

Міністерство освіти і науки України
Національний технічний університет
«Дніпровська політехніка»

ФАКУЛЬТЕТ БУДІВНИЦТВА

Кафедра будівництва, геотехніки і геомеханіки

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
кваліфікаційної роботи ступеню магістра

студента Кравченко Артемій Сергійович

(ПІБ)

академічної групи 184М-17-1 ФБ

(шифр)

спеціальності 8.184 Гірництво

(код і назва спеціальності)

спеціалізації _____

за освітньо-професійною програмою Будівельні геотехнології та геомеханіка

(офіційна назва)

на тему Дослідження впливу несиметричного навантаження на стійкість металевого рамного кріплення

(назва за наказом ректора)

Керівники	Прізвище, ініціали	Оцінка за шкалою		Підпис
		рейтинговою	інституційною	
кваліфікаційної роботи	Халимендик О.В			
розділів:				
Рецензент				
Нормоконтролер	Максимова Е.О.			

Дніпро
2018

ЗАТВЕРДЖЕНО:
завідувач кафедри
будівництва, геотехніки і геомеханіки

_____ Гапєєв С.М.
(підпис) (прізвище, ініціали)

« _____ » _____ 2018 року

**ЗАВДАННЯ
на кваліфікаційну роботу
ступеню магістра**

студенту _____ Кравченко А.С. _____ академічної групи _____ 184М-17-1 ФБ _____
(прізвище та ініціали) (шифр)

спеціальності 8.184 Гірництво

спеціалізації _____

за освітньо-професійною програмою Будівельні геотехнології та геомеханіка

_____ (офіційна назва)

на тему Дослідження впливу несиметричного навантаження на стійкість металевого рамного кріплення

затверджену наказом ректора НТУ «Дніпровська політехніка» від 04.12.2018 р. №2062-л

Розділ	Зміст	Термін виконання
1	Аналіз статистичної інформації про стан гірничих виробок вугільних шахт Західного Донбасу	
2	Класифікація гірничо-геологічних умов проведення та підтримання магістральних виробок на шахтах Західного Донбасу	
3	Оцінка впливу ступеня несиметрії зовнішнього завантаження кріплення на її несучу здатність	
4	Рекомендації щодо вдосконалення технології проведення протяжної капітальної виробку в складних умовах	

Завдання видано _____
(підпис керівника)

О.В. Халимендик
(прізвище, ініціали)

Дата видачі _____

Дата подання до екзаменаційної комісії _____

Прийнято до виконання _____
(підпис студента)

Кравченко А.Ю.
(прізвище, ініціали)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка складається з чотирьох розділів. Містить 35 малюнків і 7 таблиць та 32 посилання на 32 джерела. Загальний обсяг пояснювальної записки складає 67 сторінок.

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

Ідея роботи полягає у врахуванні особливостей напружено-деформованого стану вміщуючого виробку неоднорідного породного масиву при формуванні нерівномірного навантаження на кріплення протяжних виробок.

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

Предмет досліджень – напружено-деформований стан неоднорідного приконтурного породного масиву в зоні впливу протяжної капітальної виробки.

Методи досліджень. Аналіз інформаційних джерел в галузі досліджень, методи і підходи аналітичних досліджень.

Основні завдання досліджень: аналіз стану протяжних капітальних гірничих виробок на шахтах Західного Донбасу; оцінка впливу несиметрії зовнішнього навантаження на несучу здатність металевого аркового кріплення;

Наукове значення роботи полягає у вирішенні завдання щодо впливу несиметрії зовнішнього завантаження на несучу здатність металевий аркового кріплення.

Практичне значення роботи складається в можливості застосування результатів досліджень при спорудженні гірничих виробок в аналогічних умовах.

Ключові слова: протяжна капітальна виробка, металеве кріплення, несиметричне навантаження, стійкість виробки.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ СТАТИСТИЧНОЇ ІНФОРМАЦІЇ ЩОДО СТАНУ ГІРНИЧИХ ВИРОБОК ВУГІЛЬНИХ ШАХТ ЗАХІДНОГО ДОНБАСУ	6
Висновок за розділом.....	11
РОЗДІЛ 2 КЛАСИФІКАЦІЯ ГІРНИЧО-ГЕОЛОГІЧНИХ УМОВ ПРОВЕДЕННЯ ТА ПІДТРИМАННЯ МАГІСТРАЛЬНИХ ВИРОБОК НА ШАХТАХ ЗАХІДНОГО ДОНБАСУ	12
Висновок за розділом.....	31
РОЗДІЛ 3 ОЦІНКА ВПЛИВУ СТУПЕНЯ НЕСИМЕТРІЇ ЗОВНІШНЬОГО ЗАВАНТАЖЕННЯ КРІПЛЕННЯ НА ЇЇ НЕСУЧУ ЗДАТНІСТЬ	32
3.1. Аналіз досвіду підвищення несучої здатності металевих кріплень в умовах зосередженої і несиметричною зовнішнього навантаження	32
3.2. Дослідження ступеня впливу несиметрії зовнішнього завантаження металевого аркового кріплення на її напружено-деформований стан	41
3.3. Дослідження впливу кількості точок розклинювання на несучу здатність кріплення.....	47
Висновок за розділом.....	54
РОЗДІЛ 4 РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО ВДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ПРОВЕДЕННЯ ПРОТЯЖНОЇ КАПІТАЛЬНОЇ ВИРОБКИ В СКЛАДНИХ УМОВАХ	55
Висновок за розділом.....	63
ВИСНОВКИ.....	64
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	65

ВСТУП

Рамне сталеве кріплення, незважаючи на активне використання інших видів кріплення, на сьогодні залишається найбільш поширеним на шахтах України, в тому числі і на шахтах Західного Донбасу, де воно використовується і як самостійне кріплення, і як частина комбінованих і багатошарових систем кріплення.

Як показують дослідження, досить часто виробки втрачають стійкість передчасно у зв'язку з неправильною експлуатацією саме металевого рамного кріплення - відсутність надійного контакту рами магістральних виробок з породним контуром призводить до експлуатації кріплення в режимі нерівномірних або навіть несиметричного, навантаження.

Це стає причиною втрати стійкості рами задовго до досягнення нею граничного несучої здатності, перекосів в замках і незворотних деформацій елементів рами. При цьому застосування комбінованого багатошарового кріплення, тампонажу закріпного простору не завжди можливо.

Дана робота присвячена встановленню закономірностей взаємодії металевої та комбінованої кріплення капітальних виробок вугільних шахт Західного Донбасу з породним масивом в умовах нерівномірності завантаження і обґрунтуванні на цій основі параметрів способу підвищення їх стійкості.

РОЗДІЛ 1

АНАЛІЗ СТАТИСТИЧНОЇ ІНФОРМАЦІЇ ЩОДО СТАНУ ГІРНИЧИХ ВИРОБОК ВУГІЛЬНИХ ШАХТ ЗАХІДНОГО ДОНБАСУ

До аналізу приймалися дані про довжину гірничих виробок, їх загальний стан, частку виробок, які не відповідають вимогам правил безпеки, про обсяги і форми ремонтних робіт у виробках шахт Західного Донбасу.

Обсяг проведення капітальних виробок на шахтах Західного Донбасу представлений на рис. 1.1.

Рис. 1.2 містить інформацію про виробки, що не відповідають вимогам ПБ. Категоріями на діаграмах є фактори, за якими виробки відносяться до цієї групи, а саме:

- невідповідність по перетину;
- зменшення висоти виробки (конвергенція);
- зменшення величини безпечних зазорів;
- невідповідність за профілем рейкового шляху;
- невідповідність за станом кріплення виробок.

Аналіз цих даних свідчить, що для всіх шахт виробки, в яких є відхилення від вимог ПБ і які в основному і піддаються ремонтам, це штреки і квершлагги. Причина пов'язана з існуючими умовами відпрацювання запасів - кути падіння пластів які знаходяться в межах 0^0 - 3^0 , тобто більшість магістральних і підготовчих (лавові) виробок представлені саме штреками і квершлагами.

Як видно з рис. 1.2, переважаючою причиною відхилень від ПБ для цих груп виробок є невідповідність за профілем шляху - в середньому всім шахтам 11,6% і 16,6% для штреків і квершлагів відповідно. Другий за значимістю категорією є зменшення перерізу виробки - в середньому на 3,7% і 3,4% для штреків і квершлагів відповідно. Третя за значимістю - категорія «відхилення по зазорам» - в середньому на 2,01% і 1,99% для штреків і квершлагів відповідно.

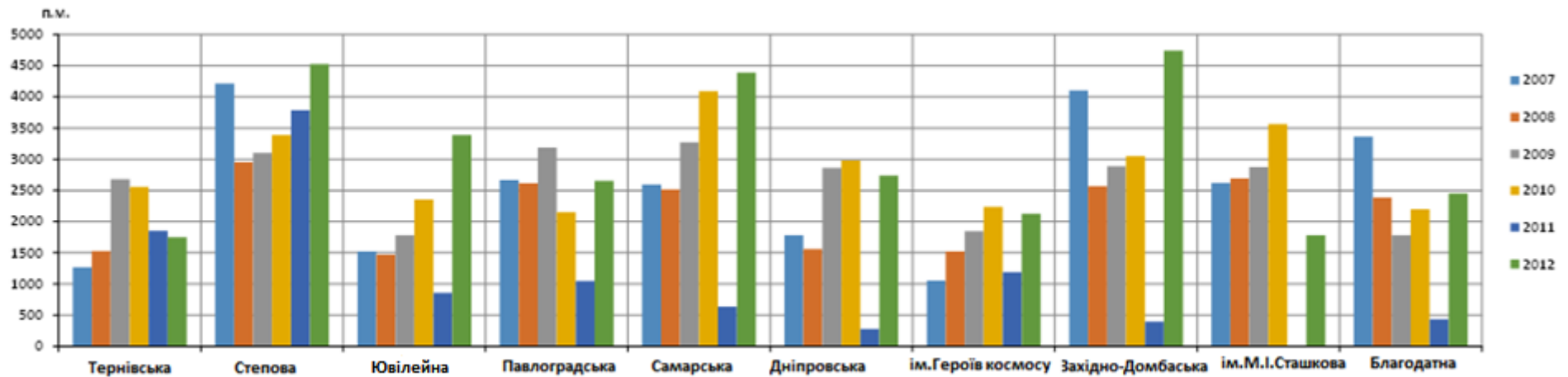
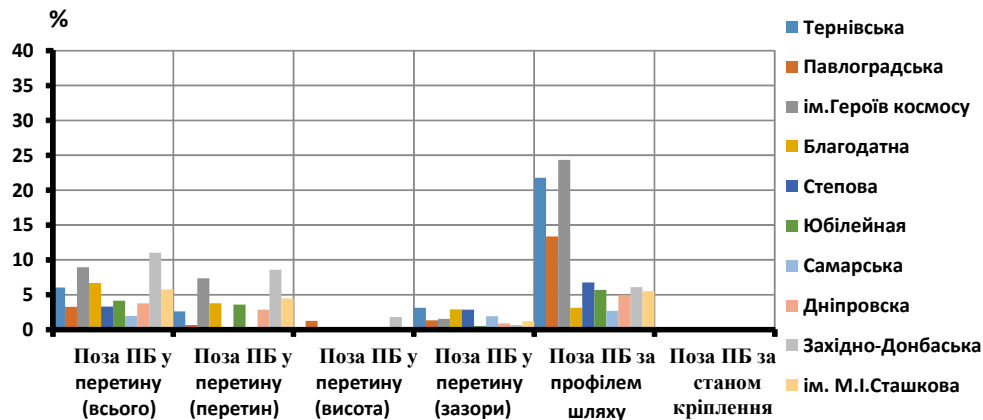


Рис. 1.1. Динаміка проведення капітальних виробок по шахтах ПАТ «ДТЕК Павлоградвугілля» (з 2007 по 2012р.)

а)



б)

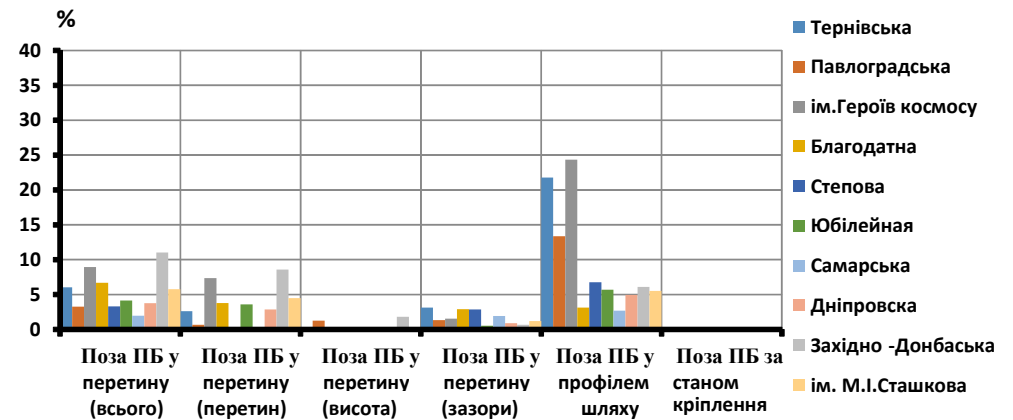


Рис. 1.2. Частка квершлагів і штреків в загальній кількості діючих розкривних і підготовчих виробок, що не відповідають вимогам ПБ: а) квершлагів; б) штреки

Рис. 1.3 містить інформацію про виробки, які не відповідають вимогам ПБ, за видами кріплення в них. Категоріями на діаграмі є ті ж параметри, що і на попередніх рисунках. Основні проблеми відступу від вимог ПБ спостерігаються в виробках, закріплених металом. В середньому в 12,6% всіх розкривних і підготовчих виробок, які експлуатуються на шахтах і закріплені металом, спостерігаються відхилення за профілем осі, в 5,8% - по перетину (в т.ч. 3,5% - від зменшення перетину; 0,38% - від втрати висоти виробки; 1,9% - від невитриманих зазорів), що цілком відповідає даним, наведеним вище. Звертає на себе той факт, що в статистичних матеріалах не виділяється такий вид кріплення, як рамно-анкерне кріплення, тоді як анкерної і рамно-анкерним кріпленням на 2012 рік було закріплено від 33,1% до 99, % всіх розкривних і підготовчих виробок шахт регіону (Рис. 1.4).

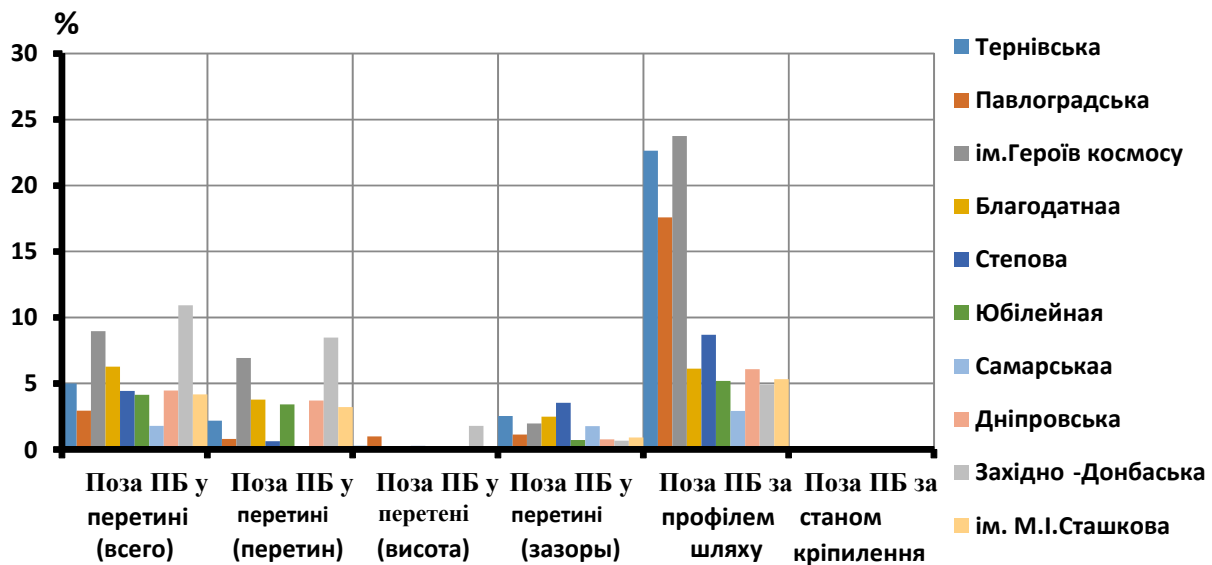


Рис. 1.3. Частка діючих розкривних і підготовчих виробок, закріплених металом, що не відповідають вимогам ПБ

Дані про фактичні обсяги ремонтів в магістральних виробках шахт регіону за видами ремонтних робіт представлені на діаграмах рис. 1.5-1.6.

Аналіз даних за видами робіт показує наступне. Основні види ремонтних робіт в протяжних виробках більшості шахт пов'язані з рихтуванням шляху і

підриванням порід ґрунту - в цілому на частку робіт з рихтування доводиться 66% від усього обсягу ремонтів, на підривання - 30%. Велика частина робіт з рихтування доводиться на магістральні виробки (82% від всіх ремонтів), тоді як в дільничних 77% від всіх ремонтів доводиться на роботи по підриванню.

Ці результати добре узгоджуються з даними про стан виробок, де основною причиною невідповідності вимогам ПБ є спотворення профілю колії (див. Рис. 1.1, 1.4).

Роботи з перекріплення в загальному обсязі ремонтів в цілому не перевищують 4%. Порівняно невелику частку перекріплення займає і в звітах більшості шахт - на восьми з десяти цей вид ремонтних робіт становить за аналізований період від 0% (шш. Ювілейна і ім. Сташкова) до 7% (шш. Західно-Донбаська і Степова) від загального обсягу робіт. Наприклад, на ш. Західно-Донбаська в основному перекріплюються магістральні виробки, а на ш. Степова розподіл цього виду робіт між дільничними і магістральними виробками приблизно дорівнює - 6% і 7% від загального обсягу ремонтів в них відповідно.

На ш. Павлоградська і ім. Героїв Космосу частка перекріплення за аналізований період досить висока - 31% і 49% від загального обсягу ремонтів по шахті відповідно. Причому в останній цього виду ремонтів схильні тільки магістральні виробки (89% від усього обсягу ремонтів магістральних виробок).

На ш. Павлоградська дільничні виробки перекріплюються в два рази частіше, ніж магістральні - 34% проти 17% від загальних обсягів ремонтів відповідно.

