

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

**ПРОКУДІН ОЛЕКСАНДР ЗОТИКОВИЧ**



**УДК 622.28.04:622.268.2**

**ПАРАМЕТРИ ТЕХНОЛОГІЇ ЗВЕДЕННЯ ТА КОНСТРУКЦІЇ  
КОМБІНОВАНОГО КРІПЛЕННЯ КАПІТАЛЬНИХ ВИРОБОК ШАХТ  
ПРИ АКТИВІЗАЦІЇ ГЕОТЕХНІЧНИХ ФАКТОРІВ**

**Спеціальність 05.15.04 – «Шахтне і підземне будівництво»**

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

**Дніпро – 2019**

Дисертація є рукописом.

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, доцент  
**ТЮТЬКІН Олексій Леонідович**,  
завідувач кафедри мостів та тунелів  
Дніпровського національного університету залізничного  
транспорту імені академіка В. Лазаряна  
Міністерства освіти і науки України

кандидат технічних наук, старший науковий співробітник  
**СЛАЩОВ Ігор Миколайович**,  
старший науковий співробітник відділу  
проблем розробки родовищ на великих глибинах  
Інституту геотехнічної механіки імені М.С. Полякова  
Національної академії наук України (м. Дніпро)

Захист відбудеться «26» червня 2019 р. об 11<sup>00</sup> год. на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 08.080.04 при Національному технічному університеті «Дніпровська політехніка» Міністерства освіти і науки України за адресою: 49005, м. Дніпро, пр. Дмитра Яворницького, 19, тел. (0562) 47-24-11.

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Національного технічного університету «Дніпровська політехніка» Міністерства освіти і науки України за адресою: 49005, м. Дніпро, пр. Дмитра Яворницького, 19.

Автореферат розісланий «24» травня 2019 р.

Вчений секретар  
спеціалізованої вченої ради



С.М. Гапєєв

## ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

**Актуальність теми.** Незважаючи на зростання ролі відновлюваних джерел енергії вугілля в Україні ще довго буде зберігати своє домінування. Головними факторами тут є розвинена база гірничодобувної галузі і величезні запаси вугілля, яких вистачить ще на сотні років. В даний час Україна зазнає гострого дефіциту антрациту. Тому стратегічним напрямом розвитку енергетичного сектору країни є забезпечення власних ТЕС газовими марками вугілля, на заміну антрацитових.

Лідером з видобутку газових марок вугілля в Україні є ПрАТ «ДТЕК Павлоградвугілля». У 2017 і 2018 рр. видобуток підприємства складав по 20 млн. тон, що становить близько 60% від загального видобутку вугілля в країні. Подальший розвиток гірничих робіт в Західному Донбасі пов'язаний, в першу чергу, зі збільшенням глибини розробки, що ставить питання стійкості капітальних виробок та максимального зниження витрат на їх підтримку як особливо актуальних.

Тривалий час для забезпечення стійкості капітальних виробок у складних умовах шахт Західного Донбасу вважалося надійним кріплення з тампонажем закріпного простору. Однак, зараз при спорудженні таких виробок ефективність тампонажу істотно знизилася, що обумовлено низкою причин, які призвели до активізації геотехнічних факторів при веденні гірничих робіт: збільшилась глибина розробки, зросла техногенна порушеність масиву порід, переріз виробок збільшився в середньому від 12 до 18 м<sup>2</sup>. Для забезпечення максимального терміну безремонтного стану виробок необхідним є вивчення впливу означених факторів на стан виробок з метою подальшого врахування їх при експлуатації.

Таким чином, вивчення геомеханічних процесів, що відбуваються в оточуючому виробку масиві порід в складних геотехнічних умовах шахт Західного Донбасу на сучасному етапі, з метою обґрунтування параметрів комбінованих кріплень, що забезпечать їх нормальний експлуатаційний стан з мінімальними витратами на ремонт, 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 напрямам наукових досліджень кафедри будівництва, геотехніки і геомеханіки Національного технічного університету «Дніпровська політехніка», які виконувалися в рамках науково-дослідної роботи ДБ-2 (номер держреєстрації 0116U007674) і госпдоговірних тем № 050389 «Розробка технології зведення кріплення з заповненням закріпного простору твердіючими сумішами та їх рецептур для умов шахт Західного Донбасу», № 050393 «Розробка складів набризкбетонів та тампонажних розчинів на основі вуглевміщуючих порід, що залишаються в шахті та технології їх використання для підвищення стійкості капітальних виробок шахти ім. Героїв Космосу ПСП «ШУ імені Героїв космосу» ПАО «ДТЕК Павлоградвугілля», №050301-17 «Розробка технічних умов на виготовлення рамного податливого кріплення підвищеного опору (КПО) для виробок вугільних шахт ДТЕК ЕНЕРГО», № 050305-17 «Розробка технології зведення комбінованого рамно-анкерного кріплення магістральних

виробок з тампонажем закріпного простору в комбінації з міжрамною огорожею з профнастилу», в яких автор був виконавцем.

Матеріали дисертації є складовою частиною комплексної науково-технічної роботи «Сталий розвиток територій у зоні видобутку корисних копалин (на прикладі шахт Західного Донбасу), за яку колективу авторів (Заболотна Ю.О., Тимошенко Є.В., Логунова О.О., Прокудін О.З.) згідно указу Президента України №458/2017 від 29.12.2017 р. присуджено премію Президента України для молодих вчених 2017 року.

**Мета роботи** полягає в обґрунтуванні раціональних параметрів технології зведення і конструкції комбінованого кріплення капітальних гірничих виробок з тампонажем закріпного простору для складних гірничо-геологічних умов шахт Західного Донбасу (на прикладі шахти імені Героїв космосу).

**Ідея роботи** полягає у врахуванні закономірностей протікання геомеханічних процесів при активізації геотехнічних факторів для обґрунтування раціональних параметрів конструкції комбінованого кріплення і технології його зведення з метою тривалої підтримки виробок з мінімальними витратами на ремонтні роботи.

Для досягнення мети роботи були поставлені і вирішені наступні **задачі досліджень**:

1. Виконати аналіз і узагальнення інформаційних джерел щодо забезпечення стійкості протяжних гірничих виробок в складних гірничо-геологічних умовах.

2. Виконати комплекс натурних досліджень у протяжних виробках шахти імені Героїв космосу для встановлення закономірностей протікання деформаційних процесів в оточуючому їх масиві.

3. Виконати оцінку геотехнічних факторів, що впливають на активізацію деформаційних процесів на сучасному етапі розвитку гірничих робіт.

4. Розробити методіку чисельного моделювання геомеханічної системи «кріплення-масив» для умов, що розглядаються і обґрунтувати раціональні параметри комбінованого кріплення.

5. Розробити практичні рекомендації щодо підвищення стійкості капітальних виробок в складних гірничо-геологічних умовах шахт Західного Донбасу.

6. Визначити економічну ефективність від застосування нових конструкцій комбінованого кріплення.

**Об'єкт досліджень** – геомеханічні процеси, які протікають у приконтурному масиві навколо капітальних виробок, що закладені у слабометаморфізованих породах Західного Донбасу.

**Предмет досліджень** – параметри конструкції комбінованого кріплення і технології її зведення.

**Методи дослідження.** Методичну основу досліджень складає комплексний підхід, який включає аналіз і узагальнення літературних даних за темою роботи, шахтні візуальні та інструментальні дослідження в протяжних гірничих виробках, аналітичні дослідження із застосуванням чисельного методу, виконані з метою обґрунтування раціональних параметрів конструкції і технології зведення комбінованого кріплення, техніко-економічний аналіз розроблених тех-

нологічних і конструктивних рішень. Оцінка результатів досліджень проводилася на підставі промислового впровадження конструкцій кріплень в умовах шахти імені Героїв космосу.

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

1. Зміщення контуру виробок, що проводяться в слабких породах, мають експонентну залежність від відстані до вибою, а збільшення площі перетину і підвищення техногенного впливу відпрацьованих та діючих лав і гірничопрхідницьких робіт призводить до підвищення параметрів деформації масиву, що необхідно враховувати при проектуванні гірничих робіт введенням коефіцієнта впливу площі перетину виробки  $k_S$  і коефіцієнта інтенсивності деформацій  $k_I$  в комплексному показнику умов розробки  $\theta = (R_{ckc}/\gamma H) \cdot k_I$ , значення якого для розглянутих умов Західного Донбасу  $k_I = 0,66$ .

2. Стійкість капітальних виробок, що проводяться в слабометаморфізованих породах, забезпечується застосуванням конструкції комбінованого кріплення на базі металевого арочного з кроком 0,5 м, встановленням в забої в склепінчастій частини виробки не менше 5 анкерів для стабілізації деформаційних процесів і своєчасним проведенням тампонажу закріпного простору для ізоляції вміщуючих порід зі створенням додаткового несучого шару товщиною 150-250 мм, що дозволяє в 1,5-2 рази знизити зміщення порід підосви і в 2 рази збільшити крок рамного кріплення.

