

УДК 622.24.051.55

Є. І. Крижанівський, член-кор. НАН України, д-р техн. наук, **Р. С. Яким**, канд. техн. наук,
Л. Є. Шмандровський, **Ю. Д. Петрина**, д-р техн. наук

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, Україна

АНАЛІЗ ПРАЦЕЗДАТНОСТІ ТРИШАРОШКОВИХ БУРОВИХ ДОЛІТ ТИПУ ОК З ВІДКРИТОЮ ОПОРОЮ

At is denoted the importance of rock bits using according to the optimum scheme of working out and concrete mining and geological conditions on the basis of efficiency analysis of three-cone rock bits with the opened bearing. Directions of the efficiency increase of bearings and bit cones rock destroyed equipment are determined.

Тришарошкові бурові долота з відкритою опорою, особливо призначені для розбурювання твердих і особливо твердих порід, працюють у надзвичайно важких умовах. До найважливіших експлуатаційних показників долота належать стійкість його твердосплавного оснащення і тіл шарошок до динамічних ударних навантажень, а також довговічність опор. Крім того, важливо використовувати долота за оптимальною схемою відпрацювання та відповідно до конкретних гірничо-геологічних умов. Відтак дослідження, спрямовані на розв'язання окреслених питань, актуальні й мають важливе практичне значення.

Останніми роками розв'язання зазначених проблем присвячено багато досліджень [1–5]. Зокрема, встановлено зв'язок між завантажувальністю елементів опори і навантаженням на породоруйнівне оснащення шарошок [1], що дало змогу комплексно оптимізувати конструкцію шарошkových доліт.

Сформульовано засади вдосконалення кінематики породоруйнівного оснащення шарошkových доліт для заданих геолого-технологічних умов відпрацювання [2].

Доведено, що значно подовжується довговічність доліт за оптимального розташування вставного твердосплавного оснащення та геометричних параметрів твердосплавних вставних зубців, а також удосконалення опор і системи мащення, очищення долота [3; 4]. Встановлено механізм взаємодії породоруйнівного оснащення долота з породою [3; 5], відтак усунуто проблему трекінгу (рейкоутворення). Зроблено важливий висновок про те, що кожна шарошка під час роботи долота має власний ведучий вінець, яким задається її рух, а також про те, що на одному твердосплавному зубці може зосереджуватись близько 85 % сумарного осьового навантаження долота [5]. Водночас недостатньо вивчено питання працездатності тришарошkových доліт типу ОК з відкритою опорою в різних гірничо-геологічних умовах. З огляду на це мета роботи полягала в аналізі працездатності найпоширеніших тришарошkových доліт типу ОК з відкритою опорою для встановлення динаміки та характеру зношення доліт, а також виявлення слабких місць у конструкції доліт.

Випробовували долота 250,8 ОК-ПГВ-Д150М, виготовлені ВАТ „Дрогобицький доловий завод”. Долота відпрацьовували за таких режимів буріння: осьове навантаження на долото – 220–250 кН; швидкість обертання долота – 80–100 об./хв; продуктивність компресора – 30–32 м³/хв; робочий тиск нагнітання охолоджуючого агента – 0,4–0,5 МПа; перепад тиску на долоті – 0,12 МПа. Долота відпрацьовували в умовах Інгулецького гірничо-збагачувального комбінату при бурінні порід твердістю 10–19 од. за шкалою Протодьяконова.

У результаті аналізу відпрацьованих доліт (табл. 1–3) встановлені сколювання, злами твердосплавних вставних зубців середніх рядів з подальшим стиранням тіла шарошок. Зокрема, як наслідок у дев'ятьох доліт, які відпрацьовували в породах міцністю 17–19 од. за шкалою Протодьяконова, зафіксовано обрив вершини, що становить 56 % загальної кількості досліджених доліт.