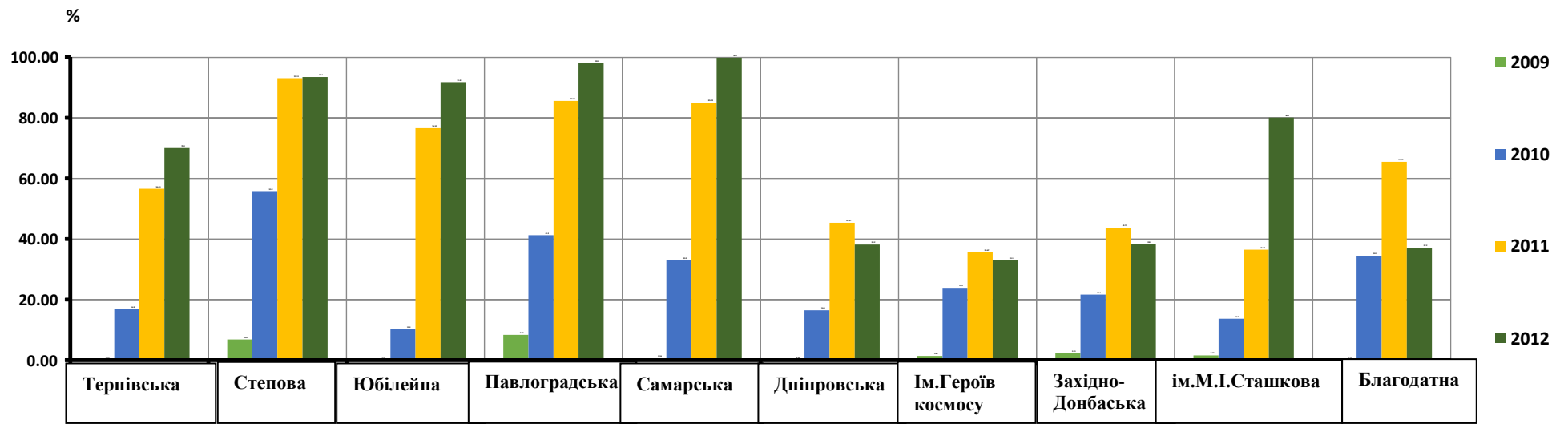


Рис. 1.4. Частка застосування анкерного і рамно-анкерного кріплення на шахтах ПАТ «ДТЕК Павлоградвугілля»

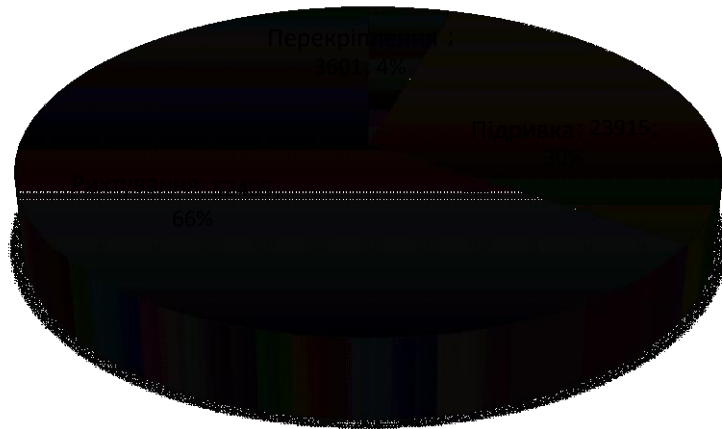


Рис. 1.5. Сумарні фактичні обсяги ремонтних робіт у всіх магістральних і дільничних виробках шахт за видами робіт

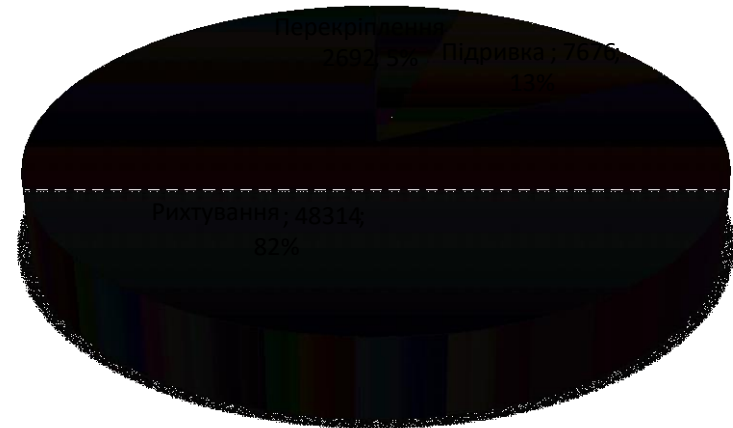


Рис. 1.6. Фактичні обсяги ремонтних робіт у всіх магістральних виробках шахт за видами робіт

Висновок за розділом

Виконано Аналіз статистичної інформації щодо стану гірничих виробок вугільних шахт Західного Донбасу.

Аналіз даних за видами робіт показує наступне:

Основні види ремонтних робіт в протяжних виробках більшості шахт пов'язані з рихтуванням шляху і підриванням порід ґрунту.

Роботи з перекріплення в загальному обсязі ремонтів в цілому не перевищують 4%. Порівняно невелику частку перекріплення займає і в звітах більшості шахт - на восьми з десяти цей вид ремонтних робіт становить за аналізований період від 0% (шш. Ювілейна і ім. Сташкова) до 7% (шш. Західно-Донбаська і Степова) від загального обсягу робіт. Наприклад, на ш. Західно-Донбаська в основному перекріплюються магістральні виробки, а на ш. Степова розподіл цього виду робіт між дільничними і магістральними виробками приблизно дорівнює - 6% і 7% від загального обсягу ремонтів в них відповідно.

На ш. Павлоградська і ім. Героїв Космосу частка перекріплення за аналізований період досить висока - 31% і 49% від загального обсягу ремонтів по шахті відповідно. Причому в останній цього виду ремонтів схильні тільки магістральні виробки (89% від усього обсягу ремонтів магістральних виробок). На ш. Павлоградська дільничні виробки перекріплюються в два рази частіше, ніж магістральні - 34% проти 17% від загальних обсягів ремонтів відповідно.

РОЗДІЛ 2

КЛАСИФІКАЦІЯ ГІРНИЧО-ГЕОЛОГІЧНИХ УМОВ ПРОВЕДЕННЯ ТА ПІДТРИМАННЯ МАГІСТРАЛЬНИХ ВИРОБОК НА ШАХТАХ ЗАХІДНОГО ДОНБАСУ

Необхідність підготовки до відпрацювання нових запасів і спорудження комплексу виробок передбачає їх надійну, безремонтну експлуатацію на основі врахування процесу взаємодії кріплення виробок з гірськими породами в його еволюційному розвитку протягом всього періоду будівництва і експлуатації виробок.

Основні фактори, що вимагають оцінки і обліку при проектуванні кріплення, є:

- реальне напружений стан вміщує масиву;
- геологічна будова порід, їх природна і набута тріщинуватість;
- виникаючі неоднорідні і дезінтеграційні структури, в тому числі розшарування порід;
- вихідні і мінливі в умовах експлуатації виробок властивості оточуючих порід і напружено-деформованого стану що вміщає масиву.

Перспектива збільшення глибини розробки на діючих шахтах в зв'язку з підготовкою нових лав і горизонтів представлена в табл. 2.1. Фактори, що ускладнюють підтримку виробок і потребує обліку при проектуванні параметрів кріплення і технології їх спорудження зведені в табл. 2.2.

Для класифікації гірничо-геологічних умов проведення та підтримання гірничих виробок був прийнятий показник умов розробки в наступному вигляді:

$$\theta = R_{ск} / \gamma, H,$$

де $R_{с}$ - середньозважене значення межі міцності вуглевміщуючих порід на одиницю площі, МПа; $k_{с}$ - середньозважене значення коефіцієнта структурного ослаблення; γ - середньозважене значення щільності гірських порід, т / м³; H - глибина розробки, м;

Таблиця 2.1

Сучасний стан і перспектива збільшення глибини ведення робіт

Шахта	Число відпрацьованого-розроблюваних пластів	Глибина ведення робіт, м	Пластів з балансовими запасами	Очікувана глибина ведення робіт, м
Тернівська	4	216	8	370
Павлоградського ім. Героїв космосу	4	230	5	400
Благодатна	3	424	7	760
Степова	3	331	10	340
Ювілейна	3	400	11	560
Ювілейна	2	368	6	500
Самарська	2	195	6	310
Дніпровська	3	290	8	500
Західно-Донбаська ім. Сташкова	3	567	8	600
ім. Сташкова	3	343	8	500

Виконана за величиною показника умов розробки θ оцінка гірничо-геологічних і геомеханічних умов підтримки виробок вимагає аналізу гірничо-геологічних умов.

З урахуванням даних табл. 2.3 показник умов розробки для виробок шахт Західного Донбасу матиме нижчі значення, а вплив зазначених чинників може бути враховано за допомогою введення в розрахункові методики поправочних коефіцієнтів, визначених на основі результатів шахтних досліджень або чисельного моделювання.

Шаруватість корінних порід істотно впливає на стійкість приконтурного шару порід при розтині їх виробками. Як правило, обвалення оголених порід

відбувається по найбільш послабленому міжшаровому зв'язку, яка таким чином визначає потужність пластів порід, які беруть участь в процесі формування зон зруйнованих порід. Тут доречно дати кількісну оцінку цьому явищу.

На підставі досліджень, виконаних А.В. Безазьяном критерієм для оцінки схильності порід до розшарування прийнятий коефіцієнт анізотропії (k_α), що представляє собою частка від ділення значень меж міцності на розрив паралельно (σ_p^\parallel) і перпендикулярно (σ_p^\perp) нашарування:

$$k_\alpha = \frac{\sigma_p^\parallel}{\sigma_p^\perp} . \quad (2.1)$$

Значення коефіцієнта анізотропії порід для умов Західного Донбасу в залежності від виду межслойного матеріалу представлені в табл. 2.4.

Як показує досвід підтримки гірничих виробок і інструментальні спостереження, при $k_\alpha \geq 10$ для слабких тонкошаруватих порід Західного Донбасу зчеплення між шарами практично відсутня.

Крім структурної характеристики порід при вирішенні питань стійкості їх оголень необхідно також враховувати показники за міцністю.

Для визначення порівняльної міцності порід в масиві з урахуванням їх структурного ослаблення і вологості, скористаємося виразом:

$$R_c = R_c = R_c^n k_c k_{вл} k_{дл}, \text{ МПа}, \quad (2.2)$$

де R_c^n - міцність порід, певна в лабораторних умовах на зразках стандартних розмірів, МПа; k_c - коефіцієнт структурного ослаблення порід; $k_{вл}$ - коефіцієнт впливу вологості на характеристики міцності порід; $k_{дл}$ - коефіцієнт тривалої міцності.

Коефіцієнт структурного ослаблення вміщують виробки гірських порід в основному визначається наявністю в масиві тріщин, площин ослаблення і т.п.

Оцінка гірничо-геологічних умов шахт Західного Донбасу

Шахта	глибина	покрівля пласта	підшва пласта	Перетину капит / магістр.	Вельми нестійкий	Вельми нестійкий	зволоження	техногенна	ймовірність	интенс.	тектонічних	зони ПГД
благодатна	34 0	алевроліт нестійкий Гсж = 10-39МПа Аргіліт нестійкий, дуже нестійкий, Гсж = 14- 25МПа	алевроліт нестійкий Гсж = 10,0-39МПа Аргіліт вельми нестійкий, Гсж = 8-13МПа	9,5-17,7	+	+	+	+	+	+	+	
герої Космосу	76 0	Алевроліт (48%) Аргіліт (30%) нестійкий, Гсж = 3-28МПа Пісковик (22%) малостійкі Гсж = 17- 42МПа	Алевроліт (70%) Аргіліт (29%) вельми нестійкий, Гсж = 1,5-28МПа Пісковик (1%)	14,4-23,8	+	(Лок)	+	+	+	+	+	

Шахта	глибина	покрівля пласта	підосва пласта	Перетину капит / магістр.	Вельми неустой	Вельми неустой	зволонення	техногенна	ймовірність	интенс.	тектонічних	зони ПГД
Дніпровська	50 0	Алевроліт нестійкий $f = 1,1-2,4$ Аргіліт $f = 1,3-2,6$ пісковик обводнених $f = 1,8-5,5$	алевроліт нестійкий $f = 1,5-2,3$ аргіліт нестійкий $f = 1,0-2,5$	6,0-15,0		+	+		+	+	+	
Захід. донбас.	60 0	алевроліт нестійкий Гсж = 16-33МПа Аргіліт Гсж = 10- 42МПа	аргіліт <i>вельми нестійкий</i> Гсж = 10-15МПа	6,0 22,7	+			+		+	+	
Сташкова	50 0	Алевроліт нестійкий, вельми неустой. Гсж = 2-44МПа аргіліт Нестійкий Гсж = 13-42МПа Пісковик Нестійкий Гсж = 6-45МПа	Алевроліт нестійкий, вельми неустой. Гсж = 2-44МПа Аргіліт Нестійкий Гсж = 13-42МПа Пісковик Нестійкий Гсж = 6-45МПа	АП 10,3-14,5 КШПУ (СВП- 27/33) 11,8-20,7	+		+	+	+	+		+

Шахта	глибина	покрівля пласта	підосва пласта	Перетину капит / магістр.	Вельми неустой	Вельми неустой	зВОЛОЖЕННЯ	техногенна	ймовірність	интенс.	тектонічних	зони ПГД
Самарська	310	Алевроліт нестійкий, Гсж = 4-17МПа Гсж (воднас.) = 1,4-4МПа Аргіліт нестійкий, Гсж = 8-23МПа Гсж (воднас.) = 1,8-5МПа Пісковик малоустойчив Гсж = 9-54МПа	Алевроліт нестійкий, Гсж = 4-15МПа Гсж (воднас.) = 2,1-3МПа Аргіліт нестійкий, Гсж = 5-11МПа Гсж (воднас.) = 1,1-3МПа		+				+			
Павлоградська	400	Алевроліт Вельми нестійкий Гсж = 8-28МПа Аргіліт Середньостійкий, Вельми неустойчивий Гсж = 8- 28МПа Пісковик Гсж = 33МПа	Алевроліт Гсж = 9- 22МПа Гсж (воднас.) = 1,2 МПа аргіліт Пісковик 175-263 кг / см ²	11.8-15,5 (СВП-22); КШПУ- 15,0			+		+	+		

Шахта	глибина	покрівля пласта	підосва пласта	Перетину капит / магістр.	Вельми неустой	Вельми неустой	зволоження	техногенна	ймовірність	интенс.	тектонічних	зони ПГД
Тернівська	37 0	Алевроліт f = 0,8-2,7 Аргіліт f = 0,8-1,1 Пісковик f = 3-4	Алевроліт f = 1,32 Аргіліт нестійкий f = 0,7-1,0 Пісковик f = 3-4				+	+				+
Ювілейна	50 0	Алевроліт нестійкий, вельми неустой. Gсж = 8-45МПа Аргіліт нестійкий, вельми неустой. Gсж = 4-42МПа	Алевроліт Середньостійкий, вельми неустой. Gсж = 13-34МПа Аргіліт Середньостійкий, вельми неустой. Gсж = 13-34МПа	6,0 17,7	+	+	+	+	+	+	+	

Значення коефіцієнта анізотропії для корінних порід Західного Донбасу

№ п / п	Вид зв'язку між шарами	Коефіцієнт анізотропії (k_a)		
		аргіліт	алевроліт	пісковик
1	Вуглисто слюдисті присипки	10-30	10-20	10-13
2	Вуглистий прошарок товщиною до 1 мм	8-27	8-18	8-10
3	Гліносідеритові прошарки	10-16	10-18	10-13
4	Чергування пісковика і аргілітових прошарків	6-8	5-6	3-5
5	Чергування піщанистих і алевролітових прошарків	4-6	2-4	2-3
6	нешаруваті прошарки	1-2	1-5	1-1,2
7	Карбонізація напластуванню (розвиток вторинних процесів)	1-1,2	1-1,2	1

Величина коефіцієнта структурного ослаблення k_c приймається на основі результатів лабораторних випробувань зразків гірських порід, виконаних різними дослідниками різними методами, в тій чи іншій мірі враховують анізотропію, тріщинуватість, дефектність і різні елементи ослаблення породного масиву.

В результаті експериментів Д.Н. Кіма було встановлено, що якщо масив розбитий тільки горизонтальними і вертикальними тріщинами, то коефіцієнт структурного ослаблення змінюється в межах 0,605 ... 0,342, в залежності від структури лабораторних зразків. Якщо в однорідний масив зразків включалися блоки зі зниженою міцністю, то k_c зменшувався і змінювався в межах 0,359 ... 0,123, в залежності від кількості ослаблених блоків.

І.С. Попова для визначення властивостей гірських порід в масиві рекомендує користуватися коефіцієнтом структурного ослаблення, величина

якого пов'язана з інтенсивністю і ступенем розкриття тріщин гірських порід. Значення коефіцієнта ослаблення порід пропонується визначати по табл. 2.4, наведеної нижче.

Результати випробувань вугілля на стиск в умовах природного залягання і в лабораторії на зразках наведені С.Є. Чирковим. Аналіз цих результатів показує, що міцність вугілля в цілинах в 2 ... 4 рази нижче, ніж в зразках.

Таблиця 2.4

Значення коефіцієнта структурного ослаблення по І.С. Попову

№ п / п	Характеристика тріщинуватості порід	значення k_c	
		діапазон	серед овищ- неї
1	Густа мережа тріщин в усіх напрямках, розшаровуючих гірські породи на окремі незцементовані шматки	0-0,001	0,0005
2	Густа мережа зяючих тріщин за трьома напрямками	0,001- 0,02	0,005
3	густа тріщинуватість	0,01- 0,04	0,002
4	Тріщинуватість вище середньої	0,04- 0,08	0,06
5	Середня тріщинуватість (відкриті і закриті тріщини через 20-30 см)	0,08- 0,123	0,1
6	Породи нижче середньої тріщинуватості	0,12-0,3	0,2
7	Мережа глибоких тріщин через 30-50 см. Незначна кількість розкритих тріщин	0,3-0,4	0,35
8	Малотрецінувата порода. закриті тріщини	0,4-0,6	0,5
9	Мікротріщини майже відсутні	0,6-0,8	0,7
10	Монолітні гірські породи без ознак тріщинуватості	0,8-1,0	0,9

До такого ж висновку приходять і Ш.Ф. Блага, ґрунтуючись на результатах випробувань зразків вугілля в лабораторії і моноблоків в шахтних умовах, а також на теоретичному вивченні скоригованої моделі руйнування зразка.

Значеннями коефіцієнта структурного ослаблення масиву в межах 0,1-0,5 рекомендують користуватися також автори робіт.

Значний обсяг досліджень по визначенню в лабораторних і натурних умовах коефіцієнта структурного ослаблення тріщинуватого масиву виконали В.Т. Глушко, Н.Є. Костомаров, Г.Т. Кірнічанській, А.В. Безазьян, Г.П. Фісенко і ін. Значення коефіцієнта k_c вони рекомендують приймати в межах 0,1-0,5 в залежності від ступеня тріщинуватості масиву, орієнтації систем тріщин відносно один одного і елементів залягання, міцності порід, що складають масив і т. д.

Величина коефіцієнта структурного ослаблення також може бути визначена за відповідною методикою.

З огляду на результати зазначених досліджень, значення коефіцієнта структурного ослаблення тріщинуватого масиву вугільних шахт Західного Донбасу рекомендується приймати рівними $k_c = 0,2$ і $0,3$ відповідно для аргілітів і алевролітів.

Як зазначалося раніше, найважливішим фактором, що впливає на стан виробок, є вологість, істотно знижує міцність порід приконтурної зони. Наявність водопритоків негативно позначається на стійкості порід, що вміщують. Так, при проходці відкатувального квершлягу гор. 180 м шахти Степова (26 з'їзду КПРС) були розкриті обводнені вугільні пласти C_6^B і C_6^H з сумарним припливом до $65 \text{ м}^3 / \text{год}$. В результаті дії вод на алевроліти і аргіліти сталося обвалення порід, що вміщують, об'ємом понад 1300 м^3 .

Для всіх літологічних різниць порід Західного Донбасу чітко виражена залежність міцних показників від вологості досліджуваних зразків. Зволоження порід після розтину їх виробками вологою шахтної атмосфери до 5-6% зменшує міцність на стиск для аргілітів в 2-3 рази, алевролітів в 2 ... 2,5 рази, пісковиків в 1,5 ... 2 рази.

Відповідно до рекомендацій Г.С. Пінковського міцність аргілітів і алевролітів, які в основному залягають в покрівлі виробок, при зволоженні можна приймати на рівні 50% від міцності в природному стані.