### **Наукова новизна отриманих результатів:**

- вперше встановлено факт підвищення інтенсивності деформацій навколо виробок, що проводяться в умовах діючого горизонту внаслідок активізації геотехнічних факторів, що призвело для шахти імені Героїв космосу за останні 30 років до зростання зміщення контуру виробок в 1,32 рази і зменшення протяжності активного періоду деформування приконтурних порід в 2...2,5 рази;

- розроблено нову чисельну модель породного масиву, що вміщує одиночну протяжну виробку з урахуванням особливостей деформування приконтурного масиву порід на шахтах Західного Донбасу;

- розроблено методика моделювання геомеханічної системи «кріплення виробки-породний масив», яка відрізняється від відомих урахуванням розвитку геомеханічних процесів за довжиною виробки, що дозволило обґрунтувати раціональні параметри конструкції і технології зведення комбінованого кріплення;

- запропоновано нову фізичну модель розвитку здимання порід підосви і способу зниження цього явища, що заснована на особливостях розвитку геомеханічних процесів у виробках, які розміщені в слабких гірничих породах шахт Західного Донбасу;

- вперше встановлено закономірності деформування приконтурного масиву порід в залежності від товщини і міцності затверділого тампонажного матеріалу комбінованого кріплення;

- встановлено закономірності деформування приконтурних порід в залежності від конструктивних і технологічних параметрів комбінованого кріплення, що дозволило зменшити зміщення підосви і забезпечити безпечно виконання гірничопрхідницьких робіт з підвищенням стійкості капітальної виробки в складних геомеханічних умовах.

**Наукове значення роботи** полягає у встановленні закономірностей деформування приконтурного масиву порід при активізації геотехнічних факторів в умовах експлуатації виробок шахт Західного Донбасу, що дозволило обґрунтувати раціональні параметри конструкції комбінованого кріплення і технології його зведення з метою тривалого підтримання капітальних виробок з мінімальними витратами на ремонтні роботи.

**Практичне значення отриманих результатів** полягає в:

- обґрунтуванні раціональних параметрів конструкції комбінованого кріплення і технології його зведення при спорудженні капітальних виробок в складних гірничо-геологічних умовах шахт Західного Донбасу з метою їх тривалого підтримання з мінімальними витратами на ремонтні роботи;
- вдосконаленні технології тампонажу закріпного простору капітальних виробок із застосуванням механізованого пікотажу залізобетонної затяжки;
- розробці рекомендацій щодо вибору технологічних параметрів багатопарових комбінованих кріплень із заповненням закріпного простору твердіючими сумішами в умовах шахти імені Героїв космосу ПрАТ «ДТЕК Павлоградвугілля»;
- розробці методики проведення інструментальних вимірювань деформацій металевих рамних кріплень гірничих виробок із застосуванням портативного вимірювального пристрою;
- розробці рекомендацій щодо вибору параметрів комбінованих рамно-анкерних кріплень виробок в умовах великих деформацій породного масиву;
- розробці методики чисельного моделювання параметрів і технології зведення комбінованого кріплення типу АСН-А.

**Обґрунтованість і вірогідність наукових положень**, висновків, рекомендацій підтверджується коректною постановкою задач досліджень, застосуванням апробованих методів їх вирішення, задовільним збігом результатів натурних вимірів і аналітичних розрахунків (розбіжність складає не більше 20 %), позитивним впровадженням результатів при забезпеченні стійкості капітальних виробок.

**Реалізація результатів роботи.** Розроблені «Рекомендації...» і «Методики ...» впроваджені на шахті імені Героїв космосу ПрАТ «ДТЕК Павлоградвугілля». Результати досліджень можуть бути використані в аналогічних гірничо-геологічних і гірничотехнічних умовах вугільних шахт.

**Особистий внесок автора** полягає в формулюванні мети, задач досліджень, наукових положень, висновків і рекомендацій; виконанні комплексних шахтних досліджень, розробці чисельної моделі для обґрунтування раціональних параметрів конструкції і технології зведення комбінованого кріплення капітальних виробок в складних гірничо-геологічних умовах, розробці рекомендацій, методики шахтних вимірів і нового портативного вимірювального пристрою, впровадженні розроблених рекомендацій в промисловості.

**Апробація результатів дисертації.** Основні положення дисертаційної роботи викладені, обговорені та схвалені на: Міжнародній конференції «Форум гірників» (Дніпро, Державний ВНЗ «НГУ», 2014), міжнародній науково-практичній конференції «Перспективи розвитку будівельних технологій» (Дніпро, Державний ВНЗ «НГУ», 2014, 2017, НТУ «Дніпровська політехніка» 2018), міжнародній конференції «Сталий розвиток промисловості та суспільств»

ва» (Кривий Ріг, Державний ВНЗ «КНУ», 2015), XI міжнародній науково-технічній конференції «Розробка, використання та екологічна безпека сучасних вибухових речовин» (Кременчук-Свалява, КрНУ, 2015), III Всеукраїнській науково-практичній конференції «Молодь: наука та інновації» (Дніпро, Державний ВНЗ «НГУ», 2015), VII міжнародній науково-технічній конференції «Енергетика. Екологія. Людина» (Київ, НТУ України «КП», 2016), Всеукраїнській науково-практичній on-line конференції (Житомир, ЖДТУ, 2018), IX Всеукраїнській науково-технічній конференції «Наукова весна» (Дніпро, НТУ «Дніпровська політехніка», 2018).

**Публікації.** За темою дисертації опубліковано 25 наукових робіт, в т.ч. 4 монографії, 5 статей в фахових періодичних виданнях (з них 2 - в журналах, які входять в міжнародні наукометричні бази), 11 статей - в збірниках матеріалів конференцій, 1 патент України, 4 - в інших періодичних виданнях.

**Структура і обсяг роботи.** Дисертація складається зі вступу, шести розділів, висновків, списку літературних джерел зі 197 найменувань на 24 сторінках та 10 додатків на 15 сторінках. Містить 168 друкованих сторінок, 113 рисунків і 22 таблиці. Загальний обсяг дисертації становить 235 сторінок.

## ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У **вступі** обґрунтована актуальність теми дисертації, її зв'язок з науковими програмами, темами і планами, сформульовані мета, ідея і основні задачі дисертаційної 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 їх реалізацію, апробацію та публікації.

У **першому розділі** наведений огляд поточного стану вугільної промисловості та стратегічні завдання програми розвитку енергетики України.

Розглянуто сучасний стан та перспективи видобутку вугілля на шахтах Західного Донбасу. Відзначено що подальший розвиток гірничих робіт на шахтах регіону пов'язаний з погіршенням гірничо-геологічних і гірничотехнічних умов, які на даний час вважаються важкими. В таких умовах забезпечення тривалої стійкості капітальних виробок при їх спорудженні та експлуатації є надзвичайно важливим науково-технічним завданням.

Вивченню проблеми забезпечення стійкості капітальних виробок у складних умовах експлуатації присвятили дослідження такі вчені як Зборщик М.П., Кошелєв К.В., Заславський Ю.З., Друцко В.П., Шашенко О.М., Роєнко А.М., Солодянкін О.В., Тютюкін О.Л., зокрема в умовах Західного Донбасу Рева С.М., Максимов О.П., Усаченко Б.М., Стицин В.І., Євтушенко В.В., Шмиголь А.В., Кириченко В.Я., Вигодін М.О., Халімендик Ю.М., Слащов І.М. і багато інших. Проте зі збільшенням глибини розробки родовищ питання забезпечення тривалої стійкості виробок актуальні дотепер.

Проаналізовано способи і досвід підвищення стійкості капітальних гірничих виробок в складних умовах шахт Західного Донбасу. Відзначено, що тампонаж закріпного простору є одним із найефективніших заходів. Перспективними напрямками також вважається використання анкерного кріплення, заміна

залізобетонної зтяжки на їх полегшені аналоги. Визначено мету роботи та здійснено постановку основних задач досліджень.

У другому розділі наведено методику та результати шахтних досліджень. Комплекс досліджень включав візуальне обстеження виробок та інструментальні вимірювання на контурних і глибинних реперних станціях. Об'єктами досліджень обрані протяжні виробки шахти ім. Героїв космосу «ДТЕК Павлоградвугілля».

При обстеженні капітальних виробок шахти, проведених понад 30 років тому, істотних проблем зі стійкістю і станом їх кріплення не виявлено. Ці виробки в основному проводилися з тампонажем закріпного простору.

Однак, в місцях впливу очисних робіт, а саме в зонах над- або підробки лавами сусідніх пластів відзначено значні деформації кріплення, зменшення площі перетину виробок, які призводять до необхідності перекріплення.

