

Євпак Н.А., студентка II курсу магістратури,
Сагало Н.С., студентка IV курсу
Науковий керівник: Фролов О.О., д-р техн. наук, проф.
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

ОСНОВНІ ТЕХНОЛОГІЧНІ СХЕМИ ТА СПОСОБИ ПРОХОДКИ ПІДЗЕМНИХ ГІРНИЧИХ ВИРОБОК ВЕЛИКОГО ПЕРЕРІЗУ

Спорудження підземних гірничих виробок великого перерізу є трудомістким процесом, який характеризується складністю виконання прохідницьких робіт. Існує декілька технологічних схем проходки таких виробок у підземних комплексах. Однак вибір їх для застосування в певних умовах не завжди відбувається правильно, зокрема, зважаючи на швидкості, безпеку та витрати на виконання прохідницьких робіт. Тому розробка рекомендацій щодо вибору технології проходки підземних споруд великого перерізу є актуальним.

Виробки великого перерізу прагнуть споруджувати в масивах гірських порід зі сприятливими інженерно-геологічними умовами. Це призвело до поширення двох основних форм їх поперечного перерізу. Відповідно, усі великі підземні виробки за формою поперечного перерізу можна розділити на дві основні групи: овальні (або підковоподібні) та грибоподібні (рис. 1).

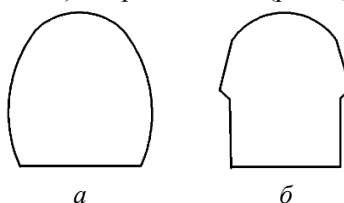


Рис. 1. Основні форми виробок великого перерізу: а – підковоподібна; б – грибоподібна.

Грибоподібна форма в минулому і зараз залишається найбільш поширеною. В конструкціях кріплення грибоподібних виробок особливістю є те, що залізобетонне монолітне склепіння опирається п'ятами на оточуючий гірський масив і монолітну залізобетонну конструкцію бокових стін.

Послідовність робіт при спорудженні таких виробок зазвичай є поетапною. Спочатку розкривають склепіння на висоту 5-10 м і встановлюють в ньому постійне монолітне залізобетонне кріплення. Зведення кріплення склепіння виконують або з деяким відставанням від основного вибою, або після проходки камери на всю довжину. Після зведення кріплення склепіння, починають розробку її основного ядра (рис. 2). Самим небезпечним моментом при спорудженні грибоподібних виробок є проходка склепіння, оскільки лише в процесі розкриття виробки відбувається його опускання (осідання). Абсолютні значення цих осідань залежать від величини прольоту склепіння і коефіцієнта бокового тиску порід в гірському масиві. Подальше розширення перерізу виробки практично не впливає на осідання склепіння. Більш того, у разі переважаючої дії тектонічних напружень, відбувається зворотне переміщення склепіння вгору. Тому такі виробки зазвичай не розкривають відразу на повний переріз.

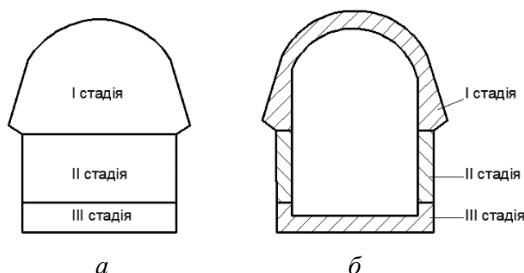


Рис. 2. Послідовність розкриття грибоподібної виробки (а) та зведення постійного кріплення (б)

Виробки овальної або підковоподібної форми, зазвичай, не мають залізобетонного склепіння і виїмок для п'ят. Тому контур їх поперечного перерізу має овальну форму без гострих кутів. При спорудженні виробки такої форми спочатку розкривають підсклепінчатий простір і зводять полегшене піддатливе кріплення з «пасивних» або попередньо напружених анкерів, іноді в поєднанні з металевою сіткою і набризкбетоном. Оскільки стіни виробки мають криволінійний обрис, то при проходці основного ядра не застосовують попереднє щілиноутворення по контуру стін, а по периметру стін залишають берму, яку потім доробляють до проектного контуру.

При будівництві підземних виробок великого перерізу в стійких породах можуть бути застосовані способи суцільного вибою та нижнього уступу (у разі, якщо висота виробки більше 10 м). Спосіб нижнього уступу також передбачає спочатку розкриття склепіння, а потім проходку нижнього уступу.

Спосіб суцільного вибою забезпечує широкий фронт прохідницьких робіт і можливість застосування потужного високопродуктивного обладнання, що обумовлює відносно просту організацію робіт з невеликим об'ємом підготовчих та заключних операцій в загальному циклі спорудження. Однак цьому способі властиві такі недоліки: необхідність у детальній геологічній розвідці гірського масиву по всій трасі тунелю; застосування громіздких та дорогих бурових установок, що викликає здорожчання будівництва; низький коефіцієнт використання гірничопрохідницького обладнання (20-30%); значні витрати на забезпечення безпеки робіт при доведенні перерізу виробки до проектного контуру.

