

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
«ДНІПРОВСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»**

МАШУРКА Сергій Володимирович



УДК 622.831.2

**ГЕОМЕХАНІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ
КОМБІНОВАНОГО КРІПЛЕННЯ І СПОСОБУ ОХОРОНИ
ВИРОБОК, ЩО ВИКОРИСТОВУЮТЬ ПОВТОРНО
В СКЛАДНИХ ГІРНИЧО-ГЕОЛОГІЧНИХ УМОВАХ**

Спеціальність 05.15.09 – «Геотехнічна і гірнича механіка»

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

Дніпро – 2019

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана на кафедрі будівництва, геотехніки і геомеханіки Національного технічного університету «Дніпровська політехніка» Міністерства освіти і науки України

Науковий керівник: доктор технічних наук, професор
СОЛОДЯНКІН Олександр Вікторович,
професор кафедри будівництва, геотехніки і геомеханіки
Національного технічного університету
«Дніпровська політехніка»
Міністерства освіти і науки України

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, старший науковий співробітник
КУРНОСОВ Сергій Анатолійович,
старший науковий співробітник відділу
проблем розробки родовищ на великих глибинах
Інституту геотехнічної механіки імені М.С. Полякова
Національної академії наук України (м. Дніпро)

кандидат технічних наук, доцент
СТОВПНИК Станіслав Миколайович,
завідувач кафедри геоінженерії
Національного технічного університету України
«Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського»
Міністерства освіти і науки України

Захист відбудеться « 26 » червня 2019 р. об 11⁰⁰ год. на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 08.080.04 у Національному технічному університеті «Дніпровська політехніка» Міністерства освіти і науки України за адресом 49005, м. Дніпро, просп. Дмитра Яворницького, 19, тел. (0562) 47-24-11.

З дисертацією можна ознайомитися в бібліотеці Національного технічного університету «Дніпровська політехніка» Міністерства освіти і науки України (49005, м. Дніпро, просп. Дмитра Яворницького, 19)

Автореферат розісланий « 24 » травня 2019 р.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради



С.М. Гапеев

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Постійне збільшення глибини розробки на шахтах та інтенсифікація гірничих робіт вимагають обґрунтованих рішень щодо підвищення ефективності та надійності виробництва, зниження собівартості вугілля, ресурсозбереження, підвищення безпеки праці гірників. З цих позицій повторне використання виробок при підготовці й відпрацюванні запасів дозволить істотно знизити витрати і час на пуск нових лав, знизить собівартість вугілля, підвищить рентабельність підприємств.

Актуальним є це питання для ШУ «Південнодонбаське №1», котре має перспективні ділянки для підтримки виробничої потужності й подальшого розвитку гірничих робіт. Шахта веде відпрацювання вугілля в складних геомеханічних умовах, а традиційні рішення при підтримці виїмкових виробок не забезпечують їх стійкості, викликають необхідність проведення багаторазових дорогих ремонтів.

Аналіз досвіду проектування і застосування схем з повторним використанням виробок при стовпових системах розробки показує, що їх обирають переважно в найбільш сприятливих гірничо-геологічних умовах. Можливість повторного використання виробок у складних умовах вимагає більш детального розгляду та обґрунтування. Слід при цьому враховувати, що заходи з управління деформаціями приконтурного масиву порід ефективно виконувати тільки безпосередньо у вибої при проходці виробки та під час проходку першої лави. При цьому ефективність тих чи інших заходів визначається відповідністю параметрів і режиму їх роботи геомеханіці поведінки масиву порід в конкретних гірничотехнічних умовах з урахуванням вартості ремонтних робіт з підтримки виробки.

Таким чином, вивчення геомеханічних процесів, що відбуваються в масиві порід навколо виробки при її проведенні та під впливом очисних робіт у складних гірничо-геологічних умовах, з метою обґрунтування параметрів кріплення і охоронних конструкцій, що забезпечують повторне використання виробки, є актуальним науковим і практичним завданням, що має важливе значення для підвищення ефективності роботи вугільних шахт України.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертація відповідає основним напрямкам наукових досліджень кафедри будівництва, геотехніки і геомеханіки Національного технічного університету «Дніпровська політехніка», які виконувалися в рамках науково-дослідної роботи ДБ-2 (номер держреєстрації 0116U007674) та госпдоговірних тем № 050392 «Розробити і обґрунтувати параметри способів забезпечення стійкості виробок, пройдених по пласту в гірничо-геологічних умовах ОП «Шахта «1/3 Новогродівська» ДП «Селидіввугілля» та АТ-409 «Обґрунтування і розробка способів забезпечення стійкості підготовчих виробок для повторного їх використання з застосуванням рамно-анкерних систем кріплення в умовах шахти «Південнодонбаська №1», в яких автор був виконавцем.

Мета роботи полягає в обґрунтуванні раціональних параметрів геомеханічної системи «масив-виробка-охоронна конструкція», при яких можливо економічно ефективно повторне використання виробок при стовповій системі відпрацювання вугілля в складних гірничо-геологічних умовах.

Ідея роботи полягає у використанні особливостей деформування масиву порід навколо виробки в зоні впливу очисних робіт для обґрунтування раціональних параметрів кріплення і охоронних конструкцій для повторного використання виробки в складних гірничо-геологічних умовах.

Для досягнення поставленої мети в дисертації сформульовані і виконані наступні **задачі досліджень**.

1. Аналіз гірничо-геологічних і гірничотехнічних умов видобутку вугілля ШУ «Південнодонбаське №1» та перспектив його подальшої експлуатації.

2. Проведення комплексу натурних досліджень у виробках виїмкової ділянки ШУ «Південнодонбаське №1».

3. Обґрунтування критерію, що дозволяє оцінити економічну доцільність повторного використання виїмкових виробок з урахуванням вартості робіт з кріплення і підтримки.

4. Обґрунтування параметрів кріплення для забезпечення стійкості виробки до підходу першої лави.

5. Розробка геомеханічної моделі «масив-підготовча виробка-охоронна конструкція» для розглянутих геомеханічних умов і призначення виробки.

6. Обґрунтування параметрів кріплення і охоронної конструкції, при яких можливе повторне використання виробок при стовповій системі відпрацювання вугілля в розглянутих умовах.

7. Визначення очікуваного економічного ефекту від застосування нових технічних рішень з повторного використання виїмкових виробок.

Об'єкт дослідження – геомеханічні процеси, що розвиваються в масиві порід навколо виробки в зоні впливу очисних робіт.

Предмет дослідження – параметри комбінованого кріплення і охоронної конструкції для повторного використання підготовчих виробок.

Методи досліджень. Методичну основу досліджень складає комплексний підхід, що включає в себе аналіз і узагальнення літературних даних за темою роботи, шахтні візуальні та інструментальні дослідження в підготовчих виробках, аналітичні дослідження із застосуванням чисельного методу, виконані з метою обґрунтування раціональних параметрів способу кріплення та охорони підготовчої виробки, техніко-економічний аналіз розглянутих технологічних варіантів.

Наукові положення, що виносяться на захист.

1. Стійкість підготовчих виробок в слабких породах визначається величиною зміщень породного контуру, що залежать від коефіцієнта об'ємного розпушення приконтурного масиву, величина якого для порід покрівлі в 1,35 рази більш, ніж для порід підшви, зростає в міру віддалення від вибою за логарифмічною залежністю, а установка анкерів в забої виробки по її периметру з щільністю не менше $1,3 \text{ анк./м}^2$, закономірно знижує ступінь розпушення і зменшує зміщення в підшві до величини, котра не вимагає підривання, що дозволяє забезпечити достатню для нормальної роботи площу перерізу виробки до підходу першої лави.

2. В умовах глибоких вугільних шахт управління стійкістю виробок, що використовують повторно, розташованих в слабких породах, досягається встановленням металевих арочних податливого кріплення з кроком не більше

0,8 м в комбінації зі сталеполімерними анкерами в кількості не менше 10, двох канатних анкерів довжиною 6 м, а також таких охоронних конструкцій, жорсткість і ширина яких забезпечують залишкову площу перетину після проходження першої лави не менше 7 м^2 за умови подальшого виконання не більше одного підривання підосви для збільшення корисної площі перетину перед проходом другої лави.

Наукова новизна отриманих результатів:

- вперше для гірничо-геологічних і гірничотехнічних умов ШУ «Південно-донбаське №1» встановлено закономірності деформування масиву порід навколо підготовчих виробок в часі поза і в зоні впливу очисних робіт, що дозволило обґрунтувати параметри їх кріплення та охоронних конструкцій для можливості повторного використання;
- розроблена нова чисельна модель геомеханічної системи «масив-кріплення виробки-охоронна конструкція» з елементами комбінованого кріплення і охоронної конструкції, що дозволяє обґрунтувати раціональні параметри підтримки виробки для повторного використання;
- запропонований показник ремонтування P_p , що визначає ступінь складності підтримки виробки, як новий комплексний критерій геомеханічної і економічної доцільності систем забезпечення стійкості виробок з урахуванням вартості кріплення, матеріалів і робіт для її кріплення і ремонту;
- встановлено, що незважаючи на великі зміщення порід підосви, які перевищують зміщення контуру в боках і покрівлі виробки, об'ємне розпушення масиву порід у верхній частині масиву більше, ніж в нижній його частині, що пояснюється впливом ваги зруйнованих порід в покрівлі і більшими обсягами порід, залученими в процес здимання. Розпушення породного масиву від зміщень контуру у верхній і нижній частині зони непружних деформацій підпорядковуються одній залежності та взаємопов'язані між собою.

