вступу, 5 розділів, висновків, переліку літературних джерел з 97 найменувань на 10 стор. і 5 додатків на 16 стор. Вона містить 104 сторінки друкованого тексту, 37 рисунків, 19 таблиць. Загальний обсяг дисертації складає 144 сторінки.

## ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

На шахтах ДП “Ровенькиантрацит” видобуток високоякісного вугілля відбувається у приблизно однакових гірничо-геологічних умовах і за останні 5 років коливається від 9,8 до 5,2 млн. тонн (рис. 1).

Це забезпечується відповідним обсягом проведення підготовчих і капітальних виробок (рис. 2).

Основна система розробки вугільних пластів – стовпова. Охорона підготовчих виробок забезпечується стрічковими запобіжними ціликами вугілля ши-

риною від 50 до 20 м. В ціликах залишається значна кількість підготовлених запасів антрациту (рис. 3).

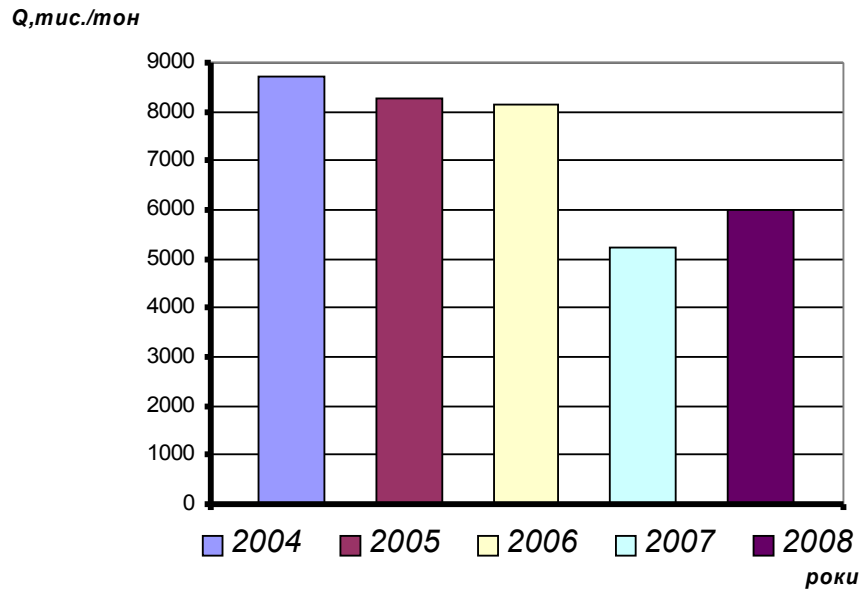


Рис. 1. Динаміка видобутку вугілля ДП «Ровенькиантрацит»

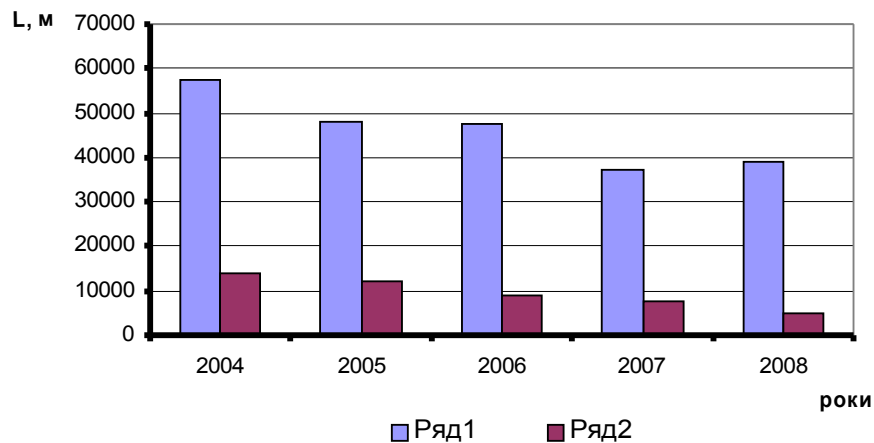


Рис. 2. Динаміка проведення та ремонту виробок ДП «Ровенькиантрацит»:  
1 – проведення виробок; 2 – ремонт виробок

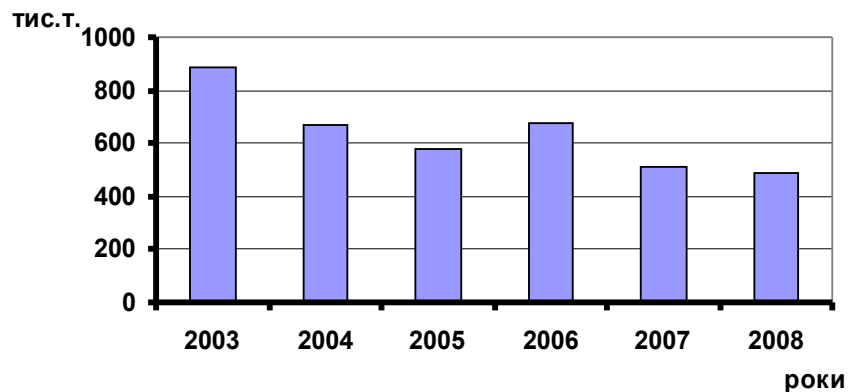


Рис. 3. Експлуатаційні втрати вугілля у ціликах по ДП «Ровенькиантрацит»

Однак, стійкість штреків при довгих виїмкових стовпах лишається низькою. До 15 % собівартості вугілля складають витрати на ремонт підготовчих виробок.

Деформаційні процеси в лавах і підготовчих виробках вугільних шахт проявляються, перш за все, у вигляді первинного та усталеного обвалення порід основної покрівлі і конвергенції контуру штреків. Ці процеси є взаємовпливаючими. Характер їх прояву залежить від гірничо-геологічних і гірничотехнічних умов відпрацювання вугільних пластів, типу і параметрів системи розробки, виду і розмірів охоронних конструкцій (цілики, вилиті бутові та бутові смуги і т.і.), швидкості переміщення вибою лави і низки інших причин.

У дисертації головна увага була приділена двом основним технологічним факторам:

- впливу швидкості посування очисного вибою на крок первинного та усталеного обвалення;
- впливу ширини запобіжних ціликів на стійкість підготовчих виробок і відповідно, на експлуатаційні втрати, що пов'язані з підтриманням їх у робочому стані.

