

УДК 622.26.8

Мусихін М.Ю., Кондратюк В.В., студ. гр.ОС-41, Фролов О.О., проф., д.т.н.  
*Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», м. Київ, Україна*

## **ОСОБЛИВОСТІ НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНОГО СТАНУ ГІРСЬКОГО МАСИВУ ПРИ ПРОХОДЖЕННІ В НЬОМУ ВИРОБКИ ВЕЛИКОГО ПЕРЕРІЗУ**

Характерною особливістю сучасного підземного будівництва є проведення значного обсягу виробок великого поперечного перерізу, які використовують у багатьох сферах народного господарства. У більшості випадків виробки великого перерізу споруджують в породах середньої міцності та міцних. При цьому частка виробок висотою більше 8,5 м складає близько половини від їхньої загальної кількості [1]. Основним способом проходки, враховуючи фізико-механічні властивості гірських порід, є буропідривний.

При будівництві гірничих виробок великого перерізу виникає проблема підтримки стійкості породного оголення безпосередньо після розкриття вибою та під час зведення тимчасового кріплення, оскільки до закінчення його зведення проходить від 5 до 20 год, а в окремих випадках і більше. При цьому слід враховувати, що в таких виробках відразу після вибуху формується значна площа оголення не тільки по її периметру, але й по глибині, оскільки довжина заходки становить, зазвичай, 3-4 м [2].

У цьому випадку необхідно використовувати в якості тимчасового огорожувального кріплення громіздкі конструкції або виконувати роботи, пов'язані з приведенням вибою в безпечний стан. Таким чином, підвищується трудомісткість технологічних процесів і знижуються темпи проходки виробки. Тому питання забезпечення стійкості породного оголення, а також надійності конструкції тимчасового кріплення при проходці великопрольотних виробок є актуальними. Для їхнього вирішення велике значення мають відомості про напружено-деформований стан породного масиву, оскільки саме він є причиною всіх механічних процесів, що відбуваються в навколишньому масиві і на контурі виробки (втрата стійкості, вивали, обвалення, викиди та ін.).

Слід зазначити, що напружено-деформований стан масиву є основним фактором у визначенні навантаження на кріплення підземної споруди. Отже, правильність розрахунку конструкції кріплення багато в чому залежить від уявлення про напружено-деформований стан породного масиву і механічні процеси, що протікають навколо виробки.

В результаті розвитку уявлень про характер механічних процесів, що протікають в приконтурному масиві, сформувався ряд гіпотез, що пояснюють ці явища і вирішують проблему розрахунку навантаження на кріплення і, як наслідок, визначення його конструктивних параметрів.

Умовно всі наукові роботи, що присвячені напружено-деформованому стану породного масиву можна розділити на два напрямки: роботи, в основу яких закладені «гіпотези сил», і роботи, основу яких складають «гіпотези деформацій».

До недоліків робіт «гіпотез сил» можна віднести те, що в їхніх розрахунках відсутні деформаційні процеси, що відбуваються в сусідньому до виробки породному масиві. Згідно з такими гіпотезами навантаження на кріплення формується виключно силами гравітації, тобто вагою товщі вище розташованих порід. Розрахунок навантаження при цьому ведеться в статичній постановці без урахування взаємодії породного масиву з кріпленням.

При такому підході немає необхідності визначати зміщення на контурі виробки, а розрахунок конструкції кріплення ведеться аналогічно розрахунку конструкції наземної споруди по заданих навантаженнях. При цьому кріплення розглядають або поза масивом гірських порід, тоді вплив останнього замінюють зовнішніми розподіленими навантаженнями, або як конструкцію на пружній основі, що зазнає крім зовнішніх навантажень ще й пружний опір з боку підшови.