Наукове значення роботи полягає у встановленні закономірностей деформування геомеханічної системи «масив-кріплення виробки-охоронна конструкція» і обґрунтуванні раціональних параметрів кріплення і охоронних конструкцій виїмкових виробок з метою її повторного використання в складних геомеханічних умовах експлуатації.

Практичне значення роботи полягає в розробці:

- методики чисельного моделювання рамно-анкерного кріплення підготовчих і капітальних виробок вугільних шахт;
- рекомендацій з вибору параметрів комбінованого рамно-анкерного кріплення протяжних виробок в умовах великих деформацій породного масиву;
- методики оцінки витрат на спорудження і підтримку протяжних гірничих виробок з урахуванням обсягів ремонтних робіт;
- рекомендацій з повторного використання підготовчих виробок при відпрацюванні вугілля на пластах світи C в умовах підвищеного гірничого тиску.

Обґрунтованість і достовірність наукових положень, висновків, рекомендацій підтверджується коректною постановкою задач досліджень, застосуванням апробованих методів їх вирішення, задовільним збігом результатів

натурних вимірів і аналітичних розрахунків (розбіжність складає 18...20%), позитивним впровадженням результатів при забезпеченні стійкості виробок.

Реалізація результатів роботи. Розроблені «Рекомендації ...» і «Методика оцінки витрат на спорудження і підтримку протяжних гірничих виробок...» впроваджені на шахтах ПАТ «ДТЕК Павлоградвугілля» і при відпрацюванні 10-ї західної лави пласта C_{18} ШУ «Південнодонбаське №1». Результати досліджень можуть бути використані в аналогічних гірничо-геологічних і гірничотехнічних умовах вугільних шахт.

Особистий внесок автора полягає у формулюванні мети, задач досліджень, наукових положень, висновків і рекомендацій; виконанні комплексних шахтних досліджень, розробці чисельної моделі та проведенні комплексу аналітичних досліджень для обґрунтування раціональних параметрів кріплення і охорони виїмкових виробок в зоні впливу очисних робіт, розробці та впровадженні методик і рекомендацій у виробництво.

Апробація результатів досліджень. Основні положення дисертаційної роботи повідомлені, обговорені і схвалені на: регіональній наук.-практ. конференції «Проблеми гірничої технології» (Красноармійськ, КП Державного ВНЗ «ДонНТУ», 2014), XI Міжнародній наук.-техн. конференції «Розробка, використання та екологічна безпека сучасних вибухових речовин» (Кременчук-Свалява, КрНУ, 2015), міжнародній наук.-техн. конференції «Сталий розвиток промисловості та суспільства» (Кривий Ріг, Державний ВНЗ «КНУ», 2015, 2016, 2018), міжнародній наук.-техн. конференції молодих учених, аспірантів та студентів «Перспективи розвитку будівельних технологій» (Дніпро, Державний ВНЗ «НГУ», 2015, 2018), VII міжнародній наук.-техн. конференції молодих вчених, аспірантів і магістрантів «Енергетика. Екологія. Людина» (Київ, НТУ України «КП», 2015), міжнародній наук.-техн. конференції «Форум гірників» (Дніпро, Державний ВНЗ «НГУ», 2015, 2017, 2018), конференції молодих учених «Геотехнічні проблеми розробки родовищ» (Дніпропетровськ, ІГТМ НАН України, 2015), VIII міжнародному наук.-практ. форумі Донбас 2020: перспективи розвитку очима молодих вчених (Красноармійськ, КП Державного ВНЗ «ДонНТУ», 2016), IV Всеукраїнській наук.-техн. конференції студентів, аспірантів і молодих вчених «Молодь: наука та інновації» (Дніпро, Державний ВНЗ «НГУ», 2016-2018), II Міжнародній наук.-техн. інтернет-конференції «Інноваційний розвиток гірничодобувної галузі» (Кривий Ріг, Державний ВНЗ «КНУ», 2017).

Публікації. За темою дисертації опубліковано 23 наукових роботи, в т.ч. розділ в монографії, 7 – в спеціалізованих фахових періодичних виданнях (з них 5 – у журналах, які входять до міжнародних наукометричних баз), 15 – в збірниках матеріалів конференцій.

Структура і обсяг роботи. Дисертація складається з вступу, п'яти розділів, висновків, списку літературних джерел із 149 найменувань на 17 сторінках і 6 додатків на 19 сторінках. Містить 164 машинописних сторінки, 72 рисунки і 15 таблиць. Загальний обсяг дисертації становить 232 сторінки.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У **вступі** обґрунтовані актуальність теми дисертації, її зв'язок з науковими програмами, темами і планами, сформульовані мета, ідея і основні задачі роботи, предмет, об'єкт і методи досліджень, представлено наукові положення, які виносяться на захист, викладені наукова новизна та практична цінність отриманих результатів, а також відомості про реалізацію, апробацію та публікації основних результатів дисертації.

У **першому розділі** наведені основні відомості щодо гірничотехнічних умов видобутку вугілля в ШУ «Південнодонбаське №1» та перспектив його подальшої експлуатації, розглянуті загальні рекомендації щодо ефективних засобів з підвищення стійкості підготовчих виробок та їх повторного використання у складних гірничо-геологічних умовах, виконаний аналіз області раціонального застосування охоронних споруд та конструкцій для підтримки підготовчих виробок після проходження лави, розглянуті їх технологічні та економічні параметри.

Показано, що навіть у складних гірничо-геологічних умовах відпрацювання запасів вугілля, повторне використання виробок можливе за умов якісного дотримання технології спорудження виробок, застосування найбільш ефективних заходів з попередження деформацій та руйнування приконтурного масиву порід, виконання означених заходів безпосередньо у вибої виробки, що споруджується та під час проходження першої лави, тобто на етапі, коли породний масив не зазнав суттєвих порушень. Втім, в умовах очікуваних великих деформацій масиву порід, зокрема, при прогнозованому здиманні порід підосви виробки, зовсім відмовитись від проведення ремонтних робіт неможливо. Більш прийнятним є максимальне зменшення їх обсягів для забезпечення можливості економічно допустимого повторного використання виробок, що потребує обґрунтування відповідного критерію доцільності.

Проблемою забезпечення стійкості капітальних і підготовчих виробок в складних умовах експлуатації займалося багато вчених та наукових шкіл, зокрема Максимов О.П., Глушко В.Т., Дручко Є.Б., Зборщик М.П., Заславський Ю.З., Кошелєв К.В., Усаченко Б.М., Виноградов В.В., Дручко В.П., Парчевський Л.Я., Сдвижкова О.О., Шашенко О.М., Роєнко А.М., Халимендик Ю.М., Круковський О.П., Курносів С.А., Солодянкин О.В., Стовпник С.М., Гапєєв С.М. і багато інших. Однак, в кожному конкретному випадку необхідно враховувати особливості гірничо-геологічних умов, що завжди вимагає проведення нових досліджень.

На підставі виконаного в першому розділі роботи аналізу сформульовані мета, ідея дисертації і основні задачі досліджень.

Другий розділ дисертації присвячений вивченню деформаційних процесів, що відбуваються у виїмкових виробках і масиві порід навколо них в шахтних умовах. Як об'єкт досліджень обрано виїмкову ділянку 12-ої західної лави пласта C_{18} . Система розробки – стовпова.

Візуальне обстеження виробок виїмкової ділянки показало, що, в цілому, їх стан можна вважати задовільним і збереження виробки можливо при своєчасному виконанні дуже великого обсягу ремонтних робіт, що економічно недоцільно.

Ускладнює підтримку виробок наявність слабких порід схильних до обвалення і здимання. Основний вид деформації порід – здимання підосви. При цьому здимання не є локальним процесом, що відбувається тільки в породах підосви. Деформаційні процеси охоплюють весь приконтурний масив.

Інструментальні виміри виконувалися на контурних замірних станціях протягом 170 діб. На деяких станціях проводилася оцінка впливу підривання порід на швидкість зміщень.

Характерною особливістю деформаційних процесів як після проведення виробки, так і після підривання підосви, є інтенсифікація зміщень. Після підривання, інтенсивність зміщень підосви збільшується в середньому в 8 разів. Зміщення порід покрівлі теж зростають.

Також встановлено, що вплив рухомого вибою лави починає позначатися за 35...40 м до нього. Найбільш інтенсивні деформації відбуваються на відстані від 15 м до підходу лави і протягом 10 м після її проходу.

Для збереження необхідної корисної площі перерізу виробки для повторного її використання, виконувалося два підривання: перше – ще до підходу лави, друге – майже відразу після проходу. Крім того, для ефективного провітрювання виїмкової ділянки на відстані 230 м за вікном лави проводилось перекріплення виробки з підриванням підосви на висоту до 60 см.

Розглянута технологія збереження виробки для повторного використання є надзвичайно трудомісткою, витратною і необґрунтованою з точки зору геомеханіки поведінки приконтурного масиву порід.