Таблиця 1. Дані відпрацювання доліт 250,8 ОК-ПГВ-Д150М

№ пор.	Міцність породи за шкалою Протодьяконова, од.	Проходка, м	Короткий опис стану долота
1	17	199	Обривання вершин, зношення зубця на периферії
2	18	69	Обривання вершин, сколювання, злами зубця на периферії
3	19, 18	186	Обривання вершин, зношення зубця на периферії, злами зубців середніх рядів
4	19, 10, 17	226	Обривання двох вершин, зношення, сколювання, злами зубців середніх рядів
5	19, 18	143	Обривання вершин, зношення зубця на периферії
6	19	169	Обривання вершин, руйнування зубців середніх рядів
7	19	74	Обривання першої вершини, зношення, сколювання, злами зубців середніх та периферійних рядів
8	17	107	Випадання роликів третьої опори, руйнування зубців на вершині, середніх та периферійних рядів
9	17, 16	91	Руйнування зубців середніх та периферійних рядів
10	19, 17, 14	159	Випадання роликів першої опори, руйнування зубців середніх та периферійних рядів
11	16, 17	207	Обривання трьох вершин, руйнування зубців середніх рядів, осьові люфти 4–5 мм
12	17, 14	258	Випадання роликів з трьох опор, зношення 40 % зубців
13	17, 16	294	Осьові люфти 8–10 мм, зношення опор та зубців
14	19, 17, 16	291	Зношення опор та зубців, розвертання роликів
15	17	156	Зношення зубців, заклинювання другої опори
16	17	270	Обривання вершин, зношення зубця на периферії

Таблиця 2. Дані відпрацювання доліт 250,8 ОК-ПГВ-Д150М у породах різної міцності

Міцність порід, які бурили	10	14	16	17	18	19
Проходка доліт, м	63	77	27	1890	139	703
Частка проходки, %	2,2	2,7	0,9	65,2	4,8	24,2

Таблиця 3. Зведені дані проходки доліт 250,8 ОК-ПГВ-Д150М у породах різної міцності

Міцність порід, які бурили	19	19–18	19–16	17–16
Проходка доліт, м	273	398	385	1873
Проходка на одне долото, м	121,5	132,7	192,5	208,1

Під час буріння порід категорії міцності 18–19 од. за шкалою Протодьяконова спостерігали скол, злами і, як наслідок, руйнування зубців середніх рядів з подальшим інтенсивним зношенням тіла шарошок та обриванням вершин. На периферії шарошок зафіксовані зношення та часткові сколювання твердосплавних зубців. Необхідно зауважити, що зношення тіл шарошок за умови працездатності твердосплавного вставного оснащення мінімальне на ділянці вершини та цілком працездатне на периферії.

Отримані значення показників відпрацювання доліт (див. табл. 1, 3) значно нижчі від раніше встановлених значень. Для доліт 250,8 ОК-ПГВ-Д150М, які працюють в аналогічних режимах при бурінні порід категорії міцності 17–19 од. за шкалою Протодьяконова, встанов-

лено найменше середнє значення проходки – близько 275 м. У дослідженні проходка на долото становить 181,2 м, що приблизно в 1,52 раза нижче від встановленої. Таке значне зниження проходки зумовлюється неоптимальною схемою відпрацювання та гірничо-геологічними умовами. Так, в окремих випадках долота спочатку відпрацьовували на породах вищої міцності, а згодом нижчої. Це призводило до передчасного руйнування твердосплавного вставного оснащення, зношення тіла шарошки і обривання вершин шарошок. Отже, бурові долота доцільно спочатку припрацьовувати на породах нижчої міцності, а потім на породах вищої міцності. Також для забезпечення вищої стійкості до руйнування твердосплавного вставного породоруйнівного оснащення шарошок на середніх рядах необхідно використовувати твердосплавні зубці з покращеного сплаву та вищої тріщино- та зносостійкості.

Необхідно зауважити, що значне зниження працездатності досліджуваних доліт зумовлюється низькою стійкістю до руйнування спинок лап, що призводить до швидкої втрати долотами початкового діаметра. Доволі часто долота виходять з ладу через руйнування спинок лап при цілком працездатній опорі та породоруйнівного оснащення шарошок. Іноді руйнування нижньої частини спинки та козирка лапи спричинює оголення роликів периферійного підшипника, заклинювання опори, випадання роликів на вибій, що призводить до аварійних ситуацій при бурінні. До заходів попередження таких аварійних ситуацій належать застосування циклічно-диференційної схеми та ремонт доліт. Для цього спинки лап наплавляють релітом для відновлення захисту від зношення козирка спинки.