За даними кореляційного аналізу величина вологості (W) є факторіальною ознакою міцності (σ), яка добре корелює з коефіцієнтом текстурної анізотропії (k_α). Зі збільшенням W міцність порід знижується, а k_α збільшується аж до розшарування породи (при $\sigma_p^\perp \rightarrow 0$) на слойки.

Про істотний вплив показника умов розробки на деформаційні процеси свідчать результати аналізу 57 вивалам (рис. 2.1), що відбулися на шахтах Західного Донбасу за відомими даними.

Одна з груп вивалам була викликана значними зсувами породного контуру, чому сприяв недостатній відсіч кріплення, наявність пустот за кріпленням, деформація залізобетонних затяжок і випуск породи, пов'язаний з їх заміною. Сумарні зміщення контуру виробок (зближення ґрунту з покрівлею досягало 1,5 м) приводили до утворення значних за розмірами зон непружних деформацій. Поштовхом до обвалення порід в межах цих зон служили перекріплення виробки або підривки ґрунту, тобто операції, що порушують створило рівновагу системи «порода-кріплення». Висота вивалам цієї групи різна і змінювалася від 1,5 до 20,0 м і більше, а обсяг вивалу іноді досягав 500 м³.

В даний час для оцінки ступеня складності умов розробки на шахтах регіону прийнято їх поділяти за середньою глибиною робіт:

- до 250 м (шахти Терновська, Павлоградська, Самарська);
- до 400 м (шахти Благодатна, Ювілейна, Дніпровська, ім. Сташкова);
- понад 400 м (шахти Західно-Донбаська, ім. Героїв космосу, Степова).

Попередню оцінку геомеханічних умов розробки на шахтах за показником $\theta = R_c k_\alpha / \gamma H$ можна зробити, прийнявши середню міцність порід, що вміщують (аргіліти, алевроліти) $R_c = 20$ МПа, коефіцієнт структурного ослаблення, відповідно до рекомендацій, $k_\alpha = 0,3$, об'ємна вага гірських порід $\gamma = 2600$ кг / м³ і середня глибину розробки, наведена вище, в табл. 1.2.

Розрахункові значення показують, що за величиною показника умов розробки $\theta < 1,0$ усі шахти, за винятком Самарської, Тернівської і Павлоградської, відносяться до категорії «великих глибин розробки». При цьому слід зазначити шахти, умови підтримки на яких відносяться до найбільш важких - ім. Героїв космосу, Степова, Ювілейна та Західно-Донбаська. Показник умов розробки на цих шахтах становить $\theta < 0,67$.

Таким чином, перспектива розвитку гірничих робіт і погіршення геомеханічних умов розробки призведе до того, що всі шахти регіону 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.

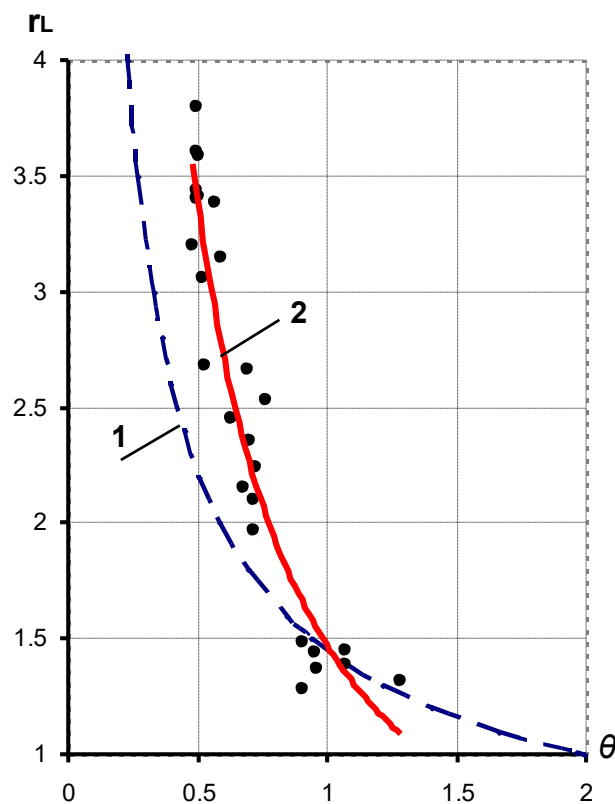


Рис. 2.1. Порівняння розрахункової величини радіуса ЗНД r_L (лінія 1) і величини зони обвалення для Західного Донбасу (апроксимуюча крива 2)

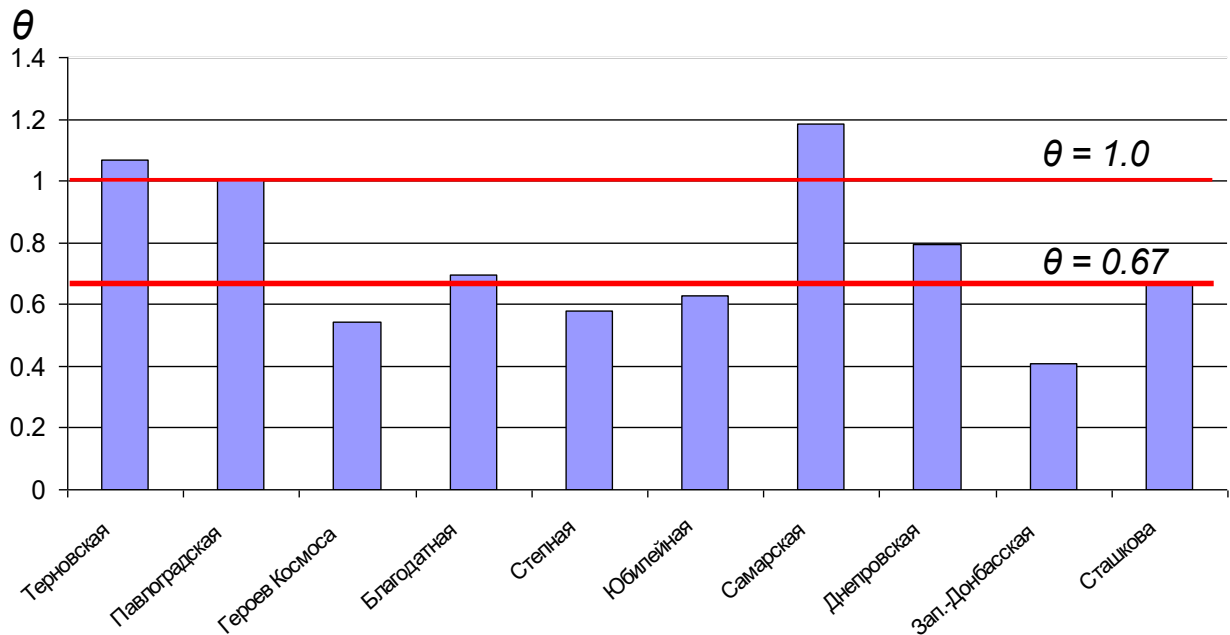


Рис. 2.2. Величина показника умов розробки θ

З урахуванням додаткових факторів, що знижують міцність вміщуючих порід і створюють додаткові концентрації напружень або зони розвантаження в масиві, в основних групах, визначених за показником умов розробки можна виділити наступні підгрупи:

- в зонах геологічних порушень - А1, Б1, В1;
- в умовах підвищених виділень води - А2, Б2, В2;
- в зонах підвищеного гірського тиску - А3, Б3, В3.

Найбільший обсяг виробок, які задовольняють правилам безпеки, відповідає шахтам, показник умов розробки на яких найменший - ім. Героїв космосу і Західно-Донбаська.

Найменший обсяг виробок із незадовільним станом відповідає шахтам з найбільш сприятливими умовами - шахти Самарська і Павлоградська. На рис. 2.3 наведені дані по протяжності виробок, які задовольняють ПБ за площею поперечного перерізу, як одного з можливих показників, що характеризує стан виробку, а також сумарна протяжність виробок по шахтам, які задовольняють ПБ по перетину, висоті і зазорам.

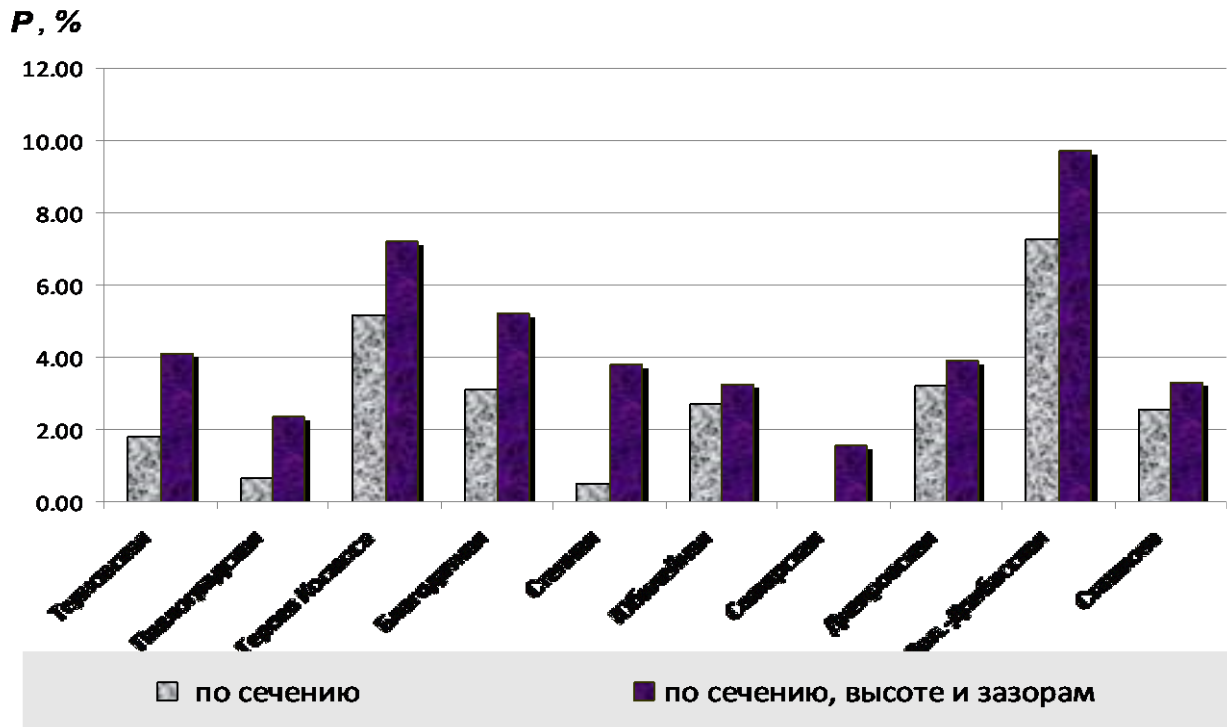


Рис. 2.3. Частка виробок, що не відповідають вимогам правил безпеки

Незважаючи на окремі невідповідності показників, в цілому існують функціональні зв'язки між показником умов розробки θ і станом виробок (протяжності виробок, що не відповідають правилам безпеки) (рис. 2.4), що може бути основою для прогнозу обсягів виробок, що вимагають ремонту і, відповідно, витрат на підтримку виробок:

- для ділянок виробок не задовольняє по перетину (рис. 2.4, поз. 1):

$$P = 0,5\theta^{-3,3}, \quad (2.3)$$

- для ділянок виробок не задовольняє по перетину, висоті і зазорам (рис. 2.4, поз. 2):

$$P = 2,6\theta^{-1,25}, \quad (2.4)$$

де P - частка виробок (в%), від загальної довжини підтримуваних, які не відповідають вимогам правил безпеки.

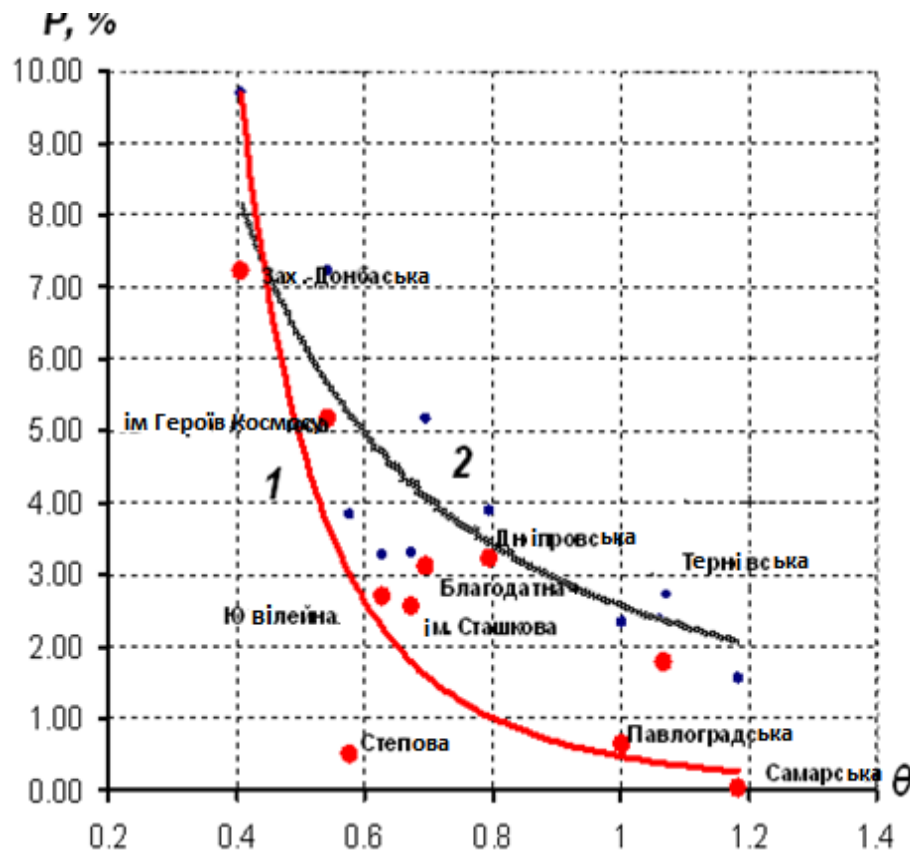


Рис. 2.4. Залежність довжини виробок, що не відповідають вимогам правил безпеки, від показника умов розробки θ

Важливе питання, яке необхідно з'ясувати на даному етапі - наскільки достовірно розглянуті показники описують стан виробок і можуть бути використані для різних прогнозних 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, у якості 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 кінцевому рахунку протяжність ділянок, що вимагають проведення ремонтних робіт.

Перелік показників і критерії їх бальної оцінки представлені в анкеті (табл. 2.5).

Результати експертної оцінки стану магістральних виробок наведені в табл. 2.6.

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

Сума балів експертної оцінки стану виробок може змінюватися в межах від 4 (найнижча оцінка показників якості виробки) до 20 (ідеальний стан виробки) при середньому значенні $\sum B = 12$.

Довжина виробок, які задовольняють ПБ на шахтах, віднесених за показником умов розробки до найбільш складним по геомеханічних умов, не перевищує 10%, що також є середнім показником по шахті.

Таблиця 2.5

Анкета експертної оцінки стану виробок шахт
ПАТ «ДТЕК Павлоградвугілля»

Оцінюваний параметр	Якісні характеристики оцінюваного параметра	Ступінь прояву	бал 1 ... 5
Якість установки кріплення	Комплектність, відповідність паспорту кріплення, наявність розклинювання, забутовка закріпного простору та ін.	Відповідність паспорту - 5 ... Неприпустимі для експлуатації виробки відхилення від паспорта кріплення - 1	

Оцінюваний параметр	Якісні характеристики оцінюваного параметра	Ступінь прояву	бал 1 ... 5
Загальний стан кріплення на момент обстеження	Стан верхняка; стійок кріплення; замків податливості; затяжок; робота замку піддатливості	Виробки без видимих порушень кріплення і рейкового шляху - 5 ... Значні деформації верхняка; деформації стійок, зведення стійок всередину виробки; деформації або розрив замків, зрив гайок на замках; значні деформації затяжок; руйнування затяжок; просадка верхняка в замках вище паспортного значення; розриви тіла верхняків і стійок - 1	
Стан ґрунту виробку	Підняття ґрунту, що приводить до порушення експлуатаційного стану виробки	Здимання відсутнє - 5; ... Здимання викликає неприпустимі правилами безпеки зменшення перетину або деформації кріплення, неприпустимі порушення рейкового шляху (конвеєра) - 1	
Ступінь обводнення виробки	Кількість води (водоприток)	Суха – 5 ... Водоприток неперервними струменями-1	

Якщо розглянути різницю між максимальною сумою балів експертної оцінки $\sum B_{max}$ (23 бали) та сумою балів, яку оцінено виробку $\sum B_i$, то масштаб отриманої різниці буде відповідати масштабу даних про протяжності виробок із незадовільним станом (в%):

$$\sum B_{max} - \sum B_i = 23 - \sum B_i = F \quad (2.5)$$

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

Таблиця 2.6

Результати експертної оцінки стану протяжних виробок шахт Західного Донбасу

Шахта	Сума балів експертної оцінки, $\sum B_i$	Протяжність виробок, що не відповідають ПБ, $F = 23 - \sum B_i$, (Бал)
Тернівська	20,0	3,0
Павлоградська	21,0	2,0
ім. Героїв космосу	16,5	6,5
Благодатна	18,0	5,0
Степова	17,0	6,0
Ювілейна	17,5	5,5
Самарська	21,0	2,0
Дніпровська	18,7	4,3
Західно-Донбаська	17,0	6,9
ім. Сташкова	17,0	6,0

Сенс цих величин також ідентичний. Це дозволяє виконати порівняння результатів, отриманих за даними про протяжності виробок із незадовільним станом на шахтах, і результатами експертної оцінки (пунктирні лінії).

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

параметрами: перетину, висоті і зазорам, більшою мірою узгоджуються з результатами експертної оцінки.

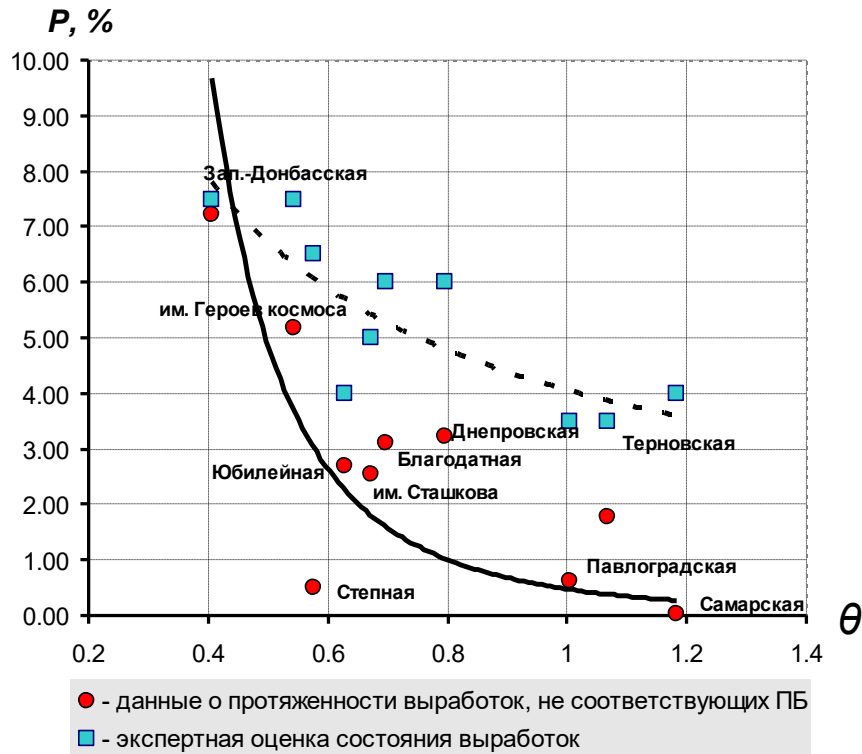


Рис. 2.5. Залежність обсягів виробок, що не відповідають правилам безпеки (по перетину), від показника умов розробки θ

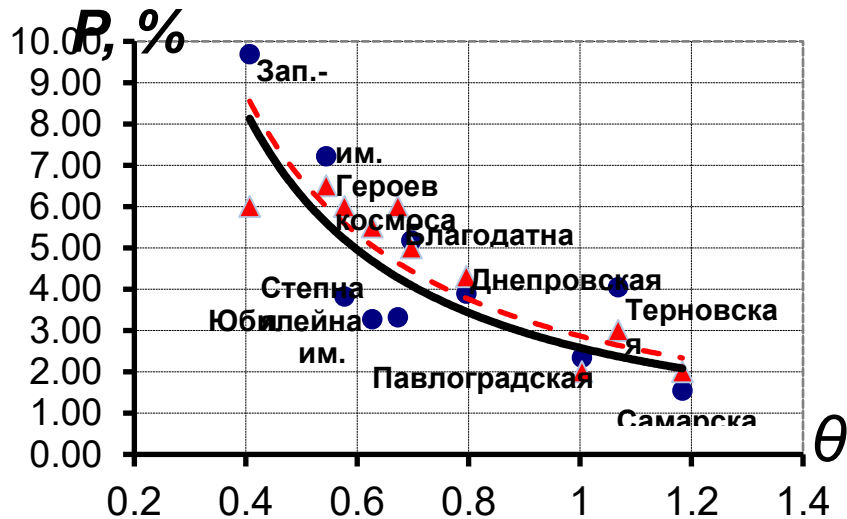


Рис. 2.6. Залежність обсягів виробок, що не відповідають правилам безпеки (по перетину, висоті і зазорам), від показника умов розробки θ

Висновок за розділом

Виконана класифікація гірничо-геологічних умов проведення та підтримання магістральних виробок на шахтах Західного Донбасу.