В основі досліджень, віднесених до другого напрямку – «гіпотези деформацій» закладено припущення, що визначення зовнішніх навантажень на кріплення не може бути вирішено без урахування взаємодії кріплення з масивом і їхнього спільного деформування. Від цього залежить кінцеве навантаження на кріплення. Теоретичною основою цих гіпотез є розгляд масиву гірських порід з точки зору механіки суцільного середовища, де напружено-деформований стан можна описати системою рівнянь, що складаються з рівнянь рівноваги, нерозривності деформацій і фізичного стану матеріалу (закону, який зв'язує напруження з деформаціями).

При проходці виробки в гірському масиві відбувається порушення його початкового напружено-деформованого стану, тобто відбувається перерозподіл напружень і деформацій в приконтурній зоні виробки. Практично утворюється нове поле напружень, що характеризується концентрацією напружень по заданому контуру виробки.

Встановлено, що на концентрацію напружень впливає, перш за все, форма і поперечні розміри виробки та її положення у просторі (вертикальна, горизонтальна, похила). Крім того, істотний вплив на прояв деформацій має відстань до вибою виробки. Також концентрація напружень залежить від деформаційних характеристик порід, їхніх структурних особливостей (анізотропія і неоднорідність масиву) та від способу виконання робіт (буропідливий, комбайновий, гідравлічний та ін.). При цьому максимальна концентрація напружень має місце на контурі виробки або може бути зміщена вглиб масиву, якщо породи в околиці виробки мають підвищену деформованість. Розміри областей концентрацій напружень залежать від механічних властивостей гірських порід, що складають масив, і параметрів перерізу виробки.

Наслідком концентрації напружень навколо виробки є утворення зони непружних деформацій. Ці деформації розвиваються у часі і поширюються вглиб

масиву. Деформації порід в зоні непружного деформування зміщують контур виробки. У свою чергу ці зсуви породного контуру створюють навантаження на кріплення. Якщо кріплення жорстке, а навантаження перевищує його несучу здатність, то воно може бути зруйноване.

Піддатливе кріплення уникає тиску і дозволяє утворитися навколо виробки зоні непружних деформацій. У цій зоні внаслідок реалізації зсувів відбувається зменшення напружень, тому її в поєднанні з кріпленням можна використовувати як несучу конструкцію, при цьому вона виконує роль підпірної стінки для порід цієї зони непружних деформацій.

Оскільки будь-яке кріплення має певну піддатливість, то зона непружних деформацій з часом стабілізується, тобто її поширення вглиб масиву припиняється.

Якщо жорстке кріплення зводити відразу у вибої, то на нього починають діяти навантаження від пластичних переміщень і пружних деформацій. Якщо ж кріплення встановлюють на деякій відстані від вибою, тобто пружні деформації і непружні зміщення контуру виробки вже мали місце, то навантаження на кріплення буде менше.

З огляду на ці фактори, вчені прийшли до висновку про те, що для обґрунтованого вибору конструкції і режиму роботи кріплення необхідно знати умови, в яких воно буде діяти, і відповідно обирати його параметри, тобто податливість і несучу здатність. Прийнята конструкція кріплення повинна витримувати розрахункове навантаження.

Таким чином, вибір розумного поєднання конструкції кріплення (тип кріплення, його вантажонесуча здатність, схема взаємодії з навколишнім масивом) і технології виконання робіт зі спорудження виробки великого перерізу є оптимальним рішенням проблеми її проведення та підтримки при мінімальних витратах.

## БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Панкратенко А.Н. Обоснование и разработка параметров ресурсосберегающих технологий строительства подземных выработок большого поперечного сечения / Дис. ... докт. техн. наук: 25.00.22. – Москва, 2002. – 378 с.
2. Долошицький В.В. Удосконалення існуючих технологій будівництва підземних споруд великого поперечного перерізу / В.В. Долошицький, О.О. Фролов / Інноваційний розвиток гірничодобувної галузі: матеріали II міжнародної науково-технічної інтернет конференції, грудень 2017 р. / ДВНЗ «КНУ». – м. Кривий Ріг: ДВНЗ «КНУ», 2017. – С. 161-162.