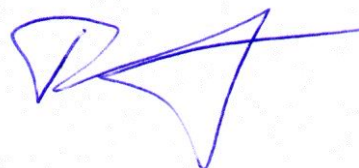


**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНИЙ ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД
«НАЦІОНАЛЬНИЙ ГІРНИЧИЙ УНІВЕРСИТЕТ»**

СТОРЧАК Гліб Геннадійович



УДК 622.281.5

**ОБГРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ СПОСОБУ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ
СТІЙКОСТІ МАГІСТРАЛЬНИХ ВИРОБОК В УМОВАХ
ВУГІЛЬНИХ ШАХТ ЗАХІДНОГО ДОНБАСУ**

Спеціальність 05.15.04 – «Шахтне та підземне будівництво»

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

Дніпропетровськ-2015

Дисертація є рукописом.

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

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

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор
Гайко Геннадій Іванович,
професор кафедри геобудівництва і гірничих технологій Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут» 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 ім. М.С. Полякова
НАН України (м. Дніпропетровськ).

Захист дисертації відбудеться «___» _____ 2015 р. о ___ годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 08.080.04 у Державному ВНЗ «Національний гірничий університет» Міністерства освіти і науки України за адресою: 49005, м. Дніпропетровськ, просп. К. Маркса, 19.

З дисертацією можна ознайомитися в бібліотеці Державного ВНЗ «Національний гірничий університет» Міністерства освіти і науки України.

Автореферат розісланий «___» _____ 2015 р.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради



О.В. Солодянкін

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Вугілля було й залишається єдиною вітчизняною сировиною з достатнім рівнем запасів, що робить його надійним гарантом енергетичної незалежності країни на віддалену перспективу. Отже, вугільна промисловість є однією з провідних галузей народного господарства України.

Тенденція розвитку гірничих робіт у Західному Донбасі така, що в недалекому майбутньому продуктивні пласти будуть розроблятися на глибинах, близьких до 600 м. В умовах постійного збільшення глибини ведення гірничих робіт проблема забезпечення стійкості гірничих виробок набуває особливо великого значення. Враховуючи невисоку міцність вуглевміщуючих порід, прояви гірського тиску, такі як вивалоутворення, здимання порід підосви, інтенсифікуються, що неминуче призведе до погіршення умов розробки вугільних пластів і зниження стійкості протяжних виробок, в тому числі і капітальних, розташованих поза зоною ведення очисних робіт.

Вугілля в Західному Донбасі видобувається в складних гірничо-геологічних умовах і, у зв'язку з цим, його собівартість досить велика. Конкуренцеспроможність товарного вугілля залишається низькою. Чималу частину в собівартості видобутого вугілля становлять витрати, пов'язані з ремонтом гірничих виробок. Зниження цих витрат є актуальним питанням, що має важливе народногосподарське значення.

Основним видом кріплення на шахтах України до сьогодні є металеве податливе. В складних гірничо-геологічних умовах досить часто експлуатація такого кріплення відбувається в умовах формування нерівномірного навантаження, внаслідок чого стійкість та несуча здатність рами та системи кріплення в цілому суттєво знижується. Це призводить до значних витрат на ремонт та заміну деформованого кріплення, зниження експлуатаційних якостей виробки як технологічного об'єкта та погіршення рівня безпеки робітників. Таким чином, встановлення закономірностей дії зовнішнього нерівномірного навантаження на конструкцію сталевого податливого кріплення та розробка простих та ефективних способів підвищення стійкості протяжних виробок поза зоною впливу очисних робіт є актуальним науково-технічним завданням, вирішенню якого присвячена дисертація.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертація є складовою частиною наукових досліджень, виконаних у Державному вищому навчальному закладі «Національний гірничий університет» в рамках держбюджетної теми ГП-410 «Геомеханічне обґрунтування підземної технології інтенсивного видобутку вугілля з урахуванням особливостей геологічного середовища» (№ держреєстрації 0108U000541) та госпдоговірних тем ХТ-050384 (2011 р.) та ХТ-050387 (2012 р.).

Мета досліджень полягає у встановленні закономірностей взаємодії металевого кріплення капітальних виробок вугільних шахт Західного Донбасу з породним масивом в умовах нерівномірності завантаження та обґрунтуванні на цій основі параметрів способу підвищення їх стійкості.

Для досягнення поставленої мети були сформульовані та вирішені наступні **основні задачі досліджень**:

- аналіз виробничої діяльності вугільних шахт, що входять до складу ПАТ «ДТЕК ПАВЛОГРАДВУГІЛЛЯ»;
- розробка методики оцінки стану капітальних виробок вугільних шахт Західного Донбасу;
- розробка розрахункових схем і чисельних моделей;
- оцінка впливу форми і розмірів поперечного перерізу капітальних гірничих виробок на параметри геомеханічного стану вміщуючого породного масиву;
- оцінка впливу величини коефіцієнта бокового розпору на конфігурацію і розміри зон непружних деформацій навколо протяжних капітальних виробок;
- оцінка впливу нерівномірності зовнішнього завантаження на несучу здатність металевої аркового кріплення;
- обґрунтування параметрів способу забезпечення стійкості протяжної капітальної виробки на основі підвищення рівномірності завантаження арки металевого кріплення;
- натурні вимірювання в капітальних виробках з метою експериментальної перевірки запропонованих технічних рішень;
- оцінка економічного ефекту від впровадження результатів досліджень.

Об'єктом дослідження є геомеханічні процеси, що розвиваються навколо гірничої виробки.

Предмет досліджень – напружено-деформований стан неоднорідного приконтурного породного масиву навколо капітальної протяжної виробки.

Методи досліджень. В дисертації як основний метод досліджень був використаний комплексний підхід, який полягав у виконанні аналізу інформаційних джерел в області стійкості гірничих виробок і геомеханіки, проведенні комплексу натурних вимірювань, розробці та дослідженні чисельних моделей, оцінці економічного ефекту від впровадження розроблених рекомендацій.

Наукові положення, що захищаються в дисертації:

- розміри зони непружних деформацій в однакових гірничо-геологічних умовах перебувають у зворотно-степеневій залежності від величини коефіцієнта бокового розпору, при цьому в межах зміни цієї величини від 0,75 до 1,25 початкове поле напружень можна приймати гідростатичним, що дозволяє спростити геомеханічні моделі і підвищити точність прогнозів проявів гірського тиску навколо одиночної капітальної виробки;
- ступінь перенавантаженості профілю рами кріплення при дії на нього нерівномірного навантаження експоненційно залежить від кількості точок розклинювання за її периметром, при цьому нерівномірність навантаження профілю може бути вирівняна шляхом встановлення за периметром рами не менше шести точок розклинювання, що дозволяє привести епюру згинальних моментів в профілі рами до випадку рівномірного завантаження і підвищити ефективність роботи рами.

Наукова новизна отриманих результатів:

1. Вперше на основі результатів комплексного обстеження протяжних виробок Західного Донбасу, в тому числі із застосуванням методики експертного

оцінювання, отримані залежності у вигляді степеневих функцій між показником умов розробки θ і станом виробок (протяжністю виробок, що не відповідають правилам безпеки), що дозволяє прогнозувати обсяги виробок, котрі вимагають ремонту, і, відповідно, витрати на їх підтримання.

2. Встановлено, що заміна в ході чисельного моделювання шаруватого середовища на усереднене однорідне при відмінності міцності та деформаційних характеристик шарів в 1,5-2 рази призводить до помилки у 25-30%, що дозволяє обґрунтовано застосовувати спрощені таким чином чисельні моделі при вирішенні геомеханічних задач.

3. Вперше для розглянутих гірничо-геологічних умов стосовно до чисельного моделювання виконана кількісна оцінка гірничотехнічних факторів, котрі негативно впливають на стійкість протяжних виробок, що дозволило застосувати 3D-дискретну чисельну модель для оцінки основних параметрів їх геомеханічного стану на різних етапах експлуатації.

4. У новій постановці вирішена задача про вплив несиметрії зовнішнього завантаження на несучу здатність металевого аркового кріплення, що дозволило розробити рекомендації щодо його посилення.

Наукове значення роботи полягає у встановленні закономірностей взаємодії елементів геомеханічної системи «металеве кріплення-складноструктурний породний масив» в умовах нерівномірності завантаження кріплення.

