

УДК 622.432.24

**В. П. Оницин**, д-р техн. наук

*Санкт-Петербургский государственный горный институт им. Г. В. Плеханова, Россия*

## **ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЗАТРАТ ВРЕМЕНИ ПРИ БУРЕНИИ СЪЕМНЫМ ПОРОДОРАЗРУШАЮЩИМ ИНСТРУМЕНТОМ**

*One of the future trends towards improving the method for hand rock drilling should become the development and introduction of retractable bits, which enable to reduce the time for sinking/retrieval operation and the manpower as well as to improve the drilling rate. The design of the retractable bits and the possibility of their application in combination with the wireline system and other high wear resistant drill strings should become the cornerstone for drilling time estimations.*

Повышение производительности бурения геологоразведочных скважин в твердых полезных ископаемых во многом связано с созданием эффективных конструкций колонковых наборов со съемным породоразрушающим инструментом, позволяющим снизить затраты времени на спуско-подъемные операции и трудоемкость буровых работ. Над созданием подобных технических средств трудятся специалисты большинства ведущих стран мира, включая Россию, однако их результативность остается незначительной.

Результаты анализа работ в этой области свидетельствуют существовании двух основных направлений их развития.

Первое направление предполагает создание породоразрушающего инструмента съемно-раздвижного типа, второе связано с созданием цельнокорпусных коронок поворотного типа.

По первому направлению в отечественном производстве имеются два вида серийной продукции – колонковые наборы СРК – 76 и КРК – 59 (хотя их промышленный выпуск не организован). По второму направлению создан макет колонкового набора со съемной цельнокорпусной короной СЦК – 59.

Известно, что за рубежом наиболее отработаны съемно-раздвижные коронки фирмы «Кристансен» и цельнокорпусные коронки поворотного типа фирмы «Лонгир». Схемы и общий вид некоторых съемных алмазных коронок показаны на рис. 1.

Трудность создания подобных изделий, особенно для малогабаритных колонковых наборов связана с ограниченностью внутренних размеров бурильной колонны, не позволяющих достичь высокой прочности соединения коронки с приводным наконечником, а также с необходимостью размещения в призабойной зоне инструмента механизмов ориентации, закрепления и фиксации коронки в транспортном и рабочем положениях.

Конструирование и реализация преимуществ бурения съемным породоразрушающим инструментом осложняются отсутствием единой методики расчета затрат времени на бурение этим способом ввиду многочисленных технических предложений по схемам съемного инструмента, способам его доставки и извлечения, конфигурации режущих элементов, износостойкости, взаимодействия с расширителями, отдельными частями бурильной колонны и пр. [1].

Рассмотрим затраты времени ( $T$ , ч.) при бурении скважин колонковым набором со съемными алмазными коронками, при котором используется основное преимущество съемного породоразрушающего инструмента – бурение с одним спуском и одним подъемом бурильных труб. Затраты времени на спуско-подъемные операции ( $T_{сн.о}$ ) бурильной колонны рассчитали согласно методики Л. Г. Буркина [2] и отраслевым нормам времени на бурение геологоразведочных скважин с применением снарядов со съемными керноприемниками [3].