В умовах великих глибин розробки, само по собі, традиційне металеве кріплення не перешкоджає розшаруванню оточуючих порід. Підривання підосви порушує рівноважний стан приконтурних порід. Зона деформованих порід навколо виробки ще більше зростає, збільшує навантаження на кріплення і призводить до необхідності перекріплення виробки. Практика підтримки виробок в складних умовах показує, що вже після 2-3-х підривань підосви виробку необхідно перекріплювати.

Зведений графік деформування приконтурного масиву порід в конвеєрному хіднику з моменту його проведення до стабілізації зміщень за першої лавою наведено на рис. 1. Загальна вертикальна конвергенція з урахуванням двох підривань і перекріплення виробки становить майже 2,0 м, з яких частка здимання становить 70%.

За результатами обробки вимірів встановлена залежність зміщень покрівлі і підосви від часу експлуатації виробки після її проведення до першого підривання порід підосви:

$$U_{CP} = 0,45d(a \ln(T) - b)\theta^{(0,9-C)}, \text{ м}, \quad (1)$$

де T – час експлуатації ділянки виробки, міс.; a й b – коефіцієнти, що залежать від показника умов розробки θ , (для підосви: $a_{\Pi} = 0,028$; $b_{\Pi} = 0,042$; для покрівлі: $a_{\text{К}} = 0,018$; $b_{\text{К}} = 0,012$); $\theta = R_{\text{CKC}}/\gamma H = 0,63$, R_{C} – міцність породного зразка на одновісний стиск; k_{C} – коефіцієнт структурного ослаблення; γ – об'ємна вага порід; H – глибина розробки; $c = 0,754$ і $d = 0,17$ – змінні, що залежать від коефіцієнта бічного розпору λ ($\lambda = 1$).

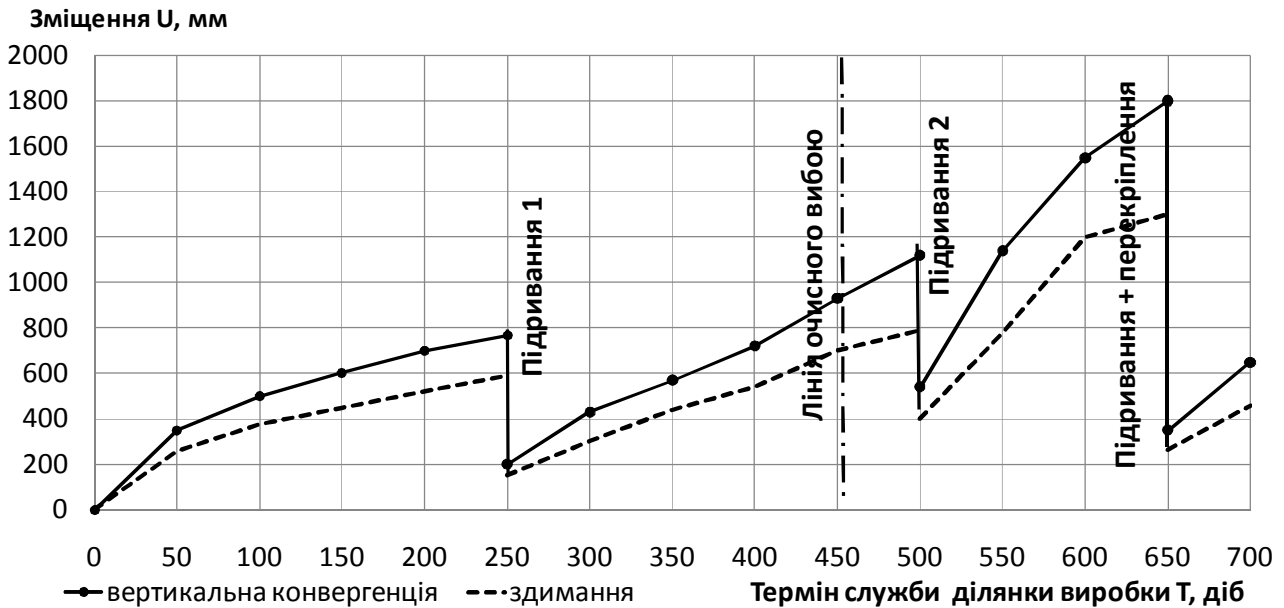


Рис. 1. Зведений графік деформування приконтурного масиву порід в конвеєрному хіднику

Для підвищення стійкості виробки в цих умовах і можливості її повторного використання необхідно, в першу чергу, знизити здимання порід підосви. Ефективним засобом для цього може стати анкерне кріплення приконтурного масиву порід.

Розділ 3 присвячений обґрунтуванню критерію доцільності повторного використання виробки.

Остаточний вибір кріплення і засобів охорони повинен прийматися з урахуванням критерію, що визначає ефективну і економічно доцільну експлуатацію виробки. Останнім часом низкою дослідників запропоновані різні критерії.

І.М. Поповичем як критерій пропонуються зміщення контуру виробки величиною не більше 0,4 м, що забезпечують на сполученні з лавою достатній для подальшої експлуатації залишковий перетин штреку. О.О. Логуноюю як критерій економічної доцільності повторного використання виробки пропонується значення залишкової площі перетину $S_{\text{Зал}} \geq 8,5 \text{ м}^2$. І.В. Дудкою для умов ДП «Антрацит» прийнята залишкова площа перетину штреку величиною не менше $8,0 \text{ м}^2$.

Розглянуті критерії, по суті, включають дві необхідні умови:

– технологічна – площа поперечного перерізу виробки на сполученні з лавою повинна бути достатньою для розміщення обладнання і безпечного виконання робіт;

– економічна – сумарні витрати на проведення і підтримку виробки повинні бути менше вартості проведення нової.

Технологічні заходи, прийняті на шахті для збереження експлуатаційних функцій виїмкової виробки і можливості її повторного використання – періодичні підривання підосви, недоцільні з економічної умови та, що більш важливо, неприйнятні за геомеханічним фактором. Фактично, після кожного підривання зміщення приконтурного масиву порід інтенсифікуються, призводять до надмі-

рних деформацій металевого кріплення, стійкість виробки знижується, і після другого підривання потрібно її перекріплення – досить дорогий і трудомісткий захід для підтримання виробки, спровокований появою некерованих деформацій системи «кріплення-масив».

Тому при обґрунтуванні критерію було розглянуто ще одну умову – геомеханічну, яка може бути сформульована так: *взаємодія елементів кріплення і охоронної конструкції з породним масивом не повинні призводити до некерованих деформацій приконтурного масиву, наприклад, до перекріплення.*

Інтенсивне здимання та опускання порід покрівлі призводять до деформацій і руйнування кріплення, викликають необхідність проведення ремонтних робіт. Тому вартість підтримання виробки за весь термін її служби буде включати вартість її спорудження, а також вартість підривання підосви і перекріплення:

$$C_{\text{ПДТР}} = C_{\text{К}} + C_{\text{ПДТР}} + C_{\text{ПЕР}} = C_{\text{К}} + C_{\text{ПДР}}^I \cdot n + C_{\text{ПЕР}}^I \cdot m, \quad (2)$$

де n – кількість підривань за весь термін служби: $n = U_{\text{П}}/U_{\text{П}}^*$; m – кількість перекріплень за весь термін служби виробки: $m = U_{\text{КР}}/U_{\text{КР}}^*$; $U_{\text{П}}^* = U_{\text{КР}}^* = 0,6$ м – критичні зміщення порід підосви і покрівлі, при якій проводиться підривання або перекріплення виробки відповідно; $U_{\text{П/К}} = U_{\text{П/К1}} + U_{\text{П/К2}} + \dots + U_{\text{П/К N}}$ – загальні зміщення підосви/покрівлі за весь час експлуатації виробки; $C_{\text{ПДР}}^I$ – вартість одного підривання; $C_{\text{ПЕР}}^I$ – вартість одного перекріплення.

Знаючи загальну вертикальну конвергенцію, можна визначити число підривань і перекріплень за певний термін служби виробки.

За вартість разового ремонту взята вартість підривання. При цьому встановлено, що для умов шахти «Південнодонбаська №1», вартість перекріплення в 2,5 рази більше вартості підривання: $C_{\text{ПЕР}}^I = 2,5 C_{\text{ПДР}}^I$.

Тоді вартість виробки з урахуванням витрат на її підтримання можна виразити формулою:

$$C_{\text{ПДТР}} = C_{\text{К}} + n C_{\text{ПДР}}^I + 2,5 m C_{\text{ПДР}}^I = C_{\text{К}} + C_{\text{ПДР}}^I (n + 2,5 m),$$

$$C_{\text{ПДТР}} = C_{\text{К}} + P_{\text{П}} C_{\text{ПДР}}^I, \quad (3)$$

де $P_{\text{П}} = (n + 2,5 m)$ – показник ремонтування виробки.

Допускаючи, що протягом терміну служби виїмкових виробок зміщення підосви зумовляють не більше одного підривання ($n \leq 1,0$), а зміщення покрівлі не призведуть до перекріплення, тобто не перевищать величину податливості ($m \leq 0,5$), показник ремонтування повинен бути не більше $P_{\text{П}}^* = k_3 (1 + 2,5 \cdot 0,5) = 2,0$, де $k_3 = 0,9$ – коефіцієнт запасу.