Практичне значення роботи полягає в обґрунтуванні параметрів способу підвищення стійкості протяжної капітальної виробки (північний конвеєрний ухил пласта C_{10}^B гор. 370 м шахти ім. Героїв космосу ПСП «ШУ ім. ГЕРОЇВ КОСМОСУ» ПАТ «ДТЕК ПАВЛОГРАДВУГІЛЛЯ»).

Обґрунтованість і вірогідність наукових положень, висновків і рекомендацій підтверджується використанням фундаментальних закономірностей механіки твердого деформованого тіла, методів теорії ймовірності та математичної статистики при плануванні експериментів, застосуванні обґрунтованих чисельних моделей, позитивним досвідом впровадження результатів досліджень, достатньою збіжністю результатів чисельного моделювання і натурних вимірювань (розбіжність не перевищує 24%).

Реалізація результатів роботи. Впровадження результатів досліджень було виконано в північному конвеєрному ухилі пласта C_{10}^B гор. 370 м шахти ім. Героїв космосу ПСП «ШУ ім. ГЕРОЇВ КОСМОСУ» ПАТ «ДТЕК ПАВЛОГРАДВУГІЛЛЯ» з позитивним економічним ефектом в розмірі 370 грн./м.

Особистий внесок автора полягає у формулюванні мети та основних завдань досліджень, у виконанні чисельних розрахунків, підготовці і виконанні натурних експериментів, узагальненні та аналізі отриманих результатів.

Апробація результатів дисертації. Основні результати досліджень були повідомлені на міжнародних науково-практичних конференціях і симпозіумах: «Форум гірників» (Дніпропетровськ, НГУ, 2010, 2013 рр.), «Інноваційні технології та проекти в гірничо-металургійному комплексі, їх науковий і кадровий супровід» (Алмати, Казахстан, 2014 р.), міжнародних науково-технічних конференціях молодих вчених, аспірантів і студентів: «Перспективи розвитку гірничої справи та підземного будівництва» (Київ, КПІ, 2011 р.), «Перспективи

освоєння підземного простору» (Дніпропетровськ, НГУ, 2011 р.), «Удосконалення технології будівництва шахт і підземних споруд» (Донецьк, ДонНТУ, 2011 р.).

Публікації. Основні положення дисертаційної роботи викладені в 11 наукових працях, зокрема в 5 статтях, опублікованих у спеціалізованих наукових виданнях, затверджених МОН України, з яких 1 – в зарубіжному періодичному виданні, 3 – включені до міжнародних наукометричних баз, та в 6 статтях, опублікованих у збірках матеріалів конференцій.

Структура й обсяг. Дисертація складається із вступу, чотирьох розділів, загальних висновків, списку використаних джерел із 119 найменувань на 11 сторінках і 2 додатків на 18 сторінках. Робота викладена на 148 сторінках машинописного тексту, містить 112 рисунків і 11 таблиць. Загальний обсяг дисертації становить 224 сторінки.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

Вуглевидобувний регіон Західного Донбасу характеризується досить складними гірничо-геологічними і гірничотехнічними умовами відпрацювання вугільних пластів. Відмінною особливістю видобутку вугілля в Західному Донбасі є міцне і в'язке вугілля і слабкі, схильні до здимання вміщуючі породи. При цьому специфіка і складність гірничо-геологічних і гідрогеологічних умов Західного Донбасу визначається низкою факторів, серед яких: повсюдне поширення в межах району слабких, що легко обвалюються, тріщинуватих вміщуючих порід, які швидко розмокають при наявності вологи, що призводить до різкої втрати міцності порід підосви виробок та їх здимання, розшарування і обвалення порід покрівлі; тонкошаруватою текстурою масиву порід, наявністю слабого контакту між шарами (в окремих випадках – навіть його відсутністю); наявністю геологічних порушень, характерною блоковою структурою, розвиненістю субвертикальної тріщинуватості тощо. Все це є причиною низької стійкості капітальних і підготовчих виробок.

Необхідність підготовки до відпрацювання нових запасів та спорудження комплексу виробок передбачає їх надійну, безремонтну експлуатацію на основі врахування процесу взаємодії кріплення виробок з гірськими породами в його еволюційному розвитку протягом усього періоду будівництва і експлуатації споруджуваних об'єктів. При цьому основними факторами, що вимагають оцінки та врахування, є геологічна будова гірських порід, їх природна і наведена тріщинуватість, виникаючі неоднорідні і дезінтеграційні структури, в тому числі розшарування порід, вихідні і мінливі в умовах експлуатації виробок властивості навколишніх порід і напружено-деформованого стану породного масиву, що вміщує гірничі виробки.

Вивченню особливостей проявів гірського тиску в умовах шахт Західного Донбасу та експлуатації кріплення присвячені роботи В.І. Бондаренка, М.О. Вигодіна, Г.І. Гайка, В.В. Євтушенка, В.Я. Кириченка, М.А. Комиссарова, К.В. Кошелева, О.П. Максимова, А.В. Мартовицького, Ю.А. Петренка,

С.М. Реви, І.М. Слащова, О.В. Солодянкіна, В.М. Стицина, Б.М. Усаченка, Ю.М. Халимендика, А.В. Шмиголя та багатьох інших дослідників.

В дисертації був продовжений збір та аналіз статистичної інформації про стан гірничих виробок, розпочатий в дослідженнях проф. О.В. Солодянкіна. До аналізу приймалися дані про протяжності гірничих виробок, їх загальний стан, частку виробок, які не відповідають за тих чи інших причин вимогам правил безпеки, про обсяги і вид ремонтних робіт у виробках шахт ПАТ «ДТЕК ПАВЛОГРАДВУГІЛЛЯ». Джерелом даних для аналізу була інформація із зазначених вище категорій, надана шахтами. Аналіз цих даних показав, що для всіх шахт виробки, в яких є відхилення від вимог правил безпеки (ПБ) і які, в основному, піддаються ремонтам, це штреки та квершлагаи. Причина пов'язана з існуючими умовами відпрацювання запасів – кути падіння пластів знаходяться в межах 0^0 - 3^0 , тобто більшість магістральних і підготовчих виробок представлені саме штреками і квершлагами.

Основні проблеми відхилення від вимог ПБ спостерігаються у виробках, закріплених металом. Аналіз статистичних даних, показав, що в середньому у 12,6% всіх розкривних і підготовчих виробок, спостерігаються відхилення за профілем рейкової колії, в 5,8% – за площею перерізу (в т.ч. 3,5% – від зменшення перерізу; 0,38% – від втрати висоти виробки; 1,9% – від невитриманих бічних безпечних зазорів). Роботи з перекріплення магістральних виробок в загальному обсязі ремонтів в цілому в ПАТ не перевищують 4%. Порівняно невелику частку перекріплення займає і в звітах більшості шахт – на восьми з десяти цей вид ремонтних робіт становить за рік від 0% (шахти «Ювілейна» та ім. Сташкова) до 7% (шахти «Західно-Донбаська» і «Степова») від загального обсягу ремонтів.

В цілому, за всіма шахтами ПАО «ДТЕК ПАВЛОГРАДВУГІЛЛЯ» за 2012 рік в абсолютних величинах загальний обсяг ремонтних робіт з перекріплення становить 2 692 м магістральних виробок та 909 м дільничних виробок.

Безпосередній аналіз стану протяжних гірничих виробок показав, що види і обсяги ремонтних робіт у магістральних виробках, які закріплені переважно металевим рамним кріпленням, на різних шахтах вельми різняться. Так, наприклад, на шахті «Західно-Донбаська» піддають перекріпленню в основному саме магістральні виробки, а на шахті «Степова» розподіл цього виду робіт між дільничними та магістральними виробками приблизно рівний – близько 7% від загального обсягу ремонтів у них. На шахтах «Павлоградська» та ім. Героїв космосу частка перекріплення магістральних виробок за рік досить висока – 17% і 89% від загального обсягу ремонтів на шахті.

У зв'язку з тим, що спостерігається значний розкид часток в загальному обсязі та видів ремонтних робіт на шахтах одного й того ж гірничопримослового регіону, в дисертації була виконана класифікація (рис. 1) гірничо-геологічних умов проведення та підтримання гірничих виробок за показником умов розробки θ :

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

де R_c – середньозважене значення межі міцності порід на одноосьовий стиск, МПа; k_c – середньозважене значення коефіцієнта структурного ослаблення; γ – середньозважена об'ємна вага порід, т/м³; H – глибина розробки, м.