Інструментальні виміри виконані в капітальних виробках, що споруджувалися. Характерний вигляд залежності зміщень порід підшоши від часу наведений на рис. 1. Встановлено, що зона активних зміщень порід масиву знаходиться в межах

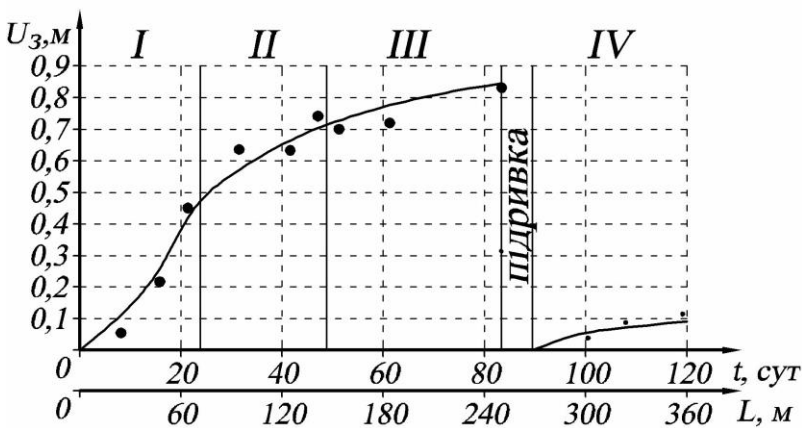


Рис. 1. Залежність здимання порід підшоши від часу та відстані до вибою у північному відкаточному квершлагу гор. 470 м

почалося з 2006 р. Досвід застосування цього кріплення позитивний, проте обстеження виробок виявило низку недоліків: низька якість установки кріплення; недостатня несуча здатність анкерів при великому гірському тиску; «обігравання» анкерів через поступове зниження міцності порід і їх розшарування.

До виконання наведених результатів досліджень анкерне кріплення на

шахті імені Героїв космосу не використовувалось. Перша ділянка з анкерним кріпленням в комбінації з рамним кріпленням КШПУ на шахті імені Героїв космосу була облад-

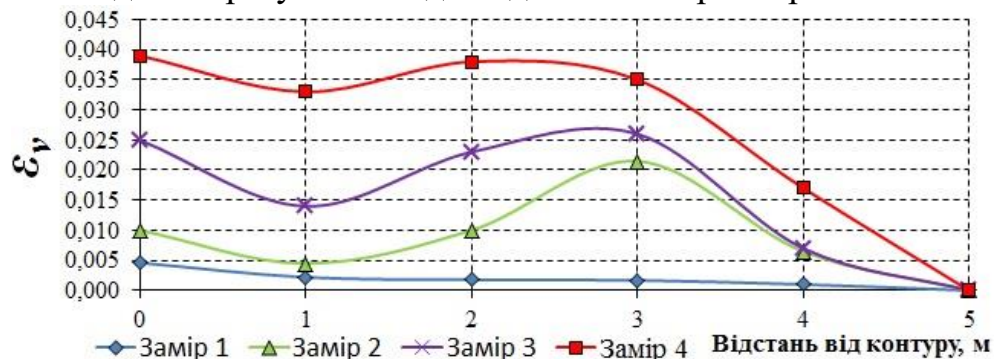


Рис. 2. Залежність коефіцієнта об'ємного розпушення порід по довжині анкера

15-20 м від вибою виробки. Деформації і поломка залізобетонної зтяжки призводять вже на стадії проведення виробок до необхідності виконання ремонтних робіт. Здимання порід підшоши помітно вже на відстані 60-70 м від вибою виробки, і на відстані близько 200 м проводиться їх підривання.

Широке впровадження анкерного кріплення на шахтах Західного Донбасу



нана у 1052 збірному штреку пласта  $C_{10}^B$ , горизонту 370 м. При дослідженні цієї виробки вивчалися вертикальна конвергенція і об'ємне розпушення порід покрівлі. Висота виробки в порівнянні з контрольною ділянкою, без анкерів, збільшилася в середньому на 25 см. Максимальне об'ємне розпушення в приконтурній зоні покрівлі склало 0,05 (рис. 2), тоді як на контрольній ділянці розпушення було в 5 разів більше.

У **третьому розділі** наведений аналіз факторів, що впливають на активізацію деформаційних процесів в масиві гірських порід навколо протяжних виробок.

Результати виконаних досліджень довели, що на сучасному етапі розвитку гірничих робіт, деформаційні процеси відбуваються більш інтенсивно, ніж 30-40 років тому. На рис. 3, залежність зміщень порід підосви 2, побудована за результатами досліджень, виконаних в 1970-80-ті роки Вигодіним М.О., Халимендиком Ю.М., Усаченком Б.М. Тоді тампонаж, що виконувався за прохідницьким комплексом, проводився до реалізації значних деформацій масиву і був ефективним заходом.

Зараз активний період деформацій відбувається на відстані 10-15 м від вибою, а невдовзі за прохідницьким комплексом здимання порід підосви сягає критичних величин. Тампонажні роботи на цьому етапі вже виконуються із запізненням і їх ефективність низька.

Встановлено, що зміщення контуру виробок (див. рис. 3), що проводяться в слабких вм'ящуючих породах, мають експонентну залежність від відстані до вибою:

$$U_{1,2} = a \cdot (1 - e^{bL}) \quad (1)$$

де  $U$  – зміщення порід підосви,  $L$  – відстань до вибою;  $a$ ,  $b$  – коефіцієнти апроксимації:  $a_1 = 706,5$ ,  $b_1 = 0,0132$ ,  $a_2 = 530,3$ ,  $b_2 = 0,0177$ .

Слід відзначити, що для отримання обох залежностей використані дані при спорудженні капітальних виробок на одному ж горизонті 370 м шахти ім. Героїв космосу по пласту  $C_{10}$ . Однак, зміщення порід підосви на сучасному етапі збільшилися в середньому в  $U_2 / U_1 = 1,32$  рази, тривалість активного періоду деформування приконтурних порід зменшилася в 2...2,5 рази.

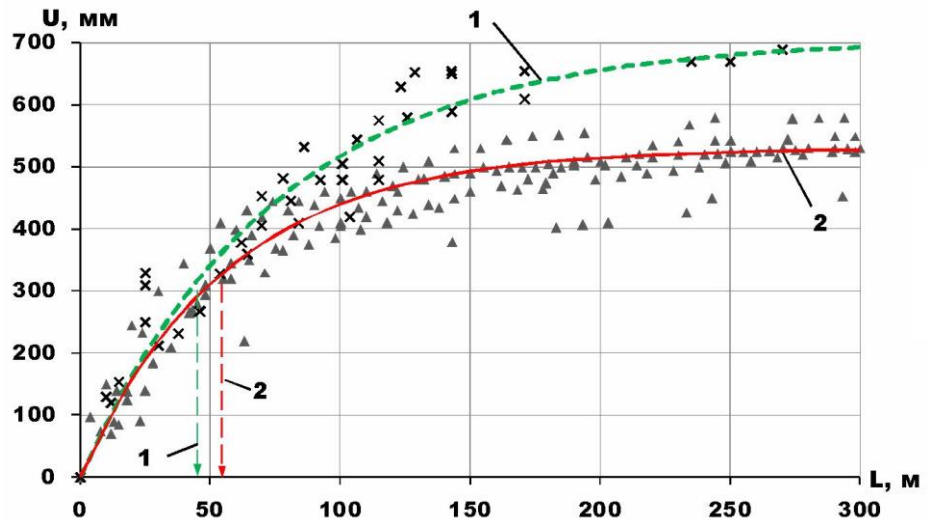


Рис. 3. Графіки зміщень порід підосви в протяжних виробках гор. 370 м шахти ім. Героїв космосу виконаних за результатами досліджень: 1 – на сучасному етапі розвитку гірничих робіт; 2 – протягом 1970-1980 рр.

Причиною інтенсифікації деформаційних процесів навколо виробок, на наш погляд, є комплекс гірничотехнічних (збільшення площі перетину виробок) і геомеханічних (підвищення техногенного впливу відпрацьованих та діючих лав, зокрема від підвищення швидкості посування очисних вибоїв, ступеня порізаності масиву і т.п.) факторів.

Серед гірничотехнічних факторів найбільшою мірою змінилася площа поперечного перетину виробки: від значення  $S_{CB} = 12,7 \text{ м}^2$  в 1980-і роки до  $S_{CB} = 17,7 \text{ м}^2$  на сучасному етапі. На основі відомих рекомендацій (Фісенко Г.Л., Рева В.М. та ін.) отримано значення коефіцієнта  $k_s = 1,175$ , що дозволяє врахувати вплив площі перетину виробки на величину зміщення її контуру, але не в повній мірі пояснює встановлену різницю зміщень.

Визначити роль і ступінь впливу кожного з геомеханічних факторів у зміщенні контуру виробки досить важко. Тому доцільним буде врахування ступеню інтенсифікації комплексним коефіцієнтом інтенсивності деформацій  $k_I$ , який необхідно додати до відомого комплексного показника умов розробки  $\theta$ :

$$\theta = \frac{R_c k_c}{\gamma H} k_I, \quad (2)$$

де  $R_c$  – межа міцності порід на стиск  $k_c$  – коефіцієнт структурного послаблення;  $\gamma$  – об'ємна вага порід;  $H$  – глибина розробки.

Солодянкіним О.В. була запропонована залежність для визначення зміщень контуру виробок від часу їх експлуатації, де основним параметром, що впливає прийнятий показник умов розробки  $\theta$ :

$$U_i = f(\theta) = 0,45 k_H d (a \ln(T) - b) \theta^{(0,9-c)}, \text{ м}, \quad (3)$$

де  $T$  – час експлуатації виробки, міс.;  $a$  і  $b$  – коефіцієнти, що залежать від показника умов розробки  $\theta$ ;  $c$  і  $d$  – змінні, що залежать від коефіцієнта бокового розпору  $\lambda$ ;  $k_H$  – коефіцієнт, що враховує напрям виробки відносно до простирання порід і кут нахилу пластів.