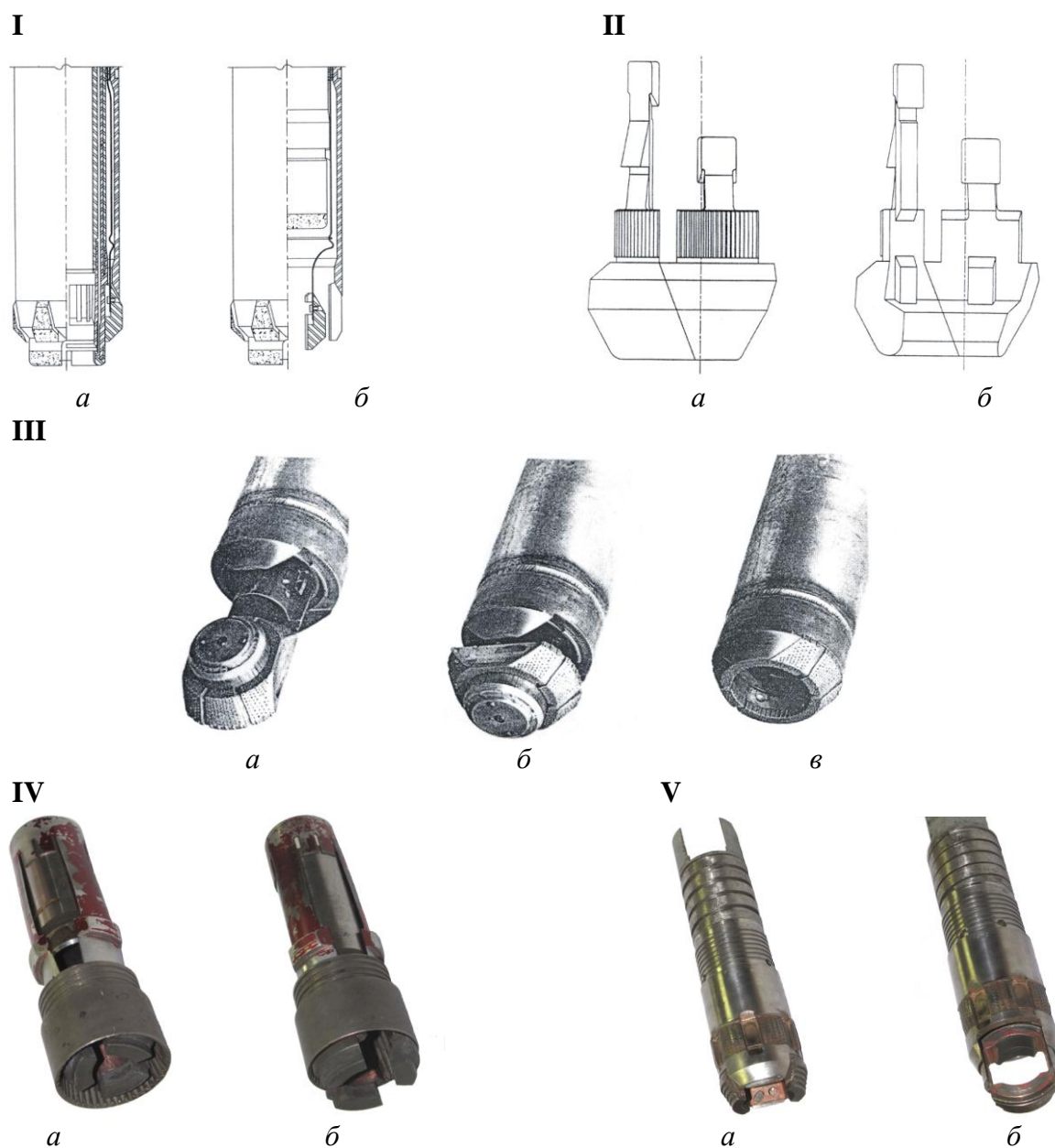


Рис. 1 Схемы и общий вид съёмных алмазных коронок: I – СРК-76 (а – транспортное, б – рабочее положения); II - фирмы «Кристансен» (а – вид снаружи, б – вид изнутри); III - фирмы «Лонгир» (а – транспортное, б – промежуточное, в - рабочее положения); IV – КРК-59 (а – транспортное, б – рабочее положения); V – СЦК-59 (а – транспортное, б – рабочее положения)

Вариант 1. Алмазная коронка совмещена с керноприемником.

Конструкция колонкового набора позволяет без замены обеспечить работоспособность снаряда от начальной до конечной глубины скважины. В таком случае операция спуска колонны бурильных труб в скважину будет отсутствовать, так как по мере увеличения глубины скважины длину колонны можно увеличивать потрубным наращиванием с совмещением наращивания с доставкой съёмного керноприемника (а значит и съёмной коронки) на забой. Колонна будет подниматься только после завершения бурения. Следовательно, бурение скважины съёмной алмазной коронкой необходимо рассматривать как бурение одним рейсом, длина  $P$  которого равна длине пробуренного интервала  $L$ . Если колонна труб после за-

