

УДК 622.28

Мясников І.В., асп. кафедри будівництва, геотехніки і геомеханіки,
*Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», м. Дніпро,
Україна*

СИСТЕМА НАТМ ТА КАПІТАЛЬНІ ГІРНИЧІ ВИРОБКИ ВУГІЛЬНИХ ШАХТ

Сьогодні Україна продовжує інтегруватися в міжнародний економічний простір, що супроводжується безліччю викликів і протиріч, які стосуються різноманітних галузей діяльності людини. Так, можна говорити про наявність не тільки економічних, а й соціальних, культурних, юридичних, організаційних, а також інженерно-технічних протиріч. Наявність даних протиріч обумовлено нашою історією, деякою відособленістю наукових шкіл і різними соціально-економічними умовами. На формування інженерної думки і прикладної науки в світі істотно вплинули умови вільного ринку. В таких умовах вченим і інженерам найчастіше доводилося і доводиться не тільки шукати вирішення тієї чи іншої проблеми, але шукати найбільш дешевий шлях вирішення, дотримуючись постійний баланс між вартістю, якістю і швидкістю. У той же час у нас, протягом тривалого періоду інженерна думка і прикладна наука формувалися в умовах планової економіки. Даний вплив простежується і зараз, зокрема в існуючій нормативній базі.

Аналіз джерел свідчить про існування як мінімум двох підходів до оцінювання характеристик гірського масиву. У вітчизняній науці [1,2] переважаюча більшість, так чи інакше, бере за свою основу теорію склепіння природної рівноваги М.М. Протод'яконова і її подальший розвиток. Заснований на цих теоріях підбір кріплення здійснювався за типовими проектами. Тому застосування рейтингових систем оцінки стійкості породних оголень, а так само підбору на її основі тимчасового і постійного кріплення, на території СРСР і в країнах СНД не набуло належного розвитку. Залучення іноземних систем – ускладнене через те, що вони не мають свого відображення в вітчизняних нормах будівництва.

Розбір літератури, що описує закордонні методи визначення стійкості, показав, що їх системи [3-8], в більшості, базуються на емпіричних дослідженнях, а параметри, які в них використовуються, є авторськими розробками. Таким чином, вони не є відображеними в нормативних документах, що являє собою істотну проблему для використання таких систем при підземному будівництві на території України.

У даній статті буде розглянута система проходки і кріплення виробок – НАТМ й суміжний йому Q-рейтинг [8-10], що оцінює стан масиву, які мають

своє відображення в зарубіжній нормативній документації і застосовуються при підземному будівництві.

Q-рейтинг – рейтингова система, яка оцінює стан масиву порід. Розраховується на підставі шести параметрів:

1. показник кількості систем тріщин;
2. показник якості породи – відношення загальної довжини цільних шматків керна довжиною більше 10 см до загальної довжини керна;
3. показник шорсткості поверхні тріщин;
4. показник ступеня зміни (зчеплення) тріщин;
5. показник, що враховує обводненість системи тріщин;
6. показник релаксації напружень – враховує співвідношення між напруженнями, що діють в породному масиві, і міцністю породи.

На підставі даних огляду вибою виробки (рис. 1) їй присвоюється рейтинг (рис. 2).

ЛИТОЛОГИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ

Литологический номер: 107

В. Влажность	Н. Влажность скважины	И. Влажность породы	Л. Влажность глины	М. Влажность песка	О. Влажность известняка	П. Влажность доломита	Р. Влажность гипса	С. Влажность соли	Т. Влажность кварца	У. Влажность слюды	Ф. Влажность графита	Х. Влажность других минералов	Ц. Влажность органических веществ	Ч. Влажность газов	Ш. Влажность воды	Щ. Влажность льда	Ъ. Влажность других жидкостей	Ы. Влажность других твердых тел	Ь. Влажность других газов	Э. Влажность других жидкостей	Ю. Влажность других твердых тел	Я. Влажность других газов
--------------	-----------------------	---------------------	--------------------	--------------------	-------------------------	-----------------------	--------------------	-------------------	---------------------	--------------------	----------------------	-------------------------------	-----------------------------------	--------------------	-------------------	-------------------	-------------------------------	---------------------------------	---------------------------	-------------------------------	---------------------------------	---------------------------

1 - RQD	3 - J _r	6 - SRF
2 - J _n	4 - J _a	5 - J _w

Рис. 1. Форма для фіксації результатів спостережень

МЕСТО НАХОЖДЕНИЯ: _____ ТУННЕЛЬНЫЙ ЛИСТ (КАРТА) Дата: ... / ... / 201...
 РАБОЧАЯ ЦЕЛЬ (ИМ): _____ Времена: ... / ... / ...