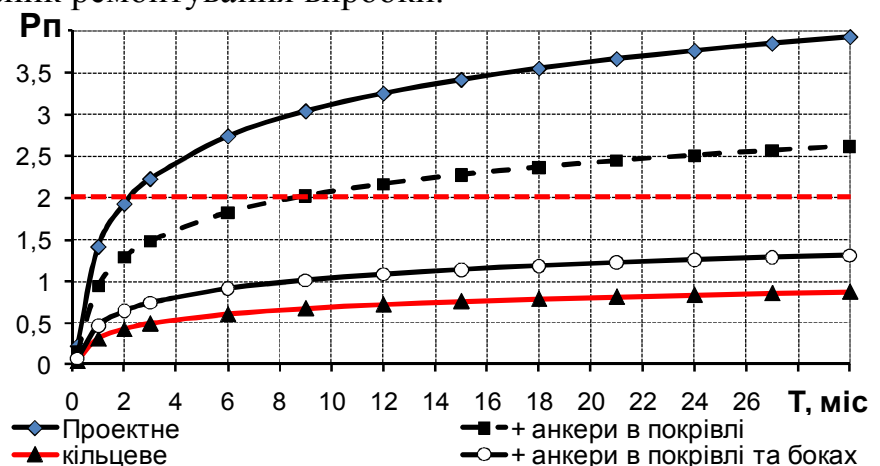


Рис. 2. Зміна показника ремонтування виробки $P_{\text{П}}$ від терміну служби

Зміна показника ремонтування виробки P_{Π} від часу її експлуатації і типу кріплення наведені на рис. 2. Як було показано вище, раціональним з точки зору розвитку деформаційних процесів і економічно ефективним за витратами є конструкції кріплень, показник ремонтування яких не перевищує $P_{\Pi} \leq 2,0$. Таким кріпленням є кільцеве ($P_{\Pi} = 0,95$) і рамно-анкерне, з анкерами, встановленими по всьому периметру виробки ($P_{\Pi} = 1,3$, тобто за час експлуатації буде потрібне одне підривання).

У розділі 4 вирішена задача обґрунтування параметрів кріплення виробки для забезпечення її стійкості до підходу першої лави. Дослідження виконувалися із застосуванням чисельного методу з використанням програмного комплексу *Phase-2* компанії *Rockscience*.

Перший етап розрахунків був спрямований на адаптацію деформаційної моделі породного масиву (рис. 3) до реальних властивостей порід та умов експлуатації виробок. Отримані значення переміщень відповідають реальним умовам експлуатації конвеєрного хідника (рис. 4).

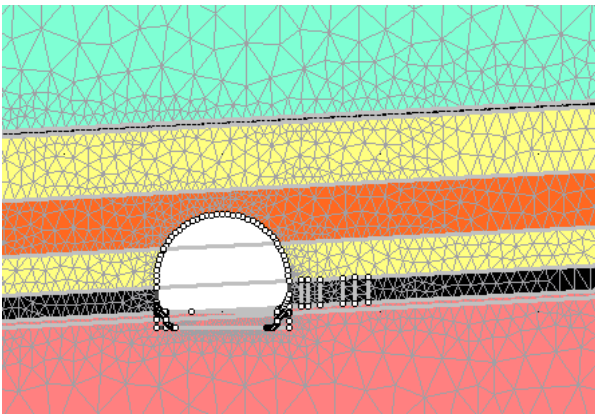


Рис. 3. Скінчено-елементна модель виробки, що досліджується

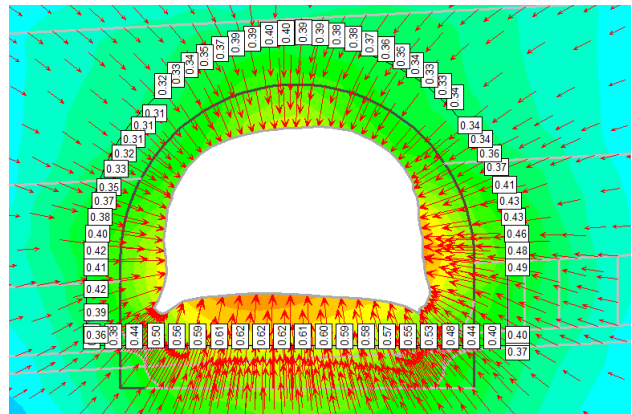


Рис. 4. Зміщення контуру виробки до впливу очисних робіт

Здимання підшови унеможлиблює експлуатацію виробки. Тому до підходу лави проводиться підривання порід. Цей процес змодельований шляхом «виїмки» порід у виробці на величину підняття підшови. Встановлено, що площа зруйнованих порід навколо виробки після підривання збільшується на 14 м^2 (рис. 5).

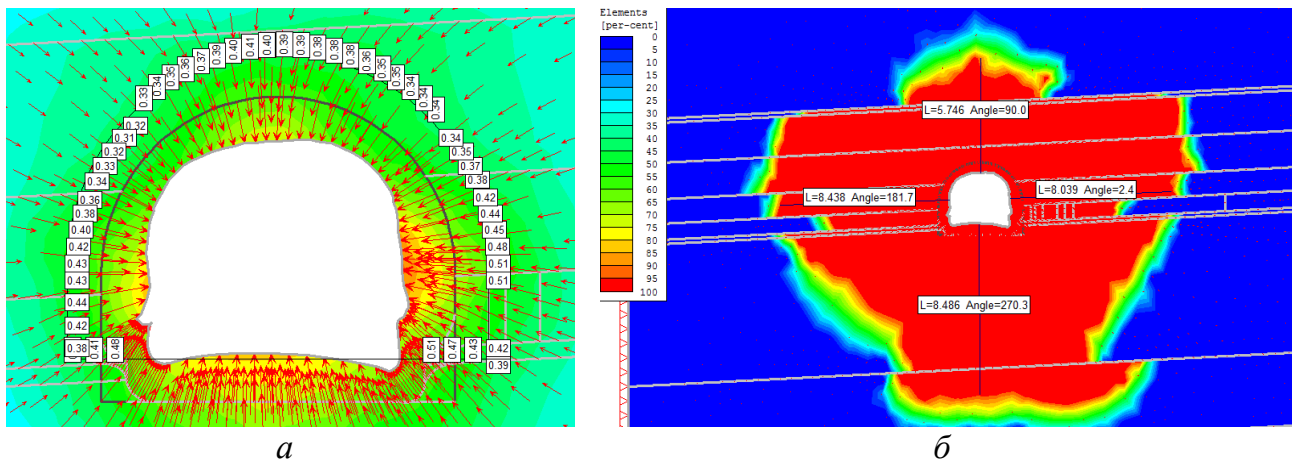


Рис. 5. Зміщення контуру виробки (а) і зона зруйнованих порід (б) після підривання підшови

Зміщення контуру виробки, безумовно, пов'язані з розмірами зони зруйнованих порід і з розпушуванням порід в цій зоні. Чисельні результати не дозволяють оцінити ступінь розпушення порід в приконтурному масиві. Тому далі розглянуто питання розпушення порід в масиві навколо виробки.

Об'ємне розпушування в приконтурному масиві порід визначається загальним обсягом порід, що змістилися у виробку, в тому числі з урахуванням проведення декількох підривань (рис. 6). Ці обсяги можуть бути визначені через площі ділянок масиву, залучених в активний процес деформування. Деформування порід покрівлі і підшви розглянуті окремо:

$$\text{– об'ємне розпушення порід підшви } \beta_{\Pi} = 1 + \frac{2U_{\Pi}}{1,35\pi R_0} \quad (4)$$

$$\text{– об'ємне розпушення порід покрівлі } \beta_K = 1 + \frac{2R_0 U_K - U_K^2}{R_L'^2 - R_0^2} \quad (5)$$

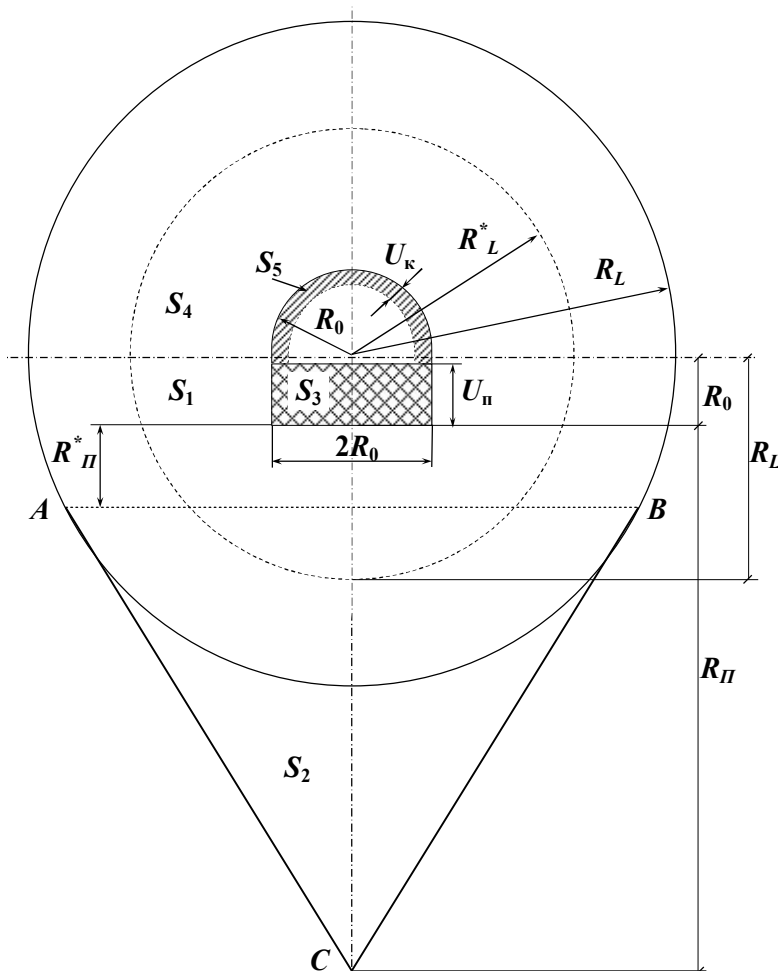


Рис. 6. Розрахункова схема до визначення коефіцієнта об'ємного розпушення

дасть значно більший ефект для підвищення стійкості виробки.