вершения бурения скважины поднимается традиционным способом (посвечно), затраты времени на бурение скважины рассчитываются по формуле:

$$T = T_{чб} + T^K + 0,5 \left( T_{сно} + T_{нзр} \right) = T_{чб} + T^K + 0,5 \left( 1,7 \cdot 10^{-3} L + 0,24 \right), \quad (1)$$

где  $T_{чб}$ ,  $T^K$ ,  $T_{сно}$ ,  $T_{нзр}$  – затраты времени соответственно чистое бурение, спуска и извлечения съемного керноприемника (коронки); спуска и подъема бурового снаряда, подготовительно-заключительные работы при спуско-подъемных операциях бурового снаряда.

Если колонна труб будет подниматься гидравликой станка (потрубно) без использования вышечно-мачтовых сооружений, затраты времени на бурение будут, большими, чем в формуле (1):

$$T = T_{чб} + T^K + L \left( \frac{1}{V_{ш}} + \frac{t_{нн}}{h} + \frac{t_c}{l_T} \right), \quad (2)$$

где  $V_{ш}$  – скорость подъема шпинделя станка – 120 м/час;  $t_{нн}$  – затраты времени на одно перекрепление – 0,029 час;  $h$  – длина шпинделя – 0,5 м;  $t_c$  – затраты времени на отвинчивание резьбы и укладку трубы на стеллаж – 0,017 час;  $l_T$  – длина бурильной трубы – 4,5 м.

Подставив в (2) числовое значение, получим:

$$\frac{1}{V_{ш}} + \frac{t_{нн}}{h} + \frac{t_c}{l_T} = \frac{1}{120} + \frac{0,029}{0,5} + \frac{0,017}{4,5} = 0,07 \text{ час/м}$$

Сравнив последние слагаемые в формулах (1 и 2) для скважин глубиной 1200 м отметим, что извлечение колонны потрубно более чем в 70 раз занимает больше времени, чем извлечение посвечно, а общие затраты времени на бурение увеличиваются только на 10 %. Тем не менее потрубное извлечение колонны после завершения бурения скважины с помощью бурового станка следует считать перспективным в связи с тем, что отпадает необходимость использования вышечно-мачтовых сооружений и громоздкого спуско-подъемного инструмента.

Если при бурении съемной коронкой стойкость наружной части колонкового набора не может обеспечить бурение скважины до конечной глубины без замены, то к общим затратам времени на бурение необходимо добавить затраты времени на спуско-подъемные операции колонны бурильных труб и другие сопутствующие затраты времени, кратные стойкости наружной части колонкового набора:

$$T^H = \frac{L}{H} \left( 1,7 \cdot 10^{-3} L + 0,38 \right) + 0,03 L, \quad (3)$$

где  $H$  – стойкость наружной части колонкового набора, м.

При потрубном способе извлечения колонны особое внимание необходимо уделять обеспечению наибольшей стойкости наружной части колонкового набора с тем, чтобы уменьшить количество спуско-подъемных операций для ее замены.

*Вариант 2. Алмазная коронка устанавливается и извлекается из скважины автономно независимо от съемного керноприемника.*

Керноприемник опускается только после сигнала о закреплении спущенной съемной коронки на торцевой части бурового снаряда. Совместить спуск и подъем алмазной коронки и керноприемника в таком случае невозможно. Общие затраты времени на бурение скважины при посвечном извлечении колонны после проходки рассчитываются по формуле:

$$T = T_{чб} + T_{сно}^{СК} + T_{нзр}^{СК} + T^K + 0,5 \left( 1,7 \cdot 10^{-3} L + 0,24 \right), \quad (4)$$

где  $T_{сно}^{СК}$  – затраты времени на спуск и подъем съемной коронки;  $T_{нзр}^{СК}$  – время подготовительно-заключительных работ, связанных со спуском и подъемом коронки.