Спосіб спорудження виробок великого перерізу нижнім уступом є більш тривалим у порівнянні зі способом суцільного вибою. Термін будівництва збільшується на 20-50%. Однак, в останні роки цей спосіб удосконалили, а саме, розробку породи в підсклепінчатій частині вибою і нижньому уступі виконують одночасно. Така технологічна схема проходки називається ступінчастою. Зокрема, за нею споруджували тунель Зальцбург-Північна Італія площею перерізу 100 м². Проходку здійснювали трьома вибоями одночасно з відставанням один від одного вздовж осі тунелю на 50-100 м. Відбиту породу з верхнього вибою скидали у середній, а потім на в нижній вибій, а вже звідти завантажували у вагони.

При постійному спостереженні за станом склепіння і боків виробки і своєчасному прийнятті відповідних заходів, така схема проходки дозволила розробляти вибій без попереднього кріплення і відмовитися від громіздкого обладнання, застосовуючи стандартне високопродуктивне устаткування. При цій технологічній схемі можна суміщати у часі буріння і навантаження на нижніх уступах з процесами буріння і зведення тимчасового кріплення на верхньому уступі тунелю. Ступінчастий спосіб проходки виробки зберігає переваги способу нижнього уступу, і, водночас, виключає його недоліки.

До недоліків даного способу можна віднести ускладнену організацію робіт через одночасне виконання декількох операцій та вимагає додаткових витрат на провітрювання вибоїв. Зазначені недоліки способу проходки виробок суцільним вибоєм, а також складність його застосування в малостійких породах спонукали інженерів до розробки нового способу проведення гірничих виробок великого перерізу. Він має назву – новоавстрійський спосіб і в останні роки активно витісняє спосіб суцільного вибою навіть в стійких породах.

На даний час новоавстрійський спосіб проходки виробок великого перерізу є найбільш поширений завдяки його економічності та низької матеріаломісткості підземних конструкцій. Швидкість спорудження виробок як в стійких, так і в нестійких породах становить від 3 до 7 м/добу, а витрати на спорудження менші на 30-40% у порівнянні з традиційними способами. Він може бути застосований як в сприятливих, так і в складних інженерно-геологічних умовах проходки. Його також використовують в поєднанні зі спеціальними методами проходки гірничих виробок (зміцнення гірських порід ін'єктуванням, водозниження, заморожування тощо).

Головною особливістю новоавстрійського способу проходки виробок є максимальне використання несучої здатності оточуючої породи і залучення її в якості захисної конструкції від обвалів. Породу закріплюється тимчасовим кріпленням з анкерів, набризкбетону або піддатливим аروحним кріпленням і перетворюється у вантажонесуче середовище, що сприймає значну частину зовнішніх навантажень. Інша частина навантажень передається на основне кріплення, матеріаломісткість якого значно знижена у порівнянні з кріпленням при інших способах проходки. Даний спосіб допускає суттєві переміщення контуру виробки, забезпечуючи тим самим розвантаження гірського масиву від напружень. Постійне бетонне або залізобетонне кріплення зводять після того, коли вичерпується несуча здатність тимчасового кріплення. Внаслідок цього конструкція постійного кріплення працює на навантаження, значно менше.

Існує також спосіб проходки виробок методом мінімальних уступів, при якому спочатку проходять колотну частину вибою на заходку до декількох метрів з одночасним кріпленням боків виробки та при необхідності – частину вибою, а потім розробляють одним або декількома уступами решту тунелю з одночасним кріпленням. Розробку вибою в колоті та уступі здійснюють послідовно. Цей спосіб дозволяє в найкоротші терміни замикати кільце набризкбетонного кріплення вибою по частинах.

Існує ще кілька технологічних схем проходки виробок великого перерізу, які дозволяють, використовувати принцип розробки вибою по частинах з одночасною організацією робіт в декількох вибоях. Зокрема, спосіб проходки з випереджаючою штольнею і подальшим її розширенням до проектного контуру. Випереджаюча штольня може розташовуватися як у центрі, так і в нижній частині тунелю. Наявність передових виробок дозволяє більш детально провести геологічну розвідку по трасі.

Також відомий спосіб бічного уступу, при якому спочатку розробляють центральну частину виробки на всю довжину, далі закріплюють склепіння, а потім розробляють бокові частини. Така послідовність робіт дозволяє поступово розкривати вибій і поетапно кріпити його склепіння, а також відмовитися від громіздкого устаткування. Цей спосіб, по суті, є різновидом новоавстрійського способу і є кращим за вартістю обладнання і темпам проходки в стійких породах порівняно зі способом суцільного вибою.