Тому зменшити здимання порід можна за рахунок встановлення анкерів в покрівлі і боках виробки. Це призведе до зниження зміщень породного контуру і підвищить стійкість виробки.

Залежності коефіцієнта пластичного розпушення порід від зміщень контуру підшви і покрівлі за час експлуатації виробки наведені на рис. 7.

Їх аналіз показав: незважаючи на те, що зміщення порід підшви істотно перевищують зміщення в боках і покрівлі виробки, об'ємне розпушення у верхній частині масиву більше, ніж у нижній в 1,35 рази. Це можна пояснити впливом ваги зруйнованих порід в покрівлі – на збільшення розпушення, в підшві – на його зменшення. Крім того, в процес здимання підшви залучений більший обсяг порід навколо виробки.

Позитивним фактором є те, що вплив елементів підсилення на більш податливий масив – покрівлю та боки,

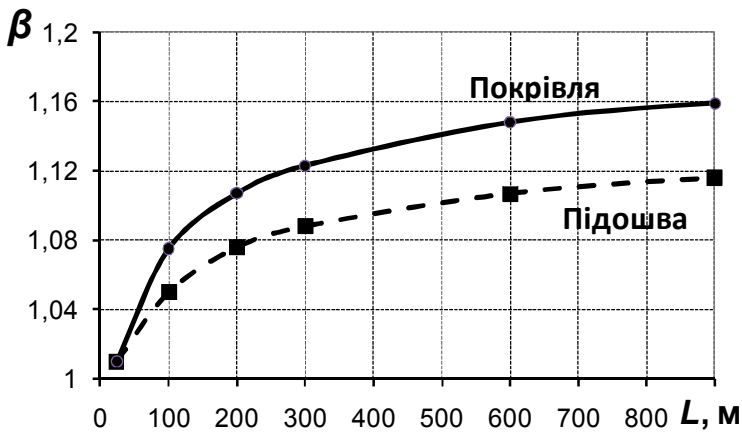


Рис. 7. Залежність коефіцієнта пластичного розпушення β порід від відстані до вибою

На другому етапі рішення задачі приконтурний масив зміцнювався анкерами. Умовою збереження нормального стану виробки при проході першої лави є зміщення порід підосви на величину не більше 0,4 м,

при якому підривання порід ще не потрібно.

Однак, на даній стадії необхідно врахувати вплив очисних робіт. Для цього вводиться коефіцієнт привантаження, що дорівнює $k_{\text{ДР}} = 1,3$. Величина коефіцієнта була обґрунтована раніше з розгляду 3D моделі шахтного поля.

Результати моделювання наведені на рис. 8-10. Встановлено, що зміщення порід підосви знижуються до необхідної величини при використанні не менше 10 анкерів.

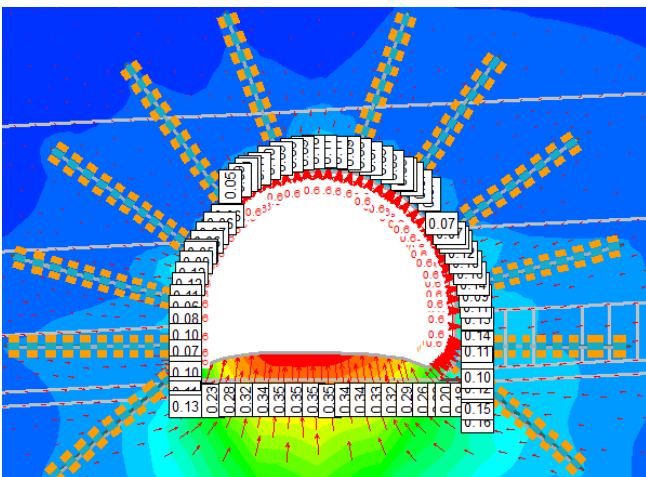


Рис. 8. Зміщення контуру виробки при установці 12 анкерів

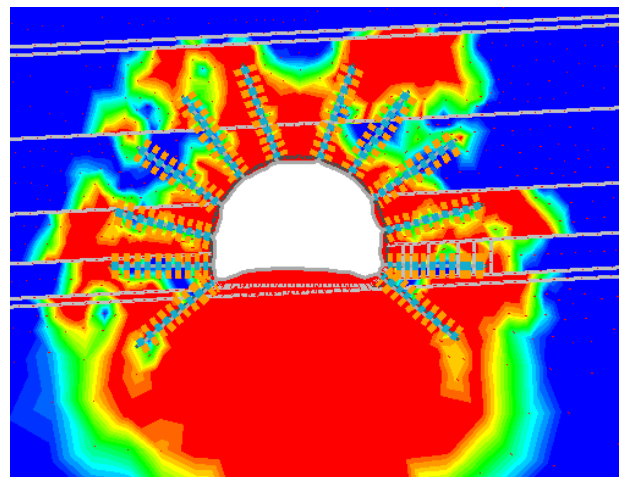


Рис. 9. Зона зруйнованих порід при установці 12 анкерів

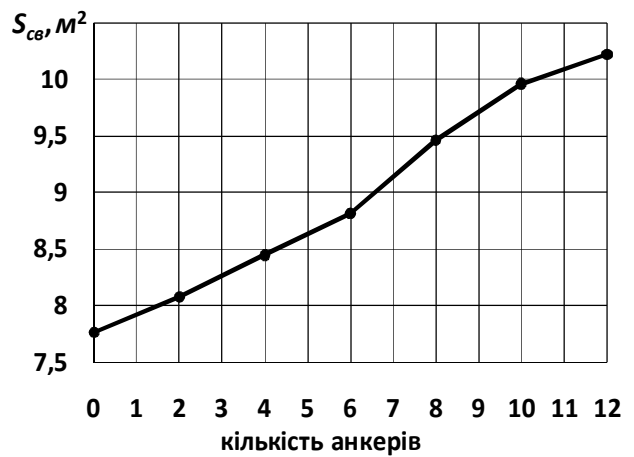
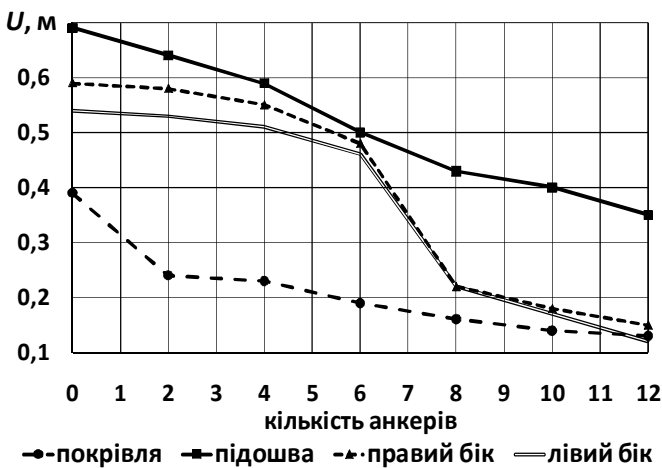


Рис. 10. Вплив кількості анкерів на зміщення контуру (а) і перетин виробки (б)

У розділі 5 виконаний комплекс досліджень з обґрунтування параметрів охоронних конструкцій для підтримки виробки після проходу лави, а також виконано оцінку вартості способу підтримки виробки з урахуванням обсягів ремонтних робіт.

Для охорони виробки були розглянуті накатна смуга зі шпального бруса і смуга з матеріалу Tekhard шириною від 1 до 3 м. Крім того, розглядалося використання канатних анкерів.

На (рис. 11) наведені зміщення контуру і зони руйнування навколо виробки для смуги зі шпального бруса. Аналіз результатів показує, що на поліпшення стану виїмкових виробок більшою мірою впливає збільшення ширини охоронної смуги з 1,5 до 2,0 м. Подальше збільшення ширини не призводить до істотного впливу, проте різко збільшує трудомісткість її зведення і вартість.

Збільшення ширини смуги і кількості канатних анкерів призводять до зростання над охоронною конструкцією зони не зруйнованих порід. Це знижує зміщення контуру виробки, збільшує корисну площу поперечного перерізу і зменшує ступінь несиметрії навантаження. Вибір місця установки канатних анкерів диктувався місцем розташування саме цієї зони порід основної покрівлі.