Вивченню означених проблем з позицій геомеханіки присвячені роботи Усаченка Б.М., Скіпочки С.І., Халимендика Ю.М., Зборщика М.П., Новікової Л.В., Сдвижкової О.О., Шашенка О.М., Колоколова О.В., Хозяйкіної Н.В., Рябічева В.Д., Дрібана В.О., Пилюгіна В.І., Назаренка В.О., Бабіюка Г.В. та інших.

Відповіді на питання щодо впливу швидкості посування очисного вибою на геомеханічні процеси, що відбуваються в породах основної покрівлі як при первинному, так і при усталеному обваленні, неоднозначні. Мають місце висновки як про значний вплив цього фактору, так і протилежні висновки.

У зв'язку з цим у рамках дисертації були виконані дослідження і їх статистична обробка на прикладі відпрацювання пологозалягаючих пластів вугілля шахт ДП «Антрацит», ДП «Свердловантрацит», ДП «Ровенькиантрацит».

Взагалі були отримані фактичні дані з 13 шахт (22 лави). Діапазон глибин складав від 600 до 800 м, діапазон швидкостей посування вибоїв лав від 12 до 100,2 м/міс.

Фіксувались такі параметри, як система розробки, потужність пласта, кут його нахилу, довжина лави, тип охоронних конструкцій, структура і міцність порід покрівлі, їх тріщинуватість, наявність здимання порід підосви у підготовчих виробках, швидкість посування вибою лави, крок первинного та усталеного обвалення.

Аналіз результатів статистичної вибірки і відповідних кореляційних залежностей кроку обвалення порід покрівлі –  $a$  від швидкості посування вибою лав –  $V$  показав, що вони мають наступний вигляд:

для первинного обвалення



$$a_n = 21,513 \ln V - 34,425, \quad (1)$$

для усталеного обвалення

$$a_y = 1,939 \ln V + 7,653. \quad (2)$$

Із виразів (1) і (2) витікає, що при підвищенні швидкості для гірничо-геологічних умов, що розглядаються, посування вибою лави шаг обвалення повільно зростає.

Для врахування таких параметрів, як глибина розробки, міцність і структура вуглевміщуючих порід вихідні дані були відсортовані за величиною комплексного показника розробки

$$\Omega = \frac{k\gamma H}{R_c k_c}, \quad (3)$$

де:  $H$  - глибина розташування покрівлі лави,  $\gamma$  - об'ємна вага порід покрівлі,  $k$  - коефіцієнт концентрації напружень у вибої лави ( $k=3$ ),  $R_c$  - міцність порід на одноосьовий стиск,  $k_c$  - коефіцієнт структурного послаблення, який обчислюється за формулою

$$k_c = 1 - \sqrt{0,5\eta} \exp(-0,25\eta), \quad (4)$$

$$\eta = \sqrt{\frac{l_T - l_0}{l_T} (\eta_0 + 1) - 1}, \quad (5)$$

де  $l_T$  - середня відстань між тріщинами порід покрівлі,  $l_0$  - розмір стандартного зразку породи,  $\eta_0$  - коефіцієнт варіації випробувань стандартних зразків породи.

Залежності відношення  $\frac{V}{a}$  від комплексного показника розробки для первинного (а) і усталеного (б) обвалення наведені на рис. 4.

Аналітичні вирази для них мають вигляд:

- для первинного обвалення

$$a_n = \frac{V}{0,02 \ln \frac{\gamma H}{R_c k_c} + 0,9}, \quad (6)$$

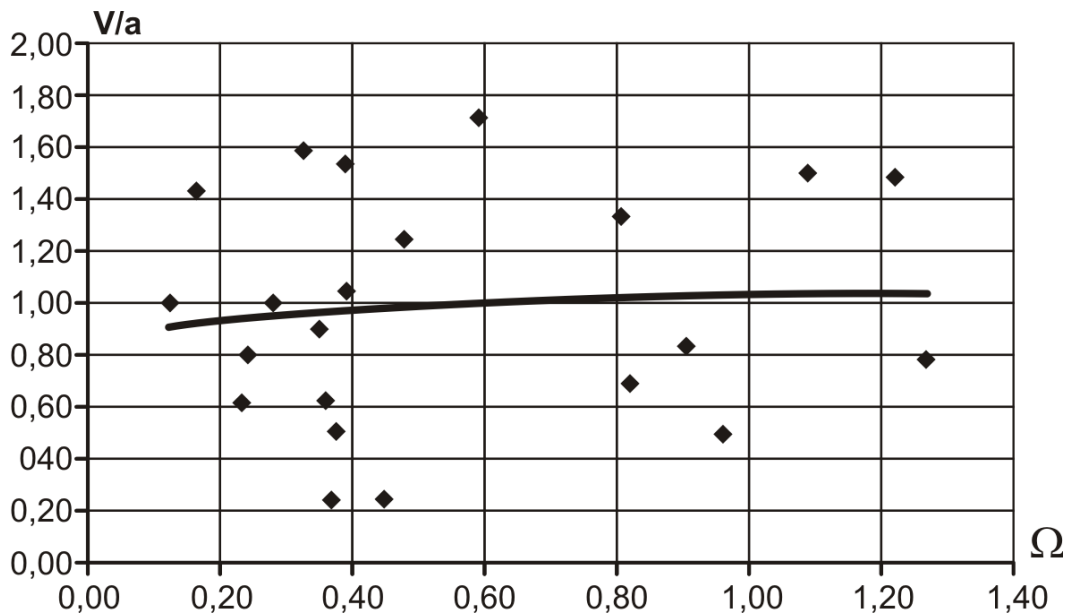
- для усталеного обвалення

$$a_y = \frac{V}{0,1 \ln \frac{\gamma H}{R_c k_c} + 0,1}. \quad (7)$$

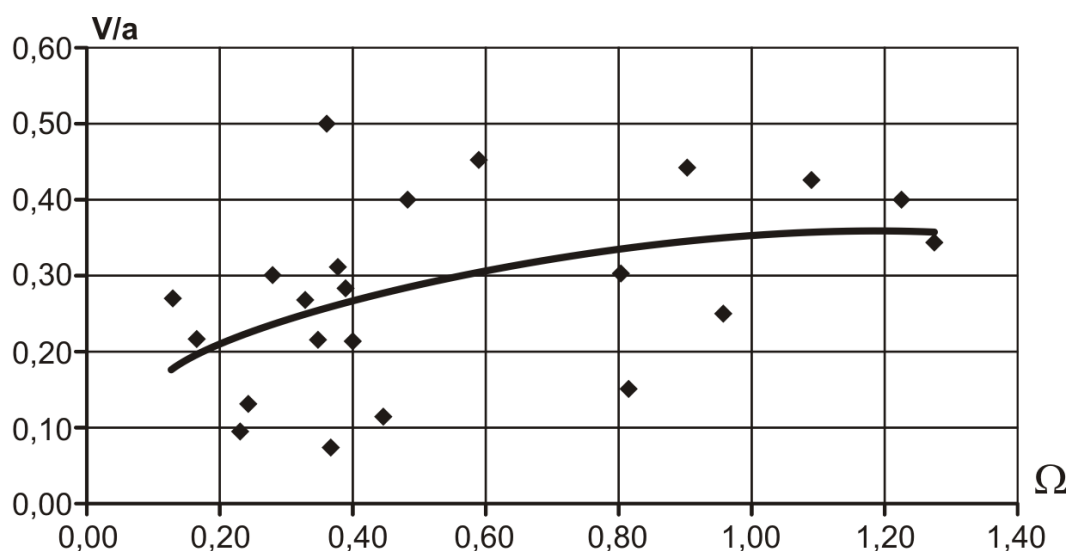
Для проведення натурних експериментів щодо стійкості запобіжних ціликів був вибраний конвеєрний штрек пл.  $h_8$  лави № 14 ш. ім. Фрунзе. Система розробки – суцільна. Вимірювальна станція складалась з трьох вимірювальних пунктів, що були рознесені у просторі по довжині виробки, які облаштовувались попереду очисного вибою на відстані не менше 200 м безпосередньо у прохідницькому вибої штреку з метою виключення впливу очисних робіт на результати перших (нульових) вимірів. Оцінка стану виробки, що охороняється, при різній ширині запобіжного цілика виконувалась за допомогою показника стійкості

$$\omega = \frac{N - N_p}{N}, \quad (8)$$

де  $N$  – загальне число рам кріплення на контрольній ділянці штреку,  $N_p$  - кількість рам, що потребують ремонту, на тій же ділянці.



a)



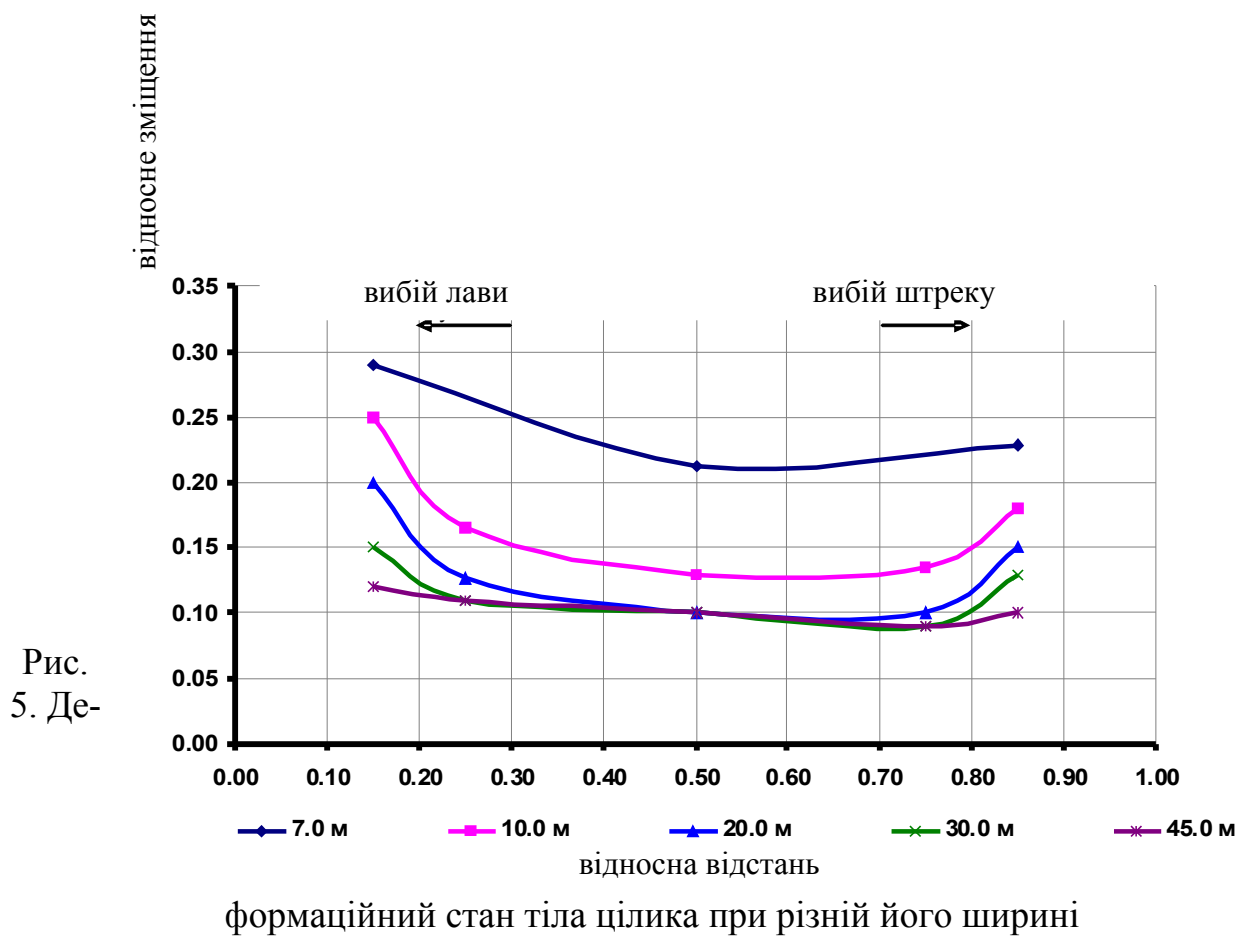
б)

Рис. 4. Залежність первинного (а) і усталеного (б) кроку обвалення від швидкості посування вибою

Деформаційний стан тіла цілика визначався за допомогою гідравлічних датчиків, конвергенція контуру штреку – за допомогою контурних реперів.