Колонковый набор	Особенности		Затраты времени на бурение с использованием съемных коронок, T час
	конструкция	бурение	
Со съемной алмазной коронкой СПК	Алмазная коронка совмещена с крноприемником	обычное $H < L$	$\frac{L}{V_{\text{мех}}} + \frac{L}{l} \left( \frac{4,5L}{V_{\text{ов}} + V_{\text{л}} + V_{\text{к}}} + 0,23 \right) + \frac{L}{H} \left( 1,7 \cdot 10^{-3} L + 0,38 \right) + 0,03L$
		извлечение колонны посвечное $H \geq L$	$\frac{L}{V_{\text{мех}}} + \frac{L}{l} \left( \frac{4,5L}{V_{\text{ов}} + V_{\text{л}} + V_{\text{к}}} + 0,23 \right) + 0,5 \left( 1,7 \cdot 10^{-3} L + 0,24 \right)$
		извлечение колонны потрубное $H < L$	$\frac{L}{V_{\text{мех}}} + \frac{L}{l} \left( \frac{4,5L}{V_{\text{ов}} + V_{\text{л}} + V_{\text{к}}} + 0,23 \right) + L \left( \frac{1}{V_{\text{ш}}} + \frac{t_{\text{нн}}}{h} + \frac{c}{l_{\text{т}}} \right) \left( \frac{2L}{H} - 1 \right)$
		извлечение колонны потрубное $H \geq L$	$\frac{L}{V_{\text{мех}}} + \frac{L}{l} \left( \frac{4,5L}{V_{\text{ов}} + V_{\text{л}} + V_{\text{к}}} + 0,23 \right) + L \left( \frac{1}{V_{\text{ш}}} + \frac{t_{\text{нн}}}{h} + \frac{c}{l_{\text{т}}} \right)$
		обычное извлечение колонны посвечное $H < L$	$\frac{L}{V_{\text{мех}}} + \frac{L}{P} \left( \frac{4,5L}{V_{\text{ов}} + V_{\text{л}} + V_{\text{к}}} + 0,05 \right) + \frac{L}{l} \left( \frac{4,5L}{V_{\text{ов}} + V_{\text{л}} + V_{\text{к}}} + 0,23 \right) + \frac{L}{H} \left( 1,7 \cdot 10^{-3} L + 0,38 \right) + 0,03L$
		обычное извлечение колонны посвечное $H < L$	$\frac{L}{V_{\text{мех}}} + \frac{L}{P} \left( \frac{4,5L}{V_{\text{ов}} + V_{\text{л}} + V_{\text{к}}} + 0,05 \right) + \frac{L}{l} \left( \frac{4,5L}{V_{\text{ов}} + V_{\text{л}} + V_{\text{к}}} + 0,23 \right) + 0,5 \left( 1,7 \cdot 10^{-3} L + 0,24 \right)$
		извлечение колонны потрубное $H < L$	$\frac{L}{V_{\text{мех}}} + \frac{L}{P} \left( \frac{4,5L}{V_{\text{ов}} + V_{\text{л}} + V_{\text{к}}} + 0,05 \right) + \frac{L}{l} \left( \frac{4,5L}{V_{\text{ов}} + V_{\text{л}} + V_{\text{к}}} + 0,23 \right) + L \left( \frac{1}{V_{\text{ш}}} + \frac{t_{\text{нн}}}{h} + \frac{c}{l_{\text{т}}} \right) \left( \frac{2L}{H} - 1 \right)$
		извлечение колонны потрубное $H \geq L$	$\frac{L}{V_{\text{мех}}} + \frac{L}{P} \left( \frac{4,5L}{V_{\text{ов}} + V_{\text{л}} + V_{\text{к}}} + 0,05 \right) + \frac{L}{l} \left( \frac{4,5L}{V_{\text{ов}} + V_{\text{л}} + V_{\text{к}}} + 0,23 \right) + L \left( \frac{1}{V_{\text{ш}}} + \frac{t_{\text{нн}}}{h} + \frac{c}{l_{\text{т}}} \right)$
Со съемной алмазной коронкой	Алмазная коронка устанавливается автономно	обычное извлечение колонны посвечное $H < L$	$\frac{L}{V_{\text{мех}}} + \frac{L}{P} \left( \frac{4,5L}{V_{\text{ов}} + V_{\text{л}} + V_{\text{к}}} + 0,05 \right) + \frac{L}{l} \left( \frac{4,5L}{V_{\text{ов}} + V_{\text{л}} + V_{\text{к}}} + 0,23 \right) + 0,5 \left( 1,7 \cdot 10^{-3} L + 0,24 \right)$