$Q = \left[\begin{matrix} (1) \\ R Q D \\ (2) \end{matrix} \right] \times \left[\begin{matrix} (3) \\ J_1 \\ (4) \end{matrix} \right] \times \left[\begin{matrix} (5) \\ S R F \\ (2) \end{matrix} \right] = \text{---} X \text{---} X \text{---} =$

Рядовые качества горной породы (G. Barton & Sonnad.) 1988	Рейтинг горной породы (RMR, Bieniawski.) 1988	Н.А.Т.М. (С.НОРМ В.222)	КЛАССЫ КРЕПЛЕНИЯ ПРОЕКТА ДНЕПРОПЕТРОВСКОГО МЕТРО	Страница 2/2
ИСКЛЮЧИТЕЛЬНО ХОРОШЕЕ	ОЧЕНЬ ХОРОШИЙ	A1 СТАБИЛЬНЫЙ	КЛАСС - I	
ЧРЕЗВЫЧАЙНО ХОРОШИЙ	ОЧЕНЬ ХОРОШИЙ	A2 ПЕРЕДВИЖЕНИЕ		
ОЧЕНЬ ХОРОШИЙ	ХОРОШИЙ	B1 РАХЛАТЫЙ	КЛАСС - II	
ХОРОШИЙ	ХОРОШИЙ	B2 ОЧЕНЬ РАХЛАТЫЙ	КЛАСС - III	
СРЕДНИЙ	СРЕДНИЙ	B3 ПРАКТИЧНО		
НЕДОСТАТОЧНЫЙ	СРЕДНИЙ	C1 СКОРОСТЬ РОКА	КЛАСС - VI	
ОЧЕНЬ НЕДОСТАТОЧНЫЙ	НЕДОСТАТОЧНЫЙ	C2 ВЫДАВЛИВАНИЕ	КЛАСС - V	
ЧРЕЗВЫЧАЙНО НЕДОСТАТОЧНЫЙ	НЕДОСТАТОЧНЫЙ	C3 СЛЫШНО ВЫДАВЛИВАНИЕ		
ИСКЛЮЧИТЕЛЬНО НЕДОСТАТОЧНО	ОЧЕНЬ НЕДОСТАТОЧНО	C4 ПОТОК	КЛАСС - V.a	
		C5 ВЗРЫВ		

КОММЕНТАРИИ: _____

УПОЛНОМОЧЕННЫЙ ИНЖЕНЕР: _____ Подпись: _____

Рис.2 Форма для визначення класу кріплень

Даний рейтинг дає оціночне судження про стан гірського масиву. Значення показника Q змінюється від 0.001 – найменша стійкість породного оголення, до 1000 – найбільша. Як правило, до моменту ведення прохідницьких робіт, за попередніми даними інженерної геологічної розвідки вже розроблена градація рейтингу на класи, а кожним класам привласнений свій тип кріплення. Різниця типів кріплення може виражатися в зміні кількості анкерів, товщини бетону, або застосуванням додаткових конструкцій в особливо складних гірничо-геологічних умовах. Таким чином, система дає можливість оперативно змінювати параметри кріплення під мінливі гірничо-геологічні умови, що в свою чергу призводить до зменшення капітальних витрат на будівництво.

У висновку щодо даного рейтингу варто відзначити його недоліки, а саме:

1. Даний рейтинг лише побічно враховує міцність порід, а на практиці вона взагалі не враховується, обмежуючись показником релаксації напружень;
- 2 Оскільки всі висновки проводяться шляхом візуального огляду людиною, тобто суб'єктивні, це призводить до того, що у різних людей в процесі огляду забою якісні показники рейтингу відрізняються. Тоді як

вітчизняні системи оцінки стану породного масиву роблять висновки на підставі лабораторних досліджень.

Варто зазначити, що у вітчизняній практиці існує подібна рейтингова система, описана в ВСН 126-90. У ній так само гірський масив оцінюється на підставі візуального огляду, але, на відміну від Q-рейтингу, в своєму складі має більшу кількість критеріїв, а тому, потенційно, може давати більш точний результат. Додатково у вищезгаданому ВСН присутній додаток з рекомендованими типами кріплень в залежності від величини стійкості масиву, яка вимірюється в кількості діб, які виробка може знаходитися в стійкому стані без кріплення.