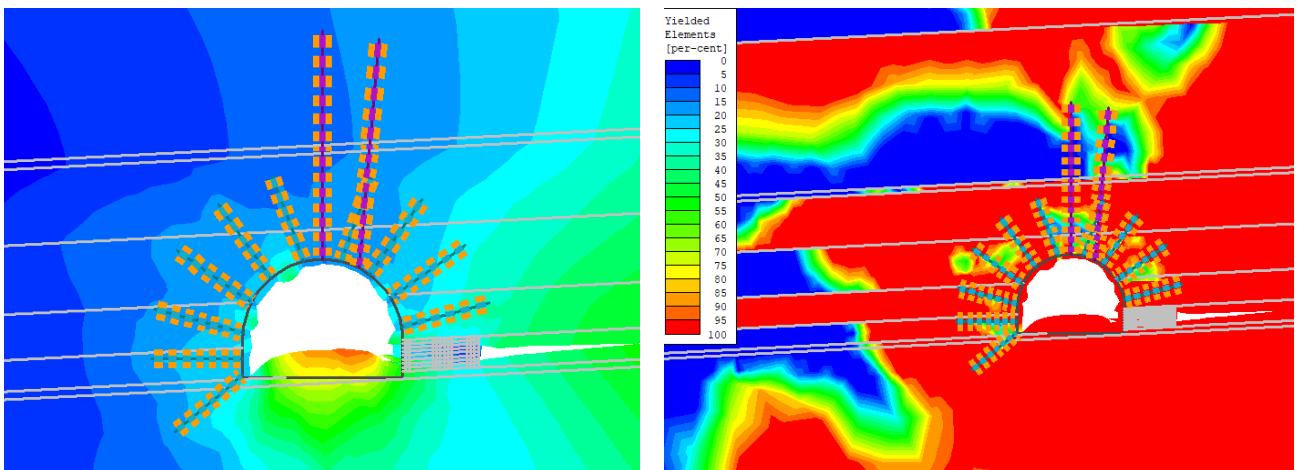


Рис. 11. Зміщення контуру виробки і зона зруйнованих порід при установці 2-х канатних анкерів і охоронної смуги зі шпального бруса шириною 3 м

Порівняння отриманих результатів доводить, що за ступенем ефективності в плані зниження зміщень контуру і збільшення корисної площі перерізу виробки, смуга Tekhard шириною 1...1,25 м рівноцінна накатній смузі з шпального бруса шириною 1,5...2,0 м (рис. 12). Залишкова площа перетину ходка після проходу першої лави при

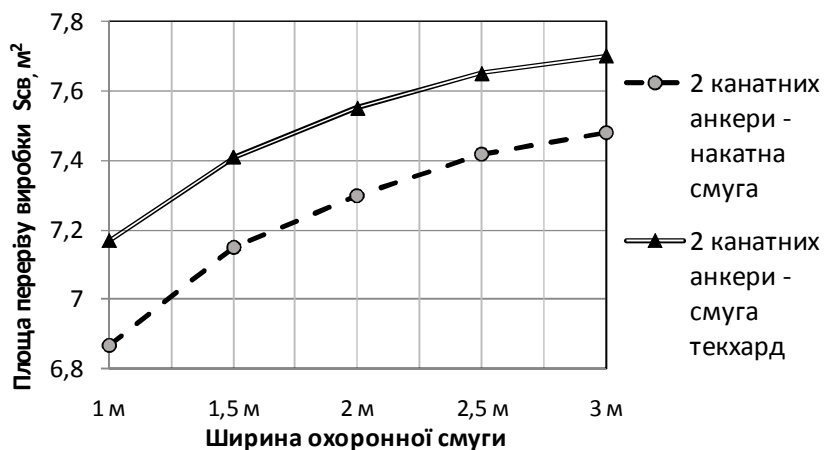


Рис. 12. Порівняння ефективності застосування охоронних смуг

цьому становить не менше 7 м^2 . Заплановане одноразове підривання дозволить збільшити перетин виробки ще на $2,2 \text{ м}^2$.

Шахтна перевірка способу кріплення і охорони проводилися в конвеєрному хіднику 10-ї західної лави пласта C_{18} . Стан виробки під час експлуатації був задовільним.

Результати техніко-економічного аналізу розглянутих способів кріплення та охорони виробки для повторного використання з урахуванням витрат на зведення кріплення і охоронної смуги, а також з урахуванням фактичних і запланованих обсягів ремонтних робіт наведені в табл. 1.

Таблиця 1

Обсяги впровадження охоронних конструкцій, оцінка стану і обсягів робіт з ремонту ділянок конвеєрного хідника

№	Контрольовані параметри	Конструкція охоронного об'єкта			
		Варіант 1 (проектн)	Варіант 2 (проектн)	Варіант 3 (пропон)	Варіант 4 (пропон)
1	Середнє значення вертикальної конвергенції δ_v , мм	2200	2400	710	800
2	Сумарна потужність шару підривання порід підшви, m_n , м	1790	1750	590	530
3	Кількість підривань	3	3	1	1
4	Обсяг перекріплення, %	30	50	–	10
5	Показник ремонтування, $P_{\text{п}}$	5,19	5,38	1,48	2,01
6	Величина прямих витрат з урахуванням ремонтних робіт, грн./м	21680	13591	20564	12805

Отримані значення свідчать, що більш економічним є варіант з використанням рамно-анкерного кріплення, охоронної смуги з шпального бруса в комплекті з дерев'яним органічним кріпленням шириною $2,0 \text{ м}$, а також з встановленням двох канатних анкерів.

Запропонована схема кріплення та охорони конвеєрного хідника наведена на рис. 13.

Економічний ефект від впровадження запропонованої схеми охорони виробки для її повторного використання склав 786 грн./м .

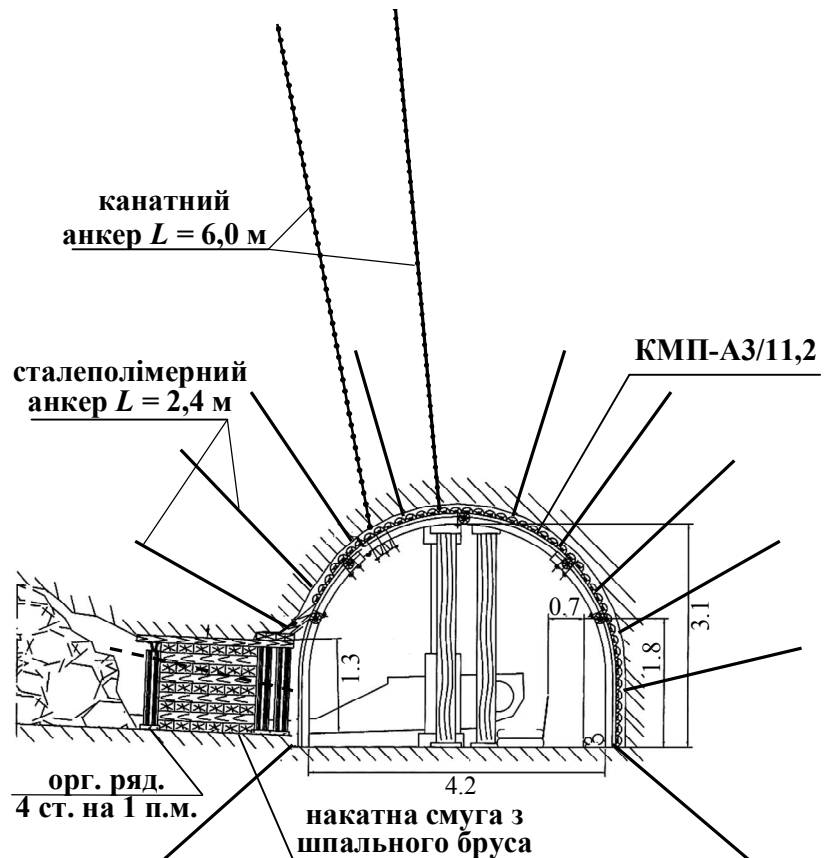


Рис. 13. Схема кріплення та охорони конвеєрного хідника, що запропонована

ВИСНОВКИ

Дисертація є завершеною науково-дослідною роботою, в якій на основі вперше встановлених закономірностей деформування геомеханічної системи «масив-кріплення виробки-охоронна конструкція» вирішено актуальне науково-технічне завдання, яке полягає в обґрунтуванні параметрів кріплень і охоронних конструкцій, що дозволяють забезпечити стійкість і повторно використовувати виїмкову виробку при стовповій системі розробки в складних геомеханічних умовах глибоких вугільних шахт.

Основні наукові і практичні результати роботи.

1. Виконано аналіз поточного стану і перспектив розвитку вугільної промисловості України, що дозволило зробити висновок про необхідність широкого впровадження ресурсозберігаючих технологій для зниження собівартості вугілля і підвищення рентабельності державних підприємств. В цьому плані повторне використання підготовчих виробок є актуальним напрямом підвищення ефективності гірничих робіт.

2. Виконано комплекс шахтних досліджень в умовах шахти «Південнодонбаська №1», за результатами якого встановлено залежності зміщень контуру виробки після проходки і підривання підосви від часу її експлуатації. Показано, що підривання порід підосви, що проводиться на різних етапах існування виробки призводить до інтенсифікації деформаційних процесів в приконтурному масиві порід і викликає необхідність перекріплення.

3. Запропоновано показник ремонтування P_{Π} , як комплексний критерій ефективності застосування систем забезпечення стійкості виробок, який визначається для конкретних гірничо-геологічних і гірничотехнічних умов експлуатації, з урахуванням вартості кріплення, матеріалів, робіт і обладнання для її кріплення і ремонту.