Прирівняємо зміщення контуру виробки для перетину виробки  $S_2 = 17,7 \text{ м}^2$  до рівня зміщень з перетином  $S_2 = 12,7 \text{ м}^2$  за допомогою коефіцієнта  $k_s = 1,175$ :

$$\frac{U_2 / k_s}{U_1} = \frac{U_2}{U_1 k_s} = \frac{1,32}{1,175} = 1,123.$$

Тоді відношення зміщень, що визначається за (3) складе  $U_2 / U_1 = f(\theta_2) / f(\theta_1) = 1,123$ . Приймаючи для умов Західного Донбасу  $\lambda \approx 1,0$ , отримаємо значення  $k_I = 0,66$ , що дозволяє оцінити сучасний геотехнічний стан породного масиву – зниження його міцності ( $R_c k_c$ ) і збільшення напруженого стану ( $\gamma H$ ) через техногенну порушеність і сумарний вплив очисних і гірничопрохідницьких робіт на виробки експлуатаційного горизонту.

Таким чином, показник умов розробки для шахти імені Героїв космосу на сучасному етапі експлуатації дорівнюватиме  $\theta = 0,41$  (розрахований без урахування коефіцієнта  $k_I - \theta = 0,62$ ), що доводить ступінь складності умов експлуатації

комплексу очисних і підготовчих виробок і дозволяє більш обґрунтовано підійти до вибору ефективних рішень для забезпечення надійної та безпечної їх роботи.

В четвертому розділі наведено аналіз особливостей деформування породного масиву навколо виробок в умовах шахт Західного Донбасу.

На рис. 4 наведена схема деформування приконтурного масиву порід у виробках шахт Західного Донбасу, що запропонована Вигодіним М.О. За цією схемою навколо виробки в міру переміщення вибою виробки на відстані 30-50 м від нього формуються дискретні породні структури. Далі виробка втрачає експлуатаційні функції і потребує проведення ремонтних робіт.

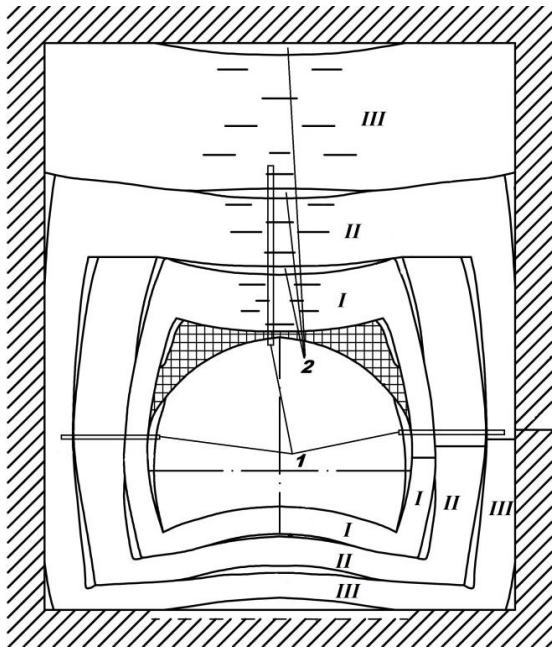


Рис. 4. Схема деформування приконтурного масиву порід (за Вигодіним М.О.): I, II, III – зони руйнування масив; 1 – шпури для тампонажу; 2 – порожнечі

На основі аналізованої схеми деформування порід була розроблена чисельна модель і методика моделювання із застосуванням програми «Phase-2» компанії Rocscience. Для врахування фактору посування вибою і утворення дискретних структур, подальше моделювання передбачає поетапне рішення. Для випадку, коли проводиться зміцнення приконтурного масиву порід навколо виробки, вирішується задача, де їх міцність зберігається в межах 50...70% від початкової і породи працюють як єдина оболонка. Результати моделювання наведені на рис. 5 і 6.

На основі аналізованої схеми деформування порід була розроблена чисельна модель і методика моделювання із застосуванням програми «Phase-2» компанії Rocscience. Для врахування фактору посування вибою і утворення дискретних структур, подальше моделювання передбачає поетапне рішення. Для випадку, коли проводиться зміцнення приконтурного масиву порід навколо виробки, вирішується задача, де їх міцність зберігається в межах 50...70% від початкової і породи працюють як єдина оболонка. Результати моделювання наведені на рис. 5 і 6.

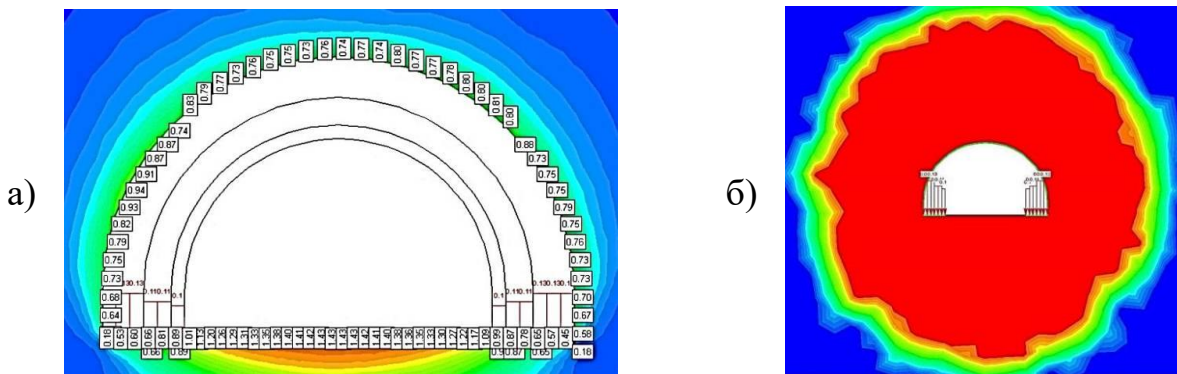


Рис. 5. Результати чисельного моделювання для стадії деформування масиву без попереднього зміцнення масиву: а – переміщення на контурі виробки; б – зона непружних деформацій (ЗНД)

Аналіз результатів свідчить, що на 3-му етапі зона непружних деформацій збільшується до 9-11 м. Зміщення підшви сягає 1 м і більше.

Якщо у виробці виконати попереднє зміцнення приконтурного породного масиву розмір зони непружних деформацій і величина переміщень на контурі зменшуються в 1,5...2 рази. Однак, слід враховувати, що зміцнення породного

масиву треба проводити на відстані від вибою не більше ніж 15 м, тобто до того, як починається процес його активного деформування і деструкції

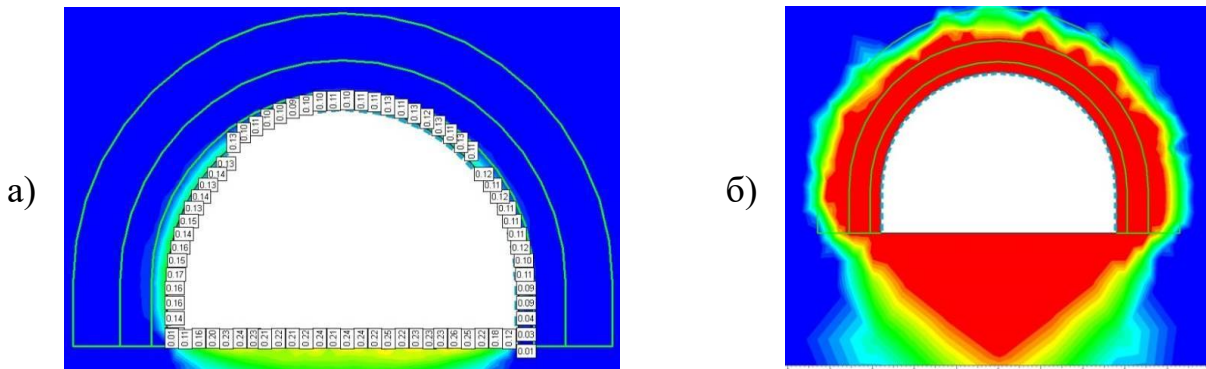


Рис. 6. Результати чисельного моделювання для стадії попереднього зміцнення масиву навколо виробки: а – переміщення на контурі виробки; б – ЗНД

**П'ятий розділ** присвячено визначенню раціональних параметрів технології зведення багатошарового комбінованого кріплення з урахуванням геомеханічних процесів, що проходять у приконтурному масиві порід.

Ключовим фактором втрати стійкості виробок шахт Західного Донбасу є здимання порід підосви. Відповідно до біфуркаційної теорії професора О.М. Шашенка, основою процесу здимання є явище пружнопластичної втрати стійкості рівноваги. Критерій здимання (4) визначає можливість переходу породного масиву навколо виробки з одного стійкого рівноважного стану в інший, що супроводжується здиманням порід підосви:

$$\bar{\varepsilon}_V r_L^{*2} \ln^2 r_L^* + 2 = 0. \quad (4)$$

Керуючими параметрами критерію здимання є середнє значення відносного збільшення об'єму порід  $\bar{\varepsilon}_V$  і відносний критичний радіус області пластичних деформацій  $r^*_L$ .