Виконана оцінка гірничо-геологічних і геомеханічних умов підтримки виробок за величиною показника умов розробки θ .

Встановлено, що в цілому існують функціональні зв'язки між показником умов розробки θ і станом виробок (протяжності виробок, що не відповідають правилам безпеки).

Розглянута методика експертної оцінки стану гірничих виробок та наведені результати такої оцінки на деяких шахтах Західного Донбасу.

РОЗДІЛ 3

ОЦІНКА ВПЛИВУ СТУПЕНЯ НЕСИМЕТРІЇ ЗОВНІШНЬОГО ЗАВАНТАЖЕННЯ КРІПЛЕННЯ НА ЇЇ НЕСУЧУ ЗДАТНІСТЬ

3.1. Аналіз досвіду підвищення несучої здатності металевих кріплень в умовах зосередженої і несиметричної зовнішнього навантаження

Вибір будь-якої кріплення повинен проводитися з урахуванням величини і характеру проявів гірського тиску в масиві порід навколо виробки і механізму їх взаємодії. Основними величинами, визначаючими взаємодію системи «кріплення-порода», є зміщення породного контуру і навантаження на кріплення.

Остаточного вибору певного типу кріплення повинні передувати як мінімум два послідовні етапи. На першому етапі проводиться вибір розрахункової схеми кріплення, що відбиває характер деформування оточуючих виробок порід і завантаження конструкції кріплення зовнішніми навантаженнями. На другому етапі вирішується зворотна задача - вибір конкретної конструкції кріплення, параметри роботи якої відповідають вихідним параметрам розрахункової схеми. В силу цього, ефективність того чи іншого рішення залежить, по-перше, від того, наскільки прийнята розрахункова схема адекватна реальній взаємодії системи «кріплення виробка-породний масив», а по-друге, наскільки прийнятий тип кріплення відповідає розрахунковій схемі. Тому недооцінка деяких факторів на кожному з етапів може привести до того, що прийняте кріплення ефективно не працюватиме в даних конкретних умовах.

Досить надійна робота металевих кріплень на малих і середніх глибинах пояснюється великим запасом міцності її конструкції, де недооцінка деяких факторів при невеликих проявах гірського тиску істотно не позначається на роботі кріплення. На великих глибинах металеві конструкції кріплення здебільшого працюють на межі своїх можливостей і помилки проектування відразу відображаються на стійкості кріплення. Так, аналіз стану виробок,

наведений в роботі, показує, що в інтервалі глибин 800-1000 м обсяг деформованого кріплення зростає в 1,5-2 рази. Гостроту проблеми збільшують різні конструктивні недоліки елементів кріплення, неякісна технологія виготовлення і зведення металокріплення, недостатній обсяг вжитих заходів щодо підвищення стійкості виробок і несучої здатності кріплення.

Розрахунок сталевих конструкцій кріплення проводять, як правило, на заданість навантаження, величину якої визначають за однією з гіпотез гірського тиску або за даними шахтних вимірів. Тиск бічних порід в цьому випадку представлено у вигляді вертикального і бічного навантаження. Вертикальне навантаження приймається рівномірно розподіленим, бічне - розподіленою рівномірно або за законом трапеції. При цьому передбачається, що між кріпленням і оточуючим її масивом порід зберігається безперервний контакт по всьому периметру. Таке припущення не завжди вірно, оскільки при повній або частковій відсутності забутовочного матеріалу на кріплення можуть впливати зосереджені навантаження. Зміни умов навантаження, згідно з результатами досліджень, наведених в роботах, знижує несучу здатність кріплення від 2 ... 3 до 6 ... 8 разів.

Зміна розрахункової схеми, викликане неякісним заповненням закріпного простору - лише окремий випадок, пов'язаний здебільшого недотриманням технології зведення кріплення. Фактором, яким безпосередньо визначається характер деформування масиву і практично не враховуються при визначенні параметрів кріплення, є несиметрія зовнішнього завантаження. Вплив його на роботу кріплення призводить до значного зниження її несучої здатності і, як наслідок, передчасного виходу кріплення з ладу.

Аналітичні дослідження несучої здатності металевих кріплення, виконані в роботах А.Н. Шашенко, показують, що при зміні величини коефіцієнта несиметрії λ_{cim} при частковій несиметрії навантаження від 1 до 0,25 призводить до збільшення максимального згинального моменту в 3 рази, а несуча здатність кільцевого кріплення з СВП і двутавра при зміні коефіцієнта λ_{cim} від 1 до 0,7 зменшується в 3-5 разів. Дослідження характеру завантаження металевих

кріплення, проведені В.М. Очкурова і В.Л. Федуліним, М.В. Корнілковим та іншими вченими показують, що несуча здатність кріплення в залежності від ступеня несиметрії може знижуватися в 2-3 рази і більше.

Авторами роботи наводяться результати випробувань роботи аркового кріплення з СВП-22 на випробувальному стенді. Встановлено, що несуча здатність металевої арки в податливому режимі знижувалася при направленні бічного тиску під кутом (від вертикалі) 20-25° - на 20%, під кутом 45° - на 45%. Слід, однак, враховувати, що випробувальний стенд, як і будь-яка розрахункова схема, ідеалізує умови роботи кріплення і в реальних умовах зниження несучої здатності буде значно більшим. Результати цих же досліджень показують, що при неправильній установці кріплення (наприклад, при зменшенні ширини) несуча здатність кріплення на сприйняття вертикального тиску зменшується майже в 2 рази. Відзначено також факт роботи тільки одного вузла піддатливості при впливі на арку бічного тиску.

Загалом є думка, що несуча здатність металевої аркового кріплення при впливі на неї косонаправленого навантаження зменшується в 1,5-2 рази.

Як показують численні дослідження, лише дуже незначна частина виробок працює в умовах ідеально симетричного зовнішнього навантаження. У цю ж категорію можна віднести і виробки, кріплення яких відчують навантаження з невеликим відхиленням від вертикалі, що призводять до зниження несучої здатності не більше, ніж на 10%.

У категорію виробок, що зазнають несиметричне навантаження, входять, в першу чергу, виробки, проведені по простяганню в похилих, круто-похилих, крутих і частково в пологих пластах.

Проведення гірничої виробки викликає перерозподіл напружень в навколишньому масиві гірських порід і призводить до утворення зони непружних деформацій (ЗНД). Форма і розміри цієї зони, як свідчать дослідження В.Т. Глушко, К.В. Кошелева, Ю.З. Заславського, І.Л. Черняка та ін. визначаються, перш за все, величиною показника $\gamma H/\sigma_{сж}$ порід і кутом їх залягання. Так, визначення меж ЗНД навколо виробок авторами багатьох робіт,

показало, що область зруйнованих порід формується у вигляді овалу, витягнутого в напрямку, перпендикулярному до площин нашарування. Зсув порід в цьому напрямку може збільшуватися в 2-2,5 рази.

Результати попередніх досліджень показують, що формування несиметричного навантаження відбувається у вигляді складкоутворення в породах приконтурної частини масиву. Це призводить до локального впливу на кріплення, напрямком якого перпендикулярно нашарування порід.

На основі численних шахтних досліджень К.В. Кошелева, А.Г. Томасова і іншими авторами наводяться схеми розташування виробок з оцінкою їх стану на облік величини переважаючих зсувів. Так, при різних кутах падіння порід і їх фортеці можливі різні схеми роботи кріплення при несиметричному додатку зовнішніх навантажень.

Вуглевмісні породи, як правило, характеризуються мікрослоїстостью і впорядкованою природною тріщинуватістю, що призводить до появи у породі анізотропії механічних властивостей. Рішення завдання пластичного деформування середовища навколо круглої виробки з урахуванням пластичної анізотропії порід показало, що падіння порід, що вміщують виробки, призводить до повороту великий осі ЗНД на кут, рівний куту падіння.

Таким чином, кріплення виробок, проведених по простяганню в похилих, круто-похилих, крутих і частково в пологих пластах, відчуває несиметричне навантаження, що ставить її в умови, неспецифічні для роботи прийнятої конструкції кріплення. Про це свідчать відмови одного з вузлів піддатливості, руйнування сполучних хомутів, деформації кріплення з боку найбільших зсувів порід. Результати обстеження виробок шахт Донбасу показують, що виробки, розташовані по простяганню порід, мають меншу стійкість. Термін безремонтної підтримки цих виробок, в залежності від типу кріплення і фортеці порід, що вміщують, менше в 1,5-2 рази в порівнянні з виробками, проведеними хрестом простягання, а обсяг деформованої кріплення і витрати на підтримку - в 1,5-2 рази більше.

Результати обстеження стану кріплення 169 км виробок 20 шахт Кузбасу також говорять про те, що найбільш стійкими є виробки, проведені хрестом простягання порід і по падінню (повстанню) пласта. Так, надійність металевої арочного податливого кріплення (відношення довжини ділянок з кріпленням, що не вимагає ремонту до загальної протяжності досліджених ділянок) становить: для квершлагів - 0,89; польових штреків - 0,78; штреків по вугіллю - 0,81; похилів і бремсбергів - 0,82, при середньому коефіцієнті надійності $W = 0,87$.

У категорію виробок, що зазнають несиметричне навантаження, входять також виробки, підвладні впливу очисних робіт. В особливо важких умовах перебувають виємочні штреки - виробок, що примикають до очисних вибоїв. Тут до 90% всіх зсувів відбувається в зоні впливу очисних робіт, що є головною причиною порушень кріплення і виходу виробок з ладу. Вплив очисних робіт на кріплення штреку в залежності від гірничо-геологічних і гірничотехнічних умов починає позначатися за кілька десятків метрів до лінії очисного вибою, збільшуючись у міру його просування. Це призводить до того, що кріплення в переважній більшості випадків не в змозі протистояти зростаючому навантаженню. Потрібні додаткові заходи для забезпечення проходу лави - використання гідростійок, застосування спеціального кріплення посилення, іноді - перекріплення,

Впливають очисні роботи і на виробки, що знаходяться в околиці відпрацьованого пласта, або суміжного з ним, а також на значний обсяг капітальних виробок, викликаючи нерівномірні зміщення порід ґрунту, покрівлі та боків. За доступними даними із загального обсягу підтримуваних виробок приблизно 40% складають капітальні виробки, з яких тільки 30% експлуатуються поза зоною активного впливу очисних робіт.

Як правило, вплив очисних робіт на ділянку виробки прийнято оцінювати коефіцієнтом концентрації (напруг, зсувів), що не у всіх випадках точно описує нове напружено-деформований стан масиву. Всі процеси, що відбуваються в масиві в результаті роботи очисного забою (підвищення тиску попереду лави, різке збільшення швидкості зсувів порід, обвалення безпосередньої та основної

покрівлі), впливають переважно на одну зі сторін штреку, що знаходиться поблизу очисних робіт. Рішення задач в такій постановці авторами робіт показує, що форма зони непружних деформацій і розподіл напружень навколо виробок, що зазнають вплив очисних робіт, має явно несиметричний характер.

Дослідження, проведені в відкатних штреках, що прилягають до очисних вибоїв, показують, що ЗНД під впливом опорного тиску рухається вибій лави без урахування міцнісних властивостей порід, глибини розробки і інших показників, збільшується в 1,2-7 разів. Більшою мірою збільшуються розміри ЗНД з боку повстання порід і в покрівлі виробки. Істотно зростає ступінь порушеності порід, при цьому особливо чутливі до впливу опорного тиску гірські породи приконтурної зони.

Крім перерахованих виробок, нерівномірність зовнішнього навантаження відчують і виробки, що охороняються різними штучними смугами.

За останнє десятиліття видобуток вугілля в Донбасі за прогресивною безцеликовою технологією збільшилася на 65% (табл. 3.1). Протяжність підготовчих виробок, що охороняються безцеликовими способами, становить близько 80% річного обсягу їх проведення і тільки 18-19% протяжності виробок охороняється целиками вугілля. Приблизно таке ж становище і в інших вугільних районах. Застосування безцеликових технологій на шахтах ВО "Інтауголь" склав 75%, в Карагандинському басейні - 84%.

Таким чином, основний обсяг застосування безцеликових способів підтримки (78%) припадає на системи розробки зі збереженням штреків за лавою з метою їх повторного використання, а також для підсвіженням вихідного струменя повітря. Стійкість цих виробок в першу чергу зумовлюється способом їх охорони і кріплення.

Широке поширення для охорони підготовчих виробок шахт отримали породні бутові смуги і дерев'яні багаття, для яких характерні висока трудомісткість зведення і низька ефективність підтримки виробок. Загальним недоліком бутових смуг і багать є те, що вони надають достатній опір опускання

порід тільки після значного опадку, що дорівнює приблизно 40-50% потужності пласта.

Таблиця 3.1

Характеристика та обсяг застосування основних схем підтримки виробок при безцеликовому відпрацюванні пластів

№ п / п	Схема підтримки виробки	Питома вага застосування, %	Частка протяжності виробок із незадовільним станом, %
1	Виробки, пройдені в масиві, за лавою погашаються	16,7	10,7
2	Виробки, пройдені в масиві, за лавою підтримуються	27,7	14,6
3	Повторно використовувані виробки, за лавою погашаються	18,7	20,0
4	Повторно використовувані виробки, за лавою підтримуються	7,5	20,6
5	Виробки, пройдені за лавою	24,1	16,4
6	Виробки, пройдені впрісічку до виробленого простору	5,3	11,3

За даними обстежених ДонУГИ 365 виробок, що охороняються породними смугами, більше 20% їх протяжності знаходиться в незадовільному стані. Пов'язано це з нерівномірним опусканням порід покрівлі у виробках за лавою і, як наслідок - асиметричним навантаженням кріплення, передчасної її деформацією. Одностороння охорона виробок іншими штучними спорудами також викликає несиметричне навантаження кріплення. За даними досліджень

С.Н. Виборнова, для істотного зниження (але не повного усунення) нерівномірних деформацій навколо масиву виробки модуль деформації охоронної смуги повинен бути не менше 400 МПа, що забезпечити досить складно. Подальше ж збільшення модуля деформації смуги недоцільно, тому що відбувається значне зростання напружень як у самій смугі, так і в ґрунті під нею.

Цікаві результати отримані В.Ф. Трумбачевим при вивченні напружень навколо гірничих виробок різної форми і призначення оптичним методом. Дані досліджень показують, що в певних умовах закладення виробок (похилі пласти), а також при підтримці їх за допомогою односторонніх охоронних споруд як в горизонтальних, так і в похилих пластах, навколо виробок формується несиметричне поле напружень. Це викликає нерівномірне руйнування і зміщення порід в навколо масиву виробки.

Слід також звернути увагу на дослідження вивалоутворень в гірських виробках. Відповідно до сучасних уявлень, Формування навантаження на кріплення слід розглядати як результат спільного впливу зсувів порід в утвореній навколо виробки ЗНД і ваги відокремилися в межах ЗНД стовпа зруйнованих порід над склепінням виробки. Як правило, повного відділення зруйнованих порід не відбувається, проте в окремих випадках можуть відбуватися їх вивали.

Аналіз результатів досліджень вивалоутворень в виробках шахт Донбасу, наведених авторами робіт, дозволяє зробити наступні висновки.

По-перше, спрямованість вивалоутворення характеризується спрямованістю підвищеної тріщинуватості, що в свою чергу визначається зонами підвищених напруг. Так, в зближених виробках переважно спостерігаються косонаправлені вивали (кут нахилу осі вивалу від вертикалі дорівнює 31-60°) з напрямком осі вивалу в сторону суміжній виробки. У шаруватих породах приблизно 70% вивалам характеризується напрямком осі, близьким до нормалі, і тільки до 30% вивалам мають вісь, направлену напластованню або близьку до нього.

У зонах безпосереднього впливу очисних робіт висота ступеневого вивалу збільшується в 2-2,5 рази, а по ширині - до розмірів ширини виробки, і вивал зазвичай зміщений в сторону очисних робіт.

По-друге, передбачуване напрямок вивалу в діючих виробках може бути оцінений характером деформації постійного кріплення. Імовірність прямого вивалу при податливому металевому кріпленню характеризується інтенсивним зменшенням висоти виробки за рахунок зміщення верхнього елемента і його випрямлення. При косонаправленному вивалу спостерігаються деформації бічного елемента з боку найбільших зсувів, виполаживанню його і загальне звуження виробки.

Односторонній вплив зовнішнього навантаження відчуває також кріплення зближених виробок. Нормативні документи, що визначають просторово-планувальні параметри розташування виробок і виключають їх взаємний вплив, рекомендують розташовувати виробки на відстані не менше 3-5 діаметрів. Однак, в умовах великої глибини розробки, зі збільшенням напруги в навколишньому виробки масиві, суміжні виробки можуть впливати на значно більшу відстань, що не завжди враховується.

Таким чином, аналіз стану протяжних гірничих виробок, умов їх проведення та експлуатації, аналітичних і шахтних досліджень показує, що більшість капітальних, підготовчих і виїмкових виробок відчуває навантаження несиметричного характеру.

У цю категорію входять такі групи виробок:

- виробки, проведені в похилих, круто-похилих, крутих і частково в пологих пластах;
- виробки, які відчувають вплив очисних робіт;
- виробки, що охороняються односторонніми охоронними спорудами;
- суміжні виробки, в тому числі сполучаються.

3.2. Дослідження ступеня впливу несиметрії зовнішнього завантаження металевого аркового кріплення на її напружено-деформований стан

Розглянемо розрахункову схему металеві аркового кріплення, завантажену рівномірно розподіленими вертикалям $q_{\text{вер}}$ і горизонталям $q_{\text{лев}}$ і $q_{\text{пр}}$ зовнішніми навантаженнями (рис. 3.1).

