

УДК 622.243.13

## ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕХНОЛОГИЙ БУРЕНИЯ ГЕОЛОГО-РАЗВЕДОЧНЫХ И ГЕОТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СКВАЖИН

*В.В.КУЛИКОВ, М.С. ФРОЛОВА*

*Российский государственный геологоразведочный университет  
117997, Россия, г. Москва, ул. Миклухо-Маклая, 23; e-mail: ingeneer-graph-kaf@mgri-rggru.ru*

Рассмотрен критерий оценки эффективности буровых технологий, учитывающий одновременно стоимость бурения 1 м или 1 суток сооружения скважины и суточную производительность труда. Дано обоснование и предложена обобщенная формула для этого критерия. Представлен пример расчёта с использованием обобщённой формулы.

**К л ю ч е в ы е с л о в а:** бурение скважины; стоимость 1 м бурения скважины; стоимость 1 суток сооружения скважины; производительность бурения; критерий эффективности.

## THE ESTIMATION OF THE EFFICIENCY OF THE TECHNOLOGIES OF GEOLOGICAL PROSPECTING AND GEOTECHNOLOGICAL WELLS DRILLING

*V.V. KULIKOV, M.S. FROLOVA*

*Russian State Geological Prospecting University  
117997, Russia, Moscow, Miklouho-Maklay's street, 23; e-mail: ingeneer-graph-kaf@mgri-rggru.ru*

An efficiency criterion of boring technologies efficiency estimation is considered, simultaneously taking into account a 1 m drilling cost or a 1 day well installation cost and a day labor productivity. The foundation of the criterion is given and a general formula for this criterion is suggested. The example of the calculation with the use of the formula is presented.

**Keywords:** borehole drilling; 1 m drilling cost; 1 day well installation cost; drilling efficiency; efficiency criterion.

К применяемой технологии бурения геолого-разведочной и геотехнологической скважины в общем случае предъявляются следующие основные требования:

1. Достижение требуемого качества работ (применительно к геолого-разведочной скважине, в первую очередь — качества геологической информации, для геотехнологической скважины — качества вскрытия продуктивного горизонта и крепления ствола скважины).

2. Обеспечение как можно более высокой производительности процесса бурения, выражающейся в скорости процесса сооружения скважины.

3. Обеспечение как можно более низких финансовых затрат на ведение работ в виде стоимости процесса бурения скважины.

Качество работ определяется физико-химическими, механическими свойствами полезного ископаемого, определением содержания и условиями залегания рудных тел, т. е. достоверностью получаемой при геолого-разведочном бурении информации, которая выражается прежде всего выходом керна или результатами опробования по шламу, а также возможностями использования геотехнологических методов.

Сочетание трёх основных факторов — качества, общего времени выполнения работ и суммарных затрат на производство буровых работ даёт экономический эффект с учётом всех требований.

Время и затраты на бурение оцениваются суточной производительностью и стоимостью 1 м пробуренной скважины соответственно, что является экономической оценкой эффективности бурения.

Для определения эффективности применяемой технологии бурения скважины необходимо использовать корректную методику оценки.

Как правило, на практике применяют оценку по одному из двух фундаментальных показателей при требуемом качестве работ: оценку по стоимости при фиксированном времени бурения или оценку по времени бурения (т. е. по производительности) при заданной стоимости работ.

Примеры использования оценки эффективности технологического процесса бурения, учитывающие как стоимостные показатели, так и производительность (при требуемом качестве), хорошо известны. Так, комплексная методика оценки определения границ рационального применения снарядов со съёмными керноприёмниками предложена в [1]. Однако в этой работе производительность и стоимость выражены одна через другую, а не учтены как отдельные показатели. Другими словами, в этом случае мы имеем дело с оценкой только по одному показателю — по финансовым затратам, представленным в безразмерной форме.

Корректная оценка эффективности применяемых технологий обязательно должна базироваться на одновременном учёте качества, стоимости и производительности выполняемых буровых работ или только стоимости и производительности при фиксированном достигнутом качестве.

