

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ НАУКИ УКРАЇНИ  
ДЕРЖАВНИЙ ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД  
«НАЦІОНАЛЬНИЙ ГІРНИЧИЙ УНІВЕРСИТЕТ»**

**ЛОГУНОВА Олександра Олегівна**



УДК 622.831.2

**ГЕОМЕХАНІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ДОЦІЛЬНОСТІ ПОВТОРНОГО  
ВИКОРИСТАННЯ ПІДГОТОВЧИХ ВИРОБОК ВУГІЛЬНИХ ШАХТ**

*Спеціальність 05.15.09 – «Геотехнічна і гірнична механіка»*

Автореферат  
дисертації на здобуття наукового ступеня  
кандидата технічних наук

**Дніпропетровськ – 2016**

Дисертація є рукописом.

Робота виконана на кафедрі будівництва, геотехніки і геомеханіки Державного вищого навчального закладу «Національний гірничий університет» (м. Дніпропетровськ) Міністерства освіти і науки України.

**Науковий керівник:** доктор технічних наук, доцент  
**ГапєєвСергій Миколайович,**  
професор кафедри будівництва, геотехніки і геомеханіки Державного вищого навчального закладу «Національний гірничий університет»(м. Дніпропетровськ) Міністерства освіти і науки України.

**Офіційні опоненти:** доктор технічних наук, професор  
**Софійський Костянтин Костянтинович,**  
завідувач відділу проблем технологій підземної розробки вугільних родовищ Інституту геотехнічної механіки ім. М.С. Полякова(м. Дніпропетровськ) Національної академії наук України;

кандидат технічних наук, доцент  
**Негрій Сергій Григорович,**  
доцент кафедри розробки родовищ корисних копалин Державного вищого навчального закладу «Донецький національний технічний університет» (м. Красноармійськ) Міністерства освіти і науки України.

Захист відбудеться “01” липня 2016 р. о 12.00 годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 08.080.04 при Державному вищому навчальному закладі «Національний гірничий університет» Міністерства освіти і науки України (49005, м. Дніпропетровськ, просп. Д. Яворницького, 19.Тел. 0562-47-24-11).

З дисертацією можна ознайомитися в бібліотеці Державного вищого навчального закладу «Національний гірничий університет» Міністерства освіти і науки України (49005, м. Дніпропетровськ, просп. Д. Яворницького, 19).

Автореферат розісланий “01” червня 2016 р.

Вчений секретар  
спеціалізованої вченої ради



О.В.Солодянкін

## ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

**Актуальність теми.** Розвиток вугільної промисловості можливий тільки при нормальній експлуатації гірничого підприємства та збільшення конкурентоспроможності вугільної продукції за рахунок підвищення її якості та зниження собівартості. Вугільні родовища України характеризуються великою глибиною залягання пластів, невеликою їх потужністю і складними гірничо-геологічними умовами. Все це зумовлює високу вартість вітчизняного вугілля, знижуючи його конкурентоспроможність як на внутрішньому, так і на зовнішньому ринках.

У свою чергу, в собівартості вугілля однією з вагомих частин є стаття витрат на підтримку і ремонт виробок. Використання гірничих виробок повторно дозволяє зменшити кількість проведених і одночасно підтримуваних виробок, збільшити концентрацію гірничих робіт і, отже, знизити витрати на видобуток корисних копалин. У цьому сенсі особливої актуальності в даний час набула проблема забезпечення стійкості виробок, від стану яких залежить безперервна робота шахт.

При переході гірничих робіт на глибокі горизонти зберегти виробку для повторного використання, із застосуванням використовуваних в даний час способів охорони, без її значного ремонту або перекріплення в більшості випадків неможливо.

Як свідчить існуючий практичний досвід, в даному випадку необхідна розробка комбінованих охоронних систем, які повинні включати в роботу системи кріплення і вміщуючий виробку породний масив. При такому підході навіть уніфіковані рішення повинні бути ретельно адаптовані під конкретні гірничо-геологічні умови, які можуть істотно змінюватися в межах окремої шахти. Таким чином, оптимізація способів охорони і підтримки підготовчих виробок для їх повторного використання в заданих гірничо-геологічних умовах, геомеханічне обґрунтування параметрів цих способів на основі вивчення закономірностей взаємодії системи "виробка-породний масив – охоронна конструкція" і "кріплення-виробка- породний масив» з урахуванням складних геомеханічних процесів є актуальним завданням, що має важливе наукове і практичне значення, вирішенню якого і присвячена дисертація.

**Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.** Дисертація відповідає основним напрямкам наукових досліджень кафедри будівництва, геотехніки і геомеханіки Національного гірничого університету, які виконувалися в рамках держбюджетної теми ГП – 410 «Геомеханічне обґрунтування підземної технології інтенсивного видобутку вугілля з урахуванням особливостей геологічного середовища» (№ держреєстрації 0108U000541) і госпдоговірної теми №050392 «Розробити і обґрунтувати параметри способів забезпечення стійкості пластових виробок, пройдених по пласту  $l_1$  в гірничо-геологічних умовах ВП «Шахта «1/3 Новгородівська» ДП «Селідіввугілля».

**Мета роботи** полягає в геомеханічному обґрунтуванні таких параметрів комбінованої системи кріплення і охоронної конструкції на сполученні «штрек–

лава», при яких можлива економічно доцільна повторна експлуатація підготовчих виробок в заданих гірничо - геологічних умовах.

**Основна ідея роботи** полягає в геомеханічному обґрунтуванні критерію, відповідно до якого можлива оптимізація системи комбінованого кріплення і охоронних конструкцій при повторному використанні підготовчих виробок.

**Об'єктом досліджень** є геомеханічні процеси, що протікають у складноструктурному породному масиві навколо сполучення лави з конвеєрним штреком.

**Предметом досліджень** є параметри комбінованого кріплення і охоронної конструкції при повторному використанні підготовчих виробок.

Для досягнення поставленої мети в дисертації сформульовані та вирішені наступні **задачі досліджень**:

- виконати аналіз джерел інформації щодо існуючих засобів і способів забезпечення стійкості підготовчих виробок, що використовуються повторно;
- провести комплекс натурних спостережень за деформаціями приконтурного породного масиву навколо підготовчих виробок шахти «1/3 Новогродівська»;
- обґрунтувати на основі натурних вимірювань і проектно-кошторисних розрахунків комплексний критерій, що дозволяє оцінити можливість повторного використання конкретної виробки;
- виконати аналітичні дослідження напружено - деформованого стану породного масиву навколо геомеханічної системи «лава – охоронна конструкція – виробка» для обґрунтування параметрів систем кріплення і охорони на сполученні «лава – штрек»;
- розробити рекомендації з обґрунтування параметрів кріплення і охоронної конструкції для гірничо – геологічних і гірничотехнічних умов шахт ДП «Селідіввугілля».

**Методи досліджень.** Поставлена в роботі мета досягнута шляхом застосування комплексного методичного підходу, що включає узагальнення інформації та виробничого досвіду в області геомеханічно складних технічних систем, використання апробованих методик натурних спостережень, теорії ймовірностей та математичної статистики, методів і підходів теорії деформованого суцільного середовища, будівельної механіки, чисельних методів, зокрема, методу скінчених елементів.

#### **Основні наукові положення, що захищаються в дисертації.**

1. У гірничо - геологічних та гірничотехнічних умовах шахт ДП «Селідіввугілля» площа залишкового поперечного перерізу конвеєрних штреків не залежить від показника розробки  $\theta$ , змінюється за квадратичним законом внаслідок наближення очисного вибою і при величині  $8,5 \text{ м}^2$  є критерієм економічно доцільного повторного використання виробки, що дозволяє на цій основі обґрунтовувати параметри базового варіанту системи кріплення штреку і охоронної конструкції на сполученні «лава – штрек».

2. Величина залишкового перерізу конвеєрного штреку, прийнята в якості критерію повторного використання підготовчих виробок, зменшується при збільшенні кута падіння вугільних пластів за лінійним законом, що дозволяє на цій

основі у гірничо–геологічних умовах шахт Красноармійського промислового району корегувати базовий варіант системи кріплення і охоронної конструкції.

**Наукова новизна одержаних результатів полягає в наступному:**

– вперше в якості комплексного критерію раціональності повторного використання підготовчої виробки обрана площа залишкового перерізу виробки, що дозволило обґрунтувати раціональні параметри базового способу її охорони і дворівневої системи кріплення;

– для розглянутих гірничо–геологічних и гірничо–технічних умов доказано наявність закономірності впливу кута падіння вугільних пластів і геомеханічного показника умов розробки  $\theta$  на критеріальну величину залишкового перерізу виробки, що використовується повторно;

– отримала подальший розвиток існуюча методика чисельного моделювання анкерів в задачах про НДС геомеханічних систем «виробка – кріплення – охоронна конструкція».