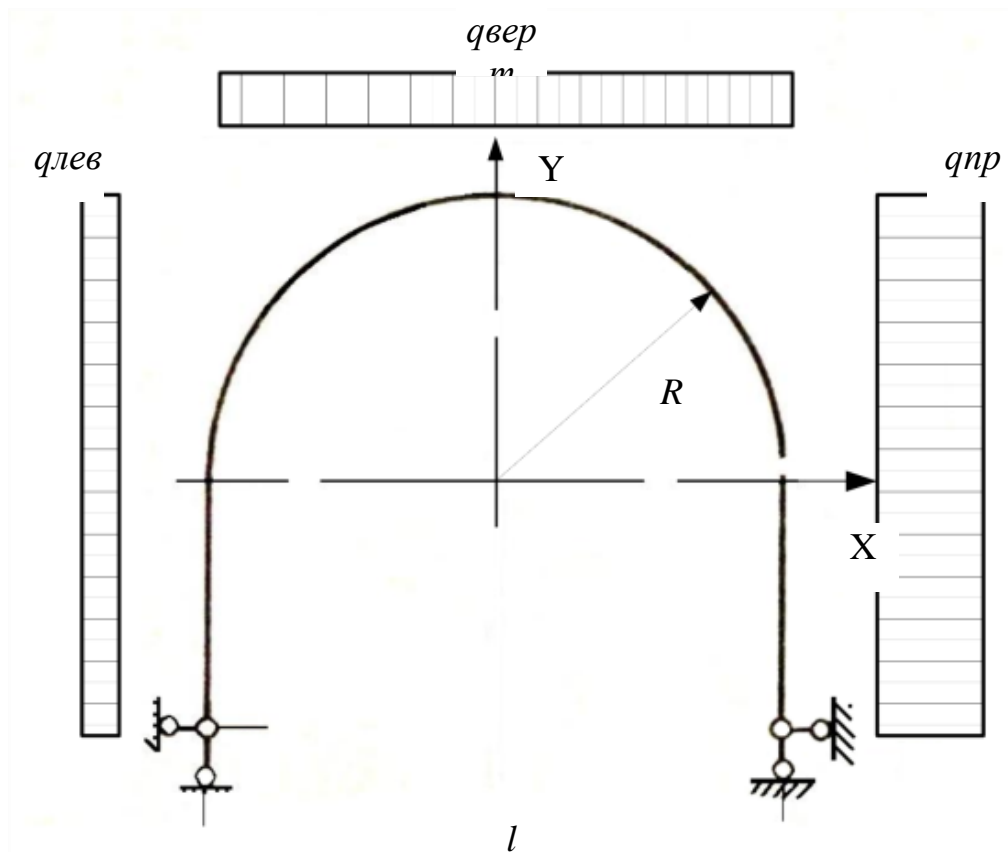


Рис. 3.1. Схема для розрахунку металеві аркового кріплення при різній величині зовнішнього завантаження

Позначимо відношення лівої і правої бічних навантажень коефіцієнтом $\lambda_{\text{сім}}$:

$$\lambda_{\text{сім}} = q_{\text{пр}} / q_{\text{лев}}.$$

Величину несиметричного зовнішнього завантаження будемо змінювати в межах $\lambda_{\text{сім}} = 1.0; 1.25; 1.5; 1.75; 2.0$.

Вплив несиметрії зовнішнього завантаження будемо оцінювати за величиною максимального згинального моменту M , який є основним внутрішнім силовим фактором, що визначає несучу здатність тонкостінних конструкцій взагалі і металевого кріплення зокрема.

Епюра згинальних моментів, що виникають в профілі металеві аркового кріплення при значеннях $q_{лев} = 5,71 \text{ т / м}$, $q_{пр} = 11,84 \text{ т / м}$ ($\lambda_{сім} = 2,0$) представлена на Рис. 3.2.



Рис. 3.2. Епюра згинальних моментів від впливу несиметричною зовнішнього навантаження при $\lambda_{сім} = 2,0$

Аналогічну форму мають епюри для інших варіантів завантаження кріплення. Розрахунки показують, що несуча здатність кріплення експоненціально залежить від величини коефіцієнта несиметрії зовнішнього завантаження $\lambda_{сім}$ (Рис. 3.3), і навіть при порівнянні невеликих його значення відбувається істотне зниження несучої здатності кріплення. Так, при $\lambda_{сім} = 1,25$ величина згинального моменту в профілі кріплення збільшується майже в 2 рази.

Для забезпечення високої ефективності роботи рамного кріплення в умовах нерівномірного навантаження можливе застосування додаткових

конструктивних елементів, робота яких повинна бути спрямована на вирівнювання несиметрії і нерівномірності навантаження. Одним з таких елементів може бути система анкерів.

Ефективність застосування анкерного кріплення в гірничих виробках залежить від виконання ряду вимог, які встановлені на основі аналізу численних досліджень характеру деформування масиву навколо виробки. Крім того, повинні бути чітко визначені умови застосування таких кріплень, а також основні вимоги, при яких робота анкерного кріплення ефективна протягом усього часу експлуатації виробки або на певних етапах.

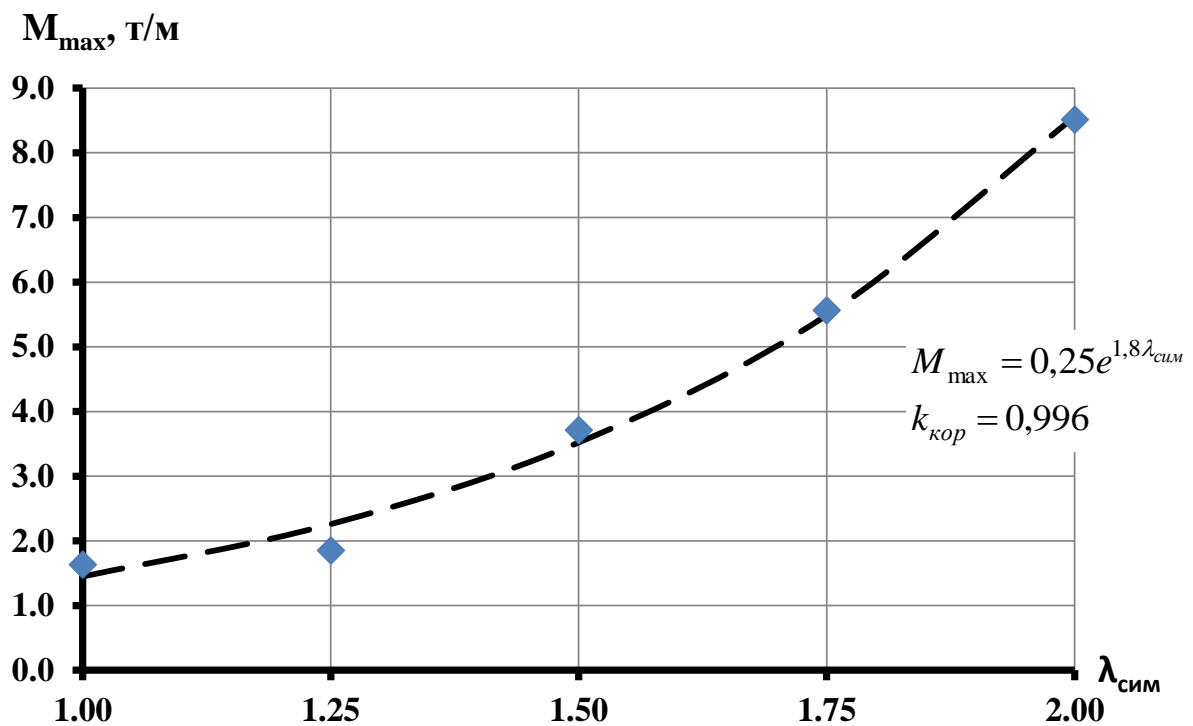


Рис. 3.3. Залежність величини максимального згинального моменту від ступеня несиметрії зовнішнього завантаження кріплення

Згідно з результатами попередніх досліджень, під впливом очисних робіт масив навколо виробки піддається додатковим руйнуванням. При цьому найбільш чутливими є породи приконтурної зони в межах 1-1,5 м від контуру виробки. У зв'язку з цим, закріплення анкера має проводитися за зоною активних розшарувань, тобто не ближче двох метрів від контуру виробки.

Великі зміщення контуру виробки можуть викликати значні напруги в хвостовику і стрижні анкера. Зважаючи на це, анкер повинен бути податливим. Значні зсуви контуру виробки викликають необхідність застосування податливого кріплення, яке в більшості випадків дає відмови через присутність нерівномірних зміщень контуру, незбіжних з напрямком її податливості. Тому для нормальної роботи кріплення і використання її податливості, зусилля від дії анкера (групи анкерів) повинні компенсувати шкідливий вплив несиметричного навантаження. Необхідна кількість анкерів приймається виходячи з величини несиметрії і зусилля. Крім того, при проектуванні кріплення необхідно враховувати зусилля висмикування (несучу здатність) анкерів.

Для попередження руйнування анкера і усунення згинальних деформацій профілю кріплення, анкер повинен працювати в режимі постійного опору, величина якого менше зусилля висмикування анкерів. Застосування анкерів з високим зусиллям опору (якщо це можливо), не завжди, виправдано оскільки, як показали аналітичні розрахунки, це може викликати критичні напруги профілю в місці установки анкера.

Анкерне податливе кріплення, яке застосовувалася до останнього часу у вугільних шахтах, має обмежену піддатливість, відповідної 10-15% початкової довжини анкерів. Тому її використовують тільки там, де очікуються відносно невеликі деформації породного масиву.

Тим часом, досвід застосування анкерного кріплення в інших галузях гірничої промисловості, а також результати численних досліджень показують, що анкерне кріплення може забезпечувати стійкість виробок при великих деформаціях приконтурного масиву, якщо тільки анкери будуть здатні сприймати такі значні деформації.

В останні роки з'явилося безліч конструкцій піддатливих (ковзають) анкерів, що мають досить високу несучу здатність і дозволяють породному контуру зміщуватися на 200-1000 мм. Елементами податливості в анкерах можуть бути замки, опорні елементи (планки), тіло анкера, що складається, як правило, з висувною частини, що є грузонесущим стрижнем і труби з

заповнювачем (полімер, сипучий матеріал, дерево, і ін.), за рахунок якого і здійснюється податливість анкера з постійним опором.

Можливість зниження величини згинального моменту в рамі сталевий кріплення за допомогою анкерів показують подальші розрахунки, результати яких наведені на рис. 3.4-3.7.

Як впливає з аналізу наведених епюр, установка навіть трьох анкерів призводить до вирівнювання епюри і усунення ефекту несиметрії. Разом з тим, установка анкерів є додатковим технологічним процесом, для виконання якого потрібне спеціальне обладнання, матеріали та персонал відповідної кваліфікації, а також постійне постачання забоя стисненим повітрям. До того ж застосування складних конструкцій піддатливих анкерів вимагає пильного контролю за якістю виконання робіт і підвищення культури виробництва в цілому. У деяких випадках ці додаткові організаційні заходи, а також додаткові фінансові витрати, як на етапі закупівлі обладнання, так і щоденного постачання забоя матеріалами, можуть бути серйозною перешкодою на шляху підвищення ефективності роботи рамного сталевого кріплення.



Рис. 3.4. Згинальний момент від нерівномірного навантаження ($q_{\text{лів}} = 5,71$ т / м, $q_{\text{пр}} = 11,84$ т / м) з установкою одного анкера в точці профілю з максимальним изгибающим моментом з опором $P1 = 20$ т

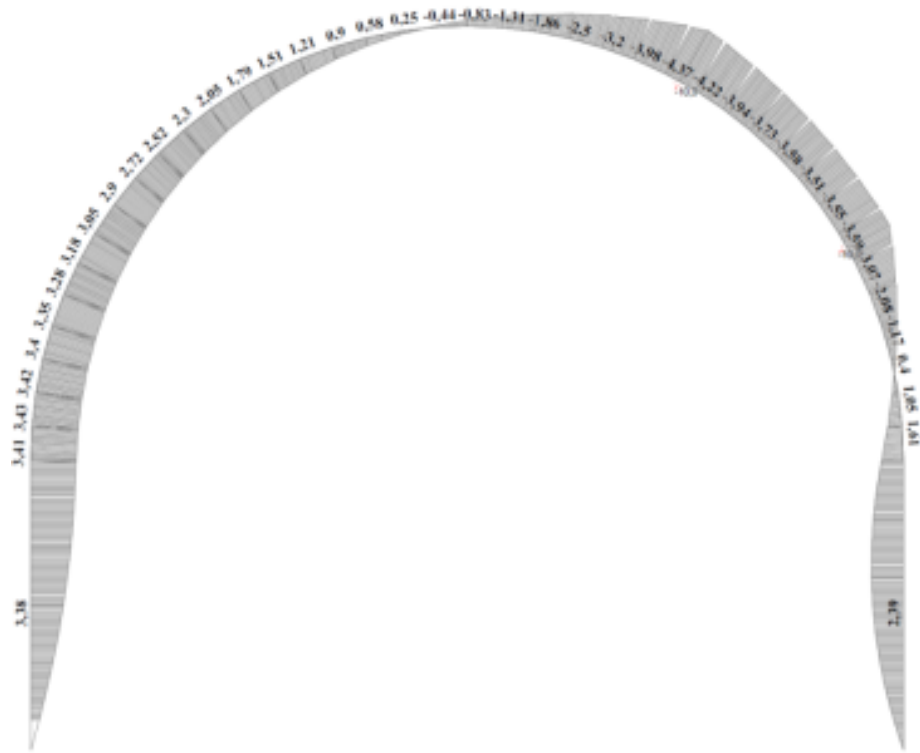


Рис 3.5. Згинальний момент від нерівномірного навантаження ($q_{\text{лів}} = 5,71 \text{ т / м}$, $q_{\text{пр}} = 11,84 \text{ т / м}$) з установкою двох анкерів з опором $P1$ і $P2 = 10 \text{ т}$

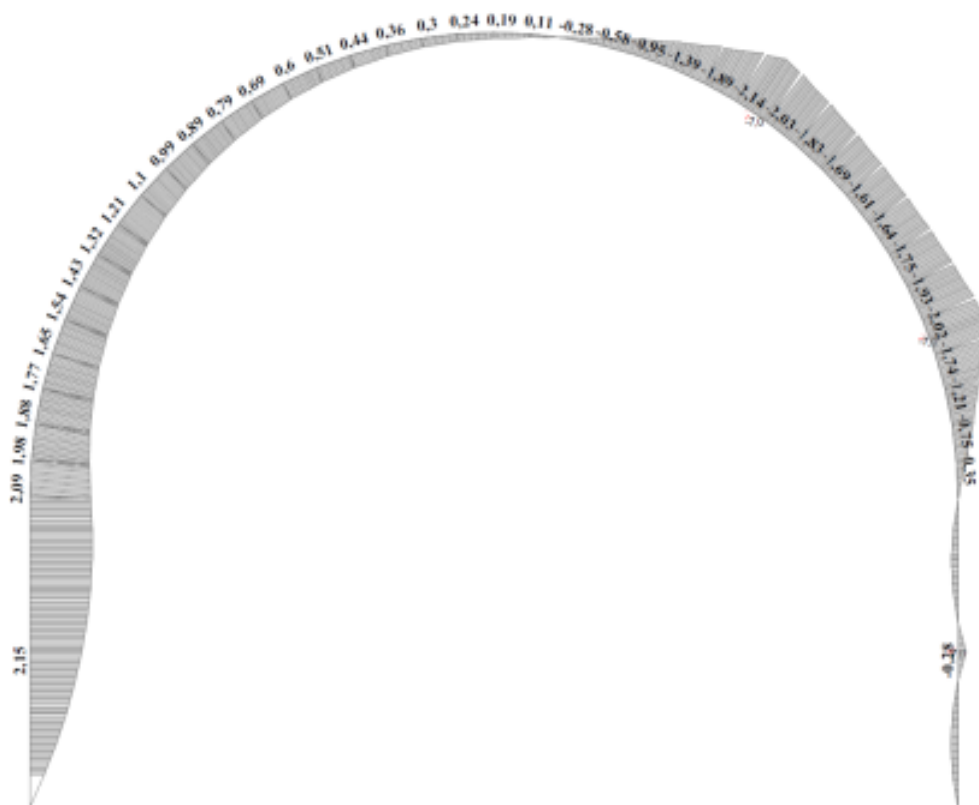


Рис 3.6. Згинальний момент від нерівномірного навантаження ($q_{\text{лів}} = 5,71 \text{ т / м}$, $q_{\text{пр}} = 11,84 \text{ т / м}$) з установкою трьох анкерів з опором $P1 \dots P3 = 7 \text{ т}$



Рис 3.7. Згинальний момент від нерівномірного навантаження ($q_{\text{лів}} = 5,71$ т / м, $q_{\text{пр}} = 11,84$ т / м) з установкою 3 анкерів з опором $P1 = P3 = 3$ т, $P2 = 8$ т.

3.3. Дослідження впливу кількості точок розклинювання на несучу здатність кріплення

Як вже було зазначено вище, найбільш оптимальні умови роботи кріплення створюються при щільному контакті її профілю з породним контуром виробки. Паспортом кріплення передбачається щільне заповнення закріпного простору при зведенні кріплення дрібною породою і розклинювання її в районі вузлів піддатливості. Однак забутовка є найбільш трудомісткий, немеханізований процес, що знижує, в кінцевому рахунку, швидкість проведення виробки. Тому забутовка закріпного простору, якщо і виконується, то тільки в бічній частині виробки, а в покрівлі виробки залишається вільний простір. Дана обставина призводить до того, що породи покрівлі, не маючи достатнього підпору з боку кріплення, активно руйнуються і досить швидко навколо виробки формується велика зона зруйнованих порід.

Усунути це негативне явище можна шляхом механізації процесу забутовки закріпного простору. Досвід виконання механізованого заповнення пустот за кріпленням в Німеччині свідчить про високу ефективність цього заходу. Однак, використання цього заходу для виїмкових виробок, термін служби яких незначний, вважається економічно недоцільним.

Альтернативою цьому способу для виробок з невеликим терміном служби є використання рукавів Буллфлекс, також широко застосовуваний на шахтах Німеччини (рис. 3.8). Однак організаційні і технічні складності виготовлення таких рукавів в Україні не дозволяють застосовувати цей спосіб підвищення працездатності кріплення.

Проте, перерозподілити навантаження на кріплення і підвищити працездатність кріплення можна, наприклад, застосовуючи додаткове розклинювання рам кріплення між породним контуром.