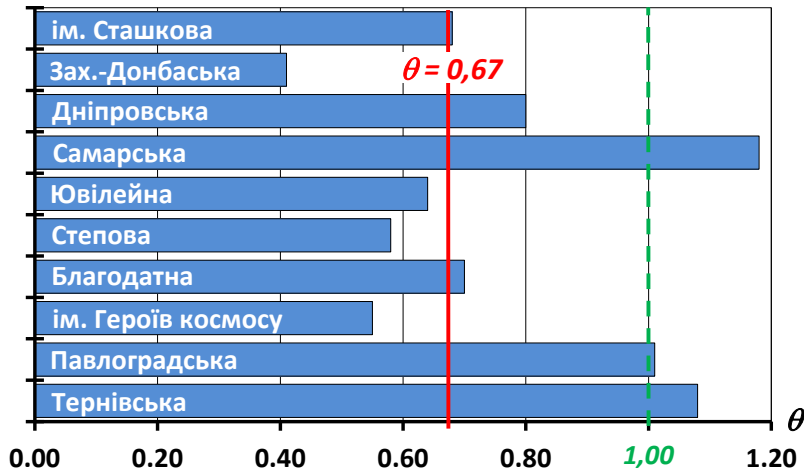


Рис. 1. Величина показника умов розробки θ на шахтах ПАО «ДТЕК ПАВЛОГРАДВУГІЛЛЯ»

«Західно-Донбаська». Показник умов розробки на цих шахтах становить $\theta < 0,67$. Наочним є і той факт, що найбільший обсяг виробок, які не задовольняють вимогам правил безпеки, відповідає саме шахтам з найменшим значенням показника θ – ім. Героїв космосу і «Західно-Донбаська».

Таким чином, перспектива розвитку гірничих робіт і погіршення геомеханічних умов розробки призведе до того, що всі шахти ПАТ «ДТЕК ПАВЛОГРАДВУГІЛЛЯ» будуть змушені працювати в особливо складних умовах, які характеризуються категорією «великі глибини», що вимагає проведення комплексу заходів щодо забезпечення тривалої стійкості виробок і підвищенню працездатності кріплення.

Важливим питанням, яке необхідно було з'ясувати на даному етапі – наскільки розглянуті показники достовірно описують стан виробок і можуть бути використані для різних прогностичних оцінок. Одним з методів, який часто використовується для опису досить складних об'єктів, якими в даному випадку є протяжні виробки, є експертна оцінка. Методика експертної оцінки, яка використовувалася в розглянутих дослідженнях, полягала в наступному.

Експерти, за яких виступали співробітники кафедри будівництва, геотехніки і геомеханіки НГУ та інженерно-технічні працівники ПАТ «ДТЕК ПАВЛОГРАДВУГІЛЛЯ», давали кількісну оцінку стану виробки (або групи виробок однакового призначення і умов експлуатації) за категоріями показників, що впливають на їх стійкість і визначають в підсумку протяжність ділянок, що вимагають проведення ремонтних робіт. Перелік показників та критерії їх бальної оцінки зводяться в спеціальну анкету, за якою оцінюється стан виробки за чотирма оціночними факторами:

а) якість встановлення кріплення (комплектність, відповідність паспорту кріплення, наявність розклинювання, наявність заповнення позакріпного простору та ін.);

б) загальний стан кріплення на момент виконання обстеження (стан верхняку, стійок кріплення, замків податливості, затяжок; спрацьовування замку податливості);

Гістограма на рис. 1 свідчить, що за величиною показника умов розробки $\theta < 1,0$ всі шахти, за винятком шахт «Самарська», «Тернівська» та «Павлоградська», відносяться до категорії «великих глибин розробки». При цьому слід зазначити шахти, умови підтримання на яких відносяться до найбільш важких – ім. Героїв космосу, «Степова», «Ювілейна» та

в) стан підшви виробки (наявність здимання порід підшви на величину, що порушує експлуатаційний стан виробки);

г) ступінь обводнення виробки.

За кожним з факторів експерт виставляє кількісну оцінку в балах – від п'яти балів максимальної оцінки (відповідність паспорту, відсутність дефектів кріплення, здимання порід, пошкоджень рейкової колії, відсутності води) до одного бала мінімальної оцінки. Тобто, сума балів експертної оцінки стану виробок може змінюватися в межах від 4 (найнижча оцінка показників якості виробки) до 20 (ідеальний стан виробки).

Для порівняння результатів, отриманих за даними довжини (протяжності) виробок, що не відповідають правилам безпеки, та експертної оцінки стану виробок, останні можуть бути представлені таким чином.

Якщо розглянути різницю між максимальною сумою балів експертної оцінки $\sum B_{max}$ (20 балів) і сумою балів, якою оцінений стан виробки $\sum B_i$, то масштаб отриманої різниці буде відповідати масштабу даних про протяжність виробок у незадовільному стані (y %):

$$\sum B_{max} - \sum B_i = 20 - \sum B_i = F,$$

де F – сума балів експертної оцінки, що характеризують протяжність виробок, які не відповідають вимогам ПБ.

Ідентичність параметра F та величини, що характеризує протяжність виробок із незадовільним станом, дозволяє виконати порівняння результатів, отриманих за статистичними даними з шахт з результатами експертної оцінки. Згідно з цим порівнянням результати, отримані за даними експертної оцінки стану виробок, досить добре відповідають офіційним даними про обсяги виробок, що вимагають ремонту. При цьому дані, що відображають невідповідність виробок за трьома характеристиками: перерізом, висотою і зазором, більшою мірою узгоджуються з результатами експертної оцінки.

Функціональні зв'язки між показником умов розробки θ і станом виробок (протяжність виробок, що не відповідають ПБ) можуть бути основою для прогнозу обсягів виробок, що вимагають ремонту і, відповідно, витрат на їх підтримання. Ці зв'язки можуть бути описані степеневими функціями вигляду:

$$P = a\theta^b,$$

де P – частка виробок (y %) від загальної довжини підтримуваних, що не відповідають вимогам ПБ, a та b – коефіцієнти апроксимації, що залежать від критеріїв оцінки відхилень від вимог ПБ.

Слід зазначити, що специфіка геологічної будови вуглепородного масиву Західного Донбасу зумовлює особливості експлуатації протяжних виробок. При цьому велика увага приділялася натурним вимірам, які є основою для побудови теоретичних моделей. В дисертації дослідження проводилися у виробках, розташованих поза зоною впливу очисних робіт на шахтах «Благодатна», «Західно-Донбаська», «Самарська», «Степова» та ім. Героїв космосу. В результаті обстеження стану протяжних виробок було встановлено, що основна причина їх низької стійкості криється, насамперед, у недотриманні технології зведення

кріплення, відсутності розклинювання рами та забутовки, а також у його невідповідності фактичним гірничо-геологічними умовами. Стан виробок на різних шахтах повністю відповідає оцінці підприємств за показником умов розробки (рис. 1). При цьому виконання комплексу шахтних досліджень дозволило сформулювати два окремі завдання в частині стійкості виробок з рамним кріпленням:

- оцінка впливу коефіцієнта бокового розпору λ і форми виробки на основні геомеханічні показники, такі, як розміри зони непружних деформацій (ЗНД) і переміщення контуру виробки;

- оцінка впливу нерівномірності зовнішнього завантаження, яке виникає від неякісного забучування, на несучу здатність кріплення.

Перше завдання було вирішене на основі методу скінчених елементів, реалізованого в програмному середовищі «Phase 2». Дослідження виконувалися для гірничо-геологічних умов шахт «Степова» та ім. Героїв космосу. Вплив величини коефіцієнта λ досліджувався у випадку круглої виробки, що розміщена в однорідному та шаруватому середовищі, при цьому величина коефіцієнта λ змінювалась під час розрахунків від 0,25 до 2,0 з кроком 0,25.

Аналіз отриманих результатів показав, що конфігурація ЗНД, яка охоплює виробку, спотворюється зі зміною величини коефіцієнта λ , приймаючи форму від витягнутої вздовж горизонтальної вісі при $\lambda=0,25$ до витягнутої по вертикалі при $\lambda=2,0$. При цьому наявність шаруватості в моделі якісно не змінює результат – форма ЗНД в цілому залишається схожою з результатами для однорідного масиву для однакових значень λ . Разом із тим, заміна шаруватого середовища на усереднене однорідне при відмінності міцності та деформаційних характеристик шарів в 1,5-2,0 рази призводить до помилки на рівні 25-30% при оцінці напружено-деформованого стану (НДС) навколо виробки, чим підтверджується необхідність використання в подальших дослідженнях саме шаруватих моделей.