На рис. 5 наведені графіки деформування тіла цілика при різній його ширині.

Їх аналіз свідчить про те, що у центральній частині цілика є ділянка, яка деформується значно менше, ніж його крайові частини. Ця ділянка була визначена як ядро цілика, яка приймає на себе основне навантаження, є концентратором напружень і тим самим впливає на стійкість виробки, що охороняється. При ширині цілика 7 м ядро майже відсутнє, стійкість виробки при цьому суттєво зменшується.



Ці особливості внутрішньої деформованої структури ціликів підтверджуються й добре корелюють з результатами визначення величин показника стійкості  $\omega$ , що наведені на рис. 6.

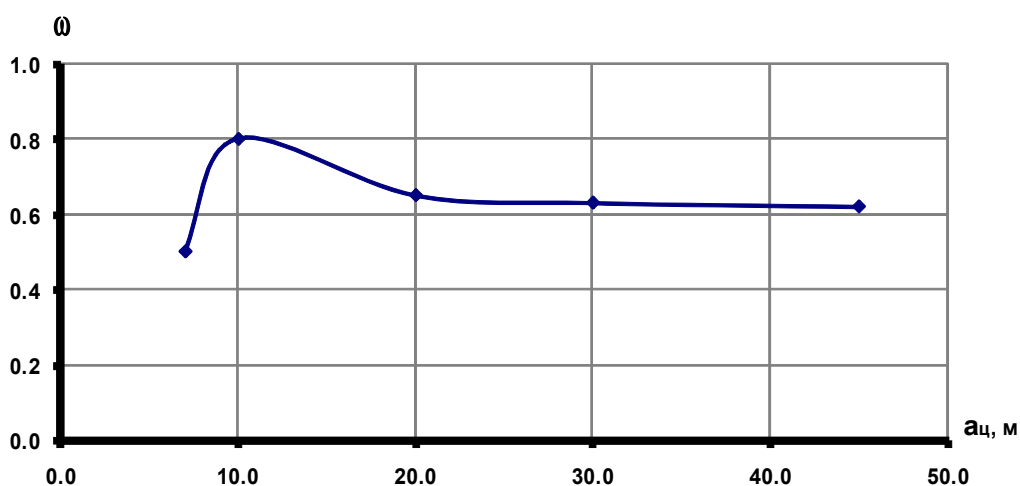


Рис. 6. Величина показника стійкості виробки у залежності від ширини цілика ( при переході хвилі опорного тиску через вимірювальну станцію)

Видно, що величина  $\omega$  незначно змінюється при зменшенні ширини цілика від 50 до 20 м, значно підвищується при його ширині 10 м і суттєво падає при ширині 7 м.

У процесі натурних експериментів було також встановлено, що під час обвалення порід основної покрівлі стійкість виробки на ділянках довжиною 6-9 м знижується на 25-40 %, що підвищує витрати на ремонт (рис. 7).

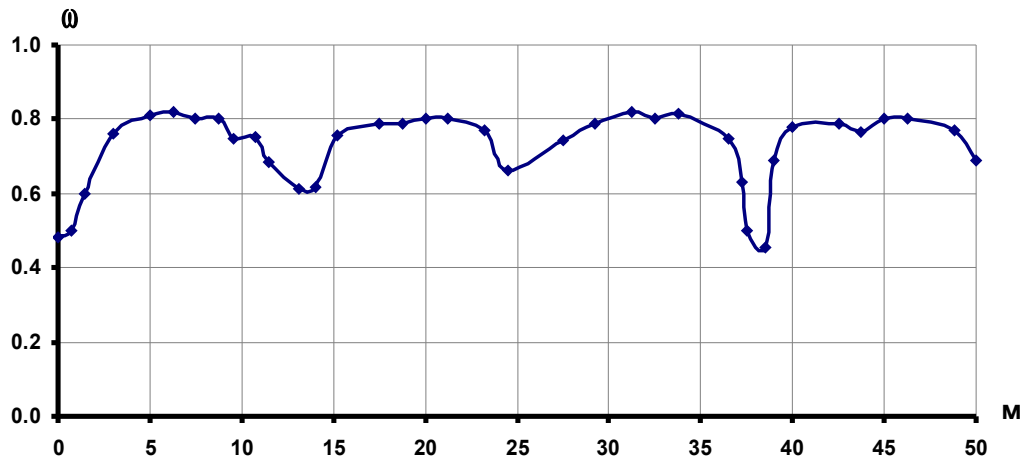


Рис. 7. Залежність показника стійкості від ширини цілика

З метою зниження цих витрат після первинного обвалення і встановлення кроку усталеного обвалення рекомендується на ділянках виробки довжиною 10 м переходити на крок кріплення з 0,8 на 0,4 м, або підсилювати породи покрівлі анкерами.

Для оптимізації параметрів геомеханічних моделей були виконані лабораторні дослідження на еквівалентних матеріалах. Моделювалось шарувате середовище, яке відтворювало гірничо-геологічні умови пластів ш. ім. Фрунзе. Основні параметри породного масиву, що моделювався, і параметри пісково-парафіно-графітових сумішей наведені у табл. 1 і 2.

Таблиця 1

Фізико-механічні параметри гірських порід

Найменування порід	Межа міцності на одноосьовий стиск $R_{cm}$ , кг/см <sup>2</sup>	Межа міцності на одноосьове розтягнення $R_p$ , кг/см <sup>2</sup>	Об'ємна вага $\gamma$ , т/м <sup>3</sup>	Модуль пружності $E$ , МПа
Сланець пісковий	700	70	2,7	$3,10 \cdot 10^4$
Сланець пісковий міцний	900	90	2,8	$3,30 \cdot 10^4$
Сланець пісково-глинистий	500	50	2,71	$3,31 \cdot 10^4$
Вугілля	200	20	1,3	$3,6 \cdot 10^3$

Фізико-механічні параметри еквівалентних матеріалів

Характеристика матеріалу	Сланець пісковий	Сланець пісковий міцний	Піщано-глинистий сланець	Вугілля
Межа міцності на одноосьовий стиск, МПа	0,32...038	0,41...0,48	0,23...0,27	0,09...0,12
Модуль пружності, МПа	$(0,028...0,032) \times 10^4$	$(0,03...0,035) \times 10^4$	$(0,029...0,032) \times 10^4$	$(0,033...0,038) \times 10^3$
Коефіцієнт Пуассона	0,2...0,21	0,21...0,23	0,23...0,24	0,15...0,16

Моделювалась стійкість підготовчих виробок при різній ширині запобіжних ціликів. Усього було досліджено 35 моделей. Порівняльний аналіз (рис. 8) показав, що найменші значення вертикальної і горизонтальної конвергенції контуру виробки, що охороняється, і які відповідають найвищій її стійкості, мають місце при ширині цілика, яка дорівнює приблизно 5-15 м.