Система НАТМ (Новоавстрійський тунельний метод) – спосіб будівництва підземних гірничих виробок, який передбачає максимальне використання несучої здатності навколишнього масиву порід і залученні його в роботу як захисної конструкції, що оберігає виробку від обвалення. Спочатку розроблена для проходки виробок з великим поперечним перерізом – тунелів метрополітену, за своєю суттю вона являє собою окремий випадок проходки виробки уступами, наприклад, рис. 3-5.

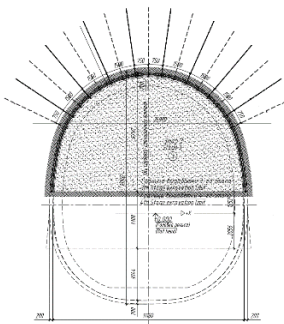


Рис. 3. Перший етап

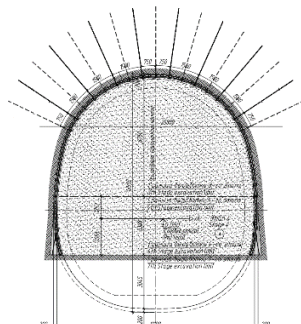


Рис. 4. Другий етап

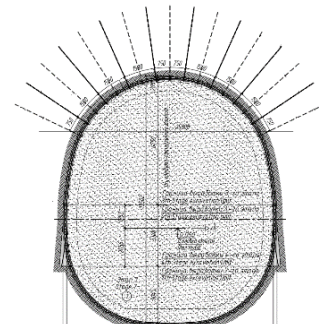


Рис. 5. Третій етап

Даний приклад має на увазі першочергову проходку калотної частини виробки з закріпленням її тимчасовим кріпленням, обраним за допомогою Q-рейтингу. Проходка виробки в наступних етапах здійснюється під захистом цього кріплення. Постійне встановлюють після розкриття виробки на повний переріз.

Переваги даного методу:

1. Раціоналізація капітальних витрат на спорудження виробки, тому що у вітчизняній практиці, як правило, застосовується один і той же тип кріплення протягом усієї виробки. Такий підхід потенційно може призвести до встановлення несучої конструкції, яка значно перевищить необхідну несучу здатність, що в свою чергу веде до завищеної вартості будівництва;

2. Простота методу. Визначення стану гірського масиву за шести параметрами на основі візуального огляду не вимагає тривалих розрахунків, а в процесі спорудження виробки і спостереження за закріпленими ділянками тип кріплення може оперативнo корегуватися.

Незважаючи на всі переваги описаних рейтингових систем (ВСН 126-90 і НАТМ), їх застосування в умовах вугільних шахт ускладнено, тому що не в одній з

них не враховується глибина ведення робіт, і, що не менш важливо, вони розроблені для визначення параметрів тимчасового кріплення. У той час, як глибина розробки – суттєвий фактор, що впливає на стійкість масиву, а застосування тимчасового кріплення, як конструкції, яка буде існувати самостійно тривалий час, не набуло широкого поширення в шахтах із-за складних гірничо-геологічних умов.

Разом з тим, аналізуючи НАТМ, стає очевидним, що це спосіб аналогічний кріпленню типу АСН-А (арка + сітка + набризг (пікотаж) + анкер) [9], яке в своїй основі також спирається на збільшення несучої здатності самого породного масиву. Але зараз найбільш поширеним методом проходки капітальних гірничих виробок є спосіб, який під собою розуміє комплекс заходів:

1. Проходку виробки з встановленням постійного кріплення та огорожею закріпного простору затяжками (в капітальних виробках шахт, як правило – залізобетонними);

2. Нанесення шару пікотажу, який має на меті закладення стиків в кріпленні для подальшого ведення тампонажних робіт;

3. Тампонаж закріпного простору.

Недоліки, викликані таким видом робіт, можливо знівелювати шляхом використання міжрамні огорожі (зтяжки) підвищеної несучої здатності. Її докладний опис, а також економічна доцільність застосування описана в [10-12].