**Наукове значення роботи** полягає у встановленні закономірностей деформування складноструктурного породного масиву навколо геомеханічної системи «лава – охоронна конструкція – штрек», що дозволило на цій основі обґрунтувати комплексний критерій для оптимізації параметрів комбінованого кріплення і охоронної конструкції при повторному використанні виробок.

**Практичне значення роботи** полягає в розробці Рекомендацій щодо параметрів кріплення і охоронної конструкції для гірничо - геологічних і гірничо-технічних умов шахт ДП «Селідіввугілля».

**Обґрунтованість і вірогідність** наукових положень, висновків і рекомендацій підтверджується коректністю поставлених задач, застосуванням добре апробованих методів досліджень, достатньою кількістю та результатами натурних вимірювань та чисельних розрахунків, адекватністю розроблених математичних моделей, що підтверджується задовільним (до 85%) збігом натурних та чисельних результатів, позитивними ефектом впровадження розробок у виробництво.

**Реалізація результатів роботи.** Результати досліджень у вигляді «Рекомендацій з геомеханічного обґрунтування параметрів рамно–анкерного кріплення підготовчих виробок вугільних шахт при відпрацюванні виїмкової ділянки 18 південної лави пл.  $l_1$  шахти «1/3 Новогродівська», «Методики чисельного моделювання рамно–анкерного кріплення підготовчих і капітальних виробок вугільних шахт ДП «Селідіввугілля» затверджені ДП «Селідіввугілля» для прийняття технічних рішень щодо забезпечення стійкості виробок, що використовують повторно з очікуваним економічним ефектом 2 422 грн./м виробки, а також в навчальному процесі Державного ВНЗ «НГУ» при підготовці студентів ступенів «бакалавр», «магістр» та «спеціаліст».

**Особистий внесок автора** полягає в обґрунтуванні актуальності теми та формулюванні мети та ідеї роботи, постановці задач досліджень, виконанні натурних спостережень, аналітичних та чисельних розрахунків, узагальненні та аналізі отриманих результатів, виконанні аналізу інформаційних джерел, формулюванні наукових положень, висновків і рекомендацій, впровадженні розробок у промисловості.

**Апробація результатів роботи.** Основні результати досліджень доповідалися, обговорювалися і були схвалені на міжнародних науково–практичних конференціях «Форум гірників» (Дніпропетровськ, 2013–2015); 8–ій міжнародній науково–практичній конференції молодих вчених, аспірантів і студентів "Перспективи розвитку будівельних технологій" (Дніпропетровськ, 2014), міжнародній науково–практичній конференції «Інноваційні технології і проекти в гірничо–металургійному комплексі, їх науковий і кадровий супровід» (Казахстан, Алмати, 2014), VI міжнародній науково–технічній конференції «Енергетика. Екологія. Людина» (Київ, 2014), міжнародних науково–практичних конференціях молодих вчених, аспірантів і студентів «Молодь: наука та інновації» (Дніпропетровськ, 2014–2015), регіональній науково–практичній конференції «Проблеми гірничої технології» (Красноармійськ, 2014), міжнародній науково–технічній конференції «Розробка, використання та екологічна безпека сучасних гранульованих і емульсійних вибухових речовин» (Кременчук–Свалява, 2015), міжнародній науково–технічній конференції «Сталий розвиток промисловості та суспільства» (Кривий Ріг, 2015).

**Публікації.** Основні положення дисертації опубліковані в 18 наукових працях, в тому числі 5 статтях у спеціалізованих наукових виданнях (4 з яких – у виданнях, що входять до міжнародних наукометричних баз даних), 1 підрозділ в монографії, і 12 – в матеріалах конференцій.

**Обсяг і структура дисертації.** Дисертація складається зі вступу, 4 розділів, висновків, списку використаних джерел із 212 найменувань на 26 сторінках і 5 додатків на 25 сторінках. Робота викладена на 152 сторінках машинописного тексту, містить 75 рисунків, 24 таблиці. Загальний обсяг дисертації становить 225 сторінок.

## ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

Вугілля, що видобувається в Україні, має високу собівартість через глибоке залягання пластів і гірничо–геологічні особливості. Для підвищення його конкурентоспроможності необхідне широке впровадження інновацій і заходів організаційного характеру, яким є повторне використання підготовчих виробок з їх рамно–анкерним кріпленням, що дозволяє включати навколишній масив в роботу із забезпечення тривалої стійкості виробки, в тому числі і на етапі впливу очисних робіт за рахунок використання канатних анкерів.

Величезний внесок у вивчення стійкості капітальних і підготовчих виробок, дослідженнями природи геомеханічних процесів і параметрів систем кріплення і охорони протяжних виробок займалися такі вітчизняні вчені, як В.І. Бондаренко, В.В. Виноградов, С.М. Гапєєв, В.Т. Глушко, А.М. Зорін, К.В. Кошелєв, Г.Г. Литвинський, О.П. Максимов, А.В. Мартовицький, Л.В. Новикова, С.Г. Негрій, А.М. Роєнко, О.О. Сдвижкова, О.В. Солодянкін, К.К. Софійський, Б.М. Усаченко, Ю.М. Халимендик, О.М. Шашенко та інші, проте розв'язання зазначеного завдання досьогодні залишається актуальним.

Повторне використання конвеєрних штреків можливо тільки в тому випадку, якщо витрати на забезпечення їх експлуатаційного стану не перевищують

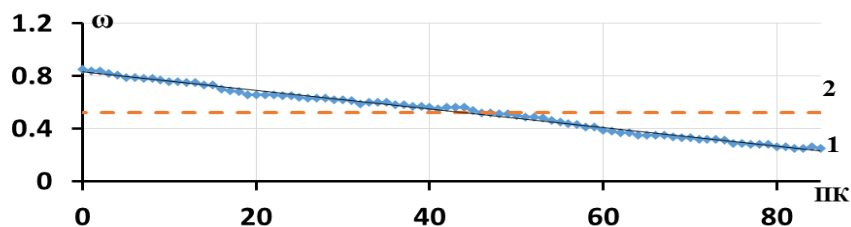
вартості спорудження нової виробки. В дисертації пропонується як критерій можливості повторного використання підготовчих виробок прийняти залишковий поперечний переріз виробки, причому таку його величину, при якій витрати на її відновлення не перевищать вартості спорудження нової виробки.

Як об'єкт досліджень була обрана шахта «1/3 Новогродівська» ДП «Селідивугілля», що розробляє пласт  $l_1$  (вугілля марки «Г») на глибині 840 м. В умовах шахти були проведені комплексні натурні спостереження за розвитком геомеханічних процесів навколо підготовчих виробок на різних етапах їх експлуатації (як поза, так і в зоні впливу очисних робіт).

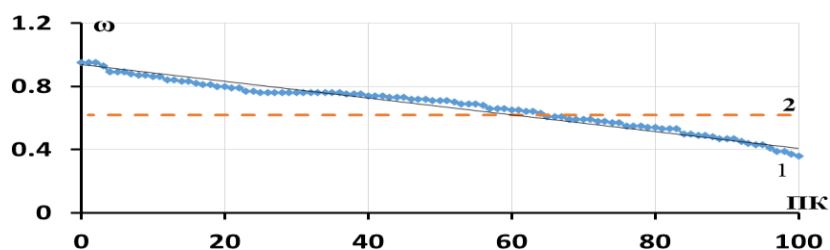
Мета виконання натурних досліджень полягала у виявленні закономірностей деформування гірських порід в розглянутих гірничо-геологічних умовах. Для її досягнення було виконано візуальне обстеження гірничих виробок і проведені інструментальні спостереження на замірних станціях, розгорнутих у 18 північному конвеєрному штреку (18 ПівнКШ) і 18 південному конвеєрному штреку (18 ПівдКШ) пласта  $l_1$ . Крім того, приймалися до аналізу дані маркшейдерської документації про стан 16, 17 південних і північних конвеєрних і вентиляційних штреків пласту  $l_1$ , відпрацьованих в минулі роки, і здійснювалося опитування експертів – фахівців ДП «Селідивугілля».

За результатами обстежень і опитування фахівців встановлено, що основними видами деформацій, котрі призводять до необхідності виконання ремонтних робіт, є руйнування металевих рам кріплення, затяжок і здимання порід підосви.

На рис.1 наведені результати вимірів показника стійкості  $\omega$  у 18 ПівнКШ і 18 ПівдКШ, як найбільш типових виробках, які можуть використовуватися повторно.