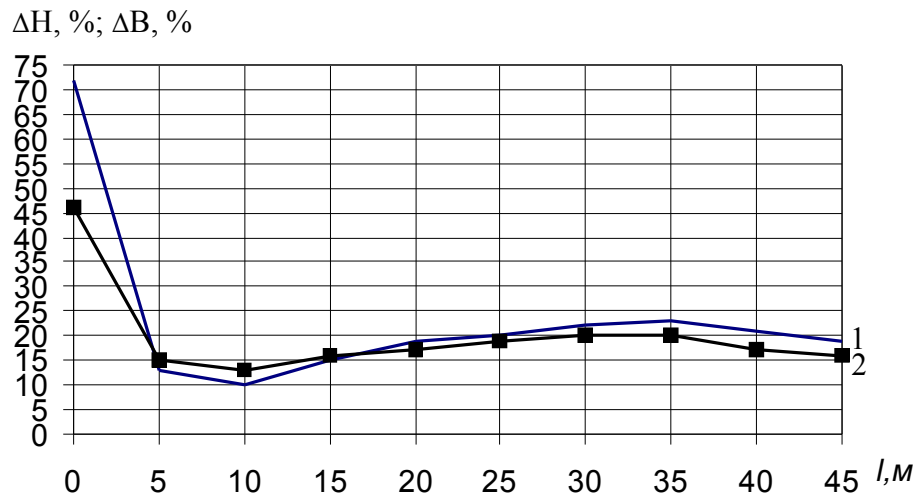


Рис. 8. Конвергенція вертикального (1) та горизонтального (2) контуру виробки при різній ширині цілика

Дослідженням напружено-деформованого стану ціликів різного призначення присвячені роботи Л.Д. Шевякова, В.Д. Слесарева, Д.І. Германа, Д.С. Космодаміанського, Ц.О. Левиної, С.Г. Міхліна, Ж.С. Єржанова, В.В. Соколовського, С.С. Галушкевича, К.В. Руппенейта, М. Стоматну, О.М. Шашенка, Л.В. Новікової, М.Д. Глухова та інших.

Напружено-деформований стан технічної системи “виробка-цілик-лава” визначався за допомогою методу скінчених елементів. Розрахункова схема досліджуваної задачі наведена на рис. 9.

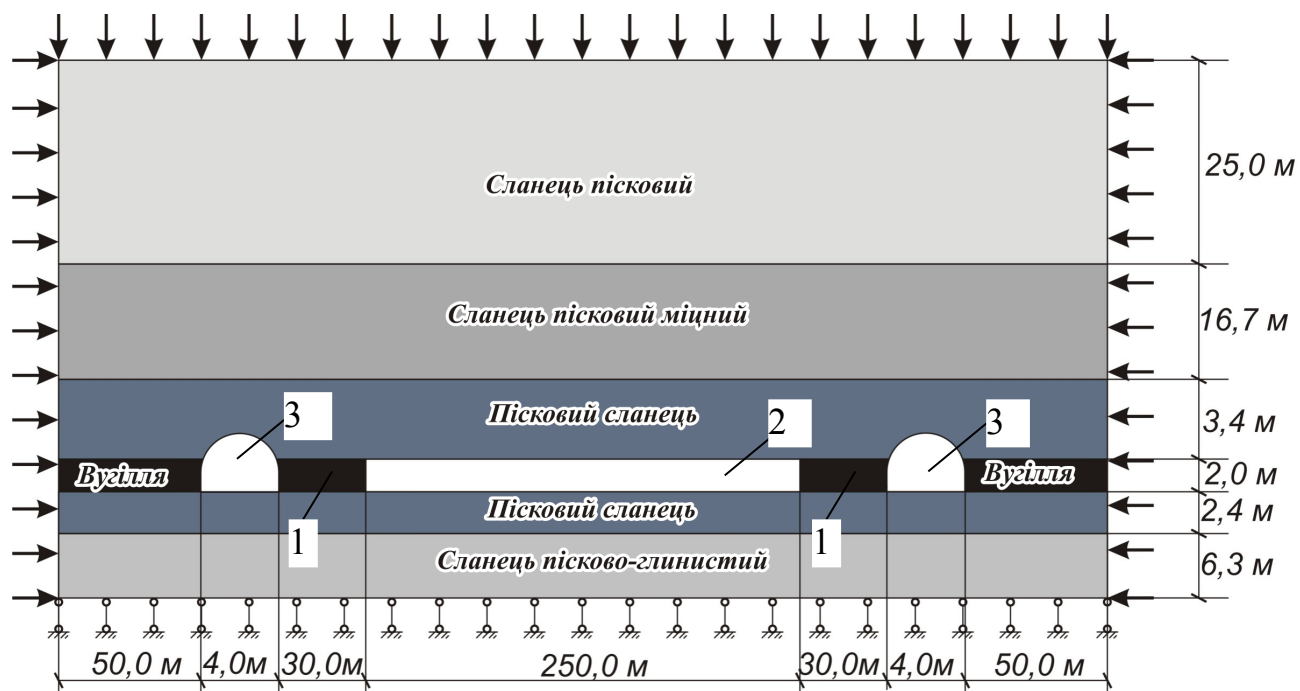


Рис. 9. Основна розрахункова схема досліджуваної області: 1 – лава, 2 – охоронні конструкції (цілики), 3 – виробки

Породний масив є неоднорідним у вертикальному напрямку у відповідності зі стратиграфічною колонкою. Еквівалентні напруження в центрі кожного елемента визначалися за формулою