На думку багатьох фахівців, важливу роль при забезпеченні стійкості виробок відіграє їх форма. Дослідження впливу форми виробки на картину НДС навколо неї в дисертації виконане для умов шахти «Степова», яка за показником умов розробки, як було показано вище, відноситься до «великих глибин» зі складними умовами ($\theta \approx 0,6$). Розглядалися виробки у формі кола, арки, трапеції, прямокутника. При побудові моделей з виробками, за формою відмінними від кола, співвідношення сторін фігур їх контуру зберігалися сумірними. Породний масив на моделях приймався однорідним та шаруватим, величина коефіцієнту бокового розпору змінювалася за вказаним вище правилом. За еталонне приймалося рішення для круглої форми виробки, з яким порівнювалися всі інші рішення.

Сукупний аналіз результатів чисельного дослідження впливу величини коефіцієнта λ на розмір ЗНД навколо виробок різної форми, що знаходяться в однорідному і неоднорідному (шаруватому) масиві (рис. 2), та величину переміщень на їх контурі (рис. 3) показує наступне:

- в одних і тих же гірничо-геологічних умовах розмір ЗНД і переміщення контуру виробки практично не залежить від форми виробки за умови, що їх розміри відрізняються на більш ніж на 20%;

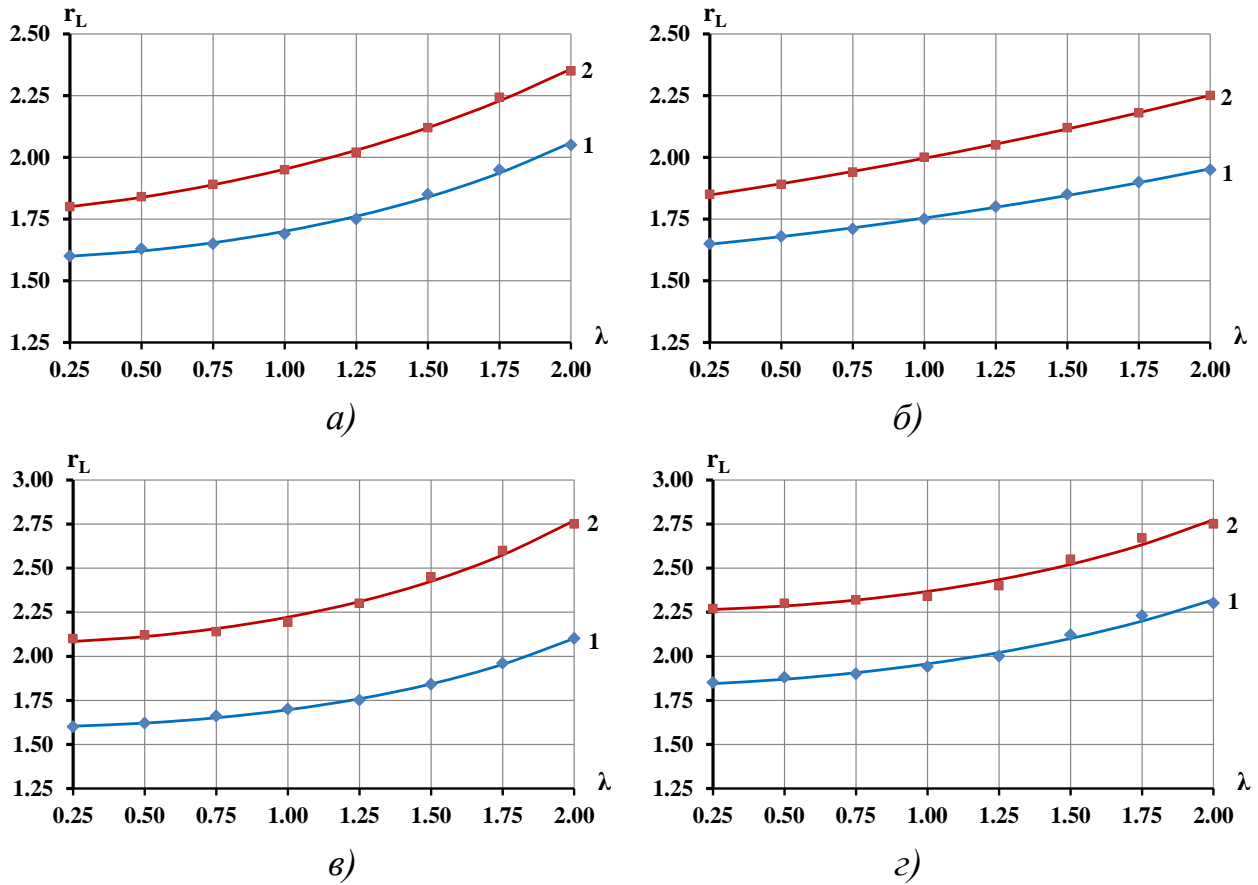


Рис 2. Залежності величини відносного радіусу ЗНД в покрівлі виробки від величини коефіцієнту бокового розпору при формі виробки: а) кругова; б) аркова; в) трапецієвидна; г) прямокутна; 1) однорідний масив; 2) шаруватий масив

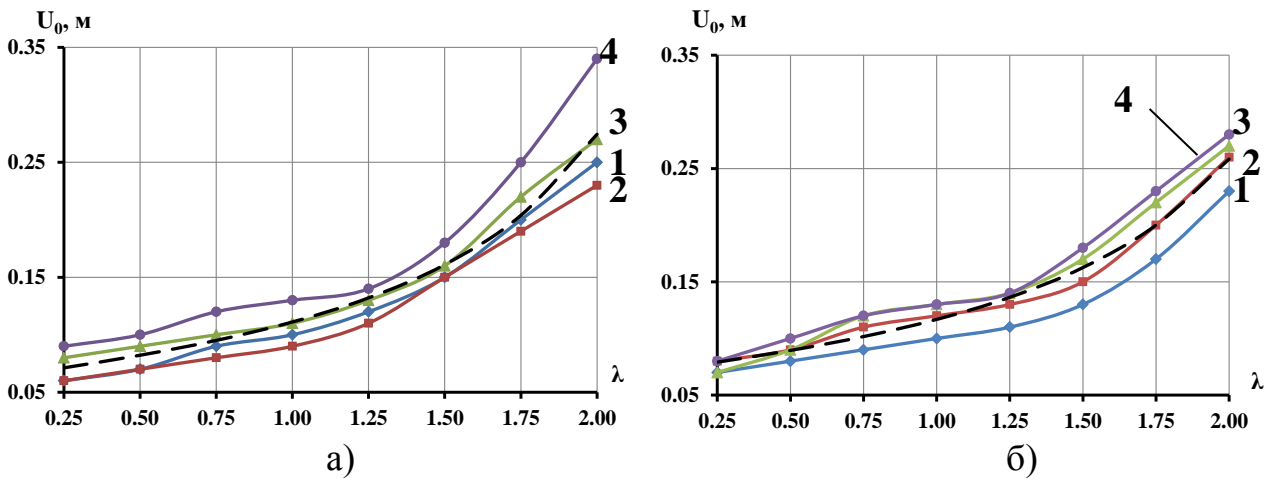


Рис 3. Залежності переміщень в покрівлі виробок від величини коефіцієнту бокового розпору: а) однорідний масив; б) шаруватий масив; 1) коло; 2) арка; 3) трапеція; 4) прямокутник

– розмір ЗНД і переміщення контуру виробки, що формують навантаження на кріплення, нелінійно залежать від величини коефіцієнту бокового розпору (коефіцієнти кореляції не менше 0,991):

$$r_L = \frac{1}{a + b\lambda^c} \quad \text{та} \quad U_0 = \frac{1}{a + b\lambda^c},$$

де a , b , c – коефіцієнти апроксимації;

– в діапазоні величин коефіцієнта бокового розпору від 0,75 до 1,25 розмір ЗНД, а отже, і величина переміщень контуру виробки, коливаються незначно – 7,5% для однорідного масиву і 6,1% – для шаруватого.

Отже, виконані дослідження дозволяють зробити висновок, що розміри зони непружних деформацій в однакових гірничо-геологічних умовах перебувають у зворотно-степеневій залежності від величини коефіцієнта бокового розпору, при цьому в межах зміни цієї величини від 0,75 до 1,25 початкове поле напружень можна приймати гідростатичним, що дозволяє спростити геомеханічні моделі і підвищити точність прогнозів проявів гірського тиску навколо одиної капітальної виробки.