Аналіз зміни радіуса ЗНД  $r_L$  в залежності від показника умов розробки  $\theta$ , а також різних величин середнього об'ємного розпушення  $\bar{\varepsilon}_V$  (рис. 7) свідчить про можливість зміни зміщення контуру за рахунок зміни об'ємного розпушення порід.

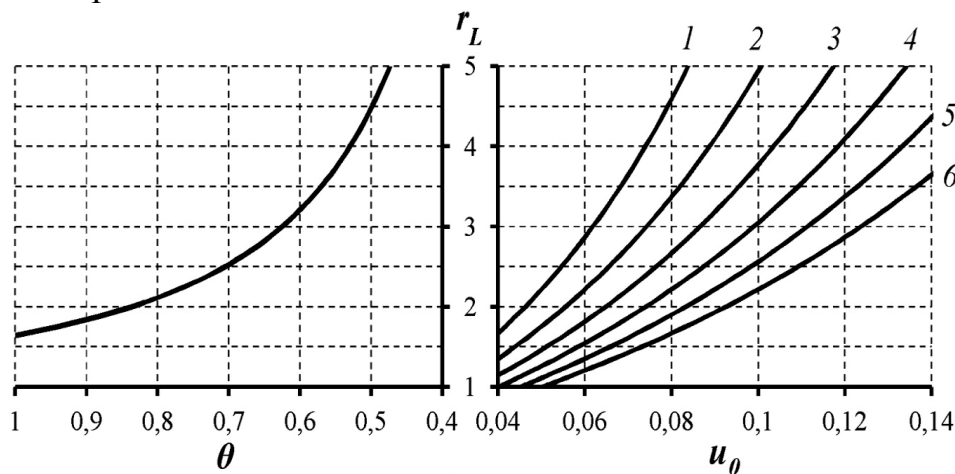


Рис. 7. Залежність показника  $\theta$  і відносних зміщень  $u_0$  від відносного радіуса ЗНД ( $r_L$ ) при об'ємному розпушенні  $\bar{\varepsilon}_V$ :  
1 – 0,05; 2 – 0,06;  
3 – 0,07; 4 – 0,08;  
5 – 0,09; 6 – 0,1

Багато дослідників Західного Донбасу відзначають особливості деформацій порід, що супроводжує здимання порід підосви, котрий можна описати таким чином. У міру зростання радіальних зміщень приконтурного шару порід відбувається їх зміщення вниз з одночасним збільшенням ступеня розпушення і заповнення порожнини виробки з боку підосви.

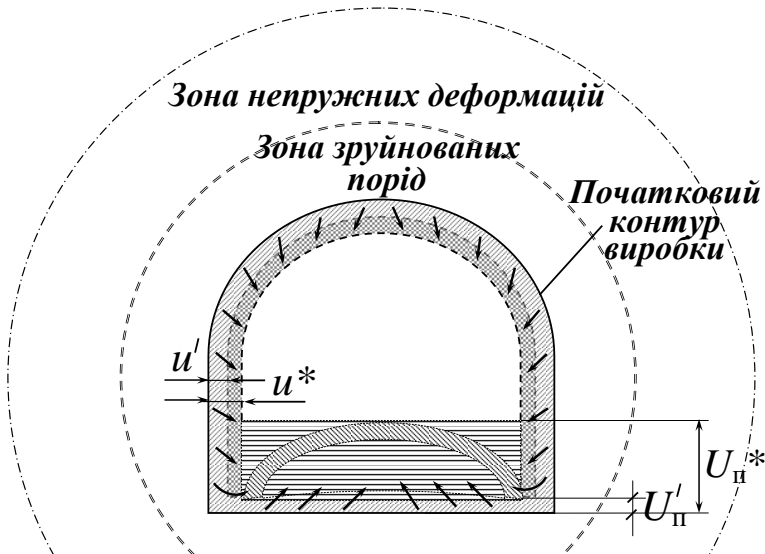


Рис. 8. Фізична модель розвитку здимання порід підосви:  $u'$ ,  $U_{п}'$  – початкові зміщення контуру виробки ( $\varepsilon_v^* = 0,1$ );  $u^*$ ,  $U_{п}^*$  – зміщення контуру виробки при зміні величини об'ємного розпушення порід до  $\varepsilon_v^* = 0,3$

Виконання тампонажу закріпного простору за технологічним комплексом обладнання (30-40 м від вибою виробки) для зменшення зміщень контуру на цій стадії деформування, буде вже неефективним заходом, а виконання цих робіт у вибої призведе до значних ускладнень технології кріплення. З цих позицій анкерне кріплення, встановлене у вибої відразу після виїмки порід, буде значно ефективнішим і не призведе до організаційних складнощів при виконанні робіт у вибої.

Область порід, що зміцнюється анкером можна розглядати як опору, яка утримує породи приконтурної зони від зміщення у виробку.

У відповідності зі схемою на рис. 9, встановлення одиночного анкера в породний масив дозволяє зафіксувати елемент породного контуру в положенні первинних зміщень, знизити його розпушення і внесок розпушеного приконтурного шару, що зміщується, у здимання порід підосви. Встановлення одного

На підставі цього, запропонований наступний механізм розвитку здимання, графічне зображення якого наведено на рис. 8. Розрахунки показали, що для виробки арочної форми з площею перетину  $16 \text{ м}^2$  при зміщенні контуру, що дорівнює  $0,4 \text{ м}$  і при збільшенні ступеня їх розпушення в три рази, величина здимання складе  $50\text{-}60 \text{ см}$ , що відповідає даним натурних вимірювань.

Розглянута модель свідчить про високу ефективність заходів спрямованих на зниження ступеня розпушення порід на контурі виробки.

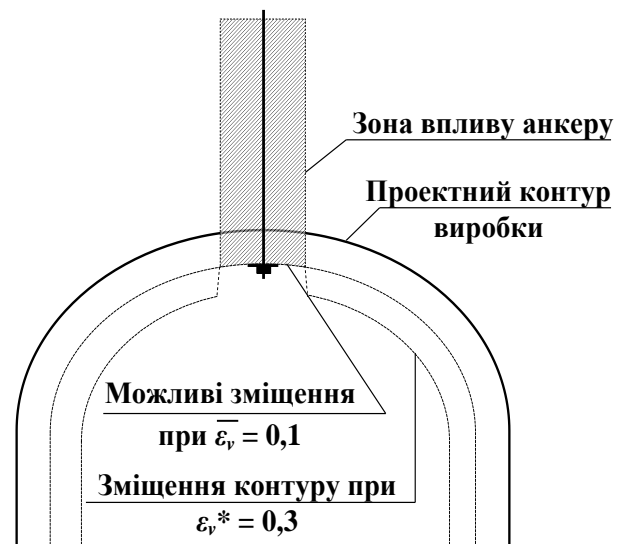


Рис. 9. Механізм впливу одиночного анкера на зниження зміщення контуру виробки



анкера дозволяє знизити зміщення підосви у виробку на 4,5 см, а встановлення 10 анкерів в склепінчастій частині виробки зменшить здимання порід підосви на 40-50 см, що дозволить вирішити проблему стійкості виробки в цілому.

Однак, використання комплекту анкерів, навіть встановлених у вибої, не дає гарантії щодо попередження деформацій контуру виробки, в першу чергу, через зниження міцності порід під впливом вологи рудникової атмосфери.

Застосування тампонажу закріпного простору з формуванням міцного шару, слід вважати не тільки як несучий елемент комбінованого кріплення, але і як обов'язковий ізолюючий шар, який зберігає природну міцність приконтурного масиву порід.

Визначення раціональних параметрів анкерного кріплення, проводилося з використанням чисельного моделювання, результати якого наведені на рис. 10.