а)



б)

Рис. 1. Величина показника стійкості виробки  $\omega$  на обстежених ділянках 18 ПівнКШ (а) і 18 ПівдКШ пл.  $l_1$  (б): 1 – виміряна величина  $\omega$  у виробці; 2 – середня величина  $\omega$  у виробці

З них випливає, що в міру наближення вибою лави до аналізованого пікету стійкість виробки знижується за практично лінійним законом і може бути описана залежностями:

$$\text{- для 18 ПівнКШ: } \omega = 0,8319 - 0,0071 \cdot L, \quad (1)$$

$$\text{- для 18 ПівдКШ: } \omega = 0,9359 - 0,0053 \cdot L, \quad (2)$$

де  $L$  – відстань від лави до досліджуваного пікету.

Тут  $\omega = (N_0 - N) / N_0$ ,

де  $N$  – кількість рам кріплення на досліджуваному пікеті, що знаходяться в незадовільному стані,  $N_0$  – загальна кількість рам кріплення в межах пікету.

На рис. 2 і 3 наведені результати оцінки відповідно вертикальних і горизонтальних зміщень в 18 ПівдКШ, що отримані на реперних вимірювальних станціях.

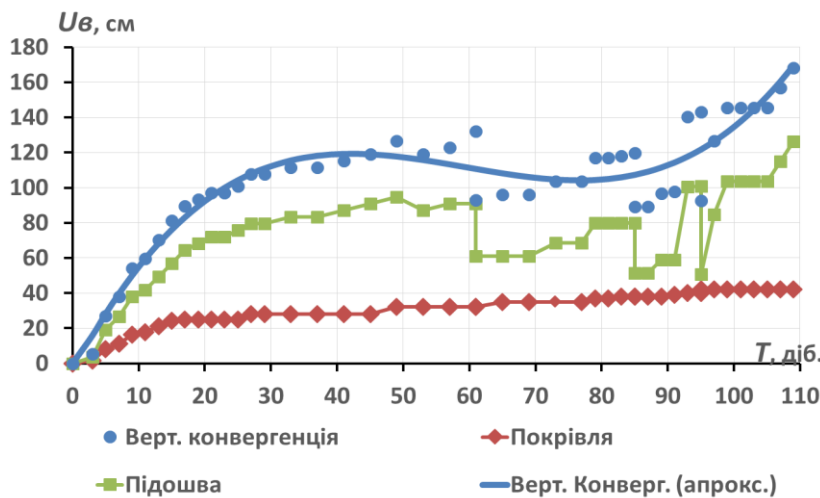


Рис. 2. Вертикальні зміщення в 18 ПівдКШ пл.  $l_1$

Їх аналіз підтверджує висновок про те, що зміщення підшоши є переважачим видом деформацій (рис. 2); при цьому максимальні зміщення покрівлі також приймають значення (до 40 см), достатні для розвитку незворотних деформацій в рамках і їх руйнування, особливо з огляду на досить велику для рамного кріплення горизонтальну конвергенцію (рис. 3), що сягає

максимального значення більш ніж 40 см. Результати вимірів наведені на рис. 2 і 3 можна описати залежностями:

$$\text{18 СКШ} - U_2 = 0,73 \cdot T - 0,01 \cdot T^2 - 0,0001 \cdot T^3 - 0,06, \quad (3)$$

$$\text{18 ЮКШ} - U_6 = 7,19 \cdot T - 0,13 \cdot T^2 - 0,0007 \cdot T^3 - 4,54, \quad (4)$$

де  $T$  – час вимірювань.

На рис. 4 на прикладі 18 ПівдКШ показані залежності зміни кількості рам і зтяжок, що вимагають заміни, а також величини здимання порід підшоши і площі залишкового поперечного перерізу виробки при різній відстані до вікна лави, які подібні до отриманих раніше.

Встановлено, що площа залишкового перерізу, починаючи з відстані 100 м до лави, зменшується за ступеневим законом, від паспортної величини до деякої мінімальної:

$$S_{осм}^{омн} = a + b \cdot L + c \cdot L^2,$$



де  $a, b, c$  – коефіцієнти апроксимації;  $S_{ocm}^{omh} = S_{ocm} / S_{min}$  – відносний залишковий переріз штреку,  $S_{ocm}$  – залишковий переріз на досліджуваному пікеті;  $S_{min}$  – мінімально припустимий, за ПБ переріз виробки в зоні впливу лави.

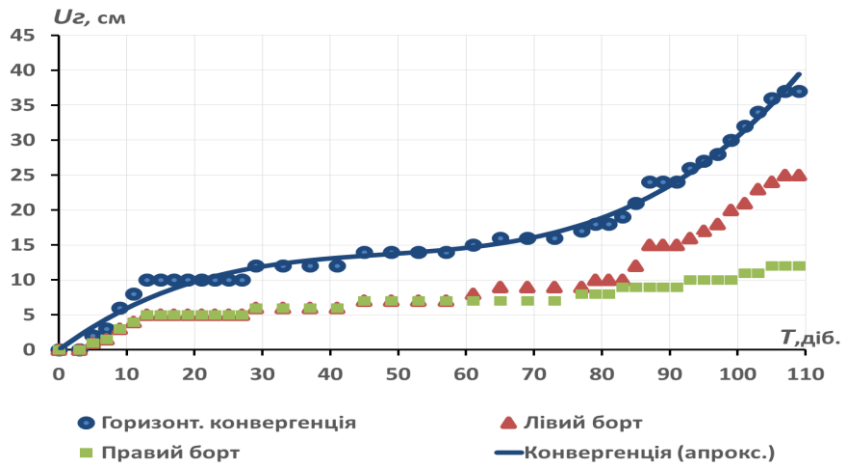


Рис. 3. Горизонтальні зміщення в 18 ПівдКШ пл.  $l_1$

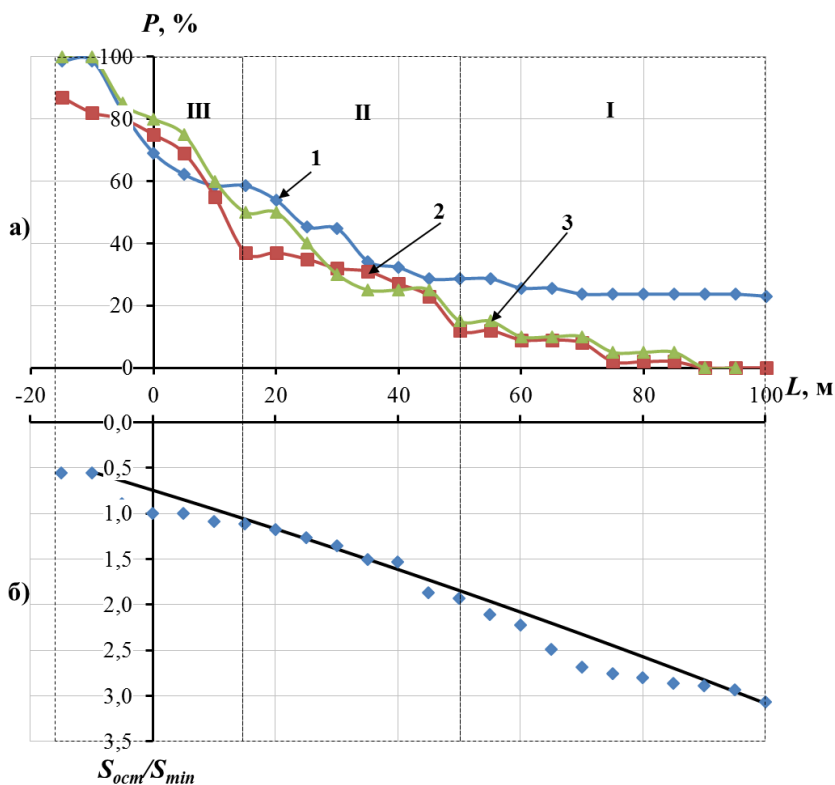


Рис. 4. Залежності зміни від відстані до лави в 18 ПівдКШ пл.  $l_1$  а) здимання порід підоскви (1), число деформованих затяжок (2) і рам кріплення (3); б) відносний залишковий переріз штреку; I – III – участки (зони) штреку з різною інтенсивністю геомеханічних проявів

На рис. 5 показано, як змінюється величина залишкового перерізу від комплексного показника умов розробки  $\theta$ :

$$\theta = (R_c k_c) / (\gamma H),$$

де  $\gamma$  – об'ємна вага порід;  $H$  – глибина розробки;  $k_c$  – коефіцієнт структурно-механічного послаблення;  $R_c$  – межа міцності порід на стиск. Аналіз графіку доводить, що в розглянутих умовах цей показник не впливає на величину залишкового перерізу.

На рис. 6 наведений узагальнений графік залежності змін відносної частки ремонтів і відносного залишкового перерізу штреків від відстані до лави. На рис. 6, а за віссю ординат значення для кожного фактору віднесені до максимальної його величини за весь час спостережень.

Встановлені закономірності змін обсягів ремонтних робіт в конвеєрних виробках в міру посування лави можуть бути легко пов'язані з величиною площі залишкового перерізу (рис. 6).