Методика учёта финансовых и временных затрат в едином показателе в форме критерия оценки эффективности буровых технологий, учитывающего одновременно стоимость бурения 1 м или 1 суток сооружения скважины и суточную производительность труда, предложена В.В. Куликовым в [2 — 6]:

$$(q_{1c})_{\text{общ}} = C_1 \cdot t_1 = C_1 / \text{Пр} = C_2 \cdot t_1^2 = C_2 / \text{Пр}^2 \quad \text{min}, \quad (1)$$

где  $(q_{1c})_{\text{общ}}$  — критерий оценки эффективности буровых технологий по конечным результатам производства работ, выражен-

ный через стоимость бурения 1 м скважины и через стоимость 1 суток сооружения скважины, руб. · сут./м<sup>2</sup>;  $C_1$  — стоимость бурения 1 м скважины, руб./м;  $t_1$  — время бурения 1 м скважины, сут./м; Пр — суточная производительность бурения, м/сут.;  $C_2$  — стоимость 1 сут. сооружения скважины, руб./сут.

$$C_1 = C / L, \quad (2)$$

где  $C$  — полная стоимость сооружения скважины, руб.;  $L$  — длина ствола скважины, м.

$$t_1 = t / L, \quad (3)$$

где  $t$  — полное время сооружения скважины, сут.

$$\text{Пр} = 1 / t_1, \quad (4)$$

$$C_2 = C / t. \quad (5)$$

Чем меньше величина  $(q_{1c})_{\text{общ}}$ , тем эффективнее применяемая технология бурения, поэтому следует стремиться к выполнению условия  $(q_{1c})_{\text{общ}} \min$ . Качество выполненных работ при этом принимается достаточным и неизменным и непосредственно в значении величины  $(q_{1c})_{\text{общ}}$  не учитывается в силу сложности универсального формализованного представления на данном этапе исследований.

Соблюдение условия (1) свидетельствует, что работа по сооружению скважины должна производиться по возможности быстро и дешево (при должном уровне качества работ). При этом значимую роль критерий оценки эффективности буровых технологий (1) играет при сравнительной оценке нескольких технологий [2—6]. Так, он позволяет ответить на вопрос: сооружение какой из двух скважин (при одинаковом качестве работ, но разных технологиях бурения) более эффективно, если по результатам бурения суммарная стоимость 1 м первой скважины выше, а затраты времени на его бурение меньше, чем те же показатели по второй скважине. Ошибка в сравнительной оценке может привести к существенным просчётам в выборе и стимулировании перспективных решений и технологий и в конечном итоге к низкой конкурентоспособности применяемых буровых технологий.

К недостаткам решения (1), которое учитывает финансовые и временные затраты на процесс бурения исключительно в равновесной форме, можно отнести его локальность. Однако «вес» (влияние, важность, значимость в конкретных условиях) каждого из показателей в (1) может быть различен в силу специфики разведки или эксплуатации данного месторождения: иногда сроки выполнения буровых работ играют большую роль по отношению к финансам, иногда — наоборот. По этой причине критерию оценки эффективности буровых технологий следует придать более общую форму представления. Применительно к (1) формула примет вид:

$$(q_{1c})_{\text{общ}} = C_1^a \cdot t_1^b = C_1^a / \text{Пр}^b \quad \min, \quad (6)$$

где  $(q_{1c})_{\text{общ}}$  — критерий оценки эффективности буровых технологий по конечным результатам производства работ, учитывающий в общем случае возможную неравновесность показателей стоимости и времени бурения 1 м скважины, руб. · сут./м<sup>2</sup>;  $a$ ,  $b$  — безразмерные числа, отражающие значимость каждого из показателей:  $0 \leq a \leq 1, 0 \leq b \leq 1$ .