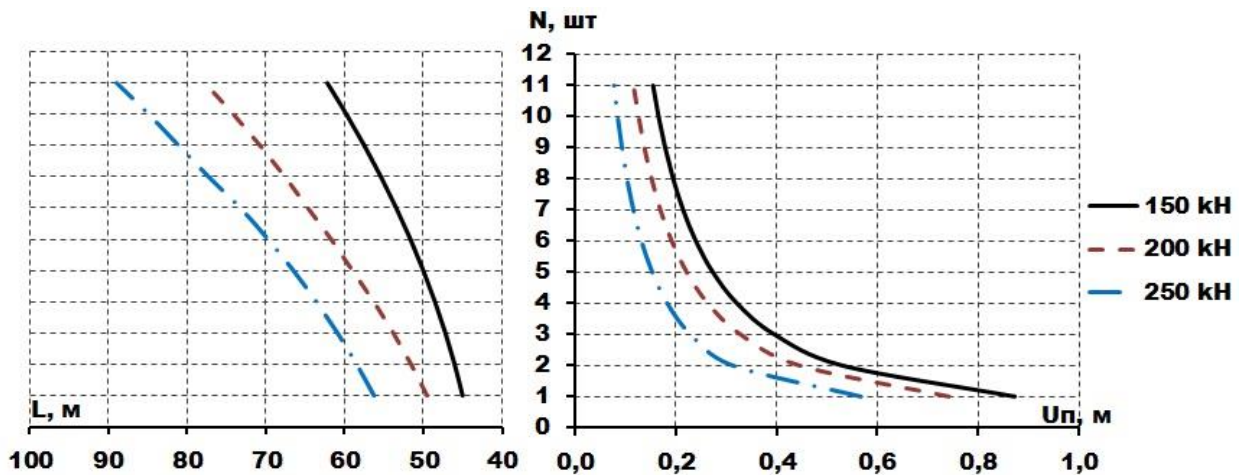


Рис. 10. Залежність зміщень порід підосви від відстані між місцем виконання тампонажу і вибоєм виробки при різній кількості  $N$  і несучій здатності  $P_0$  анкерів

Наведена номограма, дозволяє в залежності від кількості анкерів  $N$  і їх несучої здатності  $P_0$  визначити відстань, на якій можливе проведення тампонажних робіт при забезпеченні допустимої величини здимання порід підосви.

У частині подальшого вдосконалення комбінованого кріплення може бути запропоновано наступне рішення. Залізобетонна затяжка має низьку міцність, високу вартість і трудомісткість установки, велику кількість стиків, що вимагають герметизації, а при проведенні тампонажу, по суті, виконує функції опалубки.

Тому її можна замінити більш технологічним і менш дорогим матеріалом – профнастилом (рис. 11). Оскільки в цьому випадку міжрамна ого-

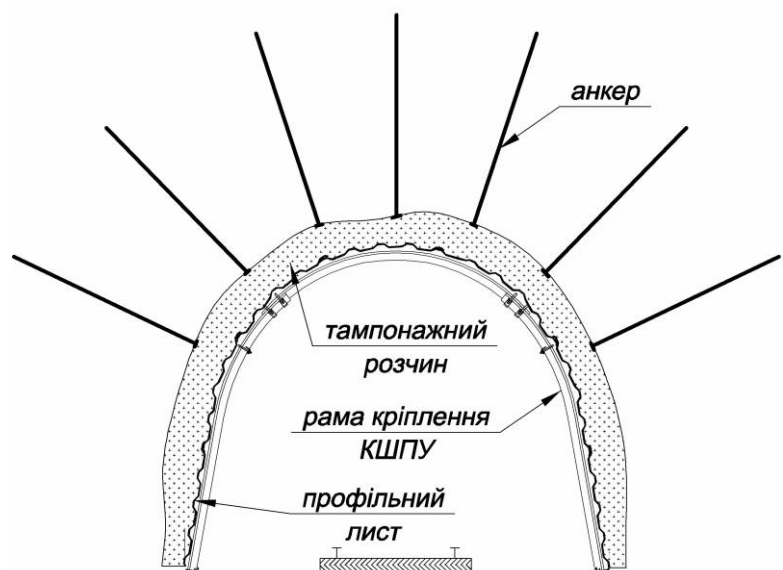


Рис. 11. Загальний вигляд конструкції комбінованого кріплення з профнастилом

рожа практично не працює як несучий елемент, розглядався вплив параметрів матеріалу тампонажного шару, на величину зміщення породного контуру і розмір ЗНД. Результати моделювання наведені на рис. 12.

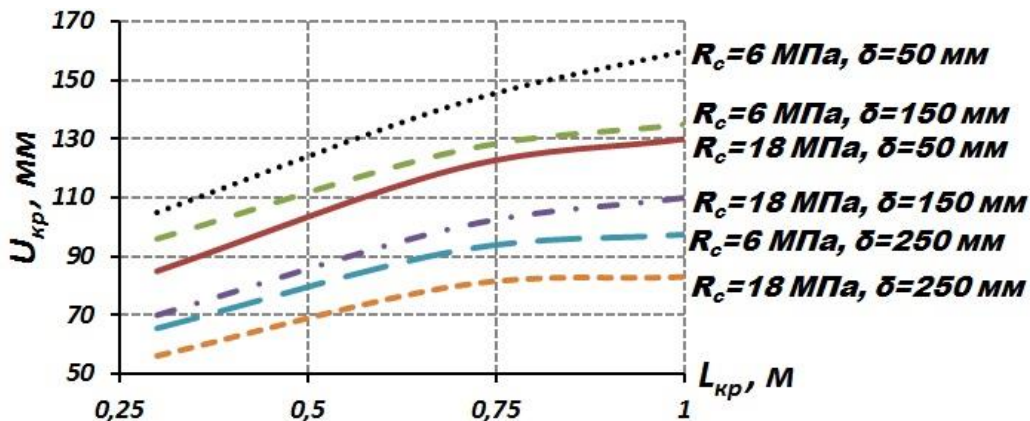


Рис. 12. Вплив міцності і товщини тврдуючої суміші на крок встановлення кріплення і величину зміщення контуру виробки

Встановлено, що зі збільшенням товщини і міцності тампонажної суміші, зміщення контуру виробки зменшуються, що дає змогу збільшити крок встановлення кріплення зі збереженням необхідної стійкості. При цьому виконується ізоляція слабких порід, що вміщують виробку, від впливу вологої рудникової атмосфери.

У шостому розділі наведено рекомендації з вдосконалення технології та конструкції комбінованого кріплення та результати дослідно-промислового впровадження матеріалів досліджень.

Впровадження результатів роботи проводилося на шахті імені Героїв космосу. Для усунення трудомісткого ручного пікотажу, була впроваджена технологія механізованого пікотажу стиків залізобетонної затяжки способом торкретування за допомогою установки АС-1. Процес торкретування та стан кріплення зображено на рис. 13.



а)



б)

Рис. 13. Процес торкретування (а) та стан кріплення після торкретування (б)

Впровадження матеріалів дослідження виконувалось у 2-му західному магістральному конвеєрному штреку гор. 370 м. Загальний стан виробки оцінювався візуально за показником стійкості:

$$\omega = \bar{L} / L, \quad (5)$$

де  $\bar{L}$  – довжина ділянок виробки, які не потребують ремонту, м;  $L$  – повна довжина виробки, м.

Тампонаж закріпного простору, проводився відразу за перевантажувачем, на відстані 40 м від вибою. Величина показника стійкості виробки на ділянці з механізованим торкретуванням збільшився майже в 2 рази (табл. 1).

Таблиця 1

Ділянка	Технологія виконання робіт	$\omega_k$
1	Тампонаж з ручним пікотажем і відставанням від вибою.	0,38
2	Механізоване торкретування і тампонаж відразу за технологічним комплексом зі зведення виробки.	0,80
3	Зміцнення порід покрівлі анкерами у вибої, механізоване торкретування і тампонаж за технологічним комплексом.	0,88

Результати інструментальних вимірювань, виконаних на контурних і глибинних замірних станціях, також свідчать про суттєве поліпшення стану виробки.

У разі застосування профільного листа як міжрамної огорожі враховувалася технологія проведення виробки і крок встановлення кріплення.

Перехід від кріплень зі зворотним склепінням на запропоноване комбіноване кріплення, дозволив знизити вартість проведення 1 м капітальної гірничої виробки на 6 153 грн./м. Очікуваний економічний ефект від використання профнастилу замість залізобетонної зтяжки – 98 грн./м.

## ВИСНОВКИ

Дисертація є завершеною науково-дослідною роботою, в якій на основі вперше встановлених закономірностей деформування приконтурного масиву порід при активізації геотехнічних факторів в умовах шахт Західного Донбасу вирішено актуальне науково-технічне завдання, яке полягає в обґрунтуванні раціональних параметрів конструкції комбінованого кріплення і технології її зведення для забезпечення тривалої стійкості капітальних виробок, що має важливе значення для підвищення ефективності та безпеки гірничих робіт в умовах вугільних шахт.

Основні наукові і практичні результати полягають у наступному.

1. Встановлено, що зона найбільш активних зміщень масиву гірських порід знаходиться в межах 15...30 м від вибою виробки, процес здимання порід підшви інтенсифікується на відстані 30...50 м, і на відстані біля 200 м від вибою призводить до неможливості нормальної експлуатації виробки, а проведення тампонажу в цей період виявляється неефективним і практично не зупиняє активного деформаційного процесу у виробці.

2. Встановлено, що зміщення контуру виробки, які проводяться в слабких породах, мають експонентну залежність від відстані до забою, а підвищення інтенсивності деформацій породного масиву внаслідок збільшення площі перетину, техногенного впливу відпрацьованих і діючих лав призвело для шахти ім. Героїв космосу за останні 30 років до зростання зміщень контуру виробок в



1,32 рази і зменшення терміну активного періоду деформування приконтурних порід в 2... ,5 рази.

3. Отримано значення коефіцієнта інтенсивності деформацій  $k_I = 0,66$  та доведено, що показник умов розробки  $\theta$  для шахти ім. Героїв космосу на сучасному етапі дорівнює  $\theta = 0,41$  (без урахування коефіцієнта  $k_I \theta = 0,62$ ), що підкреслює ступінь складності експлуатації очисних і протяжних виробок.