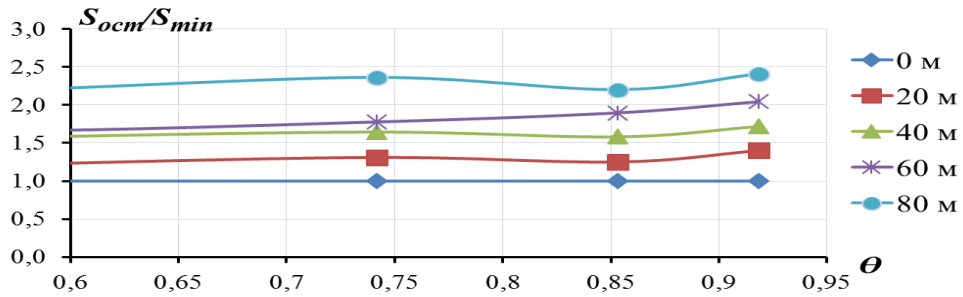


Рис. 5. Залежності залишкового перерізу конвеєрних штретків від величини показника умов розробки  $\theta$  при різних відстанях до лави

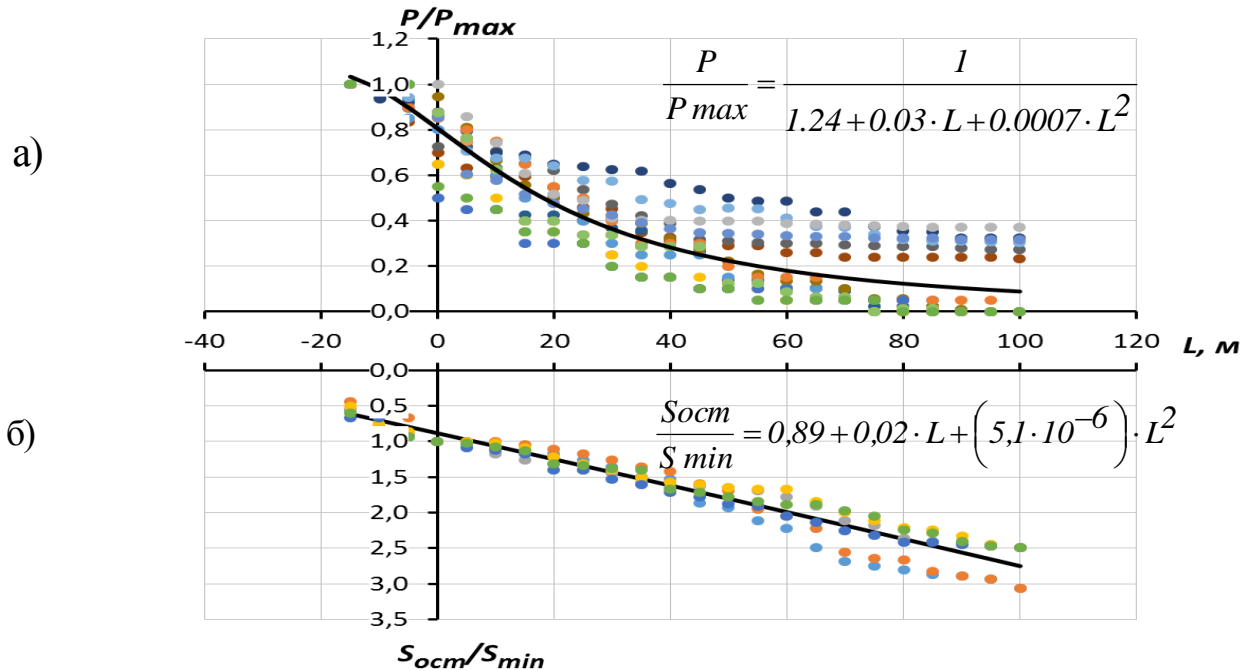


Рис. 6. Залежності зміни від відстані до лави в конвеєрних штретах пл.  $l_1$ : а) відносної частки ремонтів; б) відносного залишкового перерізу штретків

В процесі розрахунків порівнювалася вартість ремонтно–відновлювальних робіт конвеєрного штрету для його повторного використання при кріпленні рамним кріпленням КМП – АЗ з дерев'яною затяжкою (паспортне кріплення) з вартістю проведення нового вентиляційного штрету, що пройдений в присічку до погашеного конвеєрного. Оцінювалася вартість відновлення штрету, виходячи з різної величини залишкової площі поперечного перерізу. Результати порівняння наведені на рис. 7, а. З графіку випливає, що вартість виконаних ремонтних робіт зростає в міру зменшення залишкової площі поперечного перерізу за степеневим законом, а умови, за якими слід оцінювати доцільність повторного використання, можна записати виразом:

$$C_{рем} = 2 \cdot 10^6 \cdot (\bar{S}_{осм})^{-1,4} \leq C_{прох}, \quad (5)$$

де  $\bar{S}_{ост}$  – середній залишковий переріз;  $C_{прох}$  – вартість проходки нової виробки;  $C_{рем}$  – вартість виконання ремонтно - відновлювальних робіт.

Беручи до уваги результати опитування експертів, які у відповідях враховували також складність організації ремонтно–відновлювальних робіт, можна зробити висновок, що у досліджуваних умовах критеріальна величина залишкового перерізу виробки повинна становити  $8,5 \text{ м}^2$ . При цьому вартість ремонтно - відновлювальних робіт 1 м виробки в 1,8 рази менше, ніж вартість проведення нового штреку.

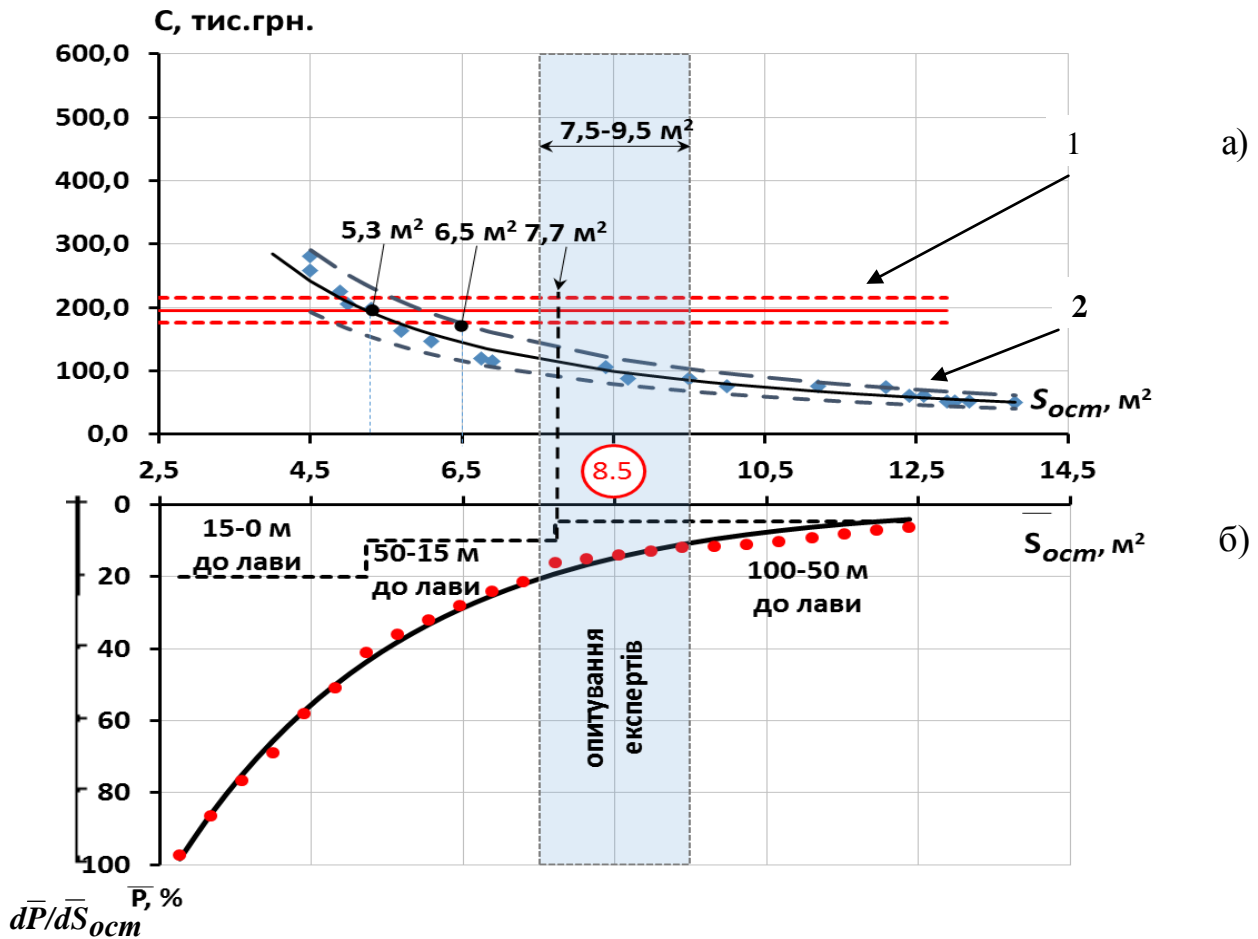


Рис. 7. До обґрунтування критеріальної величини залишкового перерізу штреку: а) залежність вартості ремонтно - відновлювальних робіт та проходки нової виробки від величини залишкового перерізу; б) залежність середньої частки ремонтів і їх інтенсивності від середньої залишкової площі перерізу. 1) вартість будівництва нового прісічного вентиляційного штреку; 2) вартість ремонтно - відновлювальних робіт конвеєрного штреку, який передбачається використовувати повторно

Обґрунтування параметрів системи кріплення і охорони виробок, що використовують повторно, виконано з залученням методу скінчених елементів. За основний інструмент при дослідженні прийнятий програмний комплекс «Phase – 2». Як умова руйнування гірських порід прийнятий критерій Хока – Брауна.