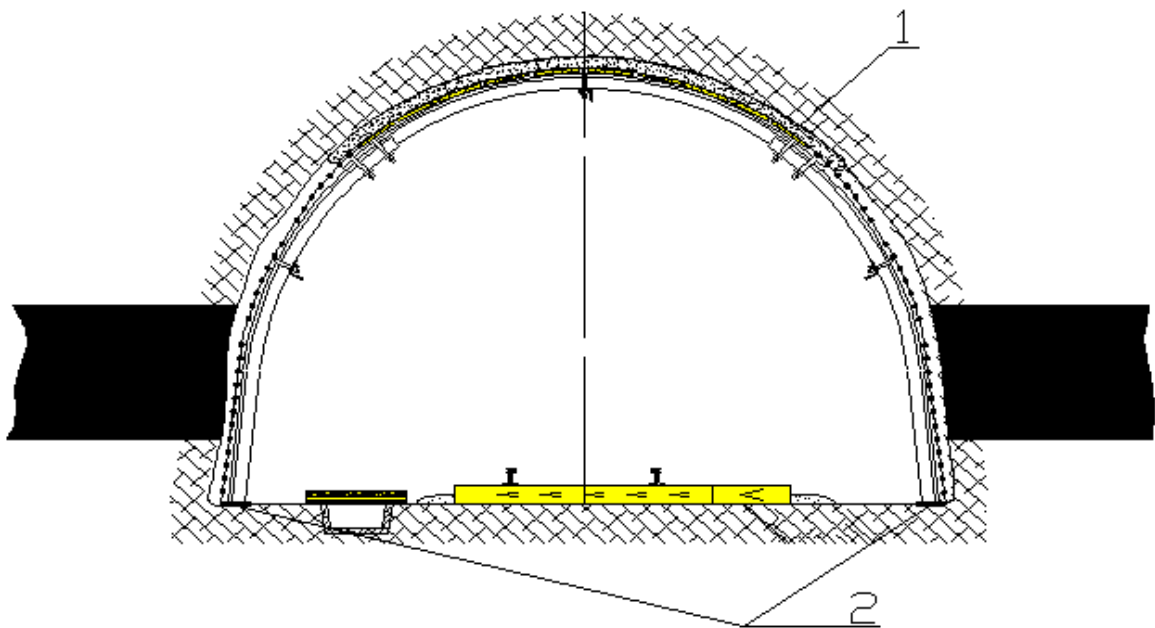


Рис 3.8. Забезпечення щільного контакту профілю кріплення з породним контуром виробки за допомогою розпірного рукава Буллфлекс: 1 - рукав Буллфлекс; 2 - подплатники

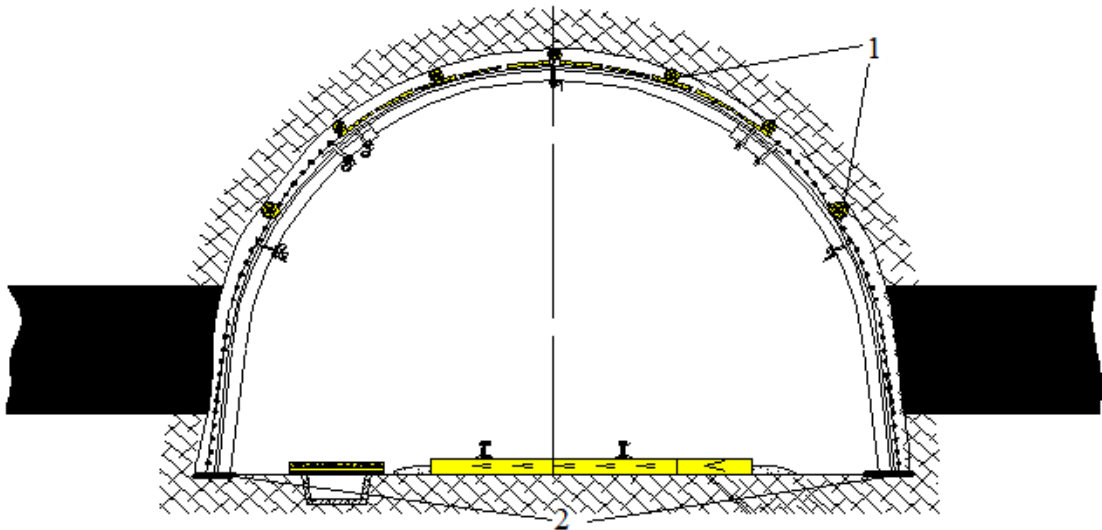


Рис 3.9. Забезпечення щільного контакту профілю кріплення з породним контуром виробки за допомогою розклинювання рами в декількох точках по периметру: 1 - дерев'яні клини; 2 - подпятники

Важливим питанням тут є визначення мінімальної кількості точок розклинювання для такого перерозподілу навантаження на кріплення, при якому несуча здатність її істотно б не знижувалася. Даний спосіб буде досить економічним і прийнятним варіантом для виробок з невеликим терміном служби або в інших виробках на час, поки формується обтиснення рами, формування на неї навантаження і перехід до паспортного режиму її експлуатації.

Оцінку мінімально необхідної кількості точок розклинювання будемо оцінювати за величиною максимального згинального моменту в профілі рами. В якості еталонної приймемо розрахункову схему для випадку завантаження кріплення рівномірно розподіленим навантаженням. Епюра згинальних моментів для цього випадку показана на рис. 3.10.

В ході розрахунку розглядалися варіанти з розклинювання рами в одній і декількох точках по периметру кріплення. При цьому зовнішнє розподілене навантаження ділилася рівними частинами на відповідну кількість точок її застосування на раму кріплення. Епюри згинальних моментів при різних варіантах показані на рис. 3.11-3.16.

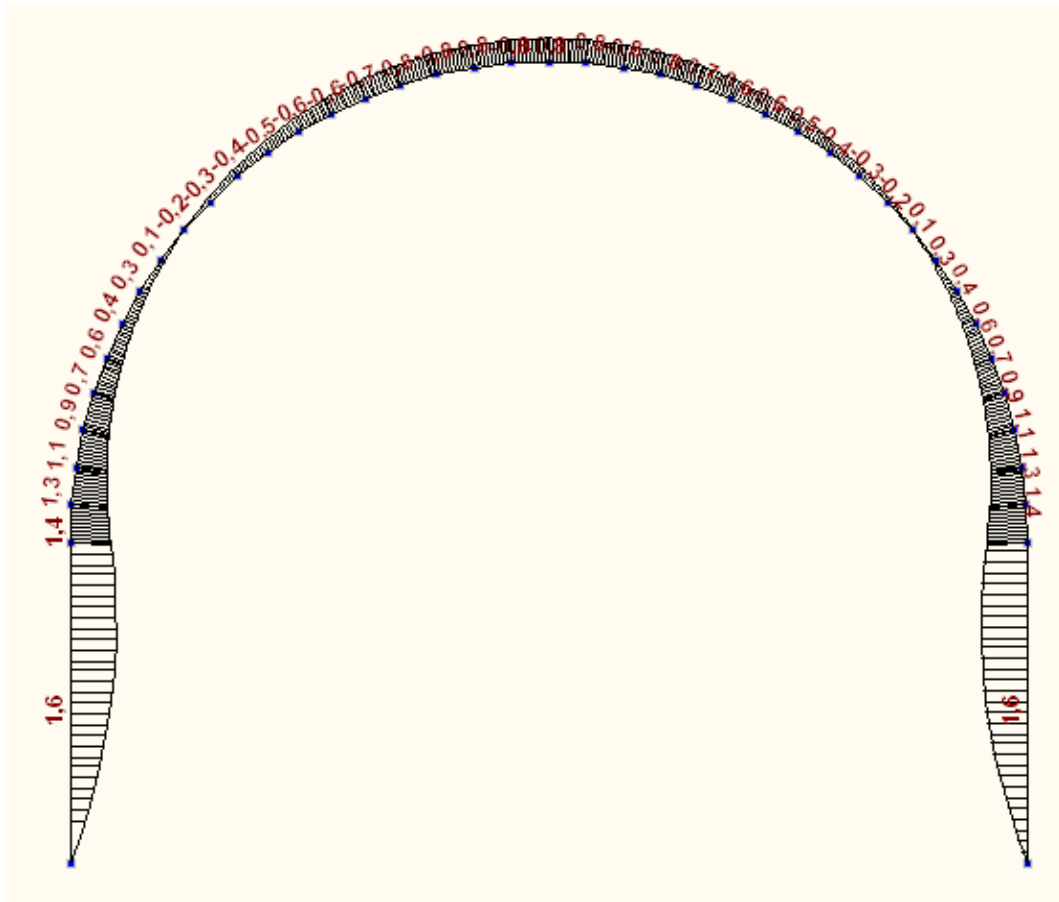


Рис 3.10. Епюра згинальних моментів від рівномірно розподілених навантажень ($q = 5,92 \text{ т/м}$)

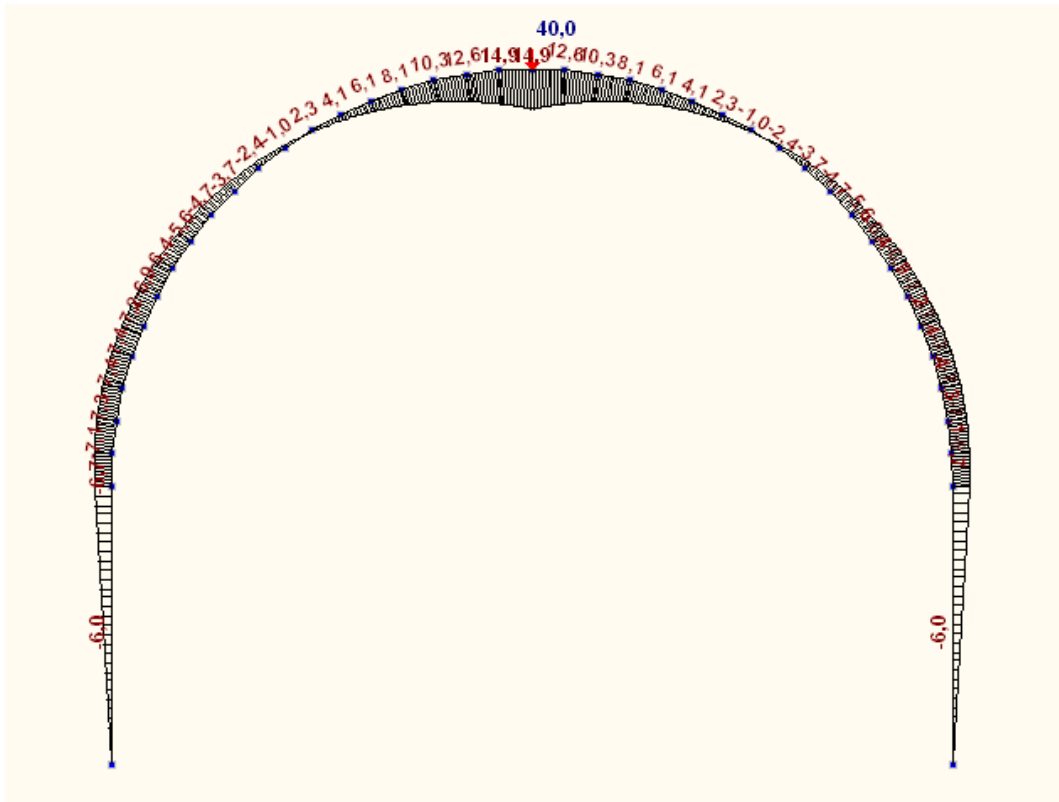


Рис 3.11. Епюра згинальних моментів від однієї прикладеної зосередженого навантаження ($P = 40 \text{ т}$)

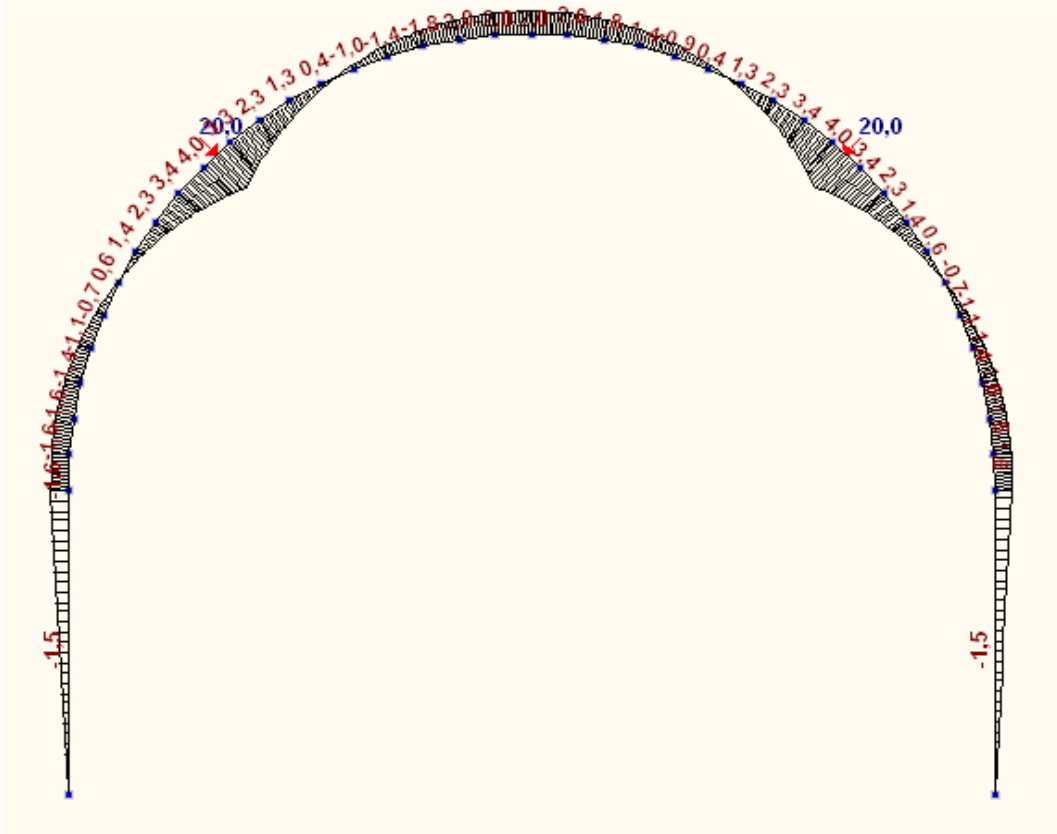


Рис 3.12. Епюра згинальних моментів від двох прикладених зосереджених навантажень ($P_1 = P_2 = 20 \text{ т}$)

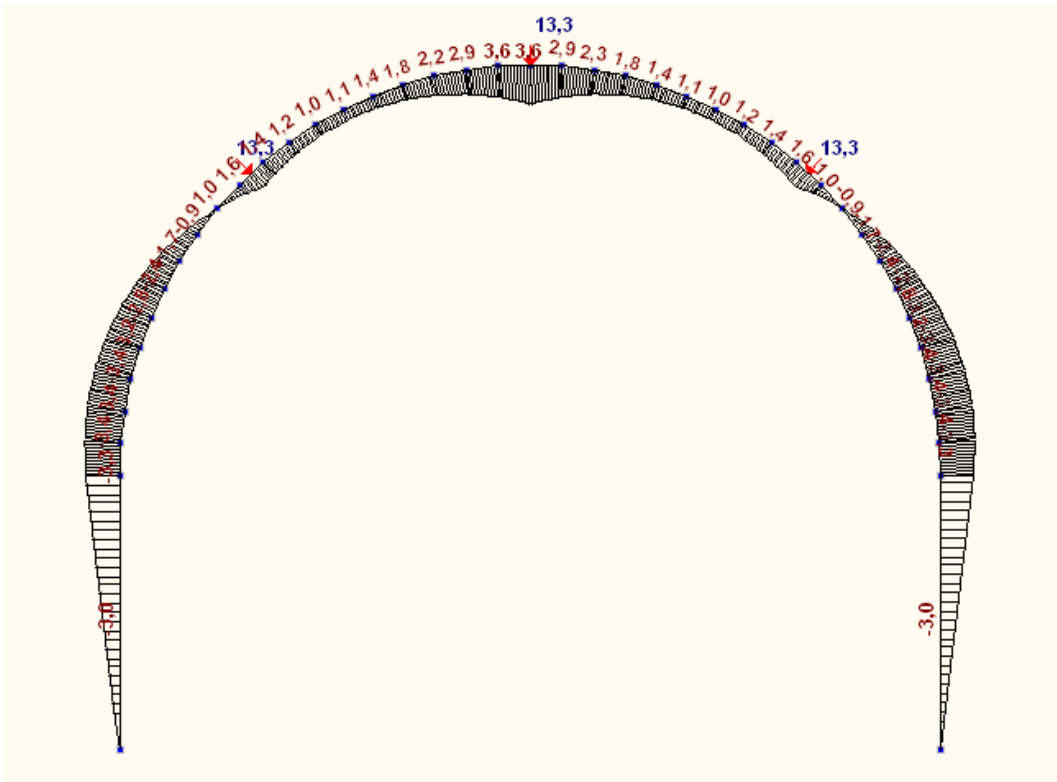


Рис 3.13. Епюра згинальних моментів від трьох доданих зосереджених навантажень ($P_1 = P_2 = P_3 = 13,3 \text{ т}$)

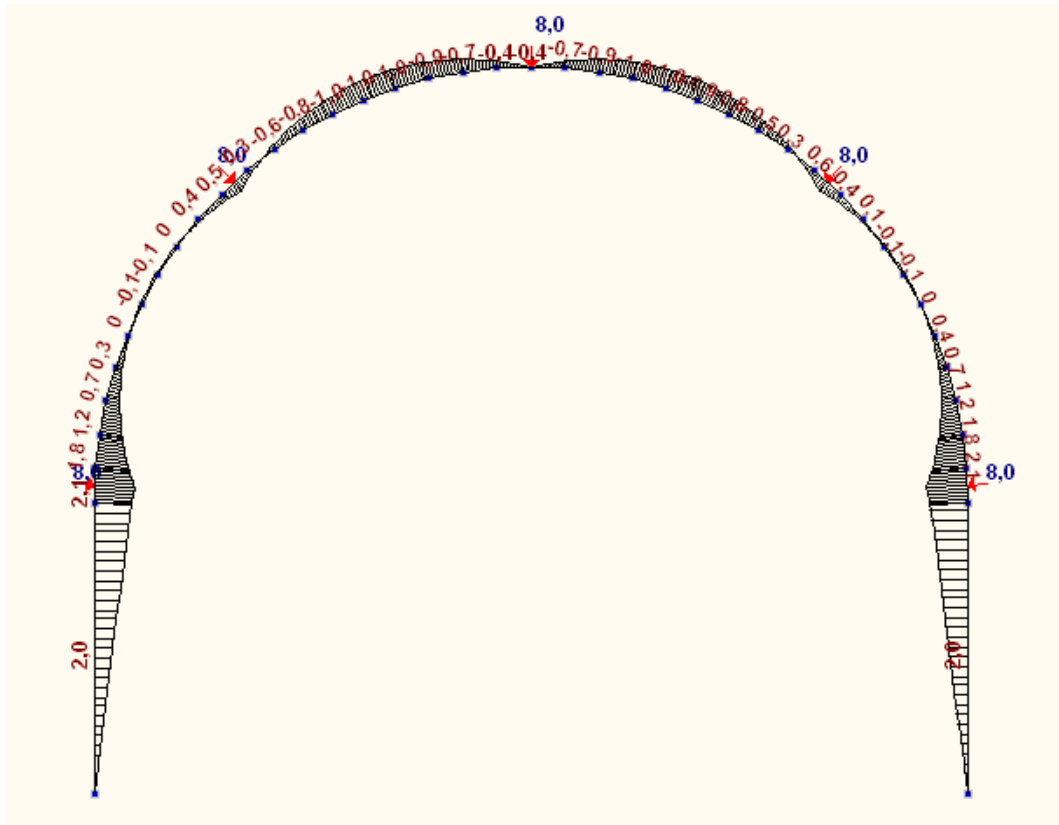


Рис 3.14. Епюра згинальних моментів від п'яти доданих зосереджених навантажень ($P_1 = \dots = P_5 = 8 \text{ т}$)