4. Розроблено чисельну модель породного масиву, що вміщує одиночну протяжну виробку, з урахуванням умов шахти імені Героїв космосу для дослідження параметрів комбінованого рамно-анкерного кріплення з тампонажем.

5. Показано, що виконання робіт зі зміцнення приконтурних порід, які виконані до початку активних деформацій і знеміцнення масиву, дозволяє в 1,5...2,0 рази зменшити розмір ЗНД і величину зміщень на контурі виробки.

6. Запропоновано нову фізичну модель механізму розвитку здимання і способу зниження здимання підосви, засновану на особливостях розвитку геомеханічних процесів у виробках, розташованих в слабких гірських породах шахт Західного Донбасу.

7. Отримана номограма, що дозволяє в залежності від кількості анкерів  $N$  і їх несучої здатності  $P_0$ , визначити відстань, на якій можливо проведення тампонажних робіт при забезпеченні допустимої величини здимання порід підосви.

8. Встановлено, що зі збільшенням товщини і міцності затверділого тампонажного шару, зміщення породного контуру виробки зменшуються в два рази, що дозволяє збільшити крок встановлення рамного кріплення.

9. Запропоновані конструкції комбінованого кріплення та технологія її введення впроваджені при спорудженні капітальних виробок на шахті імені Героїв космосу. Економічний ефект від застосування комбінованого рамно-анкерного кріплення з тампонажем закріпного простору замість металевого рамного кріплення зі зворотнім склепінням склав 6 153 грн./м. Економічний ефект від використання міжрамного огородження замість залізобетонної затяжки складе 98 грн./м.

### **СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗДОБУВАЧА ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ**

1. Прокудин А.З. Инновационные технологии тампонажа закрепного пространства в сложных горно-геологических условиях шахт Западного Донбасса / С.А. Воронин, С.В. Мкртчян, А.В. Солодянкин, М.А. Выгодин, А.З. Прокудин. Монография. – Днепропетровск: “Литограф”, 2015. – 76 с.

2. Прокудин А.З. Управление устойчивостью капитальных выработок с пучащей почвой / А.Н. Шашенко, А.В. Смирнов, А.В. Солодянкин, К.В. Кравченко, А.З. Прокудин // Пучение пород почвы в выработках угольных шахт: Монография. - Днепропетровск: “ЛизуновПресс”, 2015. – С. 222-238.

3. Прокудин А.З. Опытнo-промышленная проверка технологических показателей твердеющих смесей на основе дробленной шахтной породы / С.А. Воронин, С.В. Мкртчян, А.В. Солодянкин, М.А. Выгодин, В.С. Гаркуша, А.З. Прокудин // Перспективы использования извлекаемой породы при обеспе-

ченийи устойчивости капитальных выработок шахт компании "ДТЭК Павлоградуголь": Монография. - Днепропетровск: "Литограф", 2016. – С. 71-73.

4. Прокудин А.З. Мониторинг и контроль состояния откаточного квершлага пл.  $C_{10}^B$  при пересечении Богдановского сброса / Ю.М. Халимендик, К.В. Кравченко, А.З. Прокудин. Под общ. ред. А.Н. Шашенко // Переход Богдановского сброса: обоснование, технология, мониторинг, результат: Монография. - Днепропетровск: "Литограф", 2016. – С. 168-181.

5. Прокудин О.З. Вдосконалення технології тампонажу закріпного простору в складних гірничо-геологічних умовах шахт Західного Донбасу / О.В. Солодянкін, М.О. Вигодин, В.В. Коробченко, А.В. Смирнов, О.З. Прокудин // Розробка родовищ. – Дніпропетровськ, 2014. – С. 171-178.

6. Прокудин О.З. Шахтні дослідження геомеханічних процесів при проведенні протяжних виробок у складних гірничо-геологічних умовах ВСП «Шахта ім. Героїв Космосу» / О.В. Солодянкін, М.О. Вигодин, О.З. Прокудин // Розробка родовищ. – Дніпропетровськ, 2015. – С. 349-354.

7. Прокудин А.З. Методика рішення задачі об устойчивости виробки с комбинированной крепью АСН-А / А.Н. Шашенко, К.В. Кравченко, А.З. Прокудин, А.В. Смирнов // Вісник Криворізького національного університету. – 2015. – Вип. 39. – С. 24-29. (наукометрична база Index Copernicus).

8. Прокудин А.З. О повышении устойчивости капитальных горных выработок шахт Западного Донбасса / В.В. Коробченко, А.В. Солодянкін, М.А. Выгодин, А.З. Прокудин // Уголь Украины, 2015. - №12. – С. 27-32.

9. Прокудин А.З. Исследование влияния параметров упрочненного слоя закрепного пространства выработок на смещения контура / А.В. Солодянкін, М.А. Выгодин, К.В. Кравченко, И.В. Мясников, А.З. Прокудин // Сучасні ресурсоенергозберігаючі технології гірничого виробництва. - 2018. - №2 – С. 99-109. (наукометрична база Index Copernicus).

10. Прокудин О.З. Нові типи міжрамного огородження для підвищення несучої здатності кріплення капітальних виробок / І.В. Мясников, С.М. Гапеев, М.О. Вигодин, О.З. Прокудин // Мости та тунелі: теорія, дослідження, практика. - 2018. – С. 67-74.

11. Прокудин О.З. Пристрій для виміру геометричних параметрів внутрішнього контуру виробки, закріпленої металевим арочним кріпленням / О.В. Солодянкін, І.В. Дудка, О.З. Прокудин // Патент на винахід № 118264, Україна / МПК (2018.01) G01C 3/00 G01B 11/00 E21F 17/00. Заявл. 21.12.15; Опубл. 26.12.18; Бюл. № 24. – 4 с.

12. Прокудин А.З. Тампонаж закрепного пространства как эффективное средство создания системы "крепь – массив" / А.В. Солодянкін, М.А. Выгодин, В.В. Коробченко, А.В. Смирнов, А.З. Прокудин // Форум гірників: матеріали міжнар. конф., 1-4 жовт. 2014 р., Дніпропетровськ. – Д.: ТОВ «ЛізуновПрес», 2014. – Т.2. – С. 112-120.

13. Прокудин А.З. Шахтные исследования геомеханических процессов в окрестности магистральных выработок ШУ им. Героев космоса / С.А. Воронин, С.В. Мкртчян, А.В. Солодянкін, А.З. Прокудин // Перспективы развития строительных технологий: материалы 8-й междунар. науч.-практ. конф. молодых

ученых, аспирантов и студентов, 24-25 апр. 2014 г. – Д.: Государственное ВУЗ «НГУ», 2014. – С. 192-198.

14. Прокудин А.З. Определение технологических параметров комбинированного крепления АСН-А / А.З. Прокудин // Сталій розвиток промисловості та суспільства: матеріали міжнар. наук.-техн. конф., Кривий Ріг, 20-22 травня 2015 р. – Кривий Ріг: КНУ, 2015. – С. 23-24.

15. Прокудин А.З. Оптимизация технологических параметров крепления протяженных горных выработок в условиях ПСП «Шахтоуправление имени Героев Космоса» // Розробка, використання та екологічна безпека сучасних вибухових речовин: матеріали XI міжнародної науково-технічної конференції, Кременчук-Свалява, 1-7 лютого 2015 р. – Кременчук: КрНУ, 2015 – С. 100-102.

16. Прокудин А.З. Торкрет технологии в качестве механизации пикетажных работ при тампонаже закрепного пространства / А.З. Прокудин, А.В. Солодянкин // Молодь: наука та інновації: матеріали III Всеукраїнської науково-практичної конференції, Дніпропетровськ, 2-3 грудня 2015 р. – Д.: Державний ВНЗ «НГУ», 2015. – Т.7. – С. 14-15.

17. Прокудин А.З. Решение задачи о повышении устойчивости выработки с помощью численного моделирования / А.З. Прокудин // Энергетика. Екологія. Людина: матеріали VIII міжнародної науково-технічної конференції, Київ, 1-3 червня 2016 р. Київ: «Допомога УСІ», 2016. – С. 43-49.

18. Прокудин А.З. Обоснование параметров профильного листа для использования его в качестве межрамного ограждения / А.З. Прокудин // Перспективы развития строительных технологий : материалы 11-й междунар. науч.-практ. конф. молодых ученых, аспирантов и студентов, 26-27 апр. 2017 г. – Дніпропетровськ: Государственное ВУЗ «НГУ». - Д., 2017. - С. 134-140.

19. Прокудин А.З. Новая физическая модель механизма развития пучения почвы и способа его снижения / А.В. Солодянкин, А.З. Прокудин // Перспективы развития строительных технологий: 11-я междунар. науч.-практ. конф. молодых ученых, аспирантов и студентов, 26-27 апр. 2017 г. - Дніпропетровськ: Государственное ВУЗ «НГУ», 2017. - С. 141-148.