		обычное извлечение колонны посвечное $H \geq L$	$\frac{L}{V_{\text{мех}}} + \frac{L}{P} \left( \frac{4,5L}{V_{\text{ов}} + V_{\text{л}} + V_{\text{к}}} + 0,05 \right) + \frac{L}{l} \left( \frac{4,5L}{V_{\text{ов}} + V_{\text{л}} + V_{\text{к}}} + 0,23 \right) + L \left( \frac{1}{V_{\text{ш}}} + \frac{t_{\text{нн}}}{h} + \frac{c}{l_{\text{т}}} \right) \left( \frac{2L}{H} - 1 \right)$
		извлечение колонны потрубное $H < L$	$\frac{L}{V_{\text{мех}}} + \frac{L}{P} \left( \frac{4,5L}{V_{\text{ов}} + V_{\text{л}} + V_{\text{к}}} + 0,05 \right) + \frac{L}{l} \left( \frac{4,5L}{V_{\text{ов}} + V_{\text{л}} + V_{\text{к}}} + 0,23 \right) + L \left( \frac{1}{V_{\text{ш}}} + \frac{t_{\text{нн}}}{h} + \frac{c}{l_{\text{т}}} \right) \left( \frac{2L}{H} - 1 \right)$
		извлечение колонны потрубное $H \geq L$	$\frac{L}{V_{\text{мех}}} + \frac{L}{P} \left( \frac{4,5L}{V_{\text{ов}} + V_{\text{л}} + V_{\text{к}}} + 0,05 \right) + \frac{L}{l} \left( \frac{4,5L}{V_{\text{ов}} + V_{\text{л}} + V_{\text{к}}} + 0,23 \right) + L \left( \frac{1}{V_{\text{ш}}} + \frac{t_{\text{нн}}}{h} + \frac{c}{l_{\text{т}}} \right)$
		обычное извлечение колонны посвечное $H < L$	$\frac{L}{V_{\text{мех}}} + \frac{L}{P} \left( \frac{4,5L}{V_{\text{ов}} + V_{\text{л}} + V_{\text{к}}} + 0,05 \right) + \frac{L}{l} \left( \frac{4,5L}{V_{\text{ов}} + V_{\text{л}} + V_{\text{к}}} + 0,23 \right) + 0,5 \left( 1,7 \cdot 10^{-3} L + 0,24 \right)$
		обычное извлечение колонны посвечное $H \geq L$	$\frac{L}{V_{\text{мех}}} + \frac{L}{P} \left( \frac{4,5L}{V_{\text{ов}} + V_{\text{л}} + V_{\text{к}}} + 0,05 \right) + \frac{L}{l} \left( \frac{4,5L}{V_{\text{ов}} + V_{\text{л}} + V_{\text{к}}} + 0,23 \right) + L \left( \frac{1}{V_{\text{ш}}} + \frac{t_{\text{нн}}}{h} + \frac{c}{l_{\text{т}}} \right) \left( \frac{2L}{H} - 1 \right)$
		извлечение колонны потрубное $H < L$	$\frac{L}{V_{\text{мех}}} + \frac{L}{P} \left( \frac{4,5L}{V_{\text{ов}} + V_{\text{л}} + V_{\text{к}}} + 0,05 \right) + \frac{L}{l} \left( \frac{4,5L}{V_{\text{ов}} + V_{\text{л}} + V_{\text{к}}} + 0,23 \right) + L \left( \frac{1}{V_{\text{ш}}} + \frac{t_{\text{нн}}}{h} + \frac{c}{l_{\text{т}}} \right) \left( \frac{2L}{H} - 1 \right)$
		извлечение колонны потрубное $H \geq L$	$\frac{L}{V_{\text{мех}}} + \frac{L}{P} \left( \frac{4,5L}{V_{\text{ов}} + V_{\text{л}} + V_{\text{к}}} + 0,05 \right) + \frac{L}{l} \left( \frac{4,5L}{V_{\text{ов}} + V_{\text{л}} + V_{\text{к}}} + 0,23 \right) + L \left( \frac{1}{V_{\text{ш}}} + \frac{t_{\text{нн}}}{h} + \frac{c}{l_{\text{т}}} \right)$