Поставлені задачі вирішувалися багатостадійним методом. Як показують результати (табл. 1), таке рішення дає кращі результати, ніж одностадійне, порівняння розрахункових зміщень і виміряних в натурних умовах показало досить близький їх збіг ( $\pm 15\%$ ).

На чисельних моделях було реалізовано 18 варіантів розміщення рамно-анкерного кріплення в районі сполучення виробки з лавою. У всіх цих випадках застосовувалася та охоронна конструкція, яка була закладена в початковий проєкт, тобто дерев'яні костри з круглого лісу.

Таблиця 1

Вплив стадійності рішення чисельної задачі

Показник	Одністадійне рішення	Багатостадійне рішення	Натурні вимірювання
Зміщення в покрівлі, м	0,76	0,20	0,22
Зміщення в підшві, м	1,51	0,65	0,72

Аналіз результатів показав, що найменша величина зміщень контуру виробки і найбільша величина залишкового перерізу відповідають варіанту, при якому кріплення КМП – АЗ посилене 3 – ма короткими (1,5 м) дерев'яними анкерами в бортах, 4 – ма стандартними (2,4 м) сталеполімерними анкерами в покрівлі справа, а також одним канатним анкером (6м) і 2 – ма сталеполімерними анкерами (2,4 м) в покрівлі, що реалізують систему кріплення 2 – го рівня. Однак, величина залишкового перерізу виробки і в цьому випадку менше критеріального, обґрунтованого раніше. Для його досягнення слід підібрати таку охоронну конструкцію, яка задовольняла б умовам забезпечення стійкості штреку для повторного використання, тобто забезпечення залишкового перерізу на рівні  $8,5 \text{ м}^2$  у світлі.

Для вирішення цього завдання було виконано моделювання задач для п'яти варіантів охоронних смуг: 1 – «бутова смуга»; 2 – «лита смуга з матеріалу, що твердіє», 3 – «смуга зі шпального бруса»; 4 – «смуга з матеріалу «ТЕК-ХАРД»; 5 – «тумби БЖБТ із залізобетону». Результати цих розрахунків показані у вигляді зміщень контуру виробки і величини залишкового перерізу по кожному з варіантів (рис. 8 і 9).

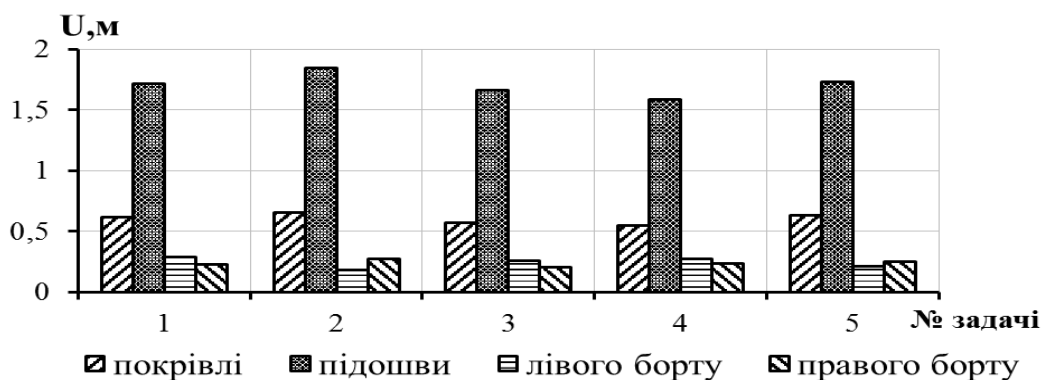


Рис. 8. Зміщення контуру виробки в задачах про вплив виду охоронної конструкції

З рис. 9 випливає, що найменший переріз залишається при застосуванні литої смуги, а найбільший – при смугі зі шпального бруса і матеріалу «ТЕКХАРД».

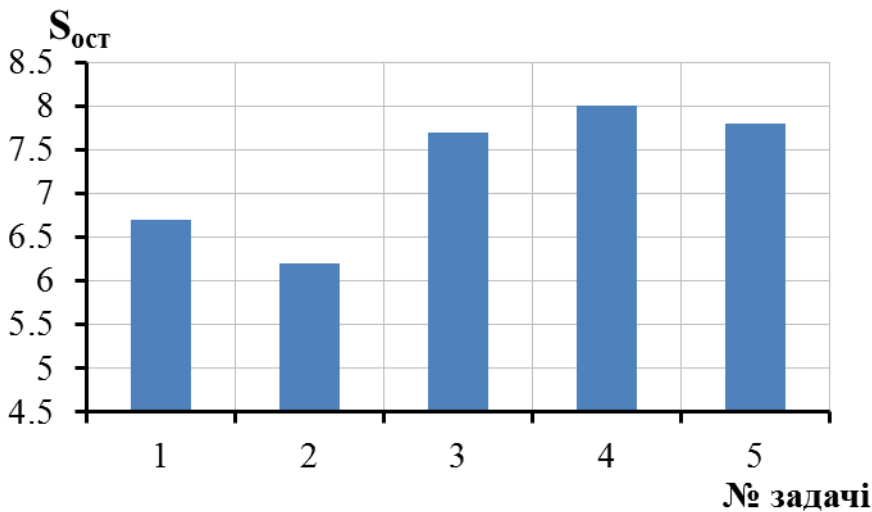


Рис. 9. Залишковий переріз виробки, що моделюється в задачах про вплив типу охоронної конструкції

Отримані результати доводять, що при застосуванні мінімальних стандартних розмірів охоронних конструкцій величина залишкового перерізу виробки близька до критеріальної, але не досягає її (рис. 9). У зв'язку з цим була виконана серія розрахунків для встановлення необхідної ширини охоронної смуги, яка забезпечувала б необхідну критеріальну величину залишкового перерізу. Дослідження виконувалися для систем охорони, які показали найкращий результат на попередній стадії розрахунків.

На рис. 10 представлені результати досліджень як залежності залишкового перерізу від величини відносної ширини охоронної конструкції (віднесеної до мінімальної стандартної величини). Як випливає з рис. 10, охоронна конструкція з накатних кострів зі шпального бруса забезпечує в моделі критеріальну величину залишкового перерізу, при цьому є прийнятною за вартістю і зручною в технологічному плані. У дисертації в сукупності з системою кріплення, обраною раніше, вона названа базовою.

На рис. 10 представлені результати досліджень як залежності залишкового перерізу від величини відносної ширини охоронної конструкції (віднесеної до мінімальної стандартної величини). Як випливає з рис. 10, охоронна конструкція з накатних кострів зі шпального бруса забезпечує в моделі критеріальну величину залишкового перерізу, при цьому є прийнятною за вартістю і зручною в технологічному плані. У дисертації в сукупності з системою кріплення, обраною раніше, вона названа базовою.