Вирішення другого завдання стосовно чисельного моделювання відбувалося при вирішенні інженерних прикладних задач для умов проведення північного конвеєрного ухилу (ПКУ) гор. 370 м шахти ім. Героїв космосу, який є типовим прикладом виробки, що проводиться в складних гірничо-геологічних умовах і зазнає вплив як навколишнього зруйнованого масиву порід, так і вплив очисних робіт при досить складній тектонічній ситуації. Саме ця виробка була обрана як базова під час подальшого обґрунтування параметрів способу підвищення стійкості.

На трасі ПКУ були виділені чотири характерних ділянки, які відмінні за умовами проведення та підтримання виробки та видами кріплення:

I – ділянка шаруватого непорушеного масиву (кріплення КШПУ-17,7);

II – ділянка надробки гірничими роботами (кільцеве кріплення);

III – ділянка геологічного розривного порушення і підробки (кріплення із зворотним склепінням);

IV – ділянка надробки і підробки гірничими роботами (арочне кріплення з анкерами і тампонаж).

Для досліджень використовувалася дискретна 3D-модель, що дозволяє оцінити НДС шаруватого породного масиву з техногенними та природними порушеннями, що містить досліджувану виробку. Плоскі перерізи на цій моделі відповідають чотирьом виділеним ділянкам. Вирішуючи відповідну просторову задачу і переносячи результати вирішення на плоскі моделі у вигляді граничних умов, були з достатньою достовірністю досліджені розподіл напружень і переміщень в характерних областях споруджуваного ухилу.

Геомеханічні ситуації, що виникають в ході вирішення чисельних задач за розрахунковими схемами для ситуацій I-IV, будуть різними в силу особливостей породного масиву на цих ділянках. Причому особливості ділянок II-IV є ускладнюючими факторами щодо ділянки I. При переході до плоских задач врахування цих факторів в явному вигляді дуже складне. Коректний перехід в таких умовах можливий шляхом введення поправочних коефіцієнтів до розрахункових схем.

Ускладнюючий фактор є причиною виникнення в розглянутій моделі додаткового НДС, що проявляється зміною розмірів і форми ЗНД навколо виробки і

величини переміщень її контуру. Ці параметри можуть служити основою для обчислення поправочних коефіцієнтів, що враховують вплив ускладнюючих факторів або їх комбінації. В дисертації для обчислення поправочних коефіцієнтів найбільш прийнятним є параметр «переміщення контуру», величина якого в натурних умовах визначається значно простіше, ніж розмір ЗНД. Таким чином, поправочні коефіцієнти були визначені як відношення величини переміщень контуру виробки в моделях для ділянок II-IV до величини переміщень для ділянки I, яка розглядається як контрольна. При цьому величини цих коефіцієнтів, які необхідно в першому наближенні використовувати під час встановлення величини навантаження на кріплення при вирішенні відповідних задач, в залежності від геомеханічної ситуації становить: при надробці – $k_1=0,75$; при підробці – $k_2=1,23$; при підробці та перетинанні геологічного порушення – $k_3=1,5$; при одночасному впливі підробки та надробки – $k_4=1,26$.

Наступним етапом досліджень, було вивчення впливу нерівномірності завантаження кріплення на її загальну стійкість. Аналітичні дослідження, виконані раніше в роботах О.М. Шашенка, А.М. Роєнка, В.М. Очкурова, В.Л. Федулкіна та інших показали, що залежно від ступеня нерівномірності зовнішнього завантаження несуча здатність металевого аркового кріплення може зменшуватися в 2-5 разів. Стосовно до капітальних виробок, пройдених в масиві з переважно горизонтальним заляганням шарів (що характерно для Західного Донбасу), основним чинником, що створює нерівномірність зовнішнього завантаження, крім іншого, є порушення технології зведення кріплення, що допускає нещільний контакт рами кріплення з породним контуром.

На рис. 4 наведена залежність максимального згинального моменту M_{max}

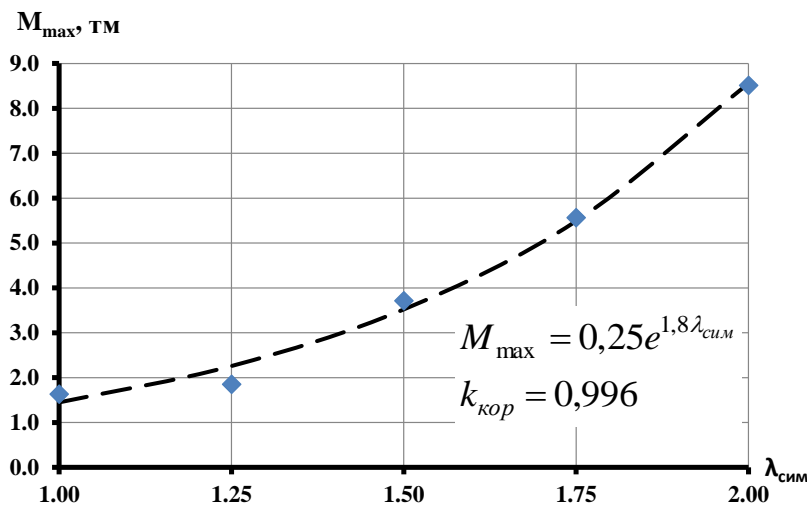


Рис. 4. Залежність величини максимального згинального моменту від ступеня несиметрії зовнішнього завантаження кріплення

Максимальний згинальний моменту M_{max} є основним внутрішнім силовим фактором, що визначає несучу здатність тонкостінних конструкцій взагалі і металевого кріплення зокрема, тому саме за ним оцінювалась несуча здатність кріплення.

від ступеня несиметрії зовнішнього завантаження аркового кріплення, який визначається коефіцієнтом несиметрії зовнішнього завантаження $\lambda_{сим}$:

$$\lambda_{сим} = q_{пр} / q_{лів},$$

де $q_{пр}$, $q_{лів}$ – відповідно усереднене навантаження з правого та лівого боків рами кріплення. При цьому в розрахунках величина коефіцієнта $\lambda_{сим}$ набувала значень 1,0; 1,25; 1,5; 1,75 та 2,0. Максимальний згинальний моменту M_{max} є основним внутрішнім силовим фактором, що визначає несучу здатність тонкостінних конструкцій взагалі і металевого кріплення зокрема, тому саме за ним оцінювалась несуча здатність кріплення.

Розрахунки показують, що несуча здатність кріплення експоненційно залежить від величини коефіцієнта несиметрії зовнішнього завантаження $\lambda_{сим}$ (рис. 4) і навіть при порівняно невеликих його значеннях відбувається істотне зниження несучої здатності. Так, при $\lambda_{сим}=1,25$ величина згинального моменту в профілі кріплення збільшується майже в 2 рази.

За таких умов підвищення несучої здатності кріплення пов'язане із нівелюванням впливу несиметрії та нерівномірності навантаження на раму. Одним з таких рішень є використання анкерів, які показують досить високу ефективність. Проте, встановлення анкерів є додатковим технологічним процесом, виконання якого потребує додаткових матеріалів, обладнання, працівників відповідної кваліфікації, безперервного постачання стиснутого повітря у вибій, у разі застосування податливих анкерів – вимагається жорсткий контроль за дотриманням технології. Всі ці додаткові витрати та вимоги, а також проведення виробок в умовах, що унеможливають ефективне застосування анкерів, потребує інших інженерних рішень.

Одним з таких можливих рішень, що не вимагатиме значних капітальних витрат, а також додаткових навичок і вмінь працівників, є точкове додаткове розклинювання, яке може бути ефективним за умов відсутності або неякісного виконання забучування рами, коли використання систем типу «Буллфлекс» за різних причин відсутнє. Важливим питанням тут є визначення мінімальної кількості точок розклинювання для такого перерозподілу навантаження на кріплення, при якому несуча здатність його суттєво б не знижувалась. Даний спосіб буде досить економічним і прийнятним варіантом для виробок на час, поки формується обтиснення рами, формується навантаження на неї і перехід до паспортного режиму експлуатації.

Оцінка мінімально необхідної кількості точок розклинювання здійснювалась за величиною максимального згинального моменту в профілі рами. За еталон була прийнята розрахункова схема для випадку завантаження кріплення рівномірно розподіленим навантаженням. В ході розрахунку розглядалися варіанти з розклинювання рами в одній і декількох точках за периметром рами кріплення. При цьому зовнішнє розподілене навантаження ділилося рівними частинами на відповідну кількість точок її застосування на раму кріплення.