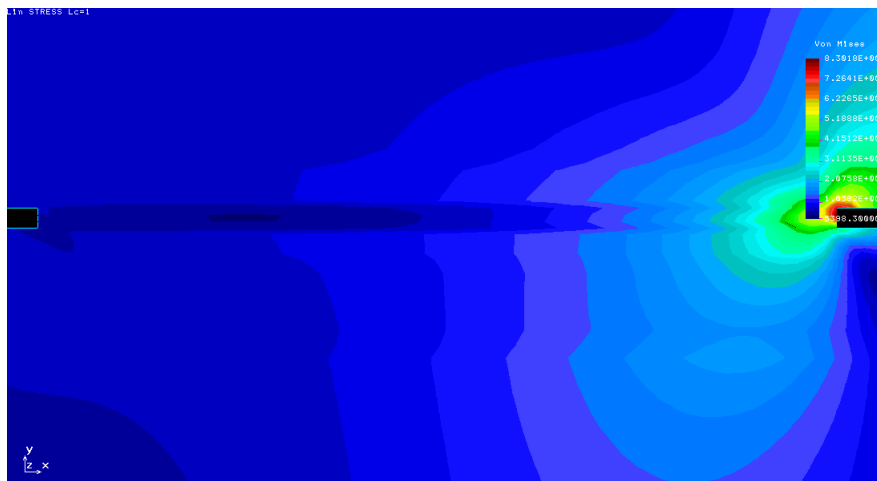
$$\sigma_e = \frac{(1 - \psi)(\sigma_1 + \sigma_3) + \sqrt{(1 - \psi)^2(\sigma_1 + \sigma_3)^2 + 4\psi(\sigma_1 - \sigma_3)^2}}{2\psi} \leq R_c k_c, \quad (5)$$

де  $\psi = \frac{R_p}{R_c}$ ,  $R_p$  - межа міцності на одноосьове розтягнення,  $\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$  -

компоненти головних напружень.

Скінчені елементи, в яких виконувалась вимога  $\sigma_e \geq R_c k_c$ , вважались зруйнованими. Їх сукупність утворює зону непружних деформацій, розміри якої належать аналізу. Приклади розподілу еквівалентних напружень навколо виробок для випадків  $a=60$  м і  $a=8$  м наведені на рис. 10.

a)



б)

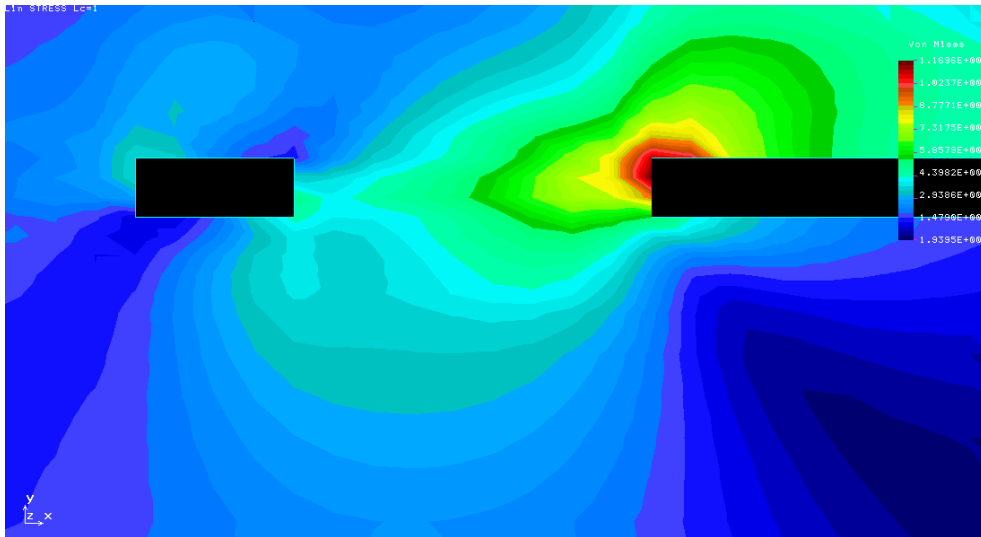


Рис. 10. Характер розподілу еквівалентних напружень навколо цілика при його ширині 60 м (а) і 8 м (б)

Дослідження довели, що навколо підготовчих виробок утворюється зона непружних деформацій, розміри якої дорівнюють, приблизно,  $3R_0$ , де  $R_0$  - напівширина штреку. Ступінь руйнування запобіжного цілика з боку відкритого простору (лава, штрек) майже однакова. Про це свідчать вертикальні відносні деформації, що виміряні в покрівлі і підосві цілика (рис. 11.)