20. Прокудин А.З. Исследование параметров комбинированной крепи с использованием листового проката в качестве межрамного ограждения / А.В. Солодянкин, А.З. Прокудин // Всеукраїнської науково-практичної on-line конференції аспірантів, молодих учених та студентів, присвяченої Дню науки: збірник тез. 16-18 травня 2018 р. - Житомир: ЖДТУ, 2018. – С. 211-212.

21. Прокудин О.З. Дослідження параметрів комбінованого кріплення з використанням листового прокату як міжрамної огорожі / О.В. Солодянкін, О.З. Прокудин // Наукова весна 2018: матеріали IX Всеукраїнської науково-технічної конференції студентів, аспірантів і молодих учених 12-13 квітня 2018 р. Том 7. Геомеханіка. - Дніпро: НГУ, 2018. – С. 175-181.

22. Прокудин О.З. Розвиток шахт Західного Донбасу як стратегічне завдання для енергетики України / О.З. Прокудин // Перспективи розвитку будівельних технологій: матеріали 12-ї міжнарод. наук.-практич. конф. молодих вчених, аспірантів і студентів (19-20 квітня 2018 р.), м. Дніпро. - Дніпро: НГУ, - С. 264-271.

23. Прокудин А.З. Обоснование рациональных параметров технологии тампонажа закрепного пространства / А.В. Солодянкин, К.В. Кравченко, А.З. Прокудин, А.М. Выгодин // Вісті Донецького гірничого інституту. - 2016. - №1(38). – С. 22-29.

24. Прокудин А.З. Технологический регламент выполнения тампонажных работ на шахтах Западного Донбасса / М.А. Выгодин, А.З. Прокудин, А.М. Выгодин, С.В. Мкртчян // Уголь Украины. – 2017. – №3. – С. 30-34.

25. Прокудин А.З. Геомеханические аспекты выбора параметров комбинированных крепей капитальных выработок / А.Н. Шашенко, А.З. Прокудин, А.В. Смирнов // Уголь Украины, 2017. - №4. – С. 11-15.

**Особистий внесок автора в роботи, що опубліковані в співавторстві:**

[1, 9, 10, 16, 19] – виконання частини аналітичних досліджень, формулювання основних задач; [3, 5, 6, 8, 13] – проведення натурних досліджень, аналіз результатів натурних спостережень; [2, 7, 20, 21, 23, 25] – виконання чисельних розрахунків; [12, 24] – узагальнення та аналіз інформації; [4, 11] – розробка методики натурних спостережень.

## АНОТАЦІЯ

**Прокудин О.З. Параметри технології зведення та конструкції комбінованого кріплення капітальних виробок шахт при активізації геотехнічних факторів. – Кваліфікаційна робота на правах рукопису.**

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.15.04. – «Шахтне і підземне будівництво». – Національний технічний університет «Дніпровська політехніка» – Дніпро, 2019.

В дисертації поставлена та вирішена актуальна науково-технічна задача обґрунтування раціональних параметрів конструкції комбінованого кріплення і технології його зведення з метою тривалого підтримання виробок з мінімальними витратами на ремонтні роботи для умов шахт Західного Донбасу.

В якості основного об'єкту досліджень обрано шахту ім. Героїв космосу ПрАТ «Павлоградвугілля», в гірничо-геологічних та гірничотехнічних умовах якої було виконано комплекс шахтних досліджень.

Розроблено нову чисельну модель породного масиву, що враховує особливості деформування приконтурного масиву порід на шахтах Західного Донбасу.

Результати досліджень впровадженні у вигляді «Рекомендації щодо вибору параметрів комбінованих рамно-анкерних кріплень протяжних виробок в умовах великих деформацій породного масиву» і «Методики чисельного моделювання параметрів і технології зведення комбінованого кріплення типу АСН-А» на шахті імені Героїв космосу ПрАТ «ДТЕК Павлоградвугілля». Результати досліджень можуть бути використані в аналогічних гірничо-геологічних і гірничотехнічних умовах вугільних шахт.

*Ключові слова:* стійкість виробки, тампонаж закріпного простору, комбіноване кріплення, об'ємне розпушення порід, здимання порід підшоши.

## АННОТАЦИЯ

**Прокудин А.З. Параметры технологии возведения и конструкции комбинированной крепи капитальных выработок шахт при активизации геотехнических факторов. - Квалификационная работа на правах рукописи.**

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.15.04. - «Шахтное и подземное строительство». - Национальный технический университет «Днепровская политехника». - Днепр, 2019.

В диссертации поставлена и решена актуальная научно-техническая задача обоснования рациональных параметров конструкции комбинированной крепи и технологии ее возведения для длительного поддержания выработок с минимальными затратами на ремонтные работы для условий шахт Западного Донбасса.

В качестве основного объекта исследований выбрана шахта им. Героев космоса ЧАО «ДТЕК Павлоградуголь», в горно-геологических и горнотехнических условиях которой был выполнен комплекс шахтных исследований.

По результатам визуального и инструментального исследования выработок впервые установлено, что смещения контура выработок, проводимых в слабых породах, имеют экспоненциальную зависимость от расстояния до забоя. При этом сравнительно с результатами более ранних исследований, рост смещений контура выработок увеличился в 1,32 раза, а также уменьшилась длительность активного периода деформирования приконтурных пород в 2...2,5 раза. Установлено, что повышение интенсивности деформаций породного массива объясняется увеличением площади сечения выработок, техногенного влияния отработанных и действующих лав.

Разработана новая численная модель породного массива, вмещающего одиночную протяженную выработку учитывающая особенностей деформирования приконтурного массива пород на шахтах Западного Донбасса.

На основе численного моделирования установлены закономерности деформирования приконтурных пород в зависимости от конструктивных и технологических параметров комбинированного крепления.

Доказано, что устойчивость капитальных выработок, проводимых в слабометаморфизованных породах, обеспечивается применением комбинированной конструкции крепи на базе металлической арочной, установкой в забое в сводчатой части выработки не менее 5 анкеров для стабилизации деформационных процессов и своевременным проведением тампонажа закрепного пространства для изоляции вмещающих пород с созданием дополнительного несущего слоя толщиной 150-250 мм, что позволяет в 1,5-2 раза снизить пучение пород почвы и в 2 раза увеличить шаг рамной крепи.

Для совершенствования технологии тампонажа закрепного пространства капитальных выработок: предложен и внедрен механизированный пикотаж железобетонной затяжки с использованием торкрет установки; предложено использование профнастила в качестве между рамного ограждения и обоснованы технологические параметры его применения.

Результаты исследований внедрены в виде «Рекомендации по выбору параметров комбинированных рамно-анкерных креплений протяженных выработок в условиях больших деформаций породного массива» и «Методика численного моделирования параметров и технологии возведения комбинированного крепления типа АСН-А» на шахте имени Героев космоса ЧАО «ДТЭК Павлоградуголь». Результаты исследований могут быть использованы в аналогичных горно-геологических и горнотехнических условиях угольных шахт.

*Ключевые слова:* устойчивость выработки, тампонаж закрепного пространства, комбинированная крепь, объемное разрыхление пород, пучения пород почвы.

## ANNOTATION

**Prokudin O.Z. Technological parameters of constructive and construction of capital working's combined support when geotechnical factors are activation. - Qualifying scientific work on the rights of manuscripts.**

Thesis for obtaining of the scientific degree of candidate of technical sciences in specialty 05.15.04 – “Mine and underground construction”. – National Technical University “Dnipro Polytechnic”. Dnipro, 2019.

The dissertation is devoted to the solution of the actual scientific and technical problem of substantiating of the combined support design's rational parameters and its technology of construction with the aim of long-term maintenance of workings with minimal repair costs for the conditions of the Western Donbass mines.

The mine named Heroiv Kosmosu, PJSC «DTEK Pavlhradvuhillia», was chosen as the main object of the research. The research was implemented in the mining and geological conditions of this mine.

The new numerical model peculiar that considers deformation properties of the rock mass near the working's contour in the Western Donbass mines was developed.

The research results were implemented in the form of «Recommendations for choosing the parameters of the combined frame and roof bolting support of extended workings under the conditions of large rock mass deformations» and «Methodology of numerical modeling of AMS-A type combined support construction's parameters and technology» at the mine named Heroiv Kosmosu, PJSC «DTEK Pavlhradvuhillia». The research results can be used in a similar mining and geological conditions of a coal mines.

*Keywords:* stability of working, skin grouting, combined support, bulk rock loosening, heaving of bottom rocks.

**ПРОКУДІН Олександр Зотикович**

**ПАРАМЕТРИ ТЕХНОЛОГІЇ ЗВЕДЕННЯ ТА КОНСТРУКЦІЇ  
КОМБІНОВАНОГО КРІПЛЕННЯ КАПІТАЛЬНИХ ВИРОБОК ШАХТ  
ПРИ АКТИВІЗАЦІЇ ГЕОТЕХНІЧНИХ ФАКТОРІВ  
(Автореферат)**

Здано на складання 23.05.2019 р. Підписано до друку 23.05.2019 р.  
Формат 60×90/16.

Папір офсетний. Друк ризографічний. Гарнітура Times. Ум. друк. арк. 0,9.  
Обл.-вид. арк. 0,9. Тираж 100 прим. Зам. № № 961.

---

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