4. Для умов шахти «Південнодонбаська №1», виконаний комплекс чисельних досліджень, що дозволило встановити закономірності протікання деформаційних процесів в приконтурному масиві порід на різних етапах експлуатації виробки та при різних типах кріплення і охоронних конструкцій.

5. Виконано моделювання процесу підривання порід підосви в конвеєрному хіднику і показаний її негативний вплив на подальший стан протяжної виробки, обумовлений різким збільшенням площі зруйнованих порід приконтурного масиву і підвищенням ступеня їх розпушення.

6. Встановлено, що незважаючи на великі зміщення порід підосви, які перевищують зміщення контуру в боках і покрівлі виробки, об'ємне розпушення масиву порід у верхній частині масиву більше, ніж в нижній його частині, що пояснюється впливом ваги зруйнованих порід в покрівлі і більшими обсягами порід, залученими в процес здимання. Розпушення породного масиву від зміщень контуру у верхній і нижній частині зони непружних деформацій підпорядковуються одній залежності та взаємопов'язані між собою.

7. Встановлено, що обмеження зміщень порід в підосві до необхідної величини (40 см) досягається вже при 10 анкерах. При цьому перетин виробки становить не менше $S_{CB} = 10,0 \text{ м}^2$. Це дозволяє забезпечити достатній для нор-

мальної роботи перетин виробки до підходу лави без проведення підривання порід підосви.

8. Обґрунтовано параметри кріплень і охоронних конструкцій виїмкових виробок, що дозволяє їх економічно доцільне повторне використання у складних геомеханічних умовах шахти «Південнодонбаська №1».

9. Розрахунковий економічний ефект від впровадження запропонованих рішень склав 786 грн./м виробки, що використовується повторно.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Машурка С.В. Экономическое обоснование целесообразности повторного использования конвейерных штреков // В монографии: Повторное использование подготовительных выработок угольных шахт / А.О. Логунова, М.В. Барабаш, А.И. Дубовик. – Днепропетровск: Литограф, 2015. – С. 19-24.

2. Машурка С.В. Обеспечение устойчивости участковых выработок для повторного использования в условиях ГП «Шахтоуправление «Южнодонбасское №1» / А.В. Солодянкин, С.В. Машурка, И.В. Дудка, О.А. Кузьева // Сучасні ресурсоенергозберігаючі технології гірничого виробництва. – 2015. – № 1 (15). – С. 96-105. (Наукометричная база **Index Copernicus**).

3. Машурка С.В. Обоснование параметров крепления участковых выработок в условиях ГП «Шахтоуправление «Южнодонбасское №1» / Е.А. Сдвижкова, А.В. Солодянкин, Д.В. Бабец, С.В. Машурка, О.А. Кузьева // Вісник Криворізького національного університету. – 2015. – Вип. 39. – С. 19-23. (Наукометричная база **Index Copernicus**).

4. Машурка С.В. Шахтные исследования геомеханических процессов в окрестности участковых выработок ГП «Шахтоуправление «Южнодонбасское №1» / А.В. Солодянкин, А.Е. Григорьев, А.В. Халимендик, С.В. Машурка // Геотехнічна механіка. – Дніпропетровськ: ІГТМ НАН України. – 2015. – Вип. №123. – С. 87-98.

5. Машурка С.В. К вопросу об эффективности повторного использования выработок в сложных геомеханических условиях / А.В. Солодянкин, С.В. Машурка, И.В. Дудка // Сучасні ресурсоенергозберігаючі технології гірничого виробництва. – 2015. – № 2 (16). – С. 99-109. (Наукометричная база **Index Copernicus**).

6. Машурка С.В. Оценка интенсивности ремонтных работ и устойчивость протяженных горных выработок / А.В. Солодянкин, С.В. Машурка // Вісник Криворізького національного університету. – 2016. – Вип. 41. – С. 97-102. (Наукометричная база **Index Copernicus**).

7. Машурка С.В. Количественная оценка устойчивости протяженных выработок с учетом выполнения ремонтных работ / А.В. Солодянкин, С.В. Машурка // Вісті Донецького гірничого інституту. – 2016. – № 1(38). – С. 54-60.

8. Mashurka S.V. Criterion to select rational parameters of supports to reduce expenditures connected with construction and maintenance of development working / O.V. Solodyankin, S.V. Mashurka, O.Y. Hryhoriev, I.V. Dudka // Naukovyi visnyk

Natsionalnoho hirnychoho universytetu. – 2017. – No 2. – P. 19-27. (Наукометрична база **Scopus**).

9. Машурка С.В. Устойчивость геомеханической системы «подготовительная выработка-лава-охранная конструкция» в условиях шахт ГП «Селидовуголь» / А.В. Солодянкин, А.О. Логунова, Ю.В. Каргаполов, С.В. Машурка // Проблемы гірничої технології: матеріали регіональної наук.-практ. конференції, Красноармійський індустріальний інститут ДВНЗ «ДонНТУ», 28 листопада 2014 р. – Красноармійськ, КІІ ДВНЗ «ДонНТУ», 2014. – С. 101-108.

10. Машурка С.В. Исследование геомеханической системы «Подготовительная выработка-лава-охранная конструкция» в условиях шахты «1/3 Новогородовская» ГП «Селидовуголь» / С.В. Машурка, М.Э. Мищенко // Розробка, використання та екологічна безпека сучасних гранульованих та емульсійних вибухових речовин: матеріали XI Міжнародної наук.-техн. конф., Кременчук-Свалява, 1-7 лютого 2015 р. – Кременчук: КрНУ, 2015. – С. 85-88.

11. Машурка С.В. Обеспечение устойчивости подготовительных выработок в условиях шахты «Южнодонбасская №1» / А.В.Солодянкин, А.Е.Григорьев, А.В. Халимендик, С.В. Машурка // Перспективы развития строительных технологий: материалы 9-й междунар. науч.-практ. конф. молодых ученых, аспирантов и студентов, 23-24 апреля 2015 г. – Д.: НГУ, 2015. – С. 221-227.

12. Машурка С.В. Обеспечение устойчивости подготовительных выработок в условиях ГП «Шахтоуправление «Южнодонбасское №1» / А.В. Солодянкин, С.В. Машурка, М.Э. Мищенко // Сталий розвиток промисловості та суспільства: Матеріали міжнародної наук.-техн. конф., Кривий Ріг, 20-22 травня 2015 р. – Кривий Ріг: КНУ, 2015. – С. 25.

13. Машурка С.В. Исследования геомеханических процессов в окрестности выработок выемочного участка шахты «Южнодонбасская №1» / С.В. Машурка, О.А.Кузьева, А.В. Солодянкин // Перспективы развития горного дела и подземного строительства: материалы VII-й междунар. науч.-техн. конф. молодых ученых, аспирантов и магистрантов «Энергетика. Экология. Человек», 27-29 мая 2015 г. – Киев: «Допомога» УСІ», 2015. – С. 49-54.

14. Машурка С.В. Дослідження геомеханічних процесів навколо підготовчих виробок в умовах ДП «Шахтоуправління «Південнодонбаське №1» / С.В. Машурка // Форум гірників-2015: матеріали міжнародної наук.-техн. конф. 30 вересня-3 жовтня 2015 р., Дніпропетровськ. – Д: РВК НГУ. – 2015. – Т. 2. – С. 7-12.

15. Машурка С.В. Количественная оценка устойчивости протяженных выработок с учетом выполнения ремонтных работ / А.В. Солодянкин, С.В. Машурка // Донбас 2020: перспективи розвитку очима молодих вчених: Матеріали VIII міжнародного наук.-практ. форуму, Красноармійськ, 31 травня-1 червня 2016 р. – Красноармійськ: ДонНТУ, 2016. – С. 16-21.

16. Машурка С.В. Критерий выбора рациональных параметров крепи для снижения затрат на поддержание выработки / С.В. Машурка // Молодь: наука та інновації – 2016: Матеріали IV Всеукраїнської наук.-техн. конф. студентів, аспірантів і молодих вчених (Дніпро, 6-7 грудня 2016 р.). – Д.: ДВНЗ «НГУ». – 2016. – С. 14-16.

17. Машурка С.В. Обоснование рациональных параметров крепи выработки в условиях больших деформаций приконтурного массива / А.В. Солодянкин, С.В. Машурка, И.В. Дудка // Форум гірників-2017: Матеріали міжнародної конференції 4-7 жовтня 2017 р. – Дніпро: РВК НГУ. – 2017. – С. 101-106.

18. Машурка С.В. Обоснование рациональных параметров способа охраны выемочной выработки для повторного использования / С.В. Машурка, Т.В. Дараган // Молодь: наука та інновації 2017: Матеріали V Всеукраїнської наук.-техн. конф студентів, аспірантів і молодих учених (Дніпро, 28-29 листопада 2017 р.). Том 7. Геомеханіка. – Д.: ДВНЗ «НГУ», 2017. – С. 6-7.

19. Машурка С.В. Обоснование параметров способа охраны подготовительной выработки для повторного использования / А.В. Солодянкин, И.В. Дудка, С.В. Машурка // Інноваційний розвиток гірничодобувної галузі: Матеріали II Міжнар. наук.-техн. інтернет-конференції. Кривий Ріг, 14 грудня 2017 р. – Кривий Ріг: КНУ, 2017. – С. 158.