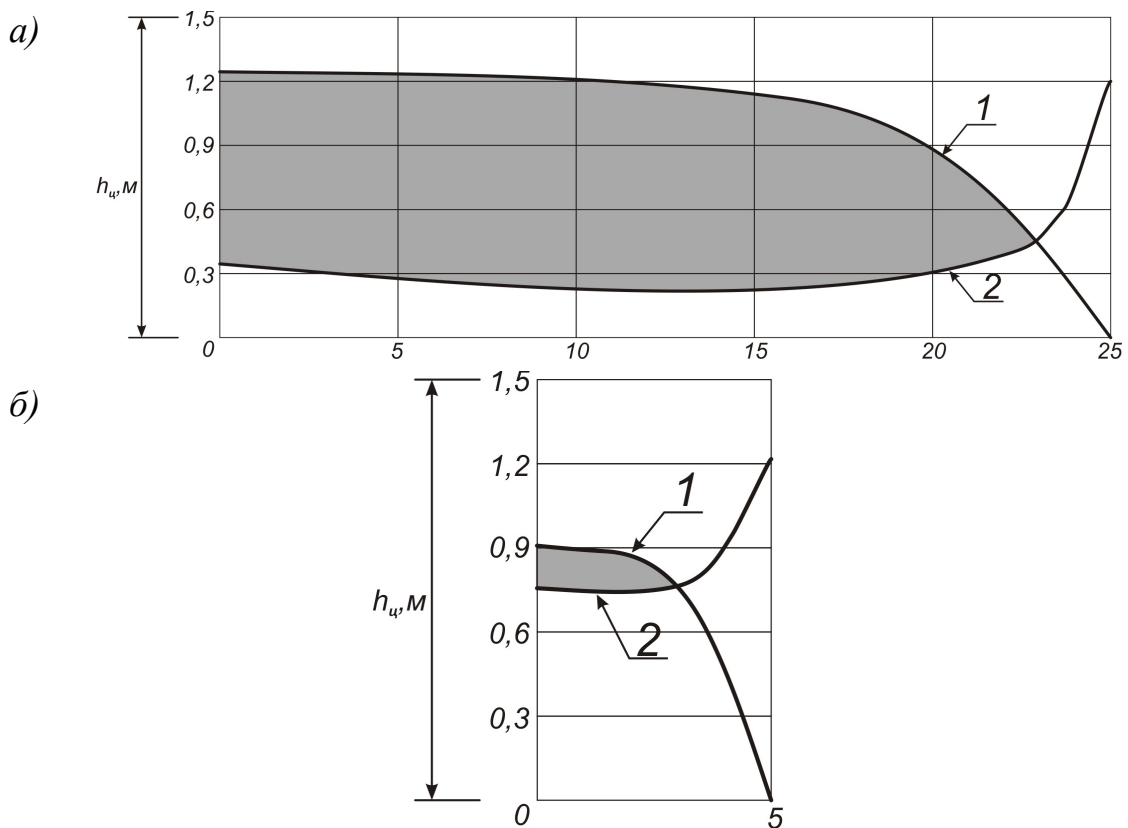


Рис. 11. Зміна розмірів ядра ущільнення при різній ширині цілика: 1 – вертикальні деформації покрівлі; 2 – вертикальні деформації підосви



При великих розмірах цілика в його центрі формується “жорстке” ядро ущільнення, яке слугує концентратором напружень. Вугілля в межах ядра знаходиться у стані об’ємного стиску і не зруйноване.

Чим вужче стає цілик, тим більшу його частину займає крайова зруйнована частина, що примикає до виробленого простору, і при ширині, яка дорівнює 8 м, такий цілик вже не є концентратором напружень, а є помірно пластичною несучою опорою. Цим і пояснюється найбільша стійкість підготовчих виробок в конкретних гірничогеологічних умовах при ширині запобіжного цілика, яка дорівнює, приблизно, 8-10 м.

Приймаючи до уваги ті обставини, що пласти антрациту в межах шахт ДП “Ровенькиантрацит” мають близькі параметри залягання, потужність і глибину розташування, рекомендується приймати ширину запобіжних ціликів при суцільній і стовповій системах розробки, що дорівнює 10 м. При цьому витрати на ремонт підготовчих виробок будуть мінімальними.

Оцінка економічної ефективності за рахунок переходу від стовпової до суцільної системи розробки з рекомендованими параметрами запобіжних ціликів і підсиленням кріпленням підготовчих виробок у місцях імовірного обвалення порід покрівлі була виконана на прикладі шахти ім. Вахрушева при відпрацюванні пласта  $h_{10}$ . Дослідження показали, що відносна величина економічного ефекту нелінійно залежить від довжини стовпа, що відпрацьовується, а його максимальне значення складає 13,9 млн.грн. і відповідає довжині виїмкового стовпа, що дорівнює 1200 м. У подальшому його величина знижується у зв’язку з ростом експлуатаційних витрат, пов’язаних з ремонтом підготовчих виробок.

## ВИСНОВКИ

Дисертація є завершеною науково-дослідною роботою, у якій на підставі вперше встановлених закономірностей деформування елементів геотехнічної системи “виробка-цілик-лава” для гірничо-геологічних умов шахт ДП “Ровенькиантрацит” вирішена актуальна науково-технічна задача підвищення стійкості підготовчих виробок шляхом обґрунтування оптимальної ширини запобіжних стрічкових ціликів в умовах переходу від стовпової до суцільної системи розробки.

### **Основні наукові і практичні результати полягають у наступному:**

1. Виконаний статистичний аналіз результатів спостережень за первинним та усталеним обваленням порід основної покрівлі в залежності від швидкості посування очисного вибою для гірничо-геологічних і гірничотехнічних умов шахт ДП “Ровенькиантрацит”, ДП “Свердловантрацит”, ДП “Антрацит”, що дозволило отримати залежності, які дозволяють вести прогноз ділянок підготовчих виробок з підсиленням кріпленням.
2. Встановлено, що стійкість підготовчих виробок нелінійно залежить від ширини запобіжного цілика, при цьому в гірничо-геологічних умовах, що розглядаються, максимальна стійкість відповідає ширині цілика, яка дорівнює 10 м, що дозволило оптимізувати параметри геомеханічної моделі і знизити втрати вугілля в надрах.

3. На підставі виконаних натурних і лабораторних досліджень обґрунтована математична модель геомеханічної системи “виробка-цілик-кава”, що дозволило визначити параметри її напружено-деформованого стану.
4. Доведено, що у процесі деформування запобіжного цілика сильніше усього руйнуються його крайові частини, а у центрі формується ядро ущільнення, яке слугує концентратором напружень і сприяє зниженню стійкості підготовчих виробок.
5. Розроблені і досліджені геомеханічні моделі геотехнічної системи “виробка-цілик-лава”, що дозволило встановити закономірності впливу його напружено-деформованого стану на стійкість підготовчої виробки.
6. Обґрунтована доцільність переходу від стовпової до суцільної системи розробки з шириною запобіжного цілика, яка дорівнює 10 м і забезпечує максимальну стійкість підготовчих виробок, що дозволило підвищити ефективність капітальних вкладень і знизити втрати вугілля у надрах з 19 до 9 %.
7. Економічний ефект від впровадження результатів досліджень на шахті ім. Вахрушева склав 13,9 млн.грн.