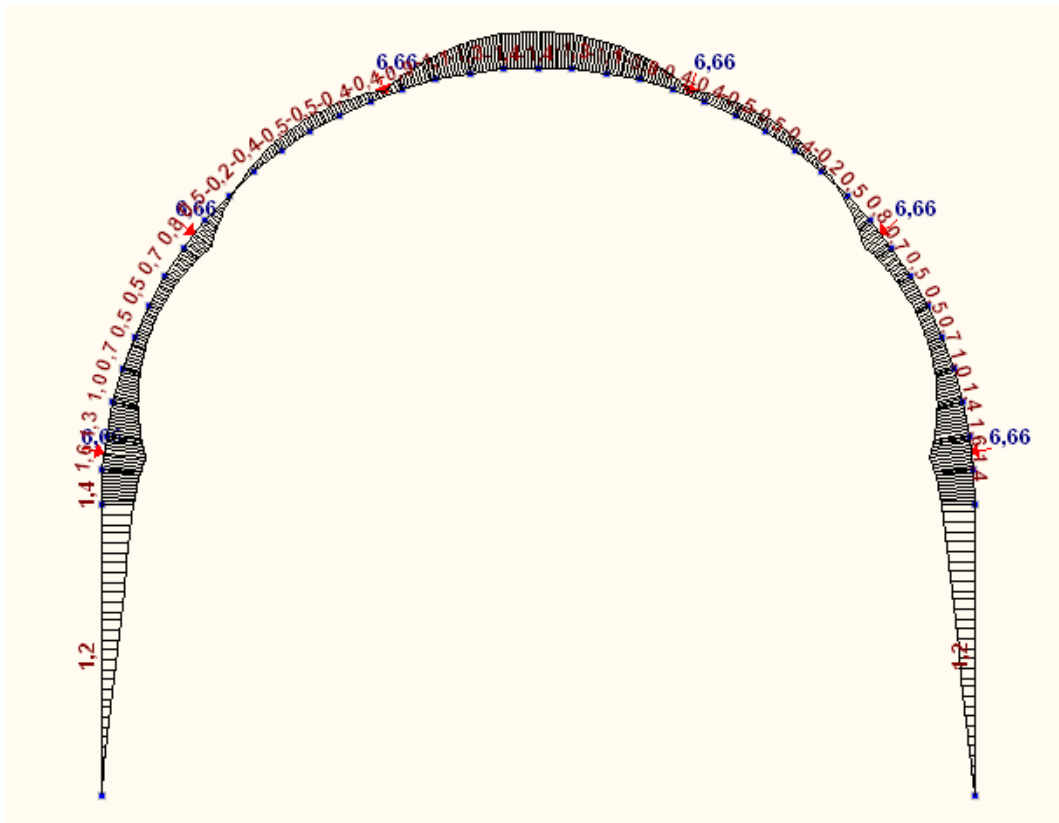


Рис 3.15. Епюра згинальних моментів від шести доданих зосереджених навантажень ($P_1 = \dots = P_6 = 6,66 \text{ т}$)

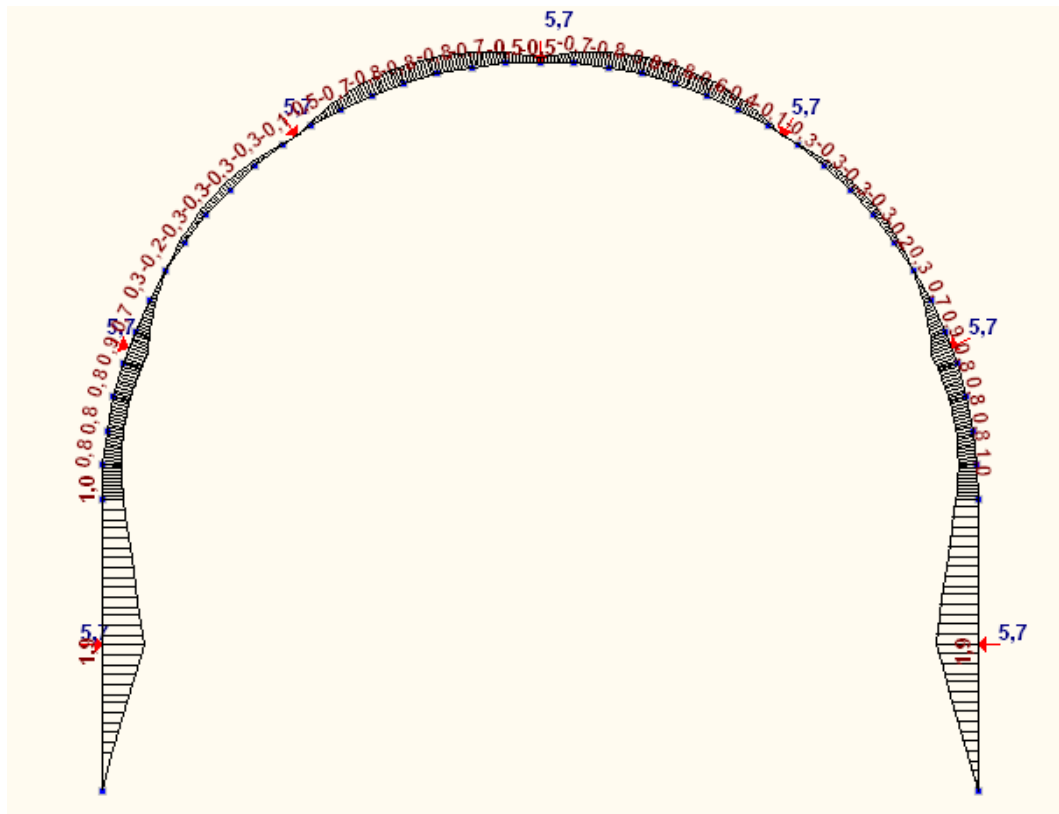


Рис 3.16. Епюра згинальних моментів від семи прикладених зосереджених навантажень ($P_1 = \dots = P_7 = 5,7 \text{ T}$)

На рис. 3.17 приведена залежність ступеня перевантаженості профілів профілю аркового кріплення від кількості точок розклинювання. Під ступенем перевантаженості тут розуміється відношення максимального згинального моменту в профілі рами при поточній кількості точок розклинювання (M_{\max}) до максимального вигинального моменту в профілі для випадку рівномірного (симетричного) навантаження ($M_{\max_сим}$).

Як впливає з аналізу, додавання однієї точки розклинювання призводить до цілком очевидної ситуації істотно нерівномірного навантаження на кріплення, внаслідок чого перевантаженість профілю кріплення по згибаючими моментами більш ніж у дев'ять разів перевищує ситуацію з рівномірним завантаженням рами. Зі збільшенням числа точок розклинювання до двох ситуація різко поліпшується (перевищення по моментам падає до 2,44 рази), проте тільки при кількості точок розклинювання, рівному 5, перевищення по моментам не перевищує 1,3 рази. Мінімальна кількість точок розклинювання по периметру арочної металевий кріплення повинно становить шість точок, при цьому

величина максимального згинального моменту в профілі в порівнянні з його значенням при рівномірно-розподіленого навантаження (як оптимальний варіант роботи кріплення) збільшується не більше, ніж в 1,2 рази.

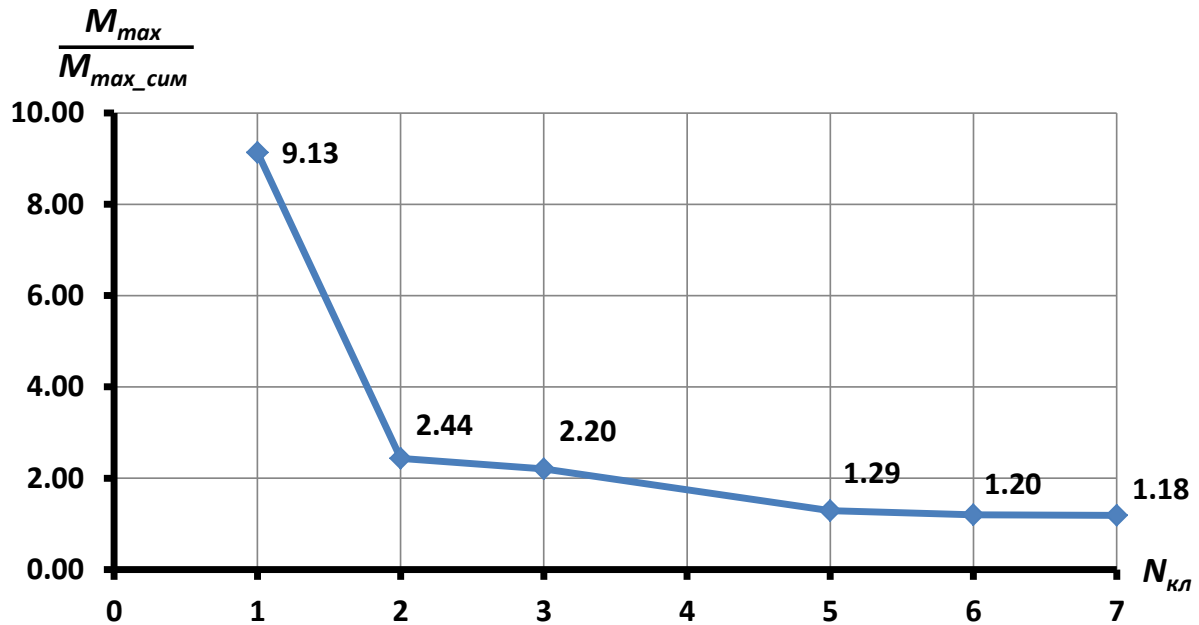


Рис 3.17. Залежність ступеня перевантаженості профілю металеві аркового кріплення від кількості точок розклинювання

Висновок за розділом

Результати виконаних досліджень дозволяють стверджувати, що несуча здатність рамного сталевго кріплення експоненціально залежить від величини коефіцієнта несиметрії зовнішнього завантаження $\lambda_{сим}$, при цьому нерівномірність навантаження профілю сталевго кріплення може бути вирівняна шляхом установки по периметру рами точок розклинювання, що дозволяє привести епюру згинальних моментів в профілі рами до випадку рівномірного завантаження і підвищити ефективність роботи рами і системи кріплення в цілому.

РОЗДІЛ 4

РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО ВДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ПРОВЕДЕННЯ
ПРОТЯЖНОЇ КАПІТАЛЬНОЇ ВИРОБКИ В СКЛАДНИХ УМОВАХ

Низька міцність вміщуючих порід, висока порушеність самого масиву виробки, а також значна глибина розташування виробки, яку для регіону Західного Донбасу можливо віднести до категорії «великі глибини», призводить до формування великого навантаження на кріплення і його розподілу по всьому контуру виробки, в тому числі і з боку ґрунту.

Для зазначених умов найбільш ефективним і надійним з точки зору тривалого безремонтного підтримання виробки, є застосування кільцевого кріплення з тампонажу закріпного простору цементно-піщаним розчином.

Тампонаж масиву порід, як показав досвід застосування його на шахтах України, є найбільш радикальним і доступним, а на ряді шахт Західного Донбасу, Східного Донбасу (об'єднання «Ворошиловградвугілля», «Свердловантрацит» і «Донецьквугілля» в 1970-80- х роках) - єдиним прийнятним засобом збереження виробок в складних гірничо-геологічних умовах.

Кільцеве кріплення дозволяє в 2 ... 2,5 рази збільшити час безремонтної підтримки виробок в слабких породах і в 5 і більше разів - в породах середньої стійкості. При цьому зменшуються деформації елементів кріплення і затягування, істотно зменшуються обсяги ремонтних робіт і їх складність. Недоліками кільцевих конструкцій кріплень є зменшення в 2,5 ... 3 рази темпів проведення виробок, значне (на 40-50% і більше) зростання вартості і трудомісткості споруди виробок, збільшення витрат кріпильних матеріалів.

Альтернативним варіантом для розглянутих складних геомеханічних умов є застосування арочного податливого кріплення зі зворотним склепінням. Збільшення радіусу кривизни зворотного склепіння цього типу кріплення, в порівнянні з кільцевим кріпленням, дозволяє зменшити висоту виробки і величину підривання в ґрунті для установки нижнього елемента (лежня). За рахунок цього зменшується обсяг робіт по ручній розробці порід. Крім того,

полегшується процес установки рам кріплення. Ці фактори, в кінцевому рахунку, дозволяють збільшити швидкість споруди виробки.

Порівнюючи варіанти застосування кріплення зі зворотним склепінням КМП-А3 або КШПУ, необхідно відзначити наступне.

Кріплення КШПУ (рис. 4.1, а) має більшу ширину на рівні ґрунту, що значно знижує стійкість порід ґрунту, роботу якої можна представити у вигляді грузонесучої породної балки.

Для розглянутого випадку споруди СКУ кріплення КШПУ-17,7 має ширину виробки по ґрунті: в світлі 5360 мм, в проходці 5700 мм (без урахування переборів). Рівноцінна по площі поперечного перерізу і по ширині (на висоті 1,8 м від підшви виробки) кріплення КМП-А3 буде мати ширину по ґрунті: в світлі 4560 мм, в проходці 4900 мм (рис. 4.1, б).

Дослідженнями М.А. Вигодіна для умов шахт Західного Донбасу встановлено, що найбільший вплив на стійкість оголених порід надає ширина виробки в проходці. Так, виробки з шириною в проходці $V_{п} = 3.0$ м майже в 3 рази стійкіше виробок з $V_{п} = 5.0$ м. Стійкість виробок (міцність породного шару в ґрунті) в цьому випадку за рахунок зменшення її ширини збільшується за попередніми розрахунками на 35% (рис. 4.2).

Крім цього слід зазначити і більш оптимальну форму кріплення КМП-А3, яка, на відміну від КШПУ, ближче до форми кільцевого кріплення, що є найбільш стійкою в розглянутих складних геомеханічних умовах. При цьому поліпшується робота нижніх елементів податливості, що включають чобіток і сполучні замки. В кріплення КШПУ ці елементи під впливом вертикального тиску з боку масиву порід мають тенденцію до заклинювання і роботи вузла піддатливості (чобітка) «на злам».

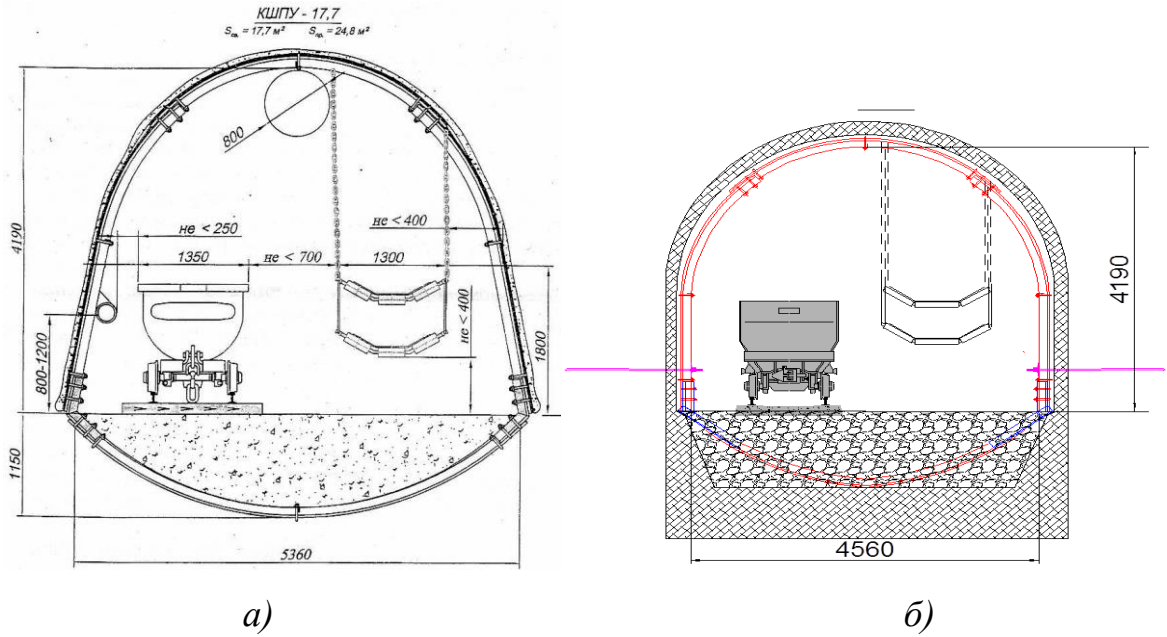


Рис. 4.1. Перетин північного конвеєрного ухилу з кріпленням: а) КШПУ-17.7 зі зворотним склепінням; б) КМП-А3 із зворотним склепінням

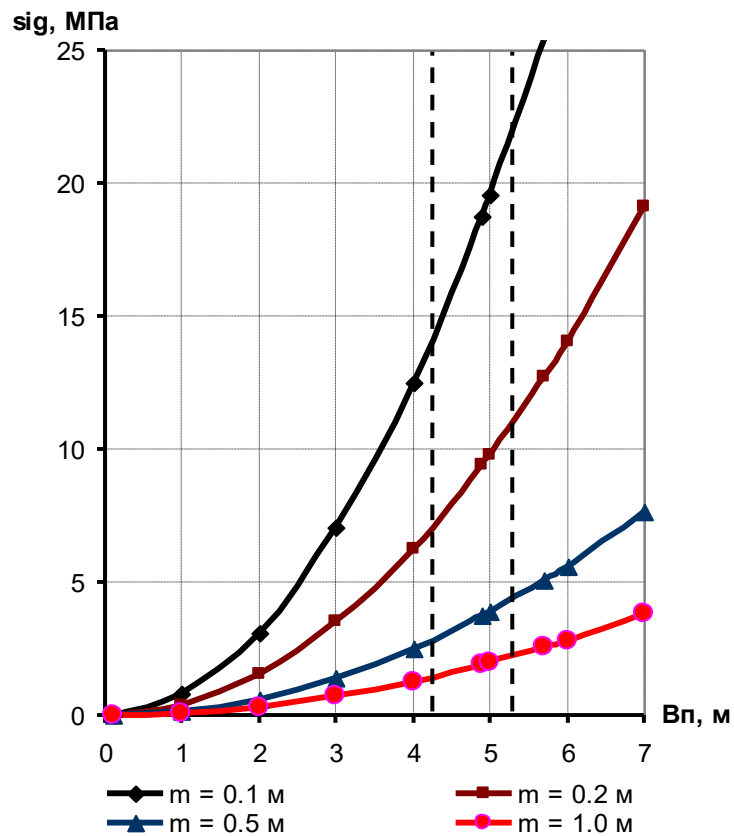


Рис. 4.2. Залежність міцності породних шарів (σ , МПа) на розтягнення від ширини виробки в проходці (Вп, м)

У конструкції кріплення КМП-А3 напрямок найбільших переміщень приконтурного масиву (з боку покрівлі P_k і ґрунту P_n , Тобто вертикальні), збігається з напрямком Δ_c можливого переміщення вузла піддатливості (чобітка), що дає можливість реалізувати податливість кріплення при підвищенні навантаження на кріплення і забезпечує її працездатність, збереження форми і експлуатаційні характеристики виробки (рис. 4.3, а).

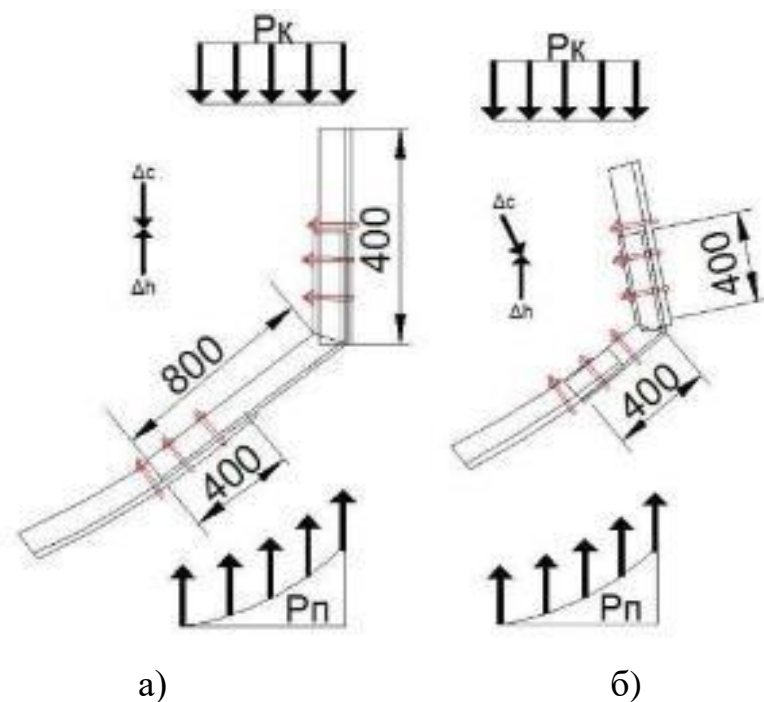


Рис. 4.3. Механізм роботи вузла піддатливості зворотного склепіння кріплення: а) КМП-А3, б) КШПУ-17,7; Δ_h - напрямок можливих вертикальних зсувів

У кріпленні КШПУ-17,7 напрямок найбільших переміщень приконтурного масиву не збігається з напрямком можливого переміщення чобітка через похилого положення стійки кріплення, що при значному вертикальному тиску призведе до його заклинювання, неможливості роботи кріплення в податливому режимі, зниження її працездатності і руйнування чобітка (рис. 4.3, б).