На рис. 5 наведена залежність ступеня перенавантаженості профілю аркового кріплення за максимальними згинальними моментами від кількості точок розклинювання. Під ступенем перенавантаженості розуміється відношення максимального згинального моменту в профілі рами при поточній кількості точок розклинювання (M_{max}) до максимального згинального моменту для випадку рівномірного (симетричного) навантаження ($M_{max_сим}$). Додавання однієї точки розклинювання призводить до цілком очевидної ситуації істотно нерівномірного навантаження на кріплення, внаслідок чого перенавантаженість профілю більш ніж у дев'ять разів перевищує ситуацію з рівномірним завантаженням рами. Проте збільшення кількості точок розклинювання призводить до значного покращення ситуації і вже при кількості точок контакту від 5 до 7 нерівномірність завантаження практично усувається і несуча здатність кріплення використовується повністю, що відповідає випадку рівномірного навантаження. З рис. 4 та 5 видно, що

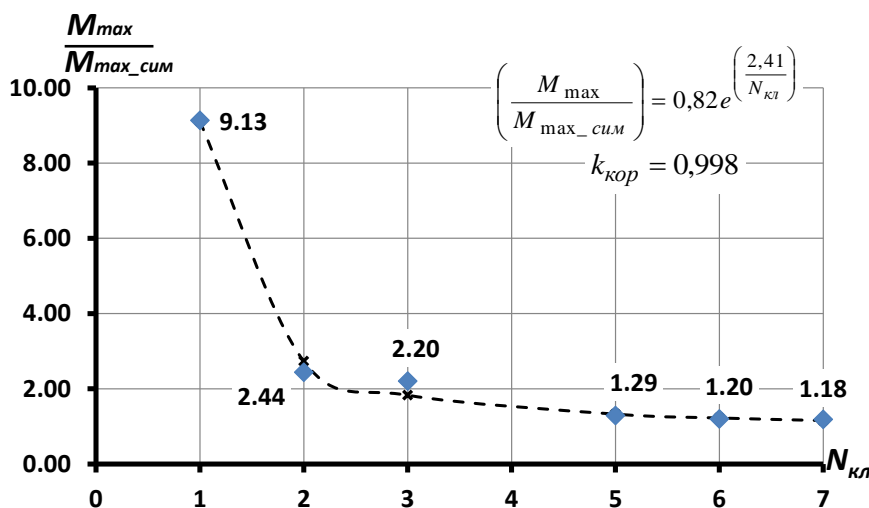


Рис 5. Залежність ступеня перенавантаженості профілю металевого аркового кріплення від кількості точок розклинювання за периметром рами

кількості точок розклинювання за її периметром, при цьому нерівномірність навантаження профілю може бути вирівняна шляхом встановлення за периметром рами не менше шести точок розклинювання, що дозволяє привести епюру згинальних моментів в профілі рами до випадку рівномірного завантаження і підвищити ефективність роботи рами.

Результати наведених теоретичних досліджень були перевірені на експериментальних ділянках на шахтах «Степова» та ім. Героїв космосу, зокрема у північному конвеєрному ухилі гор. 370 м. Вимірювалися переміщення контуру на реперних замірних станціях та згинальні моменти за допомогою кривизноміра. На рис. 6 наведені графіки, що відображають зміну висоти виробки на ділянках з додатковим розклинюванням і без нього. За результатами подальших спостережень видно, що завдяки розклинюванню вдалося не тільки вирівняти (тобто більш рівномірно розподілити) навантаження на раму на первинному етапі її роботи, а й згодом в цілому знизити втрату корисного перерізу.

Порівняння результатів натурних вимірів ступеня завантаженості рами з установкою 6 точок розклинювання за периметром рами з результатами аналітичних оцінок цього параметра показує достатню збіжність аналітичних і натурних результатів – характер епюри згинальних моментів в обох випадках подібний і близький до епюри для випадку рівномірно розподіленого навантаження (рис. 7), а різниця у величинах максимальних згинальних моментів не перевищує 24%.

Економічна ефективність результатів досліджень була оцінена при проходці північного конвеєрного ухилу гор. 370 м на шахті ім Героїв космосу. За станом виробки порівнювалися дві групи конструкцій кріплення: 1) кріплення КШПУ-17,7 зі звичайною технологією і з додатковим розклинювання (6 точок); 2) кріплення із зворотним склепінням та кільцеве кріплення (в обох випадках – із тампонажем).

Аналіз виконаних розрахунків показав, що варіанти кріплення «зворотне склепіння» і «кільце» при всій їх технічній ефективності значно більш витратні

зменшити ступінь нерівномірності навантаження можна штучно, створюючи точки контакту з породним контуром за периметром кріплення.

Виконані дослідження дозволили стверджувати, що ступінь перенавантаженості профілю рами кріплення при дії на нього нерівномірного навантаження експоненційно залежить від

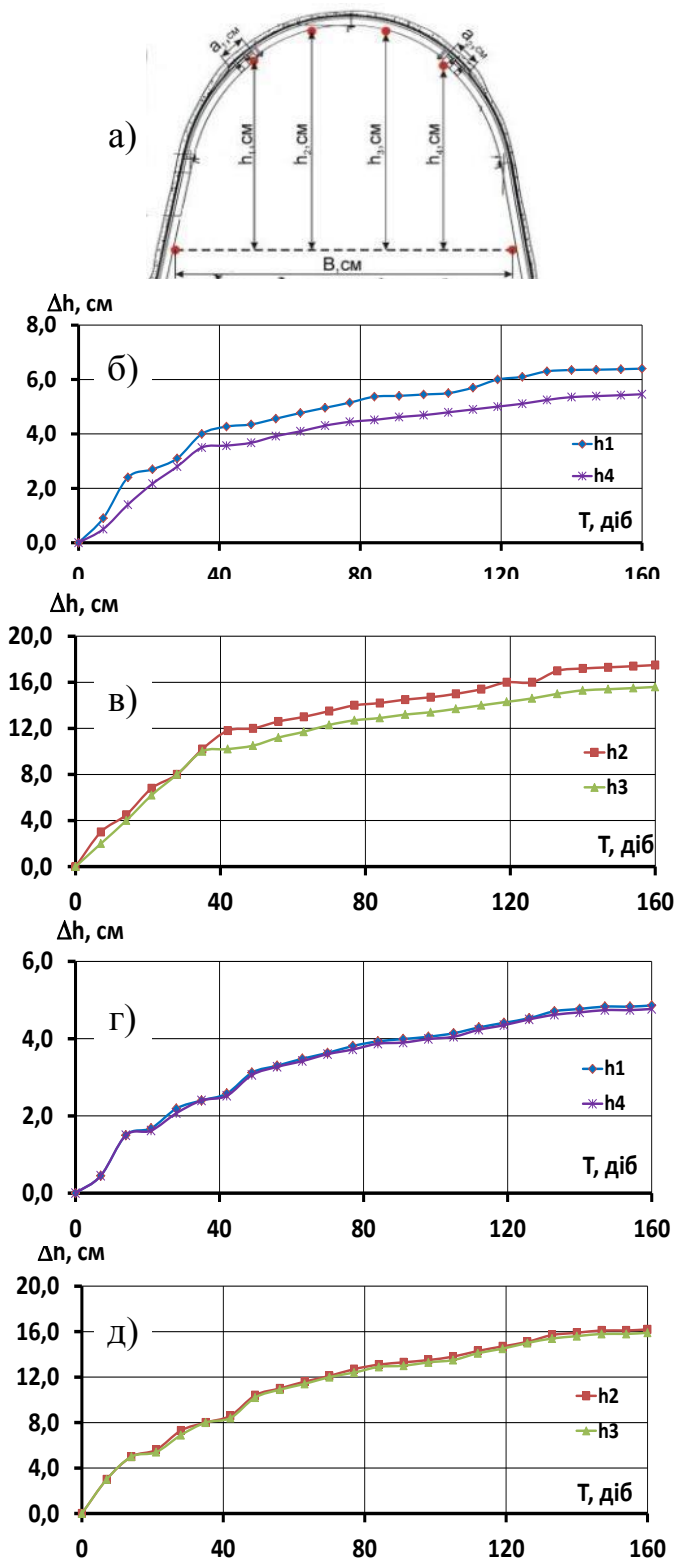


Рис. 6. Вертикальна конвергенція у виробці з металевим арковим кріпленням без застосування додаткового розклинювання (б, в) та з розклинюванням у шести точках за периметром рами (г, д); а) положення замірних профілів

дуть замкнуті конструкції з тампонажем закріпного простору.