Примечание:  $V_{\text{мех}}$ ,  $V_{\text{ов}}$ ,  $V_{\text{л}}$ ,  $V_{\text{к}}$  – скорость средняя соответственно: механическая скорость, спуска овершота, подъема съемного инструмента лебедкой, спуска съемного инструмента, м/час;  $l$  – данные цикла съемного инструмента, м.

Если предположить, что механика спуска и подъема съемной алмазной коронки аналогична механике спуска и подъема керноприемника получаем:

$$T_{\text{спо}}^{\text{ск}} \approx 1,5 \frac{L^2}{V_{\text{ск}} P}, \quad (5)$$

где  $V_{\text{ск}}$  – средняя скорость спуска и подъема съемной коронки, м/час.

Затраты времени на бурение с использованием съемных коронок в зависимости от их конструкции, способа извлечения бурильных труб и стойкости наружной части колонкового набора приведены в таблице. Зная глубину скважины, техническую характеристику бурового оборудования и инструмента, стойкость быстро изнашиваемых частей бурильной колонны возможно определить затраты времени на бурение скважины съемным породоразрушающим инструментом.



Рис. 2. Общий вид колонкового набора СРК-76 на стенде фирмы «Терра Тек» (США)

Следует отметить, что применение съемных алмазных коронок эффективно не только при бурении разведочных скважин, но и при использовании в научных целях, включая бурение в экстремальных условиях.

Так, в 1994 г. в г. Солт-Лейк Сити (США) на буровом стенде фирмы «Терра Тек» были проведены испытания колонкового набора СРК-76 (рис. 2), имитирующие бурение скважины в морской среде с возможностью взятия керна со дна подстилающих пород протяженностью до 1500 м.

Несмотря на то, что в СРК-76 закладывалось второсортное алмазное сырье и стойкость раздвижных штабиков не превышала 12 метров, результаты испытаний показали, что по сравнению с обычными алмазными коронками серии DCS (diamond coring sistem) стойкостью 50, 100 и даже 150 м, использование съемных алмазных коронок серии DRB (diamond retractable dit), к которым относится СРК-76, значительно эффективнее.

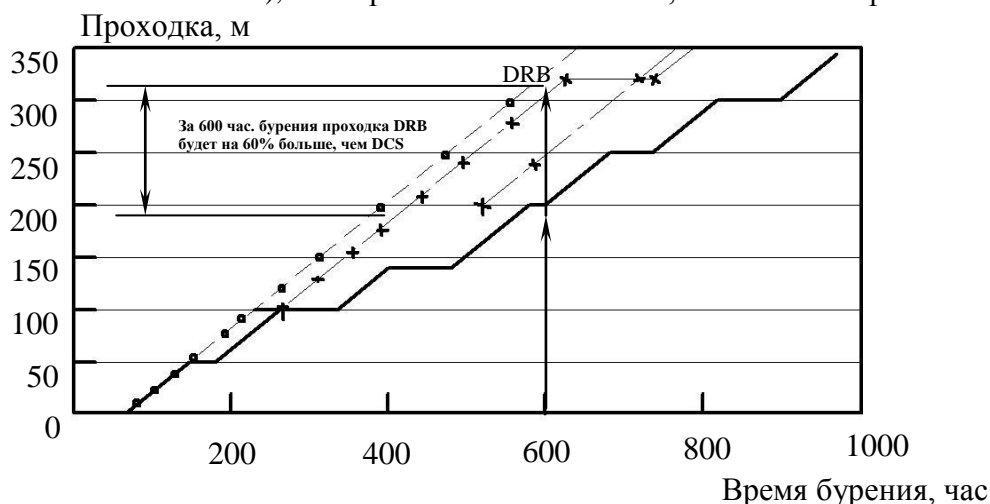


Рис. 3. Результаты сравнительных испытаний алмазных коронок серии DCS и DRB: - - - - - стойкость коронок DCS 50 м, - - - - - стойкость коронок DCS 100 м, — — — — — стойкость коронок DCS 150 м

