

АНАЛІЗ ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ ШАРОШЕЧНОГО БУРІННЯ НА КАР'ЄРАХ З УРАХУВАННЯМ ВПЛИВУ МІЦНОСТІ ГІРСЬКИХ ПОРІД

Бурова техніка та технологія на кар'єрах представляють собою значну і складну систему. Її вивченню присвячена велика кількість досліджень, які спрямовані на вибір раціонального типу бурового обладнання в конкретних умовах застосування. З трьох основних способів буріння (шарошечний, обертальний і ударно-обертальний) переважає шарошечний спосіб, на частку якого припадає до 90-95 % всього об'єму буріння.

На відкритих гірничих роботах України використовуються різноманітні моделі закордонних виробників. Зокрема, верстати шарошечного буріння – СБШ-200 і СБШ-250 (Росія), Sandvik (Швеція), Atlas Copco (Швеція, США), Terex SKS (Великобританія, США) та ін. Верстати виготовляються в різних модифікаціях і відрізняються принципом побудови обертально-подаючих механізмів, що визначає їх конструктивний вигляд і технологічні можливості.

Аналіз практичних даних бурових робіт свідчить про великі економічні втрати, які мають місце на кар'єрах через значне відставання в застосуванні науково-технічних методів оптимізації процесів виробництва, зокрема процесу буріння свердловин. Це пояснює актуальність обраної теми досліджень для виробничих умов кар'єрів, на рівні яких в кінцевому рахунку реалізуються всі нововведення бурової техніки і технології.

Продуктивність верстатів шарошечного буріння СБШ-200 і СБШ-250 в 3-5 разів менше, ніж у бурових верстатів інших фірм. Більш висока продуктивність таких верстатів досягається перш за все за рахунок якості виготовлення, надійності, ефективності технічного обслуговування і експлуатації, застосування електронних систем управління і діагностики. Однак вони мають високу вартість в 3,5-4 рази більшу, вартості верстатів типу СБШ. Тому, на думку ряду фахівців, незважаючи на більш високу продуктивність і надійність в експлуатації закордонних машин (не менше ніж в 4-5 разів) в порівнянні з верстатами СБШ витрати на буріння 1 м³ порід будуть приблизно однаковими, а в деяких випадках і вищими. Тут підтверджується відоме положення про те, що підвищення надійності, а, отже, продуктивності, обладнання пов'язано, як правило, зі значними витратами і має раціональні економічні межі.

Набагато більший вплив на економіку шарошечного буріння надає фактор правильного вибору і раціональної експлуатації шарошечні долота. За життєвий цикл верстата типу СБШ (10 і більше років) витрати на витрачені шарошечні долота, як правило, в декілька разів перевищують вартість самої машини. Особливо велика ця різниця (в 5-8 разів) для важких верстатів, що застосовуються в породах високої міцності. У собівартості буріння порід з коефіцієнтом міцності $f > 12$ переважають витрати на долота, що досягають 60-64% від усіх витрат.

У гірських породах з відносно невеликим коефіцієнтом міцності ($f = 2-10$), що складають на відкритих гірничих роботах значну частку (від 25-35% на видобутку руд, алмазів і будівельних матеріалів і до 80-90% на вугільних розрізах), в 1,5-3 рази більшу продуктивність і економічність в порівнянні з шарошковими долотами можуть забезпечити дешеві і прості ріжучі долота, а в складно структурованих породах – зубчато-дискові долота і різні комбіновані інструменти.

В умовах кар'єрів рідко вдається досягти відповідності типів озброєння шарошечні долота властивостями порід, що підлягають бурінню, які часто змінюються в межах свердловини. Не забезпечується також рівностіть озброєння і опор. Відмова останніх є основною причиною непрацездатності шарошкових доліт, оскільки існуючими конструктивними рішеннями не ліквідується проникнення бурового дріб'язку в підшипники качіння опор.

Також важливим аспектом бурової технології є встановлення і підтримання раціональних режимів буріння. Найбільш повно ця задача вирішується визначенням апріорних програм оптимального управління процесом буріння, що реалізуються бортовими системами автоматичного управління (САУ). Параметри режиму буріння (осьове навантаження на долото P , швидкість обертання долота ω) за допомогою САУ регулюються автоматично.

Дослідженнями встановлено, що перехід на автоматичне керування процесом буріння підвищує продуктивність бурових верстатів на 15-18%, знижує собівартість буріння на 10%, збільшує термін служби (стійкість) бурового інструменту. Такі результати досягаються при виборі шарошкових доліт відповідно до міцності порід. В іншому випадку економічні втрати САУ, як правило, не компенсують. Вибір типу долота здійснюється незалежно від САУ.

На практиці вибір типів доліт і режимів буріння для верстатів залежить від компетенції інженерного персоналу кар'єрів, досвіду машиністів бурових верстатів і здійснюється наближено. Періодично проводять порівняльні випробування за заводськими методиками, приймаючи рішення за двома показниками – стійкості доліт і швидкості буріння, що не є достатньою підставою без економічної оцінки. При виборі параметрів режиму буріння різниця між паспортними і довідковими рекомендаціями досягає 18-20% за максимальними осьовим навантаженням і 80% по швидкості обертання долота.