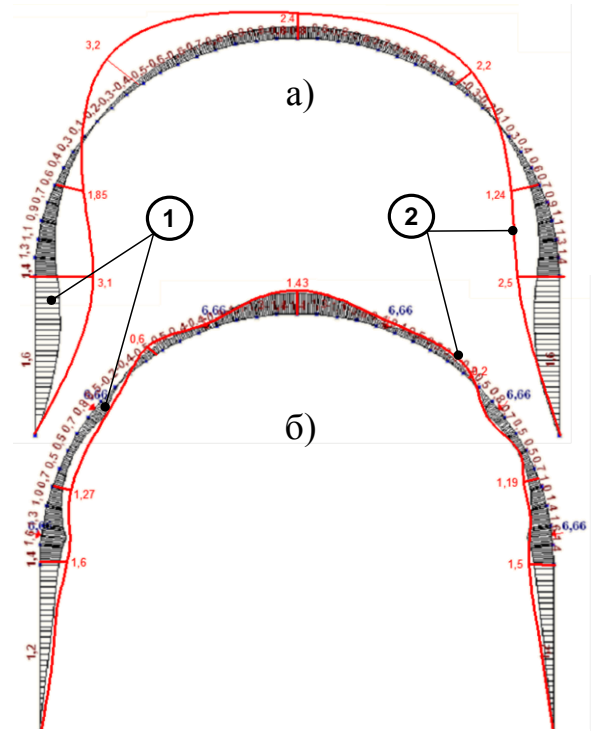


Рис. 7. Епюри згинаючих моментів для рам кріплення, що встановлені без розклинювання (а) та з розклинюванням у шести точках за периметром рами (б): 1) за результатами розрахунків; 2) за результатами вимірів у виробці

в проходці, а останній варіант – і в ремонті. Разом із тим, варіант з арковим кріпленням та додатковим розклинюванням, що є рівним за капітальними витратами зі стандартною технологією, виявляється дешевшим в частині виконання ремонтів за рахунок більш стійкого стану кріплення, а, отже, й виробки.

Таким чином, при великих обсягах проведення і підтримки виробок раціональним буде застосування варіанта з додатковим розклинюванням в силу його технологічності, економічної доступності та технічної ефективності. В особливих умовах, що вимагають застосування важких типів кріплення, раціональними для капітальних виробок будуть замкнуті конструкції з тампонажем закріпного простору.

Впровадження результатів досліджень було виконано в північному конвеєрному ухилі пласта C_{10}^B гор. 370 м шахти ім. Героїв космосу ПСП «ШУ ім. ГЕРОЇВ КОСМОСУ» ПАТ «ДТЕК ПАВЛОГРАДВУГІЛЛЯ». Очікувана економічна ефективність запропонованих заходів для умов, подібних до умов проведення північного конвеєрного ухилу, за рахунок зниження вартості ремонтів становить 370 грн. на 1 м виробки.

ВИСНОВКИ

Дисертація є завершеною науково-дослідною роботою, в якій на основі вперше встановлених для гірничо-геологічних умов Західного Донбасу закономірностей взаємодії кріплення і вміщуючого масиву слабометаморфізованих порід вирішена актуальна науково-технічна задача підвищення стійкості капітальних протяжних виробок вугільних шахт.

Основні наукові і практичні результати роботи полягають у наступному.

1. Розроблена методика збору та обробки інформації про стан протяжних виробок вугільних шахт Західного Донбасу, що дозволило виконати їх класифікацію за умовами експлуатації, встановити характерні прояви гірського тиску, фактичні обсяги ремонтних робіт і визначити можливі шляхи підвищення ефективності підготовчих робіт.

2. Поставлена і вирішена задача про вплив форми поперечного перерізу капітальних гірничих виробок на розміри зони непружних деформацій. Це дозволило довести, що в однакових гірничо-геологічних умовах при подібних розмірах поперечних перерізів розмір зони непружних деформацій приблизно однаковий, і тим самим спростити чисельні моделі.

3. Виконані чисельні експерименти з оцінки впливу коефіцієнта бокового розпору на основні геомеханічні параметри приконтурного масиву, що дозволило довести істотність його впливу на характер прояву гірського тиску і стійкість гірничих виробок.

4. Виконані натурні вимірювання в протяжних виробках, розташованих поза зоною впливу очисних робіт, що дозволило встановити закономірності формування навантаження на кріплення і рекомендувати технічні рішення з підвищення їх стійкості.

5. Виконана оцінка впливу несиметрії та нерівномірності зовнішнього навантаження металевих аркових кріплення та визначена достатня кількість анкерів та точок розклинювання, що дозволяє зменшити негативний ефект кососпрямованих зовнішніх навантажень. Встановлено, що залежність несучої здатності кріплення від величини коефіцієнта несиметрії зовнішнього навантаження $\lambda_{сим}$ має вигляд експоненційної функції.

6. На ПСП «ШАХТА «СТЕПОВА» та ПСП «ШАХТА ім. ГЕРОЇВ КОСМОСУ» виконана перевірка рекомендацій щодо підвищення стійкості капітальних виробок, розташованих поза зоною впливу очисних робіт.

7. Очікуваний економічний ефект від впровадження результатів досліджень склав 370 грн. на 1 м виробки.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗДОБУВАЧА ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Сторчак Г.Г. К вопросу о необходимости разработки методики оценки состояния протяженных выработок / Г.Г. Сторчак // Вісті Донецького гірничого інституту.– Донецьк: ДонНТУ, 2013.– №2(33).– С.161-169.
2. Сторчак Г.Г. До питання підвищення стійкості протяжних виробок із металевим кріпленням, що працює в умовах нерівномірного завантаження / С.М. Гапеев, Г.Г. Сторчак, Г.Ю. Король // Сучасні ресурсоенергосберігаючі технології гірничого виробництва: Наук.-технічн. журнал.– Кременчук: КрНУ, 2013.– Вип. 1(11).– С.143-152 (Наукометрична база Index Copernicus).
3. Сторчак Г.Г. Пути обеспечения длительной устойчивости протяженных горных выработок в условиях несимметричных нагрузок при использовании рамной крепи / А.В. Халимендик, Г.Г. Сторчак, А.В. Халимендик, В.В. Пустовой // Сучасні ресурсоенергосберігаючі технології гірничого виробництва: Наук.-технічн. журнал.– Кременчук: КрНУ, 2013.– Вип. 2(11).– С.157-166 (Наукометрична база Index Copernicus).
4. Сторчак Г.Г. Оценка параметров геомеханической системы «парные выработки-целик-очистной забой» / А.Н. Шашенко, Г.Г. Сторчак, А.Ю. Король, А.О. Логунова // Науковий вісник НГУ.– Дніпропетровськ: ДВНЗ «НГУ», 2014.– №2.– С.58-63 (Наукометрична база Scopus).
5. Сторчак Г.Г. Оценка влияния коэффициента бокового распора на напряженно-деформированное состояние приконтурного породного массива в окрестности одиночной горной выработки / А.В. Халимендик, Г.Г. Сторчак, А.О. Логунова, В.В. Панченко, А.В. Халимендик // Научный вестник МГГУ. – 2014. -№1(46). – С.57-66.
6. Сторчак Г.Г. Способы охраны выработок, предназначенных для повторного использования / Г.Г. Сторчак // Форум гірників – 2010: Матеріали міжнародної конференції.– Дніпропетровськ: НГУ, 2010.– Т.3.– С.211-215.
7. Сторчак Г.Г. Анализ способов и методов борьбы с несимметричным нагружением рамных металлических крепей / Г.Г. Сторчак // Совершенствование технологии строительства шахт и подземных сооружений: Материалы междунар. конф.– Донецк: «Норд-Пресс», 2011. – Вип. 17. – С. 211-213.
8. Сторчак Г.Г. Анализ причин возникновения несимметричной нагрузки на рамную металлическую крепь и направления повышения ее несущей способности / С.Н. Гапеев, Г.Г. Сторчак // Перспективы освоения подземного пространства: материалы междунар. конф.– Днепрпетровск: НГУ, 2011. – С. 94-100.
9. Сторчак Г.Г. Напрямки підвищення несучої здатності сталевого кріплення за умов несиметричного навантаження / С.М. Гапеев, Г.Г. Сторчак // Перспективы развития горного дела и подземного строительства: материалы междунар. конф.– К.: НТТУ «КПИ», 2011. – С. 56-58.
10. Сторчак Г.Г. Анализ состояния горных выработок шахт Западного Донбасса / А.Е. Григорьев, А.В. Халимендик, Г.Г. Сторчак // Форум гірників-2013: матеріали міжнар. конф.– Дніпропетровськ: ДВНЗ «НГУ», 2013.– Т.3 – С. 286-290.