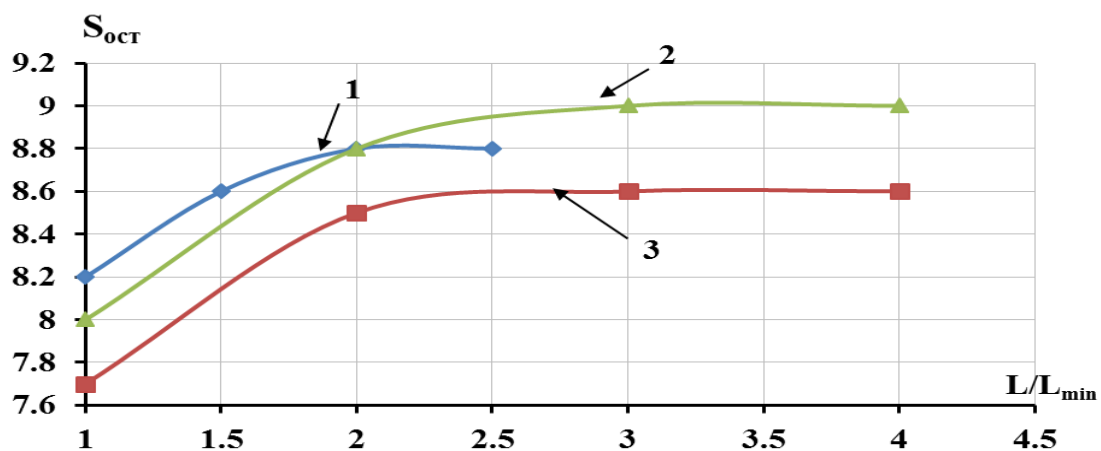


Рис 10. Залишковий переріз виробки, що моделюється, в задачах про вплив розміру охоронної конструкції: 1 – тумба БЖБТ; 2 – смуга «ТЕКХАРД»; 3 – смуга зі шпального бруса

В умовах шахти «1/3 Новгородівська» відпрацювання пласту  $l_1$  проводиться при варіюванні кута його падіння від  $8$  до  $16^\circ$ . З урахуванням умов інших шахт Красноармійського регіону цей діапазон кутів падіння може бути розширений ще більше. Тому в дисертації виконано оцінку впливу кута падіння пласту на параметри поперечного перерізу конвеєрного штреку при визначених вище базових параметрах кріплення і охоронної конструкції. Кут падіння пласта в чисельних задачах змінювався від  $0^\circ$  до  $25^\circ$  з інтервалом  $5^\circ$ .

З рис. 11 випливає, що при кутах падіння  $0 - 18^\circ$  величина залишкового перерізу при розглянутих в задачах базовій системі охорони і кріплення штреку залишається не нижче встановленої критеріальної величини  $8,5 \text{ м}^2$ .

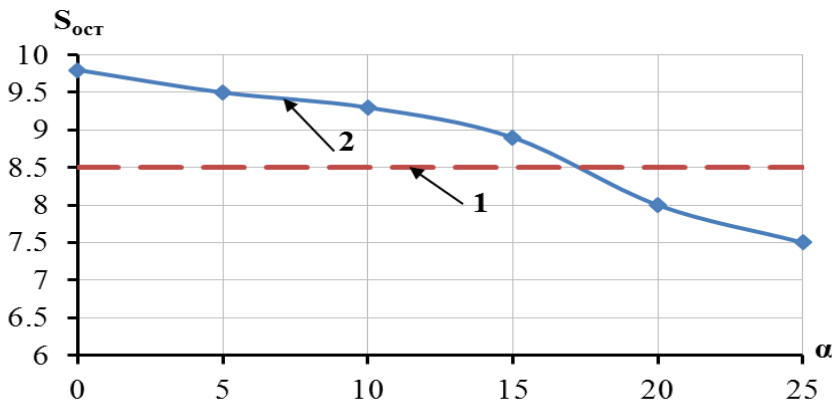


Рис. 11. Залежність залишкового перерізу виробки від кута падіння вугільного пласта: 1 – критеріальний переріз виробки; 2 – розрахований залишковий переріз виробки

на паспортна система забезпечення стійкості конвеєрного штреку, а на рис. 13 – обґрунтована і рекомендована, яка, згідно з результатами досліджень, повинна забезпечити можливість повторного використання виробки. Кріплення з рекомендованими параметрами було випробуване в умовах 18 конвеєрного штреку пл.  $l_1$  шахти «1/3 Новгородівська». Аналіз результатів випробувань показав, що величина залишкового поперечного перерізу штреку по мірі наближення вибою лави до експериментальної ділянки забезпечує можливість повторного його використання. Це підтверджує ефективність запропонованих технічних рішень і адекватність використаних чисельних моделей реальним умовам. При цьому, залишковий переріз у вікні лави на експериментальній ділянці не знизився менш ніж  $8,8 \text{ м}^2$ , що вказує на можливість і раціональність повторного використання конвеєрного штреку, в якому застосовуються розроблені в дисертації заходи.

За результатами виконаних досліджень і їх натурної апробації були розроблені «Рекомендації щодо геомеханічного обґрунтування параметрів рамно-анкерного кріплення підготовчих виробок вугільних шахт при відпрацюванні виїмкової ділянки 18 південної лави пл.  $l_1$  шахти «1/3 Новгородівська», а також затверджена «Методика чисельного моделювання рамно - анкерного кріплення підготовчих і капітальних виробок вугільних шахт ДП «Селідівугілля».

Однак при кутах падіння понад  $18^\circ$  критерій залишкової площі не витримується, хоча площа і залишається в межах, зазначених експертами (див. рис. 7) і, отже, в таких умовах потрібне корегування базової системи охорони в частині збільшення її розмірів у порівнянні з ситуацією для кутів падіння до  $18^\circ$ .

На рис. 12 наведе-

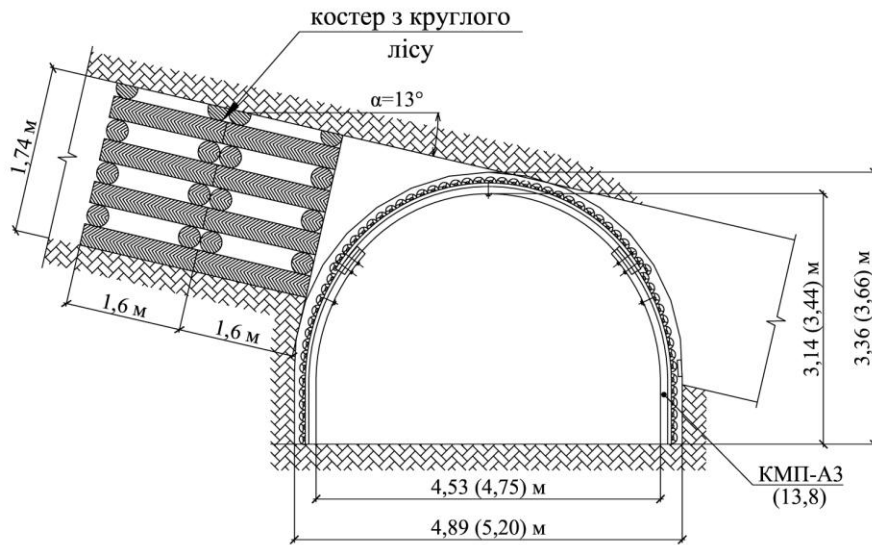


Рис. 12. Проектна (паспортна) конструкція кріплення і охорони виробки

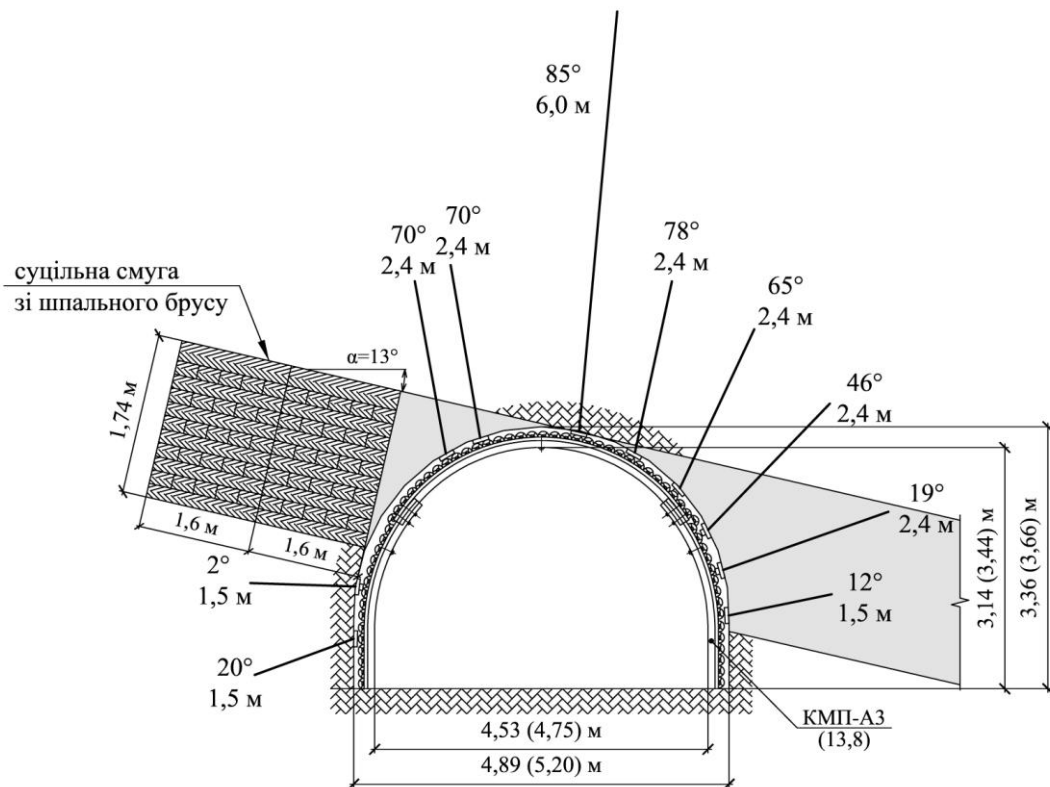


Рис. 13. Рекомендована (базова) конструкція кріплення і охорони виробки

Виконана оцінка економічної ефективності запропонованих технічних рішень, що забезпечують повторне використання штреку, показала, що очікуваний економічний ефект, становить 2 422 грн./м виробки.