В даний час відбулося значне подорожчання бурових робіт на кар'єрах. У зв'язку з цим проблема підвищення ефективності техніки і технології буріння на відкритих гірничих розробках набула важливого значення. Для її вирішення можна виділити основні напрямки:

а) вдосконалення конструкцій бурових верстатів з метою підвищення їх надійності, оснащення САУ і бортовими комп'ютером, розвитку модульної комплектації на основі базових моделей;

б) вдосконалення і створення нових швидкісних і зносостійких конструкцій бурових інструментів для ряду типізованих гірничо-геологічних і технологічних умов кар'єрів;

в) вдосконалення організації управління буровими роботами і форм сервісного технічного обслуговування бурових верстатів на великих кар'єрах, впровадження автоматизованих систем диспетчерського контролю роботи верстатів та ін.;

г) оптимізацію технологічного процесу буріння свердловин безпосередньо в промислових умовах діючих кар'єрів.

Також необхідно відмітити, що центральним в буровій системі «гірська порода-буровий інструмент-буровий верстат» є технологічний процес буріння, оскільки в ньому інтегрується взаємодія головних елементів, що визначають продуктивність і собівартість проходки свердловин. До таких елементів відносяться властивості порід, конструкція і якість бурового долота та параметри його силового руйнівного впливу на вибій.

Аналіз практичних даних свідчить про великі економічні втрати, які мають місце на кар'єрах через значне відставання існуючої практики в застосуванні наукових методів оптимізації виробництва. Відставання пояснюється не тільки суб'єктивними причинами, але й тим, що при існуючому рівні знань оптимізувати процес буріння свердловин можливо тільки на основі експериментального визначення параметрів базових технологічних залежностей на діючому об'єкті в конкретних гірничо-геологічних умовах.

Для аналізу техніко-економічних показників шарошечного буріння в першу чергу необхідно мати функціональні залежності стійкості доліт, швидкості буріння і питомих витрат на буріння (S -критерій) від міцності гірських порід.

За результатами обробки методом кореляції великої кількості експериментальних даних встановлена функціональна залежність стійкості шарошкових доліт від коефіцієнта міцності порід, яка задовільно описується наступним рівнянням

$$l_d = \frac{R}{f^2}, \quad (1)$$

де R – коефіцієнт, що інтегрально відображає ресурс стійкості (рівень якості) шарошкових доліт; f – коефіцієнт міцності порід по М. М. Протодьяконову.

Аналіз численних експериментальних даних дозволяє висунути гіпотезу про те, що теоретична залежність визначення залежності стійкості шарошкових доліт відповідає умовам ефективного руйнування порід шарошечним долотом тієї чи іншої конструкції.

Для конкретного родовища (кар'єру) умова вибору типу долота за показником стійкості можна наближено представити виразом

$$l_{др} f^2 = R_p = \text{const}, \quad (2)$$

де $l_{др}$ – раціональна стійкість долота; R_p – раціональне значення інтегрального ресурсу долота, що відповідає умові ефективного (об'ємного) руйнування породи шарошечним долотом тієї чи іншої конструкції.

В якості R_p може прийматися його величина для типу долота, який показав найкращі результати при промисловому бурінні породи (або групи порід) відомої міцності (як правило, середньої буримості).

В умовах конкретного кар'єра при накопиченні достатніх статистичних даних і ретельному обліку міцності порід використання рівняння (1) дозволить в декілька разів зменшити трудомісткість і тривалість промислових випробувань нових шарошкових доліт, прогнозувати їх стійкість і виконувати прискорені розрахунки показників бурових робіт.

Більшість існуючих формул пов'язують швидкість буріння з фактором часу буріння, режимними параметрами і рідше з показниками властивостей порід. Однак, як показав аналіз експлуатації декількох сотень бурових верстатів на кар'єрах, буримість гірських порід може чинити вплив на продуктивність буріння набагато більший вплив, ніж інші чинники, такі, зокрема, як конструкція долота і режимні параметри.

Стосовно шарошечного буріння дослідженнями встановлено, що при оптимальному проведенні процесу буріння, під яким слід розуміти відповідність типу шарошкових доліт і режимних параметрів опору порід руйнуванню, має місце взаємозв'язок

$$V = \frac{K_v}{f}, \quad (3)$$

де K_v – деякий постійний коефіцієнт, який визначається умовами даного процесу руйнування.

Встановлено, що при оптимальному режимі буріння і відповідності типу шарошкових доліт міцності породи співвідношення K_v/f залишається практично незмінним і середня швидкість буріння визначається міцністю породи. Таким чином, для конкретного родовища величина раціональної швидкості буріння V_p за умовою відповідності типу долота і режиму буріння міцності породи може визначатися виразом

$$V_p f = K_{vp} = \text{const}, \quad (4)$$

де V_p – раціональна швидкість буріння; K_{vp} – раціональне значення постійного параметру, що відповідає умові ефективного руйнування породи тієї чи іншої конструкції.

Також дослідженнями встановлені залежності основних техніко-економічних показників (продуктивність бурового верстата $П_c$ і питомі витрати на буріння 1 м свердловини S) від міцності порід

$$S = \frac{At_B}{T_{3M}\eta} \left(\frac{f}{K_V} + t_B \right) + \frac{C_d f^2}{R}; \quad (5)$$

$$\Pi_c = \frac{T_{3M}\eta K_V}{f + K_V t_B}. \quad (6)$$

Наведені залежності дозволяють отримати узагальнену картину техніко-економічних показників шарошечного буріння на відкритих гірничих розробках.

Таким чином, представлена структурна схема технологічної системи «гірська порода - буровий інструмент - буровий верстат» вказує на значну складність процесу буріння вибухових свердловин і велику кількість факторів, що впливають на результати буріння.