20. Машурка С.В. Оценка степени разрыхления пород в приконтурной области массива в условиях больших деформаций / С.В. Машурка // Перспективы развития строительных технологий: материалы 12-й междунар. науч.-практ. конф. молодых ученых, аспирантов и студентов, 19-20 апреля 2018 г. – Д.: НТУ «Днепровская политехника», 2018. – С. 72-76.

21. Машурка С.В. Оцінка рівня розпушення порід приконтурної області навколо виробки в умовах великих деформацій масиву / О.В. Солодянкін, С.В. Машурка // Розвиток промисловості та суспільства: Матеріали міжнар. наук.-техн. конф., Кривий Ріг, 23-25 травня 2018 р. – Кривий Ріг: КНУ, 2018. – С. 57.

22. Машурка С.В. Обоснование рациональных параметров способа охраны выработки на сопряжении с лавой на шахте «Южнодонецкая №1» / А.В. Солодянкин, С.В. Машурка, И.В. Дудка, А.Е. Григорьев // Форум гірників-2018: Матеріали міжнародної конференції 10-12 жовтня 2017 р. – Дніпро: НТУ «Дніпровська політехніка». – 2018. – С. 115-124.

23. Машурка С.В. Критерий выбора рациональных параметров способа охраны выемочной выработки для повторного использования / С.В. Машурка, Н.А. Белошапкин // Молодь: наука та інновації 2018: Матеріали VI Всеукр. наук.-техн. конф. студентів, аспірантів і молодих учених (Дніпро, 15-16 листопада 2018 р.). Том 7. – Д.: НТУ ДП, 2018. – С. 34-35.

Особистий внесок автора в роботи, що опубліковані у співавторстві:

[1] – техніко-економічна оцінка доцільності повторного використання виробки; [2, 3, 8, 9, 10, 13] – виконання чисельних розрахунків, аналіз результатів, формулювання висновків; [4, 11] – проведення натурних досліджень, аналіз їх результатів; [5, 12] – узагальнення та аналіз інформації з питань підтримки виробок, обґрунтування ефективних напрямів з підвищення стійкості виробок; [6, 7, 8, 15, 23] – обґрунтування показника ремонтування виробки; [17, 18, 19, 22] – обґрунтування параметрів способу охорони виробки для повторного її використання; [21] – проведення аналітичних досліджень, аналіз їх результатів.

АНОТАЦІЯ

Машурка С.В. Геомеханічне обґрунтування параметрів комбінованого кріплення і способу охорони виробок, що використовують повторно в складних гірничо-геологічних умовах. – Кваліфікаційна наукова робота на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.15.09 – «Геотехнічна і гірнича механіка». – Національний технічний університет «Дніпровська політехніка» – Дніпро, 2019.

Метою роботи є обґрунтування раціональних параметрів геомеханічної системи «масив-виробка-охоронна конструкція», при яких можливо економічно ефективно повторно використання виробок в складних гірничо-геологічних умовах.

Вперше для складних умов ШУ «Південнодонбаське №1» встановлено закономірності деформування масиву порід навколо підготовчих виробок в часі, що дозволило обґрунтувати параметри їх кріплення і охоронних конструкцій для можливості повторного використання.

Запропонований показник ремонтування $R_{\text{П}}$, що визначає ступінь складності підтримання виробки і є новим комплексним критерієм геомеханічної і економічної доцільності систем забезпечення стійкості виробок.

Встановлені закономірності зміни об'ємного розпушення масиву порід навколо виробки в умовах великих зміщень породного контуру

Виконаний комплекс чисельних досліджень, що дозволило визначити параметри комбінованого кріплення і охоронної конструкції для забезпечення стійкості виробки на всіх етапах її експлуатації.

Ключові слова: підготовча виробка, здимання порід, підтримання виробки, показник ремонтування, анкерне кріплення, охоронна смуга

АННОТАЦИЯ

Машурка С.В. Геомеханическое обоснование параметров комбинированной крепи и способа охраны выработок, используемых повторно в сложных горно-геологических условиях. – Квалификационная работа на правах рукописи.

Диссертация на соискание степени кандидата технических наук по специальности 05.15.09 – «Геотехническая и горная механика». – Национальный технический университет «Днепропетровская политехника». – Днепр, 2019.

Целью исследований, выполненных в диссертации, является обоснование рациональных параметров геомеханической системы «массив-выработка-охранная конструкция», при которых возможно экономически эффективное повторное использование выработок при столбовой системе отработки угля в сложных горно-геологических условиях.

Впервые для сложных условий ШУ «Южнодонбасское №1» установлены закономерности деформирования массива пород вокруг подготовительных выработок во времени вне и в зоне влияния очистных работ, что позволило обосновать параметры их крепи и охранных конструкций для возможности повторного использования.

Разработана новая численная модель геомеханической системы «массив-подготовительная выработка-охранная конструкция» с элементами комбинированной крепи и охранной конструкции, что позволило определить рациональные параметры системы «крепь-массив» для обеспечения устойчивости выработки на всех этапах ее эксплуатации.

Предложен показатель ремонтируемости $R_{\text{п}}$, который определяет степень сложности поддержания выработки во время ее эксплуатации и является, по сути, новым комплексным критерием геомеханической и экономической целесообразности систем обеспечения устойчивости выработок (повторного использования, в частности) с учетом стоимости крепи, материалов, работ и оборудования для ее крепления и ремонта.

Установлены закономерности изменения объемного разрыхления массива пород вокруг выработки в условиях больших смещений породного контура. Показано, что устойчивость подготовительной выработки в слабых породах определяется величиной смещений породного контура, зависит от коэффициента объемного разрыхления приконтурного массива, величина которого для пород кровли в 1,15 раза больше, чем для пород почвы, возрастает по мере удаления от забоя по логарифмической зависимости, а установка анкеров в забое выработки по ее периметру с плотностью не менее 1,3 анк./м², закономерно снижает степень разрыхления и уменьшает смещения как по контуру выработки, так и в почве.

Установлено, что ограничение смещений пород в почве до величины не требующей подрывки достигается уже при 10 анкерах. При этом сечение выработки составляет не менее $S_{\text{СВ}} = 10,0 \text{ м}^2$. Это позволяет обеспечить достаточное для нормальной работы сечение выработки до подхода лавы без проведения подрывки пород почвы.

Показано, что на улучшение состояния выемочной выработки, в большей степени влияет увеличение ширины охранной полосы с 1,0 до 2,0 м. Дальнейшее увеличение ширины не оказывает существенного влияния, однако резко увеличивает трудоемкость ее возведения и стоимость.

Установлено, что по степени эффективности в плане увеличения полезной площади сечения выработки, полоса Текхард шириной 1...1,25 м равноценна накатной полосе из шпального бруса шириной 1,5...2,0 м.

Увеличение ширины охранной полосы и количества канатных анкеров, установленных до подхода лавы, приводит к росту над охранной конструкцией зоны не разрушенных пород. Это снижает смещения контура, увеличивает полезную площадь сечения выработки, а также уменьшает степень несимметрии нагрузки на рамную крепь.

Расчетный экономический эффект от внедрения предложенных решений составил 786 грн./м повторно используемой выработки.

Ключевые слова: подготовительная выработка, пучение пород, поддержание выработки, показатель ремонтируемости, анкерная крепь, охранная конструкция

ABSTRACT

Mashurka S.V. Geomechanical justification of combined support parameters and the method for protection of workings being reused in complex mining-geological conditions. - Qualification work on the rights of manuscript.

Thesis for the degree of Candidate of Technical Sciences in specialty 05.15.09 – “Geotechnics and Geomechanics”. – National Technical University “Dnipro Polytechnic” – Dnipro, 2019.

The objective of the work is to justify the rational parameters of the geomechanical system “rock mass – working – protective construction” that allows economically efficient reuse of mine workings in complex mining-geological conditions.

For the first time, the patterns of deformation of the rock mass around the development workings in time for the complex conditions of the mine “Yuzhnodonbasskaya No 1” have been established, that allowed justify parameters of mine support and protective structures for reuse purposes.

The index of repair ability R_1 is proposed, which determines the degree of complexity for maintaining of mine working and represents a new comprehensive criterion of geomechanical and economic feasibility for the systems of ensuring stability of workings.

The regularities of the change of volumetric loosening of the rock mass around the working in the conditions of large displacements of rock contour are established.

A complex of numerical studies, which allowed determine parameters of the combined support and protective construction to ensure stability of mine workings at all stages of its operation, was carried out.

Keywords: development working, rock heaving, maintenance of mine working, index of repair ability, roof bolting, protective construction

МАШУРКА Сергій Володимирович

**ГЕОМЕХАНІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ
КОМБІНОВАНОГО КРІПЛЕННЯ І СПОСОБУ ОХОРОНИ ВИРОБОК,
ЩО ВИКОРИСТОВУЮТЬ ПОВТОРНО
В СКЛАДНИХ ГІРНИЧО-ГЕОЛОГІЧНИХ УМОВАХ**

(Автореферат)

Здано на складання 21.05.2019. Підписано до друку 22.05.2019.

Формат 60×90/16. Папір офсетний. Друк ризографічний.

Гарнітура Times. Ум. друк. арк. 0,9.

Обл.-вид. арк. 1,4. Тираж 100 прим. Зам. № 874

Національний технічний університет
«Дніпровська політехніка»
49005, м. Дніпро, просп. Д. Яворницького, 19