Тогда, при  $a = 0$  и  $b = 1$  получим хорошо известные частные решения:

$$t_1 \quad \min, \quad (7)$$

или

$$\text{Пр} \quad \max. \quad (8)$$

А при  $b = 0$  и  $a = 1$  имеем не менее значимое условие:

$$C_1 \quad \min. \quad (9)$$

Рассмотрим близкий к практике пример. Предположим, буровым снарядам с одинарным колонковым набором пробурена геолого-разведочная скважина глубиной 2400 м. Качество полученной геологической информации достаточное. Стоимость скважины составляет 6 млн. рублей. Время бурения скважины 6 мес. (180 сут.). В тех же геологических условиях, с тем же качеством комплексом КССК-76 пробурена скважина глубиной 2230 м стоимостью 6,5 млн. рублей за 4,5 мес. (135 сут.). Значимость стоимости при ведении буровых работ на месторождении характеризуется величиной  $a = 1$ , а времени —  $b = 0,8$ . Какой из способов бурения более эффективный по критерию (6)?

Расчёты по зависимости (6) позволяют определить значение  $(q_{1c})_{\text{общ}}$  для первой и второй скважины соответственно:

$$(q_{1c})_{\text{общ}1} = (6 \cdot 10^6 / 2400)^1 \cdot (180 / 2400)^{0,8} = 314,77 \text{ руб.} \cdot \text{сут./м}^2;$$

$$(q_{1c})_{\text{общ}2} = (6,5 \cdot 10^6 / 2230)^1 \cdot (135 / 2230)^{0,8} = 309,19 \text{ руб.} \cdot \text{сут./м}^2.$$

Можно утверждать, что оба способа бурения по данному критерию почти равноценны. Однако небольшое предпочтение следует отдать второму (с применением КССК-76) способу, так как  $(q_{1c})_{\text{общ}2} < (q_{1c})_{\text{общ}1}$ . Хотя стоимость бурения 1 м второй скважины выше (2914,8 руб./м), чем первой (2500 руб./м), зато и выше суточная производительность бурения (16,5 м/сут. при бурении КССК-76 и 13,3 м/сут. при бурении одинарным колонковым набором).

Таким образом, нами рассмотрена новая обобщённая форма критерия оценки эффективности буровых технологий, учитывающая возможную неравновесность показателей стоимости бурения 1 м скважины и суточной производительности сооружения скважины.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Боголюбский К.А., Тунгусов А.А., Пенкевич С.В. и др. Методические рекомендации по предварительной оценке целесообразности применения снарядов со съёмными керноприёмниками. Ростов-на-Дону: ПГО «Южгеология», 1986. 25 с.
2. Ребрик Б.М., Кулик В.В. Критерий оценки эффективности буровых технологий // X Международная конференция «Новые идеи в науках о Земле». Доклады. В 3-х томах. М.: РГГРУ; Экстра-Принт. 2011. Том 2. С. 309—310.
3. Ребрик Б.М., Кулик В.В. Обобщённый критерий сравнительной оценки эффективности применяемых буровых технологий // Науковий праці Донецького національного технічного університету (ДонНТУ). Серія «Гірничо-геологічна» / Редкол.: Башков Є.О. (голова) та інші. Випуск 14 (181). Республіка Україна. Донецьк: Державний вищий навчальний заклад (ДВНЗ) «Донецький національний технічний університет (ДонНТУ)», 2011. С. 226—230.
4. Ребрик Б.М., Кулик В.В. Сравнительная оценка эффективности технологий строительства нефтяных и газовых скважин по конечным результатам работы // Инженер-нефтяник. 2010. № 4. С. 19—23.
5. Ребрик Б.М., Кулик В.В. Сравнительная оценка эффективности технологий бурения скважин на твёрдые полезные ископаемые по конечным результатам работы // Известия вузов. Геология и разведка. 2011. № 3. С. 83—87.
6. Ребрик Б.М., Кулик В.В. Сравнительная оценка эффективности технологий строительства газовых скважин // Научный журнал Российского газового общества. 2014. № 1. С. 107—112.