**Основні результати досліджень опубліковані у наступних роботах:**

1. Зюков Ю.Е. Напряженно-деформированное состояние предохранительных целиков в лавах / Ю.Е. Зюков // Геотехнічна механіка: / Ін-т геотехнічної механіки ім. М.С. Полякова НАН України. – Дніпропетровськ, 2007. – Вип. 73. С. 171-176.
2. Зюков Ю.Е. Влияние скорости подвигания очистного забоя на геомеханические процессы в лавах угольных шахт Донбасса /Ю.Е. Зюков, Н.В. Хозяйкина, А.С. Иванов // Науковий вісник НГУ. – Дніпропетровськ. – № 11. 2008. – С. 28 - 33.
3. Зюков Ю.Е. Численное моделирование напряженно-деформированного состояния предохранительных целиков в лавах пологопадающих пластов / А.Н. Шашенко, Ю.Е. Зюков // Науковий вісник НГУ. – Дніпропетровськ. – № 12. 2008. – С. 12 – 14.
4. Зюков Ю.Е. Влияние скорости подвигания очистного забоя на обрушение пород основной кровли в лавах / Ю.Е. Зюков // Уголь Украины. – 2009. – № 1-2. – С. – 5-6.
5. Зюков Ю.Е. Напряженно-деформированное состояние породного массива вокруг предохранительных целиков / Ю.Е. Зюков // Уголь Украины. – 2009. – № 3. – С.14.
6. Зюков Ю.Е. Закономерности обрушения пород кровли в лавах пологопадающих угольных пластов / Ю.Е. Зюков., Н.В. Хозяйкина // Матеріали міжнародної конференції «Форум гірників-2007». – Дніпропетровськ: НГУ. – 2007. – С. 8-12.
7. Зюков Ю.Е. Геомеханическая модель очистного забоя с предохранительными целиками различной жесткости / Ю.Е. Зюков // Матері-

али міжнародної конференції «Форум гірників-2008». – Дніпропетровськ: НГУ. – 2008. – С. 50-54.

### АНОТАЦІЯ

**Зюков Ю.Є. Підвищення ефективності роботи шахт ДП «Ровенькиантрацит» на основі досліджень геомеханічних моделей. – Рукопис.**

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.15.09 – «Геотехнічна і гірнична механіка». Національний гірничий університет, 2009 р.

Встановлені закономірності обвалення порід покрівлі лави від швидкості посування очисного вибою.

Встановлено, що крок первинного і усталеного обвалення порід основної покрівлі, прямо пропорційний швидкості посування вибою лави і зворотно пропорційний комплексному показнику умов розробки.

Досліджено напружено-деформований стан геомеханічної системи «виробка-цілик-лава». Обґрунтовано, що максимальна стійкість підготовчих виробок забезпечується при ширині запобіжного цілика, що дорівнює 10 м. Виявлено, що у тілі цілика формується у процесі деформування жорстке ядро ущільнення, яке є концентратором напружень і впливає на стійкість підготовчих виробок. Обґрунтований перехід від стовпової до суцільної системи розробки з рекомендованими параметрами ціликів. Економічний ефект при довжині виїмкового стовпа 1200 м складає 13,9 млн.грн. Втрати вугілля у ціликах знижено з 19 до 9 %.

*Ключові слова:* геомеханічна система, лава, підготовчі виробки, ; запобіжний цілик; обвалення порід основної покрівлі; напружено-деформований стан.

### АННОТАЦИЯ

**Зюков Ю.Е. Повышение эффективности работы шахт ГП «Ровенькиантрацит» на основе исследования геомеханических моделей. Рукопись.**

Диссертация на соискание научной степени кандидата технических наук по специальности 05.15.09 – «Геотехническая и горная механика». Национальный горный университет, Днепропетровск, 2009 г.

Добыча угля на шахтах ГП «Ровенькиантрацит» происходит на глубинах, превышающих 1000 м, в сложных горно-геологических условиях. Отработка пластов осуществляется с помощью столбовой системы разработки с охраной подготовительных выработок целиками угля. Длинные выемочные столбы, большая ширина целиков приводит к тому, что капитальные вложения используются неэффективно. Велики потери угля в целиках. Устойчивость подготовительных выработок низкая.

Цель исследований заключалась в обосновании целесообразности перехода от столбовой к сплошной системе разработки путем исследования геомеханических моделей и поиска такой ширины предохранительных целиков, при кото-

рой уровень эксплуатационных затрат станет минимальным, а устойчивость подготовительных выработок – максимальной. Для достижения цели были выполнены натурные, лабораторные и аналитические исследования.

Натурные исследований позволили установить закономерности обрушения пород кровли в лаве в зависимости от глубины залегания пластов и структуры вмещающих пород, скорости подвигания очистного забоя. Это позволило прогнозировать участки подготовительных выработок, требующих усиления крепи с целью снижения затрат на последующий ремонт.

Натурные исследования и лабораторное моделирование на эквивалентных материалах позволило в первом приближении установить, что предохранительные целики обеспечивают максимальную устойчивость подготовительных выработок при их ширине. 5-15 м.

Аналитические исследования были выполнены методом конечных элементов. Исследовалось напряженно-деформированное состояние геотехнической системы «выработка-целик-лава». В результате было установлено, что в теле предохранительного целика в процессе его деформирования формируется так называемое ядро уплотнения. Его размеры тем больше, чем шире целик. Ядро играет роль концентратора напряжений существенно ухудшает состояние подготовительной выработки. При ширине целика 10 м размер ядра минимален, а устойчивость выработки – максимальна.

Экономические расчеты показали, что переход от столбовой к сплошной системе разработки при ширине целиков 10 м и усилением крепи участков выработки в местах обрушения пород кровли позволяет при длине выемочного столба 1200 м получить эффект 13,9 млн.грн.

*Ключевые слова:* геотехническая система, лава, подготовительные выработки, предохранительный целик, обрушение пород основной кровли, напряженно-деформированное состояние.

## ANNOTATION

**Zyukov Yu. E. Increasing efficiency of the coal-mines of the State Enterprise “Roven’kiantracit” on the basis of geo-mechanical models investigation. – Manuscript.**

The dissertation nominated for the Candidate of technical sciences in the specialty 05.15.09 – “Geotechnical and mining mechanical engineering”. National Mining University, 2009.

Geo-mechanical system “working-pillar-face” in the mode of deformation is investigated. It is substantiated, that maximal sustainability of development openings is ensured when the width of protective pillar is 10 m. The objective laws of main roof rock failure in the mine face and advance speed of breakage face are established. It is ascertained, that a firm kernel of compaction is formed in the pillar body. This kernel is a tension concentrator and influences on sustainability of development openings. The transition from pillar to allwork mining method with recommended parameters of pillars is justified.

The economic effect of the 1200 m coal pillar is 13,9 mln. hrn. The coal losses in the protective pillars are decreased from 19 to 9%.

*Key words:* Geo-mechanical system; protective pillar; rock failure of main roof; mode of deformation; face; development workings.