Примечание: 1. Сравнения сделаны при механической скорости бурения – 1 м/час; 2. Глубина моря – 2000 м; 3. Выводы сделаны при стойкости коронок DCS – 50 м

Результаты сравнительных испытаний коронок серии DCS и DRB (рис. 3), показали, что бурение СРК-76 с механической скоростью всего 1 м/час при глубине моря 2000 м, за 600 ч. работы на 60 % способно увеличить глубину скважины, по сравнению с глубиной, полученной при бурении коронками серии DCS. При этом сохраняется возможность получения керна до 90 – 100 % [4].

### Литература

1. Будюков Ю. Е., Белов М. А. Зарубежные и отечественные конструкции съемных коронок для бурения геологоразведочных скважин при разведки твердых полезных ископаемых // М., – 1989 – С. 27
2. Буркин Л. Г. Методика расчета затрат времени на спуско-подъемные операции (СПО) // «Методика и техника разведки» –1980.– № 134.–С. 34-43.
3. Отраслевые нормы времени на бурение геологоразведочных скважин с креплением снарядов со съемными керноприемниками ССК-59 и КССК-76. // М. – ВИЭМС – 1984.
4. Оницин В. П., Холлуэй Л. Испытания съемного породоразрушающего инструмента в условиях знакопеременных нагрузок/ Сборник 3-й Международный симпозиум по бурению скважин в осложненных условиях.– 1997. – С. 124.

Поступила 04.06.10

УДК 622.243.272

**Є. І. Крижанівський** д-р техн. наук., член-кор. НАН України,  
**І. В. Воєвідко** д-р техн. наук., **І. І. Чудик** канд. техн. наук

*Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, Україна*

### **РОЗШИРЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ МОЖЛИВОСТЕЙ ТА ОЦІНЮВАННЯ ЕНЕРГОЄМНОСТІ РОБОТИ НЕОРІЄНТОВАНИХ КОМПОНОВОК НИЗУ БУРИЛЬНОЇ КОЛОНИ**

*New and simple construction of special technical tool and mathematical model of nonoriented bottom drilling string assemblies on its base have been offered. This construction use to ensure design profile parameters during drilling slant portion of the deviated and horizontal well in condition of hole roundness loss. In base of analytical research have been specified that this technological solution allows to ensure required path and technical – economic performances well drilling with using assemblies with least number of support - centring elements in condition of caving.*

Нині в Україні гостро постала проблема нафтогазовилучення із покладів, зосереджених на глибинах понад 5000 м, у зонах континентального шельфу та гірській місцевості. Важкодоступність родовищ зумовлена насамперед, складними гірничо-геологічними умовами буріння та відсутністю адаптивного до них техніко-технологічного забезпечення. Незважаючи на це єдиним способом реалізації таких проектів залишається спорудження спрямованих свердловин складних просторових профілів (похило-спрямованих і горизонтальних).

При бурінні зазначених свердловин важливу роль відіграє міцність стінок стовбура свердловини, що залежить від режимів прокачування та якості промивальних рідин, конструкції, режимів спуску і обертання бурильної колони (БК), інтенсивності виконання спуско-підіймальних операцій. Форма поперечного перерізу стовбура свердловини, його локальні викривлення, жолобні виробки і каверни на стінках [1] часто стають причинами заклинювань, затяжок та прихоплень БК, її передчасного зношення і втрати проектної траєкторії буріння через неспроможність компоновок низу бурильної колони (КНБК) [2, 3] забезпечити долоту потрібну траєкторію руху.

До складу КНБК обов'язково включають опорно-центрувальні елементи (ОЦЕ), геометричними розмірами і місцем розташування яких регулюють відповідне відхильне зусилля. Проте під дією великих поперечних сил, ОЦЕ притискаються до стінки свердловини, що зумовлює появу значних контактних тисків у місцях їх взаємодії із стінками свердловини. Вна-