## ВИСНОВКИ

Дисертація є завершеною науково–дослідною роботою, в якій на підставі вперше отриманих закономірностей деформування геомеханічної системи «підготовка виробка–кріплення–породний масив» для умов вугільних шахт Красноармійського промислового району отримано рішення актуальної науково–практичної задачі обґрунтування раціональних параметрів рамно–анкерного кріплення і охоронної системи для повторного використання підготовчих виробок.

Основні наукові і практичні результати, висновки та рекомендації роботи полягають в наступному:

1. Натурні обстеження стану конвеєрних штреків на шахті «1/3 Новогродівська» показали, що ремонтні роботи складаються в основному з заміни дерев'яних затяжок, пошкоджених елементів аркового кріплення та ліквідації наслідків здимання порід підосви.

2. Встановлено, що у гірничо–геологічних та гірничо–технічних умовах шахт ДП «Селідіввугілля» площа залишкового поперечного перерізу конвеєрних штреків не залежить від показника розробки  $\theta$ , змінюється за квадратичним законом внаслідок наближення очисного вибою і при величині  $8,5 \text{ м}^2$  є критерієм економічно доцільного повторного використання виробки, при якій вартість ремонтно – відновлювальних робіт в ній в 1,8 рази нижче, ніж вартість проведення нового штреку.

3. Обґрунтовано раціональну конструкцію дворівневого рамно–анкерного кріплення виробки з використанням канатних анкерів, і раціональна охоронна конструкція, що забезпечують збереження критеріальної величини залишкового перерізу ( $8,5 \text{ м}^2$ ) за лавою. За сукупністю критеріїв «вартість» і «технологічність зведення» найбільш раціональним є використання системи охорони у вигляді накатного костра (смуги) зі шпального бруса. Ці кріплення і охоронна конструкція названі базовим варіантом.

4. Доведено, що в гірничо – геологічних умовах шахт Красноармійського промислового району величина залишкового перерізу конвеєрного штреку, прийнята за критерієм повторного використання підготовчих виробок, зменшується при збільшенні кута падіння вугільних пластів за лінійним законом, що дозволяє на цій основі корегувати базовий варіант системи кріплення і охоронної конструкції.

5. Запропоновані комбіноване кріплення і охоронна конструкція пройшли перевірку в шахтних умовах в умовах 18 південного конвеєрного штреку пласта  $l_1$  шахти «1/3 Новогродівська» ДП «Селідіввугілля». При цьому залишковий переріз у вікні лави на експериментальній ділянці не знизився менш ніж  $8,8 \text{ м}^2$ , що вказує на можливість і раціональність повторного використання конвеєрного штреку, в якому застосовуються розроблені в дисертації заходи.

6. Виконано оцінку економічної ефективності розроблених методів з кріплення і охорони конвеєрного штреку, призначеного для повторного використання. Очікуваний економічний ефект склав 2 422 грн./м виробки.



### Основні положення й результати дисертації опубліковані в роботах:

1. Логунова А.О. Оценка влияния коэффициента бокового распора на напряженно – деформированное состояние приконтурного породного массива в окрестности одиночной горной выработки / В.В. Панченко, Г. Г. Сторчак, А. В. Халимендик, А.В. Халимендик, А.О. Логунова // Научный вестник МГГУ. – 2014. – № 1 (46). – С. 57–66.
2. Логунова А.О. Оценка параметров геомеханической системы «парные выработки – целик – очистной забой» / А.Н. Шашенко, Г. Г. Сторчак, А.Ю. Король, А.О. Логунова // Науковий вісник НГУ. – 2014. – № 2. – С.58–63. (Наукометрична база Scopus).
3. Логунова А.О. Управление геомеханическими процессами в окрестности подземных выработок с помощью анкерных систем / А.О. Логунова // Сучасні ресурсоенергозберігаючі технології гірничого виробництва. – Кременчук: КрНУ, 2014. – Вип. 1 (13). – С. 89–96 (Наукометрична база Index Copernicus).
4. Логунова А.О. Анализ текущего состояния протяженных горных выработок угольных шахт ГП «Селидовуголь» / А.О. Логунова, Ю.В. Каргаполов // Вісник Криворізького національного університету – Вип. 39.– 2015.– С 97–101. (Наукометрична база РИНЦ).
5. Логунова А.О. Критериальная величина остаточного сечения конвейерного штрека, используемого повторно / С. Н. Гапеев, А. Е. Григорьев, А.О. Логунова // Сучасні ресурсоенергозберігаючі технології гірничого виробництва. – Кременчук: КрНУ, 2015. – Вип. 2 (16). – С. 90 – 99. (Наукометрична база Index Copernicus).
6. Логунова А.О. Натурные эксперименты в выработках ПСП «шахта «Добропольская» / А.О. Логунова // Пучение пород почвы в выработках угольных шахт: Монография /А.Н. Шашенко, А.В. Солодянкин, А.В. Смирнов.– Днепропетровск: ООО «ЛизуновПрес», 2015.– С.144 – 147.
7. Логунова А.О. Учет макродефектов в статистической модели прочности / Е.А. Сдвижкова, С.Н. Гапеев, А.О. Логунова // Форум гірників: матеріали міжнародної конференції.– Дніпропетровськ: НГУ, 2013.– С.175 – 179.
8. Логунова А.О. К вопросу оценки условий отработки угольных пластов на примере ОП «Шахта 1/3 Новогородовская» / А.В. Скобенко, А.В. Халимендик, А.В. Халимендик, А.О. Логунова // Перспективы развития строительных технологий: материалы 8-й Междунар. науч.–практ. конф. молодых ученых, аспирантов и студентов, 24–26 апреля 2014 г. – Дніпропетровськ: НГУ, 2014. – С. 172–176.
9. Логунова А.О. К вопросу оценки структурного ослабления горных пород при решении задач геомеханики/ А.Н. Шашенко, С.Н. Гапеев, Г.Г. Сторчак, А.О. Логунова // Инновационные технологии и проекты в горно–металлургическом комплексе, их научное и кадровое сопровождение: материалы Междунар. науч.–практ. конф.– Алматы: КАЗНТУ, 2014.– С.172–176.
10. Логунова А.О. Оценка влияния параметров крепи на напряженно – деформированное состояние системы «подготовительная выработка – крепь – охранный конструкция» / С.Н. Гапеев, Ю.В. Каргаполов, С.Ю. Шепеленко,

А.О. Логунова // Форум гірників: матеріали міжнародної конференції.– Дніпропетровськ: НГУ, 2014. – С.207 – 211.

11. Логунова А.О. Оценка влияния анкерных систем на величину пучения пород почвы в одиночной выработке / А.В. Халимендик, С.Н. Гапеев, А.О. Логунова // Энергетика. Экология. Человек: материалы VI Международной научно–технической конференции. – Киев: КПИ, 2014. – С. 60–65.

12. Логунова А.О. Отработка параметров численного моделирования геомеханических систем «выработка – массив–крепь» с целью решения задачи об оценке напряженно – деформированного состояния в окрестности подготовительной выработки / С.Н. Гапеев, Д.О. Сосна, А.О. Логунова // Молодь: наука та інновації: матеріали II Всеукраїнської наук.–практ. конф. – Дніпропетровськ: ДВНЗ «НГУ», 2014.– С.6–12.

13. Логунова А.О. Оценка влияния параметров анкерования участка сопряжения «лава – подготовительная выработка» на его устойчивость / В.Р. Терещук, С.Н. Гапеев, А.О. Логунова // Форум гірників: матеріали міжнародної конференції.– Дніпропетровськ: НГУ, 2015. – С.65–72.

14. Логунова А.О. Анализ условий отработки угольных пластов шахты 1/3 «Новгородовская» / А. В. Халимендик, А.О. Логунова // Розробка, використання та екологічна безпека сучасних гранульованих та емульсійних вибухових речовин: матеріали XI Міжнародної наук.–техн. конф.– Кременчук: КрНУ, 2015. – С. 82–84.