Проаналізувавши втрату працездатності опорами доліт, що працювали в різних гірничо-геологічних умовах (див. табл. 2, 3), виявили таке. Для всіх доліт характерне руйнування елементів опори. Однак у семи доліт, які відпрацьовували в породах міцністю 17 од. за шкалою Протодьяконова, опори мали значне зношення, через що долота й втрачали працездатність. Для опор цих доліт характерне зношення як осьових підшипників ковзання, так і підшипників кочення. Результати аналізу показали, що осьові підшипники ковзання виходять з ладу через недостатнє охолодження та неоптимальні умови тертя контактуючих поверхонь. Особливо це стосується підшипника „упорний торець шарошки – упорний торець бурта лапи”. Якщо наплавлений упорний торець лапи руйнується неістотно (рис. 1), то для цементованого упорного торця шарошки характерні значне зношення, відшарування цементованого шару, термічні тріщини в тілі шарошки на малій роликовій біговій доріжці (рис. 2). Встановлено [6], що працездатність пари тертя „упорний торець бурта лапи – упорний торець шарошки” залежить не лише від якісних фізико-механічних показників наплавленого стеліту, а й від стійкості до зношування та контактного руйнування інших конструктивних елементів опори. Також на працездатність цієї пари тертя впливають конструктивне виконання наплавленого шару та елементів охолодження в парі „п’ята–підп’ятник”.



Рис. 1. Загальний вигляд зношення наплавленого упорного торця бурта лапи



Рис. 2. Загальний вигляд руйнування цементованого упорного торця шарошки (темплет шарошки)

Необхідно зауважити, що в усіх випадках найзначніше руйнуються цапфи лапи в навантаженій ділянці. Тут виникають типові значні контактні руйнування у вигляді пітінгів, тріщин і ямок, утворених відколюванням фрагментів цементованого шару. У результаті під-

вищується шорсткість бігової доріжки і вона значно втрачає циліндричність у навантаженій зоні, що призводить до підвищення опору руху тіл кочення, розвертання і заклинювання роликів. Встановлено [7], що якість структури цементованого шару, а саме рівномірність розподілу цементиту не вище трьох балів, що так само є оптимальним градієнтом твердості в напрямі від поверхні до серцевини робочих поверхонь бігових доріжок, дає можливість на достатньому рівні в заводських умовах прогнозувати експлуатаційні показники опор.

Отже, на основі аналізу працездатності тришарошкових бурових доліт з відкритою опорою показано важливість використання доліт за оптимальної схеми відпрацювання та конкретних гірничо-геологічних умов. При цьому обов'язково слід забезпечувати припрацювання доліт шляхом початкового буріння порід міцністю 16–17 од. за шкалою Протодьяконова, а також ремонт захисного оснащення спинки лапи з метою попередження руйнування козирка, що призводить до оголення роликів периферійного ряду опори. Ефективність породоруйнівного оснащення шарошок підвищиться в разі використання на середніх рядах твердосплавних зубців з покращеного сплаву, який має високу тріщино- та зносостійкість. До того ж необхідно змінити конструкцію розміщення твердосплавного оснащення на вершинах шарошок. Для підвищення працездатності опор необхідно вдосконалити конструкцію та матеріали осьових підшипників ковзання. Контактну витривалість цапф лап у навантаженій зоні можна підвищити встановленням оптимальних значень фізико-механічних, конструкторських параметрів бігових доріжок опор.

Література

1. Пяльченков В. А. Повышение работоспособности шарошечных долот путем рационального распределения нагрузок по элементам вооружения: дис. ... канд. техн. наук: 05.04.07. – М., 1983. – 216 с.
2. Биланенко Н. А. Установление оптимальных кинетических характеристик шарошечных долот с целью повышения эффективности бурения скважин: дис. ... канд. техн. наук: 05.15.10. – Ташкент, 1984. – 218 с.
3. Современные шарошечные долота, проблемы их совершенствования и повышения надежности / [А. В. Торгашов, В. А. Барвинок, И. К. Бикбулатов] и др.; Под ред. А. В. Торгашова. – Самара: Самарск. науч. центр РАН, 2000. – 190 с.
4. Богомоллов Р. М. Методы повышения эффективности разрушения горных пород при бурении скважин шарошечными долотами: автореф. дис. ... д-ра техн. наук: 25.00.15. Технология бурения и освоения скважин. – М., 2001. – 60 с.
5. Блинков О. Г. Пути повышения эффективности работы буровых шарошечных долот: Автореф. дис. ... д-ра техн. наук: 25.00.15. Технология бурения и освоения скважин. – М., 2007. – 50 с.
6. Підвищення працездатності пари тертя „опорний торець бурта лапи – опорний торець шарошки” в тришарошкових бурових долотах для високообертового буріння / Є. І. Крижанівський, Р. С. Яким, Л. Є. Шмандровський, Ю. Д. Петрина // Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ. – 2008. – № 4 (29). – С. 90–97.
7. Аналіз працездатності опор Р–К–Р тришарошкових бурових доліт / Є. І. Крижанівський, Р. С. Яким, Л. Є. Шмандровський, Ю. Д. Петрина // Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ. – 2008. – № 2 (27). – С. 25–34.

Надійшла 31.05.10