11. Сторчак Г.Г. К вопросу оценки структурного ослабления горных пород при решении задач геомеханики / А.Н. Шашенко, С.Н. Гапеев, А.О. Логунова, Г.Г. Сторчак // Инновационные технологии и проекты в горно-металлургическом комплексе, их научное и кадровое сопровождение: Сб. тр. междунар. науч.-практ. конф.– Алматы: КазНТУ, 2014.– С.172-176.

Особистий внесок здобувача в роботах, написаних у співавторстві: [2, 8, 9] – аналіз виробничого досвіду та літературних джерел, узагальнення результатів аналізу; [3, 10] – аналіз виробничого досвіду, розробка методики та виконання натурних спостережень, аналіз результатів; [4, 5, 11] – розробка та підготовка чисельних моделей, узагальнення та аналіз результатів розрахунків.

АНОТАЦІЯ

Сторчак Г.Г. Обґрунтування параметрів способу забезпечення стійкості магістральних виробок в умовах вугільних шахт Західного Донбасу. – На правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.15.04 – «Шахтне та підземне будівництво». Державний вищий навчальний заклад «Національний гірничий університет», Дніпропетровськ, 2015.

Дисертація присвячена встановленню закономірностей взаємодії металевого кріплення капітальних виробок шахт Західного Донбасу з породним масивом в умовах нерівномірності завантаження та обґрунтуванню параметрів способу підвищення їх стійкості.

Отримані степеневі залежності між показником умов розробки θ і параметром оцінки стану виробок, що дозволяє прогнозувати обсяги ремонтів і витрати на підтримання.

Доведено, що в однакових гірничо-геологічних умовах при подібних розмірах поперечних перерізів виробок розмір зони непружних деформацій приблизно однаковий, що дозволяє спростити чисельні моделі. Виконані чисельні експерименти з оцінки впливу коефіцієнта бокового розпору на основні геомеханічні параметри приконтурного масиву, що дозволило довести істотність його впливу на стійкість гірничих виробок. Виконана оцінка впливу нерівномірності зовнішнього завантаження металевого кріплення та визначено, що 6 точок розклинювання є достатнім для вирівнювання епюри згинальних моментів у рамі та підвищення ефективності її роботи.

Виконана натурна перевірка запропонованих технічних рішень. Відхилення від теоретичних результатів не перевищує 24%. Очікуваний економічний ефект від впровадження результатів склав 370 грн. на 1 м виробки.

Ключові слова: металеве рамне кріплення, нерівномірне навантаження, додаткове розклинювання, згинальні моменти, магістральні виробки.

АННОТАЦИЯ

Сторчак Г.Г. Обоснование параметров способа повышения устойчивости

магистральных выработок в условиях угольных шахт Западного Донбасса. – На правах рукописи.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.15.04 – «Шахтное и подземное строительство». Государственное высшее учебное заведение «Национальный горный университет», Днепропетровск, 2015.

Диссертация посвящена установлению закономерностей взаимодействия металлической крепи капитальных выработок угольных шахт Западного Донбасса с породным массивом в условиях неравномерности загрузки и обосновании на этой основе параметров способа повышения их устойчивости.

Идея работы заключается в учете особенностей напряженно-деформированного состояния вмещающей выработку неоднородной породной среды при формировании нагрузки на крепь протяженных выработок.

Объектом исследования являются геомеханические процессы, развивающиеся вокруг горной выработки.

Предмет исследований – напряженно-деформированное состояние неоднородного приконтурного породного массива в окрестности капитальной протяженной выработки.

Впервые на основе результатов комплексного обследования протяженных выработок Западного Донбасса, в том числе с использованием методики экспертной оценки, получены зависимости в виде степенных функций между показателем условий разработки θ и параметром оценки состояния выработок, что позволяет прогнозировать объемы выработок, требующих ремонта и затраты на их поддержание.

Решением задачи о влиянии формы поперечного сечения капитальных горных выработок на размеры зоны неупругих деформаций доказано, что в одинаковых горно-геологических условиях при сходных размерах поперечных сечений размер зоны неупругих деформаций примерно одинаков. Установлено также, что замена в ходе численного моделирования слоистой среды на усредненную однородную при отличии прочностных и деформационных характеристик слоев в 1,5-2 раза приводит к ошибке, составляющей 25-30%. Это позволяет обоснованно применять упрощенные таким образом численные модели при решении геомеханических задач.

Выполнены численные эксперименты по оценке влияния коэффициента бокового распора на основе геомеханических параметров приконтурного массива, что позволило доказать существенное его влияние на характер проявления горного давления и устойчивость горных выработок.

Впервые для рассматриваемых горно-геологических условий применительно к численному моделированию выполнена количественная оценка горно-технических факторов, негативно влияющих на устойчивость протяженных выработок, что позволило применить 3D-дискретную численную модель для оценки основных параметров их геомеханического состояния на различных этапах эксплуатации выработок. Для рассмотренных условий проведения одиночной капитальной выработки (Северный конвейерный уклон шахты им. Героев космоса) при определении нагрузки на крепь и величины ее податливости

необходимо, в первом приближении, в зависимости от геомеханической ситуации вводить следующие поправочные коэффициенты: а) при надработке – $k_1=0,75$; б) при подработке – $k_2=1,23$; в) при подработке и пересечении геологического нарушения – $k_3=1,5$; г) при подработке и надработке – $k_4=1,26$.

Выполнена оценка влияния несимметрии внешнего нагружения металлической арочной крепи и установлено, что шесть точек расклинки является достаточным для выравнивания эпюры изгибающих моментов и в раме крепи и повышения эффективности ее работы.

В условиях шахт «Степная» и им. Героев космоса выполнена проверка предложенных инженерных решений. Отклонение от теоретических результатов не превышает 24%. Внедрение результатов исследований было выполнено в северном конвейерном уклоне пласта C_{10}^B , гор. 370 м шахты им. Героев космоса ПСП «ШУ им. Героев космоса» ПАО «ДТЭК ПАВЛОГРАДУГОЛЬ» с положительным экономическим эффектом в размере 370 грн. на 1 м выработки.

Ключевые слова: металлическая рамная крепь, неравномерное нагружение, дополнительная расклинка, изгибающие моменты, магистральные выработки.

ABSTRACT

Storchak G.G. Justification parameters of the method to ensure the sustainability of the main workings in coal mines of Western Donbass.– Manuscript.

A thesis for scientific degree of Candidate of Technical Science by specialty 05.15.04 – «Mining and Underground Construction». State Higher Educational Institution «National Mining University», Dnipropetrovsk, 2015.

The thesis deals with determination of regularities of interaction between metal support of permanent workings of Western Donbas mines and rock mass in terms of load imbalance as well as substantiation of the parameters of technique improving their stability.

Functional and exponential dependences between ratio of mining conditions θ and the parameter estimating conditions of mine workings have been obtained; it allows forecasting maintenance-and-repair costs.

It has been proved that under similar mining and geological conditions and cross-sections of mine workings areas of non-elastic deformations are almost analogous which makes it possible to simplify numerical models. Numerical experiments to determine ratio of horizontal stress on basic geomechanical parameters of border mass have been carried out. That helped prove the importance of its effect on the stability of mine workings. Effect of external load on metal support unsymmetry has been estimated; it has been determined that six wedging points are quite sufficient to level curves of bending moments within a frame and to improve its efficiency.

The proposed technical solutions have been tested under mining conditions. Deviation from theoretical results is not more than 24%. The expected economic efficiency is UAH 370 per a meter.

Key-words: metal frame support, unbalanced load, extra wedging, bending moments, main workings.

Сторчак Гліб Геннадійович

ОБГРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ СПОСОБУ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ
СТІЙКОСТІ МАГІСТРАЛЬНИХ ВИРОБОК В УМОВАХ
ВУГІЛЬНИХ ШАХТ ЗАХІДНОГО ДОНБАСУ

(Автореферат)

Підп. до друку 25.05.2015. Формат 60x90/16.
Папір офсет. Ризографія. Ум. друк. арк. 1,9.
Обл.-вид. арк. 1,9. Тираж 120 пр. Зам. № ____.

Державний вищий навчальний заклад
«Національний гірничий університет»
49005, м. Дніпропетровськ, просп. К. Маркса, 19