15. Логунова А.О. Результаты попереднього підбору параметрів чисельних моделей геомеханічних систем «виробка–масив–кріплення» / С.М. Гапеев, Д.О. Сосна, А.О. Логунова // Матеріали міжнародної науково–технічної конференції «Сталий розвиток промисловості та суспільства».– КНУ, 2015. – С. 20.

16. Логунова А.О. К вопросу обеспечения длительной устойчивости протяженных выработок в условиях ОП «Шахта 1/3 Новгородовская» / А.О. Логунова // Сталий розвиток промисловості та суспільства: матеріали міжнародної наук.–техн. конф.– Кривий Ріг: КНУ, 2015. – С. 23.

17. Логунова А.О. Устойчивость геомеханической системы «подготовительная выработка – лава – охранный конструкция» в условиях шахт ГП «Селидовуголь» / Ю.В. Каргаполов, О.В.Солодянкін, С.В. Машурко, А.О. Логунова // Проблеми гірничої технології: матеріали IV регіональної науко–практичної конференції. – Красноармійськ: КП ДонНТУ, 2014 – С.101–108.

18. Логунова А.О. Оценка влияния угла падения пород на напряженно–деформированное состояние в окрестности выработки / А.О. Логунова // Молодь: наука та інновації: матеріали III Всеукраїнської наук.–практ. конф. – Дніпропетровськ: НГУ, 2015. – С.16–17.

**Особистий внесок автора у роботах, що опубліковані у співавторстві:** [1, 7, 9] – аналіз літературних джерел; [2, 5, 10, 11,13,15] – виконання чисельних розрахунків; узагальнення та аналіз результатів; [8, 14] – узагальнення та аналіз інформації; [12] – постановка завдань на моделювання, аналіз результатів розрахунків; [4, 17] – постановка завдань, встановлення замірних станцій, розробка методики натурних спостережень, аналіз результатів натурних спостережень.

## АНОТАЦІЯ

Логунова О.О. Геомеханічне обґрунтування доцільності повторного використання підготовчих виробок вугільних шахт – На правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.15.09 – «Геотехнічна і гірнична механіка». Державний вищий навчальний заклад «Національний гірничий університет», Дніпропетровськ, 2016.

В дисертації обґрунтовані такі параметри комбінованої системи кріплення і охоронної конструкції на сполученні «штрек–лава», при яких можлива економічно доцільна повторна експлуатація підготовчих виробок в гірничо-геологічних умовах шахт ДП «Селідіввугілля».

В результаті натурних вимірювань встановлено, що величина залишкового перерізу може виступати критерієм, що характеризує доцільність для повторного використання конвеєрного штреку на суміжній лаві. Такою величиною є залишкова площа в світлі, що дорівнює  $8,5 \text{ м}^2$ .

На основі обґрунтованого критерію вирішена чисельна задача про вплив різних систем охорони на НДС геомеханічної системи «кріплення – охоронна конструкція – масив». Встановлено, що при використанні охоронної конструкції у вигляді накатного костра зі шпального бруса в сукупності з дворівневою системою рамно–анкерного кріплення за лавою забезпечується збереження перерізу підготовчої виробки, що призначена для повторного використання.

Досліджено вплив куту нахилу пласта на параметри прийнятої геомеханічної системи.

Розробки були успішно реалізовані в промисловості з економічним ефектом 2 422 грн./м виробки.

*Ключові слова:* повторне використання, критерій раціональності повторного використання, залишковий переріз, дворівневе рамно–анкерне кріплення, охоронні конструкції.

## АННОТАЦИЯ

Логунова А.О. Геомеханическое обоснование целесообразности повторного использования подготовительных выработок угольных шахт – На правах рукописи.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.15.09 – «Геотехническая и горная механика». Государственное высшее учебное заведение «Национальный горный университет», Днепропетровск, 2016.

Цель работы состоит в геомеханическом обосновании таких параметров комбинированной системы крепи и охранной конструкции на сопряжении «штрек – лава», при которых возможна экономически целесообразная повторная эксплуатация подготовительных выработок в горно - геологических условиях шахт ГП «Селидовуголь».

В качестве основного объекта исследований выбрана шахта «1/3 Новогродовская» ГП «Селидовуголь», где были выполнены комплексные исследования, заключающиеся в визуальном обследовании ряда горных выработок, организации инструментальных наблюдений на замерных станциях, решении аналитических задач, а также проведении экспертной оценки состояния выемочных штреков и анализе архивных данных.

В результате выполнения комплекса натурных измерений определены основные виды проявлений горного давления и ремонтных работ в подготовительных выработках, построены зависимости развития геомеханических процессов в их окрестности во времени и установлено, что величина остаточного сечения может выступать тем критерием, который характеризует целесообразность для повторного использования конвейерного штрека на смежной лаве. Критериальной величиной экономической рациональности повторного использования штрека является остаточная площадь в свету, равная  $8,5 \text{ м}^2$ .

На основе обоснованного критерия решена численная задача о влиянии различных систем охраны на НДС геомеханической системы «крепь – охранная конструкция – массив». Установлено, что при использовании охранных конструкции в виде накатного костра из шпального бруса, выбранной по комплексу критериев «геомеханическая эффективность», «стоимость», «технологичность», в совокупности с двухуровневой системой рамно - анкерной крепи на основе сталеполимерных и канатных анкеров, за лавой обеспечивается сохранение сечения подготовительной выработки, применяемой для повторного использования. Такая система «крепь – охранная конструкция» принята как базовая.

В горно–геологических условиях шахт Красноармейского промышленного района величина остаточного сечения конвейерного штрека, принятая в качестве критерия повторного использования подготовительных выработок, уменьшается при увеличении угла падения угольных пластов по линейному закону, что позволяет на этой основе корректировать базовый вариант системы крепи и охранной конструкции.

Результаты внедрены в виде Рекомендации по геомеханическому обоснованию параметров рамно - анкерной крепи подготовительных выработок угольных шахт при отработке выемочного участка 18 южной лавы пл.  $l_1$  шахты «1/3 Новогродовская» и «Методики численного моделирования рамно – анкерной крепи подготовительных и капитальных выработок угольных шахт ГП «Селидовуголь», а также использованы в учебном процессе ГВУЗ «НГУ» при подготовке студентов ступеней «бакалавр» и «магистр» и образовательного-квалификационного уровня «специалист».

Выполненная оценка экономической эффективности предложенных технических решений, обеспечивающих повторное использование штрека показала, что ожидаемый экономический эффект, составляет 2422 грн./м выработки.

*Ключевые слова:* повторное использование, критерий рациональности повторного использования, остаточное сечение, двухуровневая рамно - анкерная крепь, охранные конструкции.

## ANNOTATION

Logunova A.O. Geomechanical substantiation of reuse feasibility of development workings for coal mines. – Manuscript.

Thesis for the degree of technical sciences on specialty 05.15.09 – "Geotechnical and mining mechanical engineering." – State Higher Educational Institution "National Mining University" – Dnepropetrovsk, 2016.

The research purpose is geomechanical substantiation of such parameters of combined system of lining and support on the roadhead of roadway and longwall through which is possible and economically feasible to ensure the reuse of development workings under the mining and geological conditions of "Selidovugol" mines.

As a result of the in-situ measurements revealed that the value of the remaining area can be a criteria that characterizes the feasibility for belt road reusing to adjacent longwall. Such value is the remaining area in the light that equal to  $8.5 \text{ m}^2$ .

On the basis of justified criteria the influence of various support systems on stress-deformed state of the geomechanical system "lining – support – array" was solved.

It is established that a residual inside half-timbers of roadway can act the criteria that characterize suitable for reuse in development workings adjacent to the longwall. Economic rationality criteria for reuse roadway is a residual inside half-timbers, equal to  $8.5 \text{ m}^2$ .

It was found that by using a support system in the form of sawed stick crib, with the two – tier system of frame – bolt lining the criteria for development workings reuse was performed over the longwall.

The influence of the angle of the bed at the geomechanical system parameters was adopted.

The developments were successfully implemented and approbated. Economic effect is 2422 UAH on 1m.

*Key words:* reuse, criteria of the economically feasible reuse, two – level frame and roof bolting, support system.

**ЛОГУНОВА Олександра Олегівна**

**ГЕОМЕХАНІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ДОЦІЛЬНОСТІ ПОВТОРНОГО  
ВИКОРИСТАННЯ ПІДГОТОВЧИХ ВИРОБОК ВУГІЛЬНИХ ШАХТ**

(Автореферат)

Підп. до друку 25.05.2016. Формат 60×90/16.  
Папір офсет. Ризографія. Ум. друк. арк. 0,9.  
Обл.-вид. арк. 0,9. Тираж 100 пр. Зам. № .

Державний ВНЗ «Національний гірничий університет»  
49005, м. Дніпропетровськ, просп. Д. Яворницького, 19.