Іншим негативним фактором, пов'язаним з великою шириною виробки при використанні кріплення КШПУ, є великий розмір, і, відповідно, маса лежня, що

утрудняють як спуск по стволу і доставку цього елемента до забою виробки, так і його установку. Застосування складеного лежня з двох відрізків профілю недоцільно через зниження його міцності, збільшення часу на установку, а також підвищення витрати металу, в тому числі і за рахунок застосування елементів.

У кріпленні КМП-А3, що має меншу ширину, довжина лежня може бути зменшена майже на 1 м. Крім того, конструкція чобітка може бути модифікована. Це досягається шляхом застосування чобітка з розмірами вертикальної частини 400 мм і похилій - 800 мм, що дозволить зменшити довжину лежня ще на 0.7 ... 0.8 м. При цьому довжина нахлеста профілів чобітка і лежня в сполучному вузлі становить 400 мм.

Міцність чобітка в місці зварювального з'єднання його відрізків можна підвищити, використовуючи просте технічне рішення без додаткових матеріальних витрат (рис. 4.4).

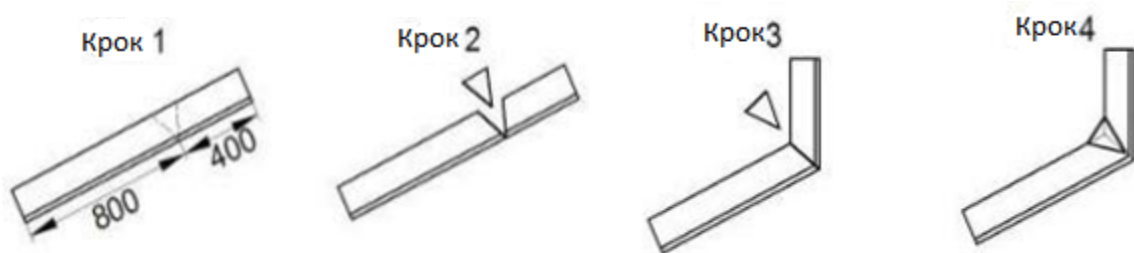


Рис. 4.4. Схема виготовлення чобітка для установки зворотного склепіння кріплення КМП-А3

У зв'язку з цим більш доцільним в умовах проведення виробки, що вимагають установки посилених конструкцій кріплення (інтенсивне пучення ґрунту і всебічні зміщення контуру), є застосування кріплення КМП-А3 зі зворотним склепінням, з перетином, що задовольняє технологічним вимогам і параметрам провітрювання.

З метою підвищення темпів і продуктивності робіт з проходки, а також для зниження обсягів ручної праці, доцільно розробляти породи під зворотний звід за допомогою прохідницького комбайна, розташовуючи його на рівні нижньої

позначки розроблюваного перерізу виробки (на позначці зворотного склепіння). Рама кріплення без зворотного склепіння збирається безпосередньо після виїмки порід у забої. Стійки кріплення на цьому етапі спираються на породні берми, що залишаються при розробці забою виробки, і фіксуються за допомогою парних коротких анкерів (довжиною 1 ... 1.5 м), що притискують профіль стійки до бічних порід за допомогою фігурної планки-підхоплення на відстані, трохи вище місця подальшої установки чобітків для зворотного склепіння.

Лежні зворотного склепіння встановлюються відразу за прохідницьких комбайном, в проміжку між мостовим і стрічковим перевантажувачем. Роботи, пов'язані з ручною розробкою порід ґрунту при установці нижнього елемента кріплення в проектне положення можуть частково проводитися в ремонтно-підготовчу зміну. Після установки зворотного склепіння проводиться засипка нижній частині виробки породою до проектного рівня ґрунту.

Досвід проведення та підтримки протяжних виробок в складних гірничо-геологічних умовах шахт Західного Донбасу показав, що для забезпечення стійкості зворотного склепіння, при ширині виробок 3 ... 4,5 м, співвідношення глибини установки зворотного склепіння h_c і висоти виробки від проектного рівня ґрунту до верхняка H_v не повинна перевищувати співвідношення $h_c : H_v = 1 : 7-1 : 9$. При великих значеннях ширини виробки це співвідношення має бути збільшено.

Для підвищення техніко-економічних показників, ефективності і зниження обсягу ручних робіт при виконанні операцій, пов'язаних з тампонажу закріпного простору, необхідно застосування набризг- і торкретбетону технологій і широке використання сучасних засобів механізації цих робіт.

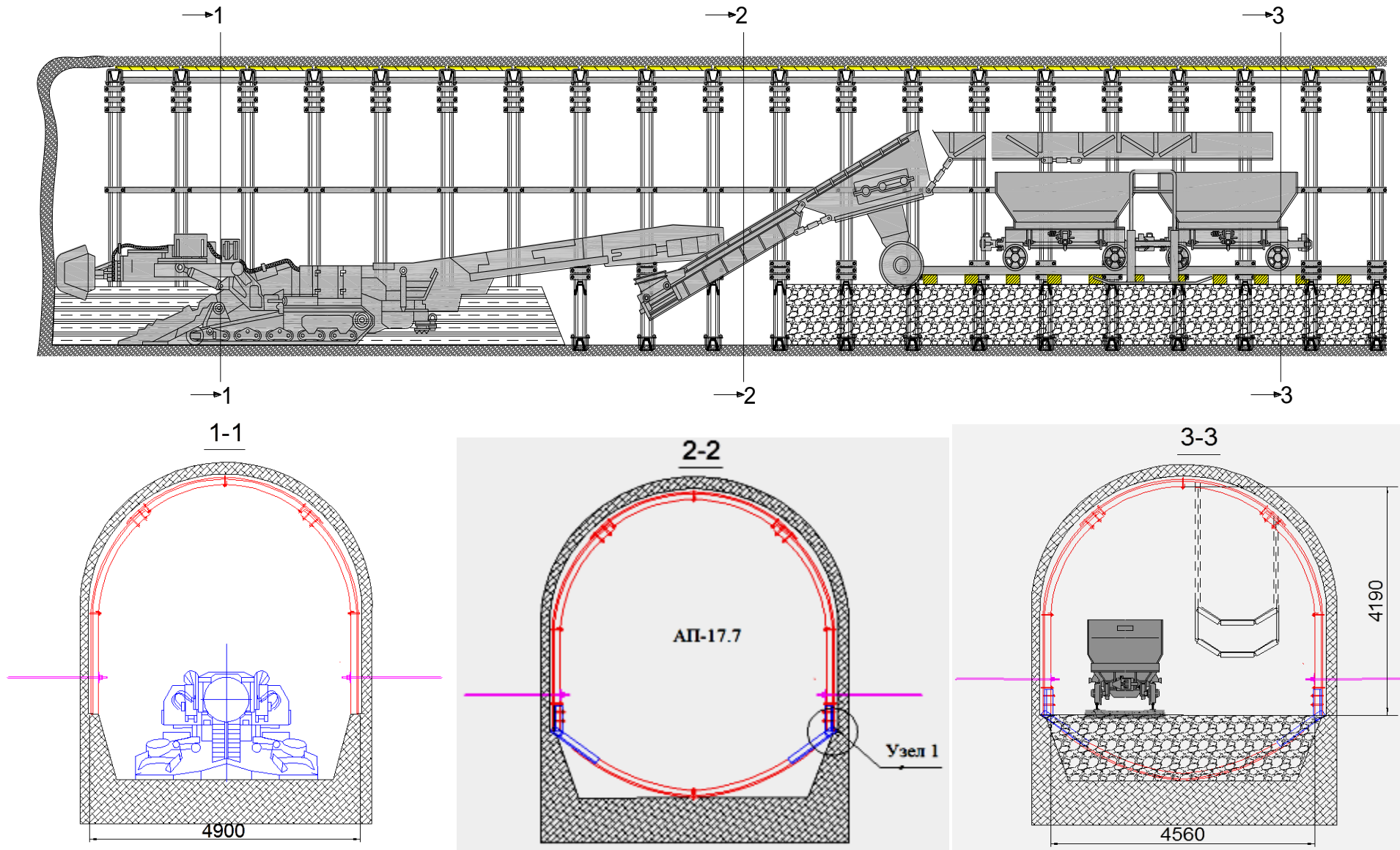


Рис. 4.5. Технологічна схема проходки СКУ із застосуванням кріплення КМП-А3 зі зворотним склепінням

Описана вище технологія кріплення виробки є досить ефективною, але в той же час і досить витратною і трудомісткою, в зв'язку з чим її застосування є раціональним тільки в специфічних умовах: велике зміщення контуру, в тому числі - з ґрунту, є нестійкі або слабостійких породи під вміщає виробку породному масиві. Крім того, закріпний простір в таких конструкціях заповнюється твердіючими складами, що згодом вимагає додаткових зусиль при організації сполучення «лава-штрек», рекомендована область застосування таких складних важких конструкцій - капітальні виробки, що знаходяться поза зоною впливу очисних робіт протягом усього терміну експлуатації. При дотриманні цієї умови також виключають проблеми з підриванням спучених порід у виробці, закріпленим замкнутим кріпленням.

В умовах, коли застосування описаної вище складного кріплення нерационально, а також при установці рамного кріплення в підготовчих виробках, які в наслідку будуть відчувати значні зсуви і в яких буде встановлюватися посилення, на час до повного обтиску рами кріплення породним контуром, з метою створення умов навантаження рами, близьких до паспортних, рекомендується при зведенні рами кріплення встановлювати по контуру рами точки додаткового розклинювання в кількості 6-7 штук. Зазначене додаткове розклинювання грає роль силового елемента, що приводить ступінь рівномірності навантаження рами при її стисненні і виході на паспортний режим експлуатації до рівня, близького до рівномірного завантаження.

Точки додаткового розклинювання повинні встановлюватися рівномірно по периметру склепінчастою частини рами симетрично щодо вертикальної осі виробки.

Для дотримання умов правильної установки додаткового розклинювання місця їх установки повинні бути відзначені на верхняках і стійках комплектів кріплення незмивною фарбою. Дані позначки повинні бути нанесені на елементи рами на поверхні шахти при підготовці комплектів кріплення до відвантаження в забій.

Клини розклинювання виготовляються з лісо- або пиломатеріалів. Технологія установки клина в точці додаткової розклинювання нічим не відрізняється від установки точки стандартного розклинювання.

При установці клинів додаткового розклинювання слід контролювати щільність контакту клина з рамою і породним контуром, в зв'язку з чим слід мати достатню кількість лісоматеріалу для виготовлення клинів на випадок, якщо при проходці утворюються істотні за величиною перебори.

Якщо при проходці в точці додаткової розклинювання формується вивал, то він ліквідується відповідно до затверджених в складі проекту проведення і кріплення виробки заходами по ліквідації вивалам, а рама, навколо якої сформувався вивал, додаткової розклинювання не береться щоб уникнути посилювання нерівномірного завантаження рами кріплення.

Роботи по додаткової розклинювання виконують прохідники, зайняті на кріпленні виробку. Установка додаткової розклинювання проводиться безпосередньо при установці рамного кріплення. Установка клинів з відставанням від вибою допускається на ділянці, рівним по довжині не більше добового посування вибою виробки.

Ознакою якісної установки клинів додаткового розклинювання в умовах нещільного контакту кріплення з породним контуром є відсутність люфтів і бовтання встановленого клина і рівномірне обтиснення рами, виражене у відсутності перекосів замкових з'єднань при сприйнятті рамою навантаження від гірського тиску. Контроль якості установки клинів додаткової розклинювання здійснює: в ході установки - бригадир (ланковий); при контролі якості кріплення - гірничий майстер, заст. начальника і начальник прохідницької ділянки.

Висновок за розділом

За результатами роботи запропоновано рекомендації щодо вдосконалення технології проведення протяжної капітальної виробки в складних умовах.

ВИСНОВКИ

В роботі для гірничо-геологічних умов Західного Донбасу встановлено закономірності взаємодії кріплення і вміщує масиву слабометаморфізованих порід, виконана спроба вирішити актуальне завдання підвищення стійкості капітальних протяжних виробок вугільних шахт.

Основні наукові і практичні результати досліджень полягають у наступному:

Виконано збору і критичний аналіз інформації про стан протяжних виробок вугільних шахт Західного Донбасу.

Виконано оцінку впливу несиметрії зовнішнього завантаження металевого аркового кріплення та визначено достатню кількість точок розклинювання і кількості анкерів, що дозволяє зменшити негативний ефект косонаправлених зовнішніх навантажень.

Розроблено рекомендації при проведенні протяжних капітальних виробок в нестійких породах при несиметричного навантаження на кріплення.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Шашенко О.М. Управління стійкістю протяжних виробок глибоких шахт. Монографія. О.М. Шашенко, А.В. Солодянкін, А.В. Мартовицький // - Дніпропетровськ: ЛізуновПрес, 2012. - 384 с.
2. Вигодін М.А. Обґрунтування параметрів армопородних грузонесущих конструкцій на базі рамно-анкерних кріплень і технологія їх спорудження в виробках шахт Західного Донбасу: дис ... канд. техн. наук: 01.03.02 / Вигодін Михайло Олександрович. - Д., 1990. - 139 с.
3. Попов І.С. Властивості гірських порід і методи їх визначення / І.С. Попов, Є.І. Ільницька та ін. - М.: Недра, 1969. - 388 с.
4. Чирков С.Є. Дослідження впливу масштабного ефекту на міцність вугілля в умовах різних напружених станів: дис ... канд. техн. наук: 01.03.02 - М.: ІГД ім. А.А. Скочинського, 1965. - 184 с.
5. Турчанинов І.А. Тектонічні напруги в земній корі і стійкість гірничих виробок / І.А. Турчанинов, Г.А. Марков, В.І. Іванов та ін. / - Л.: Наука, 1978. - 256 с.
6. Усаченко Б.М. Геомеханіка охорони виробок в слабометаморфізованих породах / Б.М. Усаченко, В.П. Чередниченко, І.Є. Головчанський. - К.: Наук. думка, 1990. - 144 с.
7. Глушко В.Т. Інженерно-геологічне прогнозування стійкості виробок глибоких шахт / Глушко В.Т., Г.Т. Кірнічанській //. - М.: Недра. - 1974. - 175 с.
8. Шашенко О.М. Механіка гірських порід: Підручник для вузів / О.М. Шашенко, В.П. Пустовойтенко. - К.: Новий друк, 2003.- 400 с.
9. Роєнко А.М. Стійкість підготовчих виробок вугільних шахт в умовах великих глибин розробки: дис. ... докт. техн. наук: 05.15.04 / Роєнко Анатолій Миколайович Д., 1995. - 426 с.
10. Усаченко Б.М. Геомеханіка охорони виробок в слабометаморфізованих породах / Б.М. Усаченко, В.П. Чередниченко, І.Є. Головчанський - К.: Наук. думка, 1990. - 144 с.

11. Кошелев К.В. Підвищення стійкості капітальних гірничих виробок на великих глибинах / К.В. Кошелев, В.Ф. Трумбачев. - М. : Недра. 1972. - 127 с.
12. Шашенко А.Н. Деякі завдання статистичної геомеханіки / О.М. Шашенко, С.Б. Тулуб, Е.А. Сдвижкова. - К. : Універ. вид-во "Пульсари", 2002. - 304 с.
13. Кошелев К.В. Кріплення та охорона виробок в складних гірничо-геологічних умовах / К.В. Кошелев, А.Г. Томасов, В.Л. Самойлов та ін. - К.: Техніка, 1986. - 110 с.
14. Шашенко О.М. Методи теорії ймовірностей в геомеханіці / О.М. Шашенко, Н.С. Сургай, Л.Я. Парчевський. - К., Техніка. - 1994. - 216 с.
15. Заславський Ю.З. Дослідження проявів гірського тиску в капітальних виробках глибоких шахт Донецького басейну. - М. : Недра, 1966. - 180 с.
16. Усаченко Б.М. Властивості порід і стійкість гірських виработок. - Київ: Наук. думка, 1979. - 136 с.
17. Солодянкин А.В. Геомеханічні моделі в системі Геомоніторинг глибоких вугільних шахт і способи забезпечення стійкості виробок: дис. ... д-ра техн. наук: 05.15.04., 05.15.09. - Д., 2009. - 426 с.
18. Халимендик О.В. Обґрунтування способу Підвищення стійкості капітальних виробок в умовах великих зміщень породного контуру: дис ... канд. техн. наук: 05.15.04. - Дніпропетровськ, 2012.- 189с.
19. Сдвижкова Е.А. Стійкість підземних виробок у структурно-неоднорідному породному масиві з випадково розподіленими властивостями: дис. ... докт. техн. наук: 05.15.09. - Д., 2002. - 410 с.
20. СОУ 10.1.00185790.010.- 2006. Погашення гірничих виробок вугільних шахт. Загальні вимоги.
21. Hoek E. Practical estimates of rock mass strength / E. Hoek, ET Brown // International Journal of Rock Mechanics & Mining Sciences. - 1997. - Vol. 34, N 8. - P. 1165-1186.
22. Hoek, E. : Practical Rock Engineering, 2000. Edition, <http://www.rocscience.com/hoek/PracticalRockEngineering.asp>, 2000..

23. Попов В.Л. Розрахунок кріплення підготовчих виробок на ЕОМ / В.Л. Попов, В.М. Каретников, В.М. Еганов. - М.: Недра. - 1978. - 230 с.
24. Глушко В.Т. Прояв гірського тиску в глибоких шахтах. - К.: Наукова думка, 1971. - 195 с
25. Заславський Ю.Е. Нові види кріплення гірничих виробок / Ю.Е. Заславський, Є.Б. Дружко.- М.: Недра, 1989. – 258с
26. Глушко В.Т. Оцінка напружено-деформованого стану масивів гірських порід / В.Т. Глушко, С.П. Гавеля // . - М.: Недра, 1986. - 221 с.
27. Глушко В.Т. Охорона виробок глибоких шахт / В.Т. Глушко, Т.Н. Цай, Н.І. Ваганов.- М.: Недра, 1975. - 200 с.
28. Черняк І.Л. Управління гірським тиском в підготовчих виробках глибоких шахт / І.Л. Черняк, Ю.І. Бурчаков.- М.: Недра. - 1984. - 303 с.
29. Заславський І.Ю. Підвищення стійкості підготовчих виробок вугільних шахт / І.Ю. Заславський, В.Ф. Компанець, А.Г. Файвишенко, В.М. Клещенко. - М.: Недра, 1991. - 233 с.
30. Трумбачев В.Ф. Розподіл напружень навколо гірських виработок.- М.: Углетехіздат. - 1956. - 128 с.
31. СОУ 10.1.00185790.011: 2007. Підготовчі виробки на пологих пластах. Вибір кріплення и ЗАСОБІВ охорони.
32. Солодянкін А.В. Обґрунтування параметрів способу посилення кріплення підготовчих виробок при несиметричного навантаження. Дисс ... канд. техн. наук: 05.15.04. - Дніпропетровськ, 1996. - 243 с.