До перерахованих вище недоліків можна також додати загальний недолік як системи НАТМ, так і АСН-А – це вкрай проблемне ведення пікотажних робіт при значному притоку води у виробку, аж до неможливості ведення таких робіт до усунення проблеми. В такому випадку вода зменшує адгезію бетону до бортів виробки, з'являються порожнечі між контуром виробки в проходці і шаром пікотажу. А необхідність ведення додаткових робіт з водопониження, та (або) ліквідації порожнеч, в свою чергу праце- і матеріаловитратно.

Висновок. Використання зарубіжних рейтингових систем оцінювання та подальший підбір кріплення на їх підставі ускладнені через відсутність їх в українській нормативній базі будівництва і викликаних цим протиріч. Використання ж аналогічних вітчизняних норм для виробок вугільних шахт (особливо глибоких зі складними гірничо-геологічними умовами) вимагає їх корегування з веденням подальших спостережень за станом масиву. Але, з висловленого вище видно, що сучасна українська наука в галузі гірничої справи вже виробила більш відповідний до умов вугільних шахт метод – АСН-А з використанням зтяжки підвищеної несучої здатності. Однак дедалі складніші умови ведення гірничих робіт будуть і далі надавати виклик промисловості, таким чином змушуючи її до застосування останніх досягнень в науці та техніці, що говорять про необхідність подальших досліджень в даних областях.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Шашенко О.М. Геомеханіка: Підручник для ВУЗів / О.М. Шашенко, В.П. Пустовойтенко, О.О. Сдвижкова // К., 2015. – 563 с.

2. Шашенко А.Н. Геомеханические процессы в породных массивах / А.Н. Шашенко, Т. Майхерчик, Е.А. Сдвижкова // Днепропетровск: Национальный горный университет, 2015. – 319 с.
3. Beiniawski, Z. T. Engineering Rock Mass Classification. A Complete Manual for Engineers and Geologist in Mining, Civil and Petroleum Engineering [Текст] / Z. T. Beiniawski. Canada, John Wiley & Sons, Inc., 1989. – 251 p.
4. Deere, D.U. The RQD index in practice / D.U. Deere, D.W. Deere // Proc. Symp. Rock Class. Engineering Purposes, ASTM Special Technical Publications, Philadelphia. – 1988. – 984. – p. 91-101.
5. Laubscher, D.H. The MRMR Rock Mass Classification for jointed rock masses. Foundations for Design / D.H. Laubscher, J. Jacubec. – Brisbane, 2000. – pp. 475-481.
6. Babets, D.V., 2016. Development of rock mass stability classification depending on natural disturbances. Transactions of Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi National University. 2(97), 1, pp. 44–51.
7. Babets, D. V. Estimation of rock mass stability based on probability approach and rating systems. / Babets, D.V., O.O. Sdvyzhkova, M.H. Larionov, R.M. Tereshchuk // Scientific bulletin of National Mining University, 2017(2), pp. 58-64.
8. Barton, N. Engineering classification of rock masses for the design of tunnel support [Текст] / N. Darton, R. Lien, J. Lunde // Rock Machanics and Rock Engineering, 1974. – 6(4)/ - pp. 189-236.
9. Мясников І. В. Загальні передумови до розробки моделі комбінованого кріплення виробок глибоких вугільних шахт / Мясников І. В. // Перспективи розвитку будівельних технологій: матеріали 13-ї Міжнарод. наук.-практич. конф. молодих вчених, аспірантів і студентів, 18-19 квітня 2019 р., м. Дніпро. - Дніпро: НТУ"ДП", - С. 28 - 32.
10. Мясников І.В. Нові типи міжрамного огородження для підвищення несучої здатності кріплення капітальних виробок / І.В. Мясников, С.М. Гапєєв, М.О. Вигодін, О.З. Прокудін // Мости та тунелі: теорія, дослідження, практика: Мат-лы конф. – Дніпро 2018. – С. 67 – 174.
11. Мясников І.В. Випробування міжрамних огорожень за допомогою комп'ютерного моделювання / І.В. Мясников, С.М. Гапєєв, М.О. Вигодін, // Мости та тунелі: теорія, дослідження, практика: Мат-лы конф. – Дніпро 2019. – С. 47 – 53.
12. Гапєєв С.М. Обґрунтування економічної доцільності застосування міжрамної огорожі підвищеної несучої здатності / Гапєєв С.М., Вигодін М.О., Мясников І.В. //Проблеми геоінженерії та підземної урбаністики: Мат-ли міжнародної науково-технічної конф. – Київ 2018